

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 20.07.2023 11:37:43
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине: «Тепло- и хладотехника» для студентов
направления подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация
общественного питания
направленность (профиль)-Технология и организация ресторанного дела

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Пятигорск, 2023г.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

СОДЕРЖАНИЕ

	С.
Введение	3
Тема 1. Основы технической термодинамики	5
Тема 2. Свойства систем и процессы в них	6
Тема 3. Термодинамика движущегося газа	7
Тема 4. Теплопроводность. Конвективный теплообмен	8
Тема 5. Лучистый теплообмен. Теплопередача	9
Тема 6. Охлаждения систем	10
Тема 7. Хладагенты и хладоносители	11
Тема 8. Циклы холодильных машин	12
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	16

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

ВВЕДЕНИЕ

Изучение дисциплины рекомендуется вести в следующем порядке: внимательно ознакомиться с содержанием соответствующего раздела рабочей программы и методическими указаниями, прочитать по учебнику материал, рекомендуемый в программе для изучения данной темы.

При изучении материала полезно составлять конспекты по каждой теме изучаемой дисциплины.

Для положительной аттестации по дисциплине от студента требуется знание теоретических положений дисциплин, понимание физической сущности изучаемых явлений и процессов, умение применять теоретические положения к решению практических задач и выполнению лабораторных работ.

В результате освоения компетенций ОПК-2, ОПК-3, ПК-5 студент должен знать следующие понятия: Термодинамическая система. Термические параметры. Состояние системы. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Идеальный газ как рабочее тело. Газовые смеси. Теплоемкость газов. Зависимость теплоемкости от температуры. Понятие термодинамического процесса. Уравнения и параметры потока газа. Течение газа в каналах. Терминология теплообмена. Основной закон теплопроводности. Теплопроводность плоской однослойной стенки. Основной закон теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи. Основы теории теплового подобия. Лучистый теплообмен. Закономерности лучистого теплообмена. Лучистый теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой. Теплопередача. Уравнение теплопередачи. Теплопередача через плоскую стенку. Пути интенсификации теплопередачи. Принципы охлаждения. Способы понижения температуры рабочего тела. Дросселирование. Адиабатное расширение. Вихревой эффект охлаждения. Хладагенты и их свойства. Фазовые переходы хладагентов, их диаграммы состояния. Хладоносители. Цикл воздушной холодильной машины. Цикл паровой компрессорной холодильной машины. Цикл абсорбционной холодильной машины. Цикл теплового насоса.

Дисциплина «Тепло- и хладотехника» входит в обязательную часть дисциплин модуля (Б1.О.22) подготовки бакалавра по направлению 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, направленности (профиля) Технология и организация ресторанного дела. Ее освоение происходит в 4 семестре.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
(модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения
образовательной программы**

Наименование компетенций

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-2. Способен применять основные законы и методы исследований естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-2} Применяет основные положения, законы, методы исследований естественных наук при решении задач профессиональной деятельности ИД-2 _{ОПК-2} Использует навыки самостоятельной работы со специальной литературой для совершенствования знаний в области естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	Анализирует способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, технологии выполнения основных процессов холодильной обработки пищевых продуктов, разрабатывает мероприятия по совершенствованию технологических процессов производства продукции питания различного назначения
ОПК-3. Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов	ИД-1 _{ОПК-3} Определяет эффективность и надежность процессов и аппаратов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов	Осознает правила эксплуатации различных видов технологического оборудования в соответствии с требованиями техники безопасности разных классов предприятий питания. Рассчитывает основные характеристики процессов тепло-хладотехники
ПК-5 способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции	ИД-1 _{ПК-5} Осуществляет контроль качества, безопасности сырья и готовой продукции с использованием нормативной документации, основных и прикладных методов исследований ИД-2 _{ПК-5} Организует технологический процесс производства продуктов питания массового изготовления и специализированных пищевых продуктов с применением современного технологического оборудования, традиционных и новых видов сырья	Учитывает основные свойства сырья, физические и биохимические изменения в пищевых продуктах при охлаждении и замораживании, факторы и процессы, влияющие на изменение качества и питательной ценности пищевых продуктов. Осознавать выбор и применение инструментальных средств для обработки данных

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шесбухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

	ИД-3 _{ПК-5} Выявляет объекты для улучшения технологии пищевых производств с учетом прогрессивных методов эксплуатации оборудования, принципов управления качеством, безопасностью и прослеживаемостью производства, основ физиологии пищеварения и обмена веществ, современных концепций питания	
--	---	--

Тема 1. Основы технической термодинамики

Термодинамика – это наука о наиболее общих свойствах макроскопических физических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, и о процессах перехода между этими состояниями.

Термодинамика, являясь разделом теоретической физики, представляет собой одну из самых обширных областей современного естествознания – науку о превращениях различных видов энергии друг в друга.

Материальное тело, выделенное в качестве объекта исследования термодинамическим методом, называется термодинамической системой.

Все, что не включено в систему, но может взаимодействовать с ней (обмениваться энергией и веществом), представляет собой окружающую среду. Поверхность раздела между системой и окружающей средой принято называть контрольной поверхностью.

Термодинамическая система формируется в соответствии с решаемой задачей. Пространственные размеры термодинамической системы и время ее существования предполагаются достаточными для проведения измерений. Примерами термодинамических систем могут служить: газ в цилиндре поршневого компрессора; продукты сгорания в тракте газотурбинного двигателя; хладагент в агрегатах паровой компрессорной холодильной машины и т.д.

В зависимости от возможных способов изоляции системы от внешней среды различают несколько видов термодинамических систем. Если термодинамическая система обменивается с окружающей средой веществом, то такую систему называют открытой. У закрытых систем обмен веществом отсутствует. Среди закрытых систем выделяют энергоизолированные – такие, которые не обмениваются с окружающей средой никакими видами энергии. Кроме того, закрытые системы могут быть адиабатными – они не обмениваются с окружающей средой энергией только в форме теплоты.

Тела, входящие в термодинамическую систему, могут находиться в твердом, жидком, газообразном и ионизированном фазовых состояниях.

Вообще говоря, любую термодинамическую систему следует рассматривать как совокупность микрочастиц (агрегатов молекул, молекул, атомов, электронов и т.д.). Все частицы находятся в состоянии движения, и

между ними существуют силы взаимодействия. У тел в твердом состоянии силы взаимного притяжения молекул очень велики, вследствие чего тело имеет определенную форму. У тел в жидком состоянии межмолекулярные связи ослаблены до такой степени, что тело принимает форму сосуда, в котором оно находится.

В газообразных телах молекулы находятся на столь больших расстояниях друг от друга, что межмолекулярные силы весьма малы, и поэтому газ стремится к беспредельному расширению.

Совокупность физических свойств, присущих рассматриваемой системе, называют состоянием системы. Величины, характеризующие физические свойства, именуют параметрами состояния. В зависимости от способа определения их численных значений параметры состояния делятся на термические и калорические.

К термическим относят те параметры состояния, которые определяются путем измерений.

Калорические параметры также описывают состояние системы, но их значения определяются только расчетным путем. Особенностью калорических параметров является то, что их изменение зависит только от начальных и конечных состояний системы. По этой причине калорические параметры состояния еще называют функциями состояния.

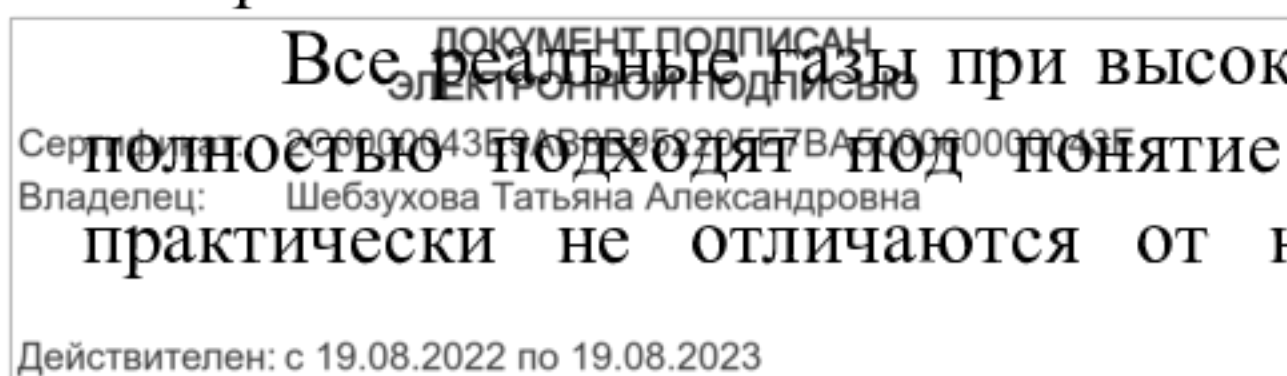
Контрольные вопросы

1. Определение термодинамической системы, характеристики систем.
2. Давление как параметр состояния системы.
3. Температура как параметр состояния системы.
4. Раскройте сущность понятия энергии и ее составляющих для термодинамической системы.
5. Калорические параметры состояния системы.
6. Что в термодинамике понимается под теплотой и работой процесса? Их обозначения и единицы измерения?
7. Проанализируйте аналитическое выражение первого закона термодинамики. Приведите примеры его применения.
8. Запишите аналитическое выражение второго закона термодинамики и поясните величины, входящие в него.
9. Что понимают под термическим КПД, какие потери он учитывает?

Тема 2. Свойства систем и процессы в них

Под идеальным понимают газ, в котором силы межмолекулярного взаимодействия отсутствуют, а сами молекулы рассматриваются как материальные точки.

Все реальные газы при высоких температурах и малых давлениях почти полностью подходят под понятие идеального газа, и по своим свойствам практически не отличаются от него. Введение понятия идеального газа



Каналы, в которых газовый поток увеличивает свою скорость, называются соплами. Каналы, скорость в которых уменьшается, именуют диффузорами. Геометрическая форма сопел может быть различной. Это зависит от того, каково внешнее воздействие на газовый поток.

В 1948 г. профессор А.А. Вулис получил зависимость, выражающую связь геометрии сопла с характером внешнего воздействия на поток.

Контрольные вопросы

1. Проанализируйте уравнения энергии в тепловой и механической формах.
2. Поясните, какие параметры называются параметрами торможения.
3. Какие параметры считаются критическими и как они вычисляются?
4. Выведите и проанализируйте уравнение скорости движения газа в канале переменного сечения.
5. Объясните, что понимается под скоростью звука и как она вычисляется.
6. Запишите и проанализируйте уравнение массового расхода газа через канал.

Тема 4. Теплопроводность. Конвективный теплообмен

Теплообмен – это самопроизвольный необратимый процесс переноса теплоты в пространстве с неоднородным полем температуры. Температурным полем называют совокупность значений температуры во всех точках рассматриваемого пространства в некоторый фиксированный момент времени.

Если в заданный момент времени в точках рассматриваемого пространства температура имеет неодинаковые значения, то такое поле температур называют неоднородным.

По числу координат, от которых зависит температура, различают трех-, двух- и одномерные температурные поля.

Если температурное поле имеет неизменные значения температур во времени, то оно называется стационарным.

В рассматриваемый момент времени в пространстве теплообмена имеются точки с одинаковой температурой.

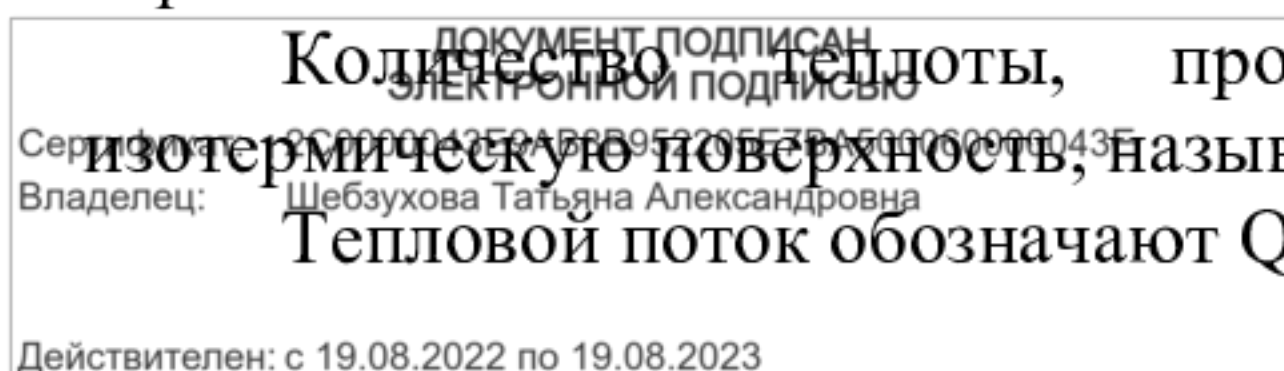
Геометрическое место этих точек образует поверхность, которую называют изотермической поверхностью.

Пересечение изотермических поверхностей плоскостью дает на этой плоскости семейство изотермических линий – изотерм.

Так как в одной и той же точке не может быть двух различных температур, то изотермические поверхности и изотермы не пересекаются.

Количество теплоты, проходящее в единицу времени через изотермическую поверхность, называют тепловым потоком.

Тепловой поток обозначают Q , за единицу принят Дж/с или ватт.



Тепловой поток, отнесенный к единице площади поверхности, именуют плотностью теплового потока.

Коэффициент пропорциональности λ учитывает влияние физических свойств вещества на интенсивность распространения теплоты в нем, его называют коэффициентом теплопроводности. За единицу λ принят Вт/(м К).

Числовое значение коэффициента теплопроводности определяет количество теплоты, проходящей через единицу изотермической поверхности в единицу времени, при условии, что $\text{grad } T = 1$.

Величина λ зависит от химического состава, физического строения и состояния вещества. Для большинства материалов значение коэффициента теплопроводности определены опытным путем и приведены в справочных таблицах.

Конвективный теплообмен

Под тепловой конвекцией (от лат. conviction – перемещение, доставка) понимают теплообмен, осуществляемый макроскопическими элементами жидкой или газообразной среды при их перемещении.

В теплоносителе с неоднородным полем температур при вынужденном или естественном перемещении макроскопических элементов наряду с конвекцией происходит процесс переноса тепла теплопроводностью.

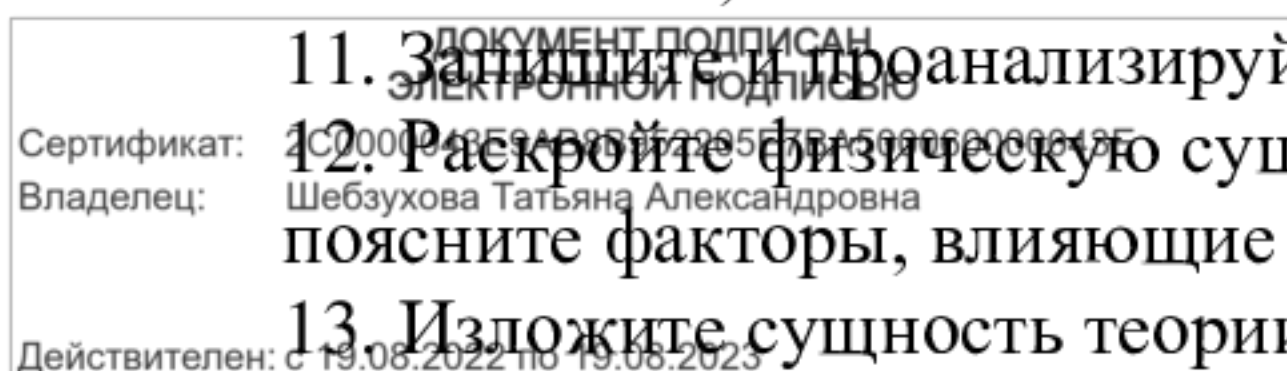
Совместный процесс переноса теплоты конвекций и теплопроводностью называют конвективным теплообменом.

Конвективный теплообмен протекает как внутри теплоносителя, так и на границах его соприкосновения с поверхностями обтекаемых тел.

Конвективный теплообмен между теплоносителем и поверхностью обтекаемого тела называют теплоотдачей.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под теплообменом? Объясните известные Вам виды теплообмена.
2. Поясните, что понимается под температурным полем?
3. Дайте определение температурного градиента.
4. Запишите основной закон теплопроводности и проанализируйте его.
5. Раскройте физическую сущность коэффициентов теплопроводности и температуропроводности.
6. Сформулируйте условия однозначности.
7. Поясните зависимость изменения температуры по толщине плоской однослойной стенки при стационарной теплопроводности.
8. Запишите выражение для вычисления плотности теплового потока для плоской многослойной стенки.
9. Что такое конвективный теплообмен?
10. Поясните, что понимается под теплоотдачей.
11. Запишите и проанализируйте основной закон теплоотдачи.
12. Раскройте физическую сущность коэффициента теплоотдачи и поясните факторы, влияющие на него.
13. Изложите сущность теории теплового подобия.



14. Что понимается под критериальным уравнением?
15. Напишите выражения и объясните сущность известных Вам критериев теплового подобия.
16. Поясните, как вычисляется коэффициент теплоотдачи.

Тема 5. Лучистый теплообмен. Теплопередача

Лучистый теплообмен – самый распространенный в природе процесс переноса теплоты. Исключительная роль принадлежит этому виду теплообмена в развитии флоры и фауны на нашей планете и эволюции Вселенной. Расчет лучистых потоков проводится в камерах сгорания энергетических установок и в системах теплоснабжения ряда объектов сельскохозяйственного производства.

Тепловое излучение – это процесс распространения части внутренней энергии излучающего тела посредством электромагнитных волн со скоростью около 300 000 км/ч. Возбудителями электромагнитных волн являются заряженные материальные частицы. Излучение обладает не только волновыми, но и корпускулярными свойствами. Корпускулярность состоит в том, что лучистая энергия испускается и поглощается телами не непрерывно, а отдельными дискретными порциями – квантами или фотонами. Испускаемый фотон это частица материи, обладающая энергией и электромагнитной массой. Большинство твердых и жидких тел создает непрерывный спектр длин волн в диапазоне $\lambda = 0 \dots \infty$, из которого существенным в теплообмене считается инфракрасный ($\lambda = (0,8 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-3})$ м).

Теплообмен лучистой энергией между телами системы или системами называют лучистым теплообменом.

Тепловое излучение свойственно всем телам, и каждое тело излучает и поглощает энергию при любой температуре, даже близкой к абсолютному нулю. Интенсивность излучения зависит от природы тела, его температуры, длины волны, состояния поверхности. Непрозрачные твердые тела и жидкости поглощают и излучают энергию своей поверхностью; полупрозрачные тела, а также газы и пары характеризуются объемным характером излучения.

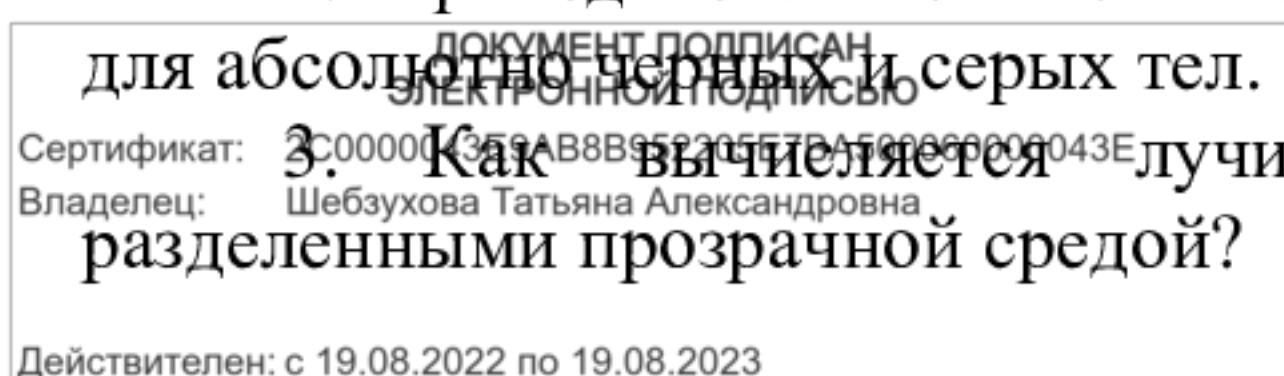
Энергия излучения, испускаемая произвольной поверхностью в единицу времени по всевозможным направлениям и по всем длинам волн спектра, называется полным лучистым потолком.

Полный, или интегральный, лучистый поток обозначается через Φ , за единицу лучистого потока принят ватт.

Интегральный лучистый поток, испускаемый с единицы поверхности, носит название излучательной способности тела.

Контрольные вопросы

1. Поясните, что понимается под лучистым теплообменом.
2. Приведите зависимость излучательной способности от температуры для абсолютно черных и серых тел.
3. Как вычисляется лучистый тепловой поток между телами, разделенными прозрачной средой?



4. Изобразите и поясните характер изменения температуры от одного теплоносителя к другому через разделяющую их плоскую стенку.
5. Запишите и проанализируйте уравнение теплопередачи.
6. Покажите известные Вам способы интенсификации теплопередачи.

Тема 6. Охлаждения систем

В различного рода технологических процессах, в быту возникает необходимость снижать температуру систем до значений ниже температуры окружающей среды.

Процесс снижения температуры системы называют охлаждением.

Охлаждение – это, согласно второму закону термодинамики, самопроизвольный процесс переноса энергии в форме теплоты от тела с определенной температурой к телу с более низкой температурой. Перенос энергии может проходить теплопроводностью (граничные условия IV рода), теплоотдачей и лучистым теплообменом. Следовательно, для охлаждения объекта необходимо иметь окружающую его среду с температурой ниже температуры этого объекта.

В зависимости от требуемой конечной температуры охлаждаемого объекта можно подобрать соответствующую среду в естественных условиях. Например, снижение температуры охлаждающей жидкости в радиаторе ДВС происходит в процессе теплообмена с окружающим воздухом; для охлаждения некоторых продуктов питания в естественных условиях используют воду скважин, водоемов, размещение в заглубленном грунте и т. д. Для охлаждения и хранения пищевых продуктов ранее использовали ледники (погреба), заполненные заготовленным зимой льдом. Из-за ограниченной длительности процесса (лед меняет свое агрегатное состояние и теряет охлаждающую способность) и большой трудоемкости заготовки льда данный способ теряет актуальность.

Низкотемпературную среду можно создать и искусственно. К искусственным относится охлаждение "сухим" льдом, с помощью сжиженных газов, термоэлектрическим способом, при помощи холодильных машин.

Термоэлектрический способ охлаждения основан на известном эффекте Пельтье.

Самым распространенным искусственным способом охлаждения систем является способ с применением холодильных машин.

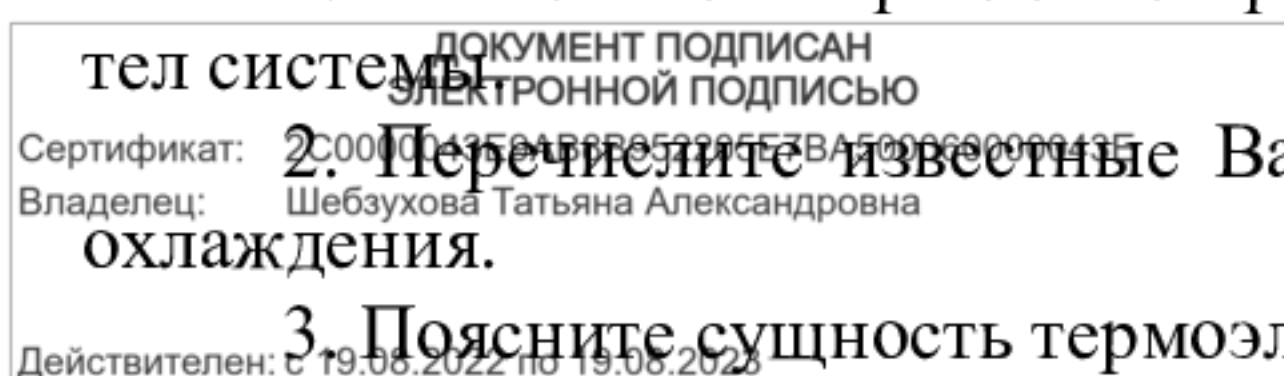
Машина, осуществляющая искусственное охлаждение объекта и поддержание его температуры ниже температуры окружающей среды с помощью подводимой энергии, называется холодильной машиной (ХМ).

Контрольные вопросы

1. Объясните направление процессов переноса теплоты при охлаждении тел системы.

2. Перечислите известные Вам естественные и искусственные способы охлаждения.

3. Поясните сущность термоэлектрического способа охлаждения.



4. При каких условиях при дросселировании газа снижается его температура?
5. Как вычисляется температура газа при его адиабатном расширении?
6. Поясните эффект Хильше-Ранка.

Тема 7. Хладагенты и хладоносители

Идеальным циклом холодильных машин является обратный цикл Карно. Рабочее тело ХМ именуют хладагентом.

Хладагент (refrigerants): вещество, существующее в жидкой и/или в газообразной стадиях, используемое для переноса теплоты в холодильных системах (ГОСТ Р ИСО 17584-2015).

Общие требования к хладагентам:

- экологическая безопасность;
- низкая стоимость производства;
- малая плотность и вязкость;
- минусовую по шкале Цельсия температуру кипения при атмосферном давлении;
- низкое давление конденсации;
- малый удельный объем в газообразной фазе;
- химическую пассивность к металлам и материалам изоляции;
- химическая стойкость;
- негорючесть;
- малая способность проникать через неплотности;
- способность растворять воду и т.д.

В зависимости от назначения холодильной установки, ее принципа действия, выбранного хладагента эти требования удовлетворяются в той или иной степени.

Международным стандартом ИСО 817 «Органические хладагенты» установлены цифровые обозначения хладагентов в технической документации на холодильное оборудование, хладагенты, масла, тару, приборы.

Стандарт допускает несколько обозначений хладагентов:

- условное (символическое, например, R 22);
- торговое (марка, например, хладон 22);
- химическое название (дифторхлорметан),;
- химическая формула (CHF_2Cl).

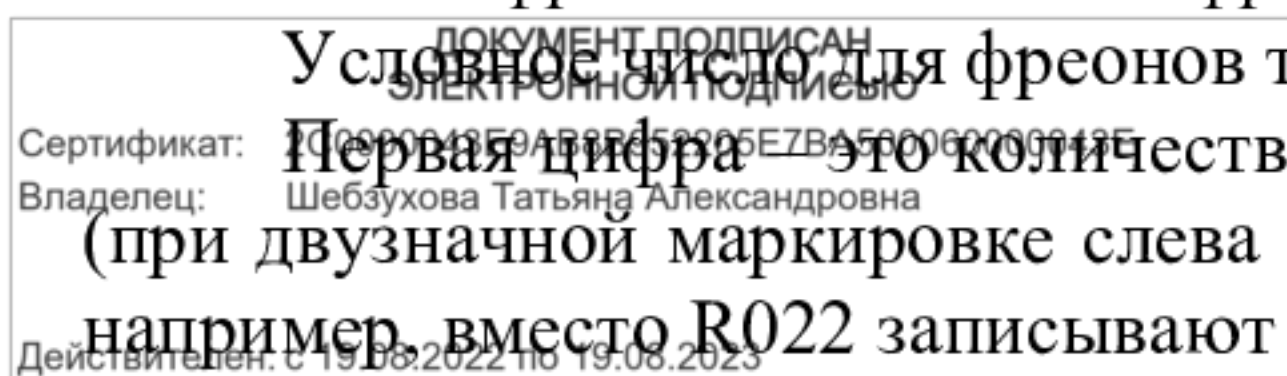
Условное обозначение состоит из символа (латинской буквы R – refrigerant – хладагент) и определяющего числа.

Для фреонов (хлор-фтор-углеводородов) определяющее число указывает количество атомов хлора, фтора и углерода в химической формуле, для других хладагентов – условно принятая цифра.

Расшифровка обозначения фреонов

Условное число для фреонов трехзначное.

Первая цифра – это количество атомов углерода с прибавлением единицы (при двузначной маркировке слева от значащей цифры не проставляется нуль, например, вместо R022 записывают R22).



Вторая цифра – количество атомов водорода, за вычетом единицы.

Третья цифра – количество атомов фтора;

Количество атомов хлора подсчитывается по остаточному принципу с учетом валентности углерода, равной четырем.

Например: запишем химическую формулу фреона R22.

R022: $C = 0 + 1 = 1$; $H = 2 - 1 = 1$; $F = 2$; $Cl = 4 - 3 = 1$. Отсюда CHF_2Cl .

По числу атомов углерода видно, какой углеводород принят за основу, для CHF_2Cl – это CH_4 – метан, в котором два атома водорода замещены атомами фтора, а один – атомом хлора.

При наличии у фреонов изомеров, наиболее симметричный из них обозначается определяющим номером, а у последующих, все более несимметричных, к номеру добавляются буквы a, b и т.д.

В состав фреона может входить бром, тогда после основного номера ставится буква B, а за ней число атомов брома: CF_2Br_2 – R12B2.

В качестве рабочих тел используются азеотропные смеси, составляемые из двух фреонов. Например, азеотропную смесь, состоящую из 48,8% R22 по массе и 51,2% R115 называют хладоном R502.

Хладагентам неорганического происхождения (аммиак, вода, воздух и др.) присвоены номера, равные их молярной массе, увеличенной на 700. Так обозначение воды R718, воздуха R729.96

Практическое использование фреонов особых сложностей не вызывает: они нетоксичны, негорючие. Однако, при работе с ними необходимо соблюдать меры предосторожности:

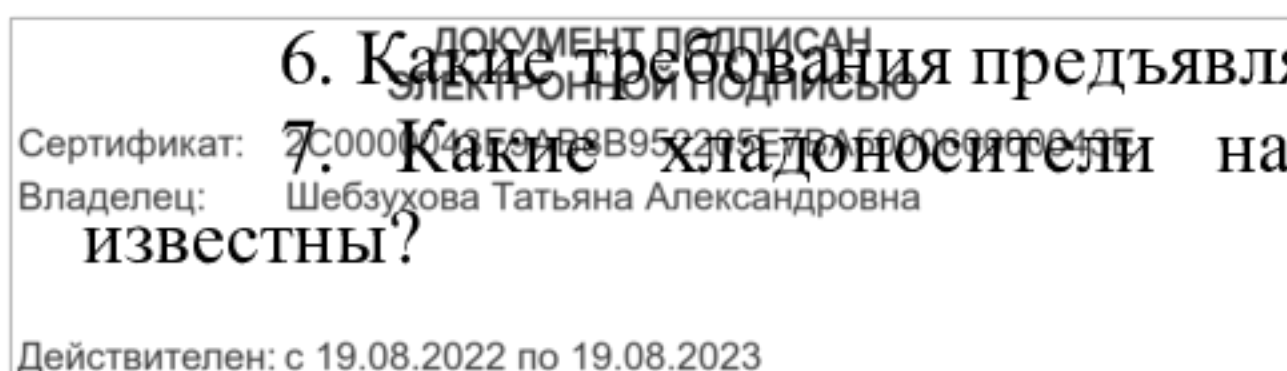
- плотность фреонов выше плотности воздуха, отсюда в закрытых помещениях пары фреона вытесняют воздух, что может привести к удушью;
- соприкосновение паров фреона с открытым пламенем или горячей металлической поверхностью приводит к его разложению с выделением токсичных газов;
- контакт незащищенной кожей человека с жидким фреоном вызывает обморожение;
- недопускается нагрев и повреждения баллонов при перевозке и хранении фреонов.

Контрольные вопросы

1. Изложите требования к рабочему телу холодильной машины.
2. Состав фреонов и их условное обозначение.
3. Как по марке фреона определить его химический состав?
4. Расскажите об особенностях фазовых переходов рабочих тел холодильных машин.
5. Поясните, как определяются параметры хладагента по диаграмма состояния?

6. Какие требования предъявляются к хладоносителям?

7. Какие хладоносители на основе этиленгликолевого спирта Вам известны?



Тема 8. Циклы холодильных машин

В настоящее время низкие температуры в основном создаются искусственным путем с затратой энергии. Машина, осуществляющая искусственное охлаждение с помощью подводимой энергии, называется холодильной машиной.

В холодильных машинах осуществляется переход теплоты от тел, менее нагретых, к телам, более нагретым в результате осуществления обратного цикла. Холодильные машины характеризуются следующими показателями: холодильный эффект, холодильная мощность, холодильный коэффициент.

Холодильный эффект – это количество теплоты (q_2), отводимое от охлаждаемого объекта одним килограммом хладагента.

Количество теплоты, отводимое от охлаждаемого объекта в единицу времени, называют холодильной мощностью.

Использование в качестве хладагента воздуха при всех его термодинамических несовершенствах (отсутствие энергоёмких фазовых переходов, невысокая теплоемкость и др.) привлекает доступностью, безопасностью (в том числе и экологической), возможностью непосредственной подачи в охлаждаемое помещение (т.е. реализации открытого цикла).

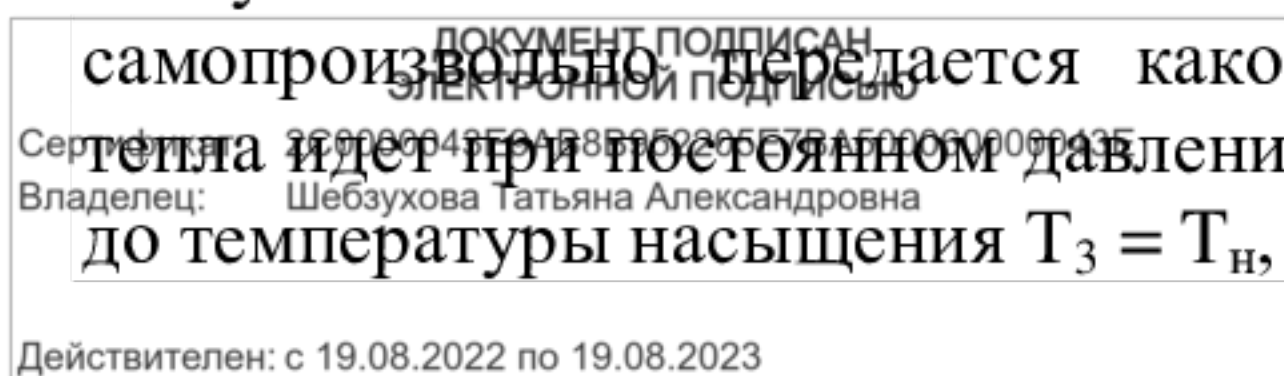
В воздушных холодильных машинах (ВХМ) в следствие невысокой теплоемкости рабочего тела необходимо иметь значительные его массовые расходы. Отсюда в схемах ВХМ предпочтение отдается динамическим компрессорам. Для снижения температуры рабочего тела проще всего использовать эффект дросселирования, однако более высокое значение холодильного коэффициента обеспечивает применение турбодетандеров.

Рабочим телом паровых компрессорных холодильных машин являются пары различных веществ: аммиака, углекислоты, сернистого ангидрида, фреонов. Удельная холодильная мощность таких веществ высокая, что позволяет выполнять холодильные машины компактными и удобными в эксплуатации. Особенностью циклов данных холодильных машин является то, что подвод тепла к холодильному агенту протекает в процессе его кипения, а отвод – в основном в процессе конденсации. Сухой насыщенный пар хладагента с давлением p_1 , температурой T_1 , степенью сухости $x = 1$ всасывается компрессором К и адиабатно сжимается.

Степень повышения давления в компрессоре должна обеспечить превышение температуры хладагента над температурой окружающей среды или температурой охлаждающего теплоносителя.

На сжатие затрачивается работа l_0 .

Из компрессора перегретый пар с давлением p_2 и температурой T_2 поступает в теплообменник Т (конденсатор), в котором теплота q_1 самопроизвольно передается какому-либо теплоносителю. Процесс отвода тепла идет при постоянном давлении $p_3=p_2$, при этом температура уменьшается до температуры насыщения $T_3 = T_n$, и пар полностью конденсируется, $x = 0$.



Из конденсатора хладагент подается в дроссельное устройство Д. В дросселе давление хладагента снижается до величины p_4 , что приводит к снижению его температуры фазового перехода. Степень дросселирования устанавливается таковой, чтобы T_4 была меньше температуры охлаждаемого тела. Уже в дроссельном устройстве хладагент начинает закипать.

Далее парожидкостная смесь (влажный хладагент) поступает в испаритель И. В испарителе к хладагенту при неизменном его давлении подводится тепло от охлаждаемого тела. Температура хладагента не изменяется (происходит фазовый переход - выкипает жидкая фаза во влажном паре) до состояния, когда степень сухости пара достигнет величины $x=1$. Образовавшийся пар при $p_1=p_4$ и $T_1=T_4$ вновь засасывается компрессором. И цикл повторяется.

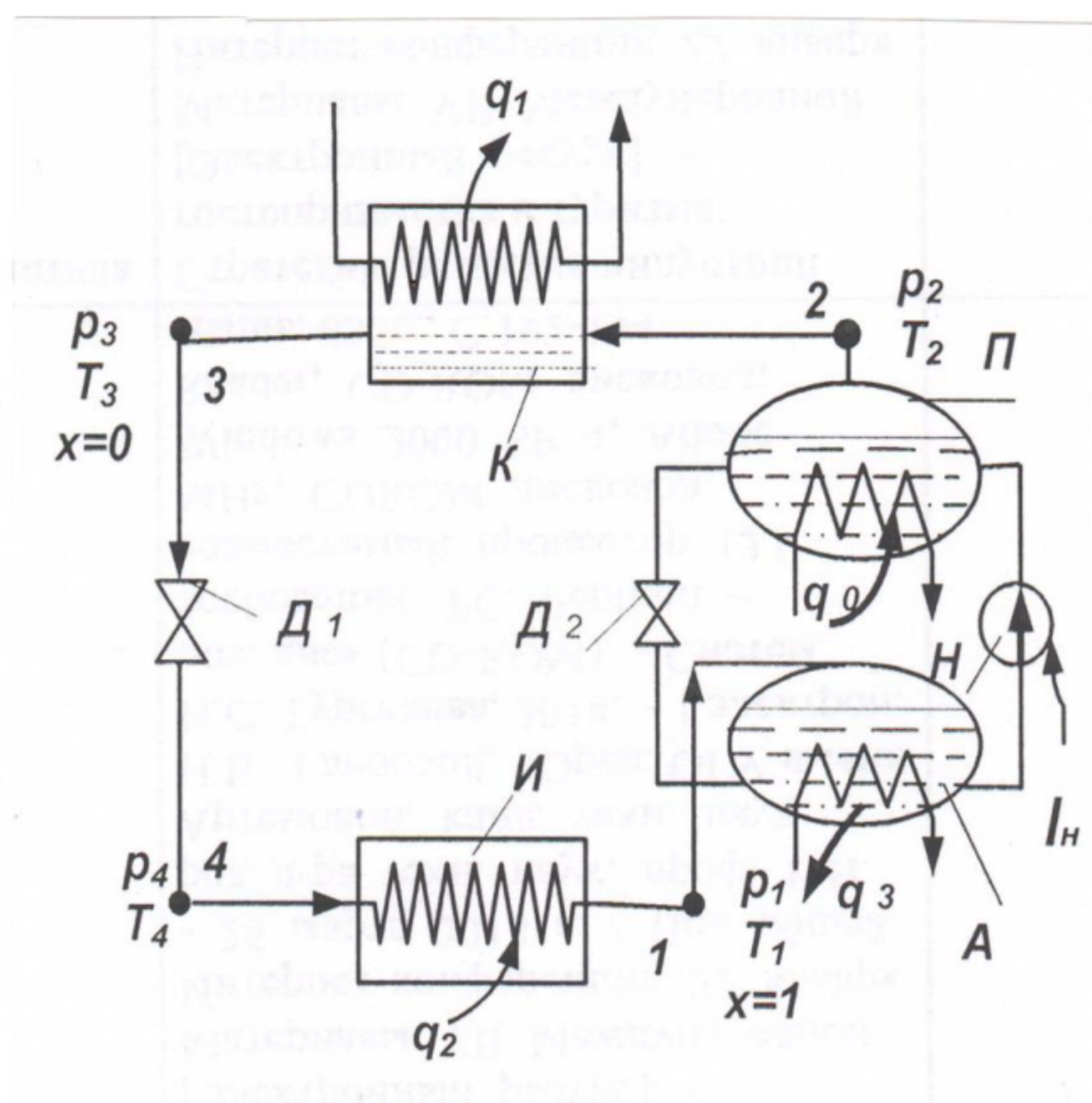


Рисунок 1 – Цикл парокомпрессионной холодильной установки

Контрольные вопросы

1. Объяснить принцип работы ПКХМ.
2. Изобразите цикл ПКХМ в Ts - координатах.
3. Что понимается под холодильным коэффициентом?
4. Какую функцию выполняет дроссель?
5. Какую функцию выполняет компрессор?
6. Изобразите цикл ВХМ в $p-v$ - координатах.
7. Поясните принцип работы теплового насоса.

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Тепло- и хладотехника : учебное пособие / С. В. Бутова, В. В. Воронцов, М. Н. Шахова [и др.]. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 248 с.
2. Цветков, О. Б. Теоретические основы тепло- и хладотехники. Основы термодинамики и тепломассопереноса : учебно-методическое пособие / О. Б. Цветков, Ю. А. Лаптев. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 54 с.

Дополнительная литература

1. Тепломассообмен в установках кондиционирования воздуха: методические указания : [16+] / сост. П.Т. Крамаренко, С.С. Козлов, И.П. Грималовская ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет и др. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ), 2013. — 39 с.
2. Буянов, О. Н. Тепло- и хладоснабжение предприятий пищевой промышленности: учебное пособие / О. Н. Буянов. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. — 282 с. — ISBN 5-89289-412-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт].
3. Кораблев, В. А. Лабораторный практикум по курсу теория тепло- и массообмена: учебное пособие / В. А. Кораблев, Д. А. Минкин, А. В. Шарков. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2016. — 37 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023