

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени  
Н.В. Верещагина»

Инженерный факультет  
Кафедра энергетических средств и технического сервиса

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕПЛОТЕХНИКА**

**Направление подготовки** 15.03.02 Технологические машины и оборудование

**Профиль подготовки** Машины и аппараты пищевых производств

**Квалификация выпускника** - бакалавр

Вологда-Молочное

2024

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

Разработчик: к.т.н., доц. Бирюков А.Л.

Программа одобрена на заседании кафедры энергетических средств и технического сервиса от 25 января 2024 протокол № 6.

Зав. кафедрой: к. т. н., доцент Бирюков А.Л.

Рабочая программа дисциплины согласована на заседании методической комиссии инженерного факультета 15 февраля 2024 протокол №6.

Председатель методической комиссии: к. т. н., доцент Берденников Е.А.

## 1 Цель и задачи дисциплины

*Цель* - овладение теоретическими знаниями и практическими навыками по эффективному использованию теплотехнического оборудования, рациональному использованию энергии и экономии теплоты и топлива в пищевой промышленности.

*Задачи:*

- получить представления о процессах взаимного превращения теплоты и работы, которые являются основой теории тепловых двигателей и холодильных машин
- изучить свойства термодинамической системы, рабочих тел и их параметры, свойства идеальных и реальных газов, основных термодинамических процессах
- получить представление об использовании основных термодинамических процессов в теплотехнических и термических устройствах.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теплотехника» относится к дисциплинам обязательной части основной образовательной программы высшего образования (ООП ВО) по направлению подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование, профиль Машины и аппараты пищевых производств. Индекс по учебному плану – Б1.О.18.

К числу **входных знаний, навыков и компетенций** студента, приступающего к изучению дисциплины «Теплотехника», должно относиться следующее:

**студент должен знать:**

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры и аналитической геометрии, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений, теории вероятности и теории математической статистики, статистических методов обработки экспериментальных данных, элементов теории функций комплексной переменной;
- фундаментальные разделы физики, в т.ч. физические основы механики, молекулярную физику и термодинамику, электричество и магнетизм, оптику, атомную и ядерную физику;

**уметь:**

- использовать математический аппарат для обработки технической и экономической информации и анализа данных, связанных с машиноиспользованием и надежностью технических систем;
- использовать физические законы для овладения основами теории и практики инженерного обеспечения АПК;

**владеть:**

- методами построения математических моделей типовых профессиональных задач;
- методами проведения физических измерений.

Освоение учебной дисциплины «Теплотехника» базируется на знаниях и умениях, полученных студентами при изучении таких дисциплин как «Физика», «Математика», «Химия».

Знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной, необходимы для изучения последующих дисциплин: «Расчет и конструирование машин и аппаратов», «Технологическое оборудование», «Процессы и аппараты пищевых производств с основами гидравлики», а также являются базой для эффективного прохождения производственной практики.

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-7. Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	ИД-1 опк-7 Знает современные экологические и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов. ИД-2 опк-7 Умеет применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении ИД-3 опк-7 Владеет навыками рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проектировании технологического оборудования

### 4 Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

#### 4.1 Структура учебной дисциплины

Вид учебной работы	Всего, часов	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Семестр</b>		<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>14</b>
В том числе			
Лекции (Л)	34	34	8
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	17	17	6
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>85</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	экзамен	экзамен	экзамен
	16	16	9
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			
<b>часы</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
зачётные единицы	3	3	3

#### 4.2 Содержание разделов учебной дисциплины

##### *Раздел 1. Техническая термодинамика*

Введение. Основные понятия и определения. Предмет технической термодинамики и ее методы. Связь теплотехники с другими отраслями знаний. Основные задачи курса. Рабочее тело. Основные параметры состояния. Термодинамическая система. Равновесное и неравновесное состояние. Уравнение состояния. Теплота и работа как формы передачи теплоты. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы (циклы). Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Соотношение между массовыми, объемными долями. Вычисление между массовыми, объемными долями. Вычисление параметров состояния смеси. Определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси. Теплоемкость. Массовая, объемная и молярная теплоемкость. Теплоемкость при постоянном объеме и давлении. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкость. Формулы и таблицы для определения теплоемкости. Теплоемкость

смеси идеальных газов. Первый закон термодинамики. Сущность закона. Формулировка закона. Аналитическое выражение закона для открытых и закрытых систем. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния  $Pv$  - диаграмма. Энтальпия. Второй закон термодинамики. Основные формулировки закона. Аналитическое выражение закона. Энтропия.  $Ts$  - диаграмма. Термодинамические процессы. Общие понятия о термодинамическом процессе. Общие методы использования процессов изменения состояния рабочих тел. Изображение в координатах  $p-v$  и  $Ts$ . Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный - частные случаи политропного процесса. Круговые процессы. Общее понятие о круговом процессе. Прямой и обратный цикл Карно, их анализ. Термодинамический КПД и холодильный коэффициент. Циклы двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Изображение циклов в  $p-v$  и  $Ts$  диаграммах. Термодинамические и эксергетические КПД циклов. Сравнительный анализ циклов ДВС. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Регенеративные циклы ГТУ. Изображение циклов в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах. Термодинамические и эксергетические КПД циклов. Сравнительный анализ циклов ГТУ. Цикл идеального компрессора. Классификация компрессоров и принцип действия. Индикаторная диаграмма. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Полная работа, изотермическое на привод компрессора. Многоступенчатое сжатие. Изображение термодинамических циклов в  $p-v$  и  $Ts$  диаграммах. Необходимое сжатие. Относительный внутренний КПД компрессора. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора. Цикл холодильных установок. Классификация холодильных установок. Рабочие тела. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл паровой и компрессионных установок. Понятие об абсорбционных и парозжекторных холодильных установках. Тепловой насос. Принцип работы теплового насоса. Водяной пар. Физическое состояние вещества. Процесс парообразования в  $p-v$  и  $Ts$  координатах. Термодинамические таблицы воды и водяного пара. Диаграммы  $p-v$ ,  $T-s$ ,  $h-s$  водяного пара. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и  $h-s$  диаграммы. Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла  $p-v$ ,  $T-s$ ,  $h-s$  диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Влажный воздух. Определение понятия «Влажный воздух». Основные величины, характеризующие состояния влажного воздуха.  $I-d$  диаграмма влажного воздуха. Расчет основных процессов (подогрев, сушка, смеси воздуха и различных паров).

## ***Раздел 2. Теория теплообмена***

Основы теории теплообмена. Предмет и задачи теории. Значение теплообмена в промышленных процессах. Основные понятия и определения. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение. Основные понятия и определения. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность однослойной и многослойной плоскости стенки, цилиндрической и сферической стенок. Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана, коэффициент теплоотдачи. Теплообмен излучением. Основные понятия и определения, тепловой баланс лучистого теплообмена. Закон теплового излучения. Теплообмен излучением между телами. Сложный теплообмен. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую, цилиндрическую, сферическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция. Основы расчета теплообмена аппаратов. Назначение, классификация и схемы теплообмена аппаратов. Принцип расчета теплообменных аппаратов. Средний температурный напор. Современные конструкции трубчатых и пластинчатых аппаратов.

### **Раздел 3. Применение теплоты в пищевой промышленности**

Котельные установки. Топливо, его виды и характеристики, элементарный состав топлива. Теплота сгорания топлива. Условное топливо. Проблемы экономии топлива и пути ее решения. Основы горения и организация сжигания топлива. Расчеты процессов горения различных видов топлива. Теоретическое определение необходимого количества воздуха. коэффициент избытка воздуха.  $h_t$  диаграммы продуктов сгорания. Котлы и котельные установки. Основные понятия. Классификация и устройств паровых и водогрейных котлов. Теплоносители. Основы теплового расчета котельных агрегатов. Тепловой баланс, КПД

котельного агрегата. Расход топлива, удельный расход топлива. Вспомогательное оборудование котельных установок. Отопление. Мощность системы отопления. Общие сведения, классификация систем отопления. Виды теплоносителей систем отопления. Отопительные (нагревательные) приборы. Классификация. Тепловой расчет отопительных приборов. Системы водяного отопления. Классификация и устройство систем водяного отопления. Воздушное отопление. Классификация и устройство систем воздушного отопления. Принципы расчета. Вентиляция. Микроклимат помещения. Сушка. Способы сушки. Расход тепла на сушку. Сушильные установки и их расчет. Охрана окружающей среды. Выбросы в атмосферу (теплогенерирующих устройств, от вентиляционных систем) и их влияние на окружающую среду. Предельно-допустимые концентрации выбросов в атмосферу (ПДК): максимально-суточные и среднесуточные. Рассеяние вредностей в атмосфере. Понятия о предельно-допустимых выбросах (ПВД). Основы энергоснабжения. Основные направления экономии энергоресурсов в пищевой промышленности. Повышение эффективности энергетического и энергоиспользующего оборудования. Утилизационные установки, показатели их работа.

#### **4.3 Разделы учебной дисциплины и виды занятий**

№ п.п.	Наименование раздела учебной дисциплины	Лекции	Лабораторные работы	СРС	Контроль	Всего
1	Техническая термодинамика	19	10	14	5	48
2	Теория теплообмена	9	4	13	6	32
3	Применение теплоты в пищевой промышленности	6	3	14	5	28
Итого:		34	17	41	16	108

#### **5 Матрица формирования компетенций по дисциплине**

№ п.п.	Разделы дисциплины	Профессиональные компетенции	Общее количество компетенций
		ОПК-7	
1	Техническая термодинамика	+	1
2	Теория теплообмена	+	1
3	Применение теплоты в пищевой промышленности	+	1

#### **6 Образовательные технологии**

Объем аудиторных занятий всего – 51 час, в т.ч. лекции – 34 часа, лабораторные работы – 17 часов.

31,3 % - занятия в интерактивных формах от объема аудиторных занятий.

Семестр	Вид занятия (Л, ПЗ, ЛР и др.)	Используемые интерактивные образовательные технологии и тема занятия	Количество часов
5	ЛР	Первый закон термодинамики в приложении к решению одной из технических задач. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Исследование изменения параметров процессов влажного воздуха. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Изучение процесса истечения воздуха через суживающееся сопло. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Исследование влияния температуры на теплопроводность теплоизоляционных материалов. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Исследование теплообмена при свободной конвекции вдоль вертикальной трубы. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Свободная и вынужденная конвекция для горизонтальной трубы. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	Л	Лекция-визуализация «Котельные установки»	4
Итого:			16

## **7 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **7.1 Виды самостоятельной работы, порядок их выполнения и контроля**

На самостоятельную работу студентов отводится 41 час. К ней относятся: проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, самостоятельное изучение ряда тем, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение контрольных работ, выполнение индивидуальных заданий, подготовка к текущему контролю и т.д.

Перечень тем и вопросов, требующих дополнительного самостоятельного изучения.

1. Смеси рабочих тел. Теплоемкость смеси газов.
2. Работа газа, ее определение. Цикл Карно, анализ цикла, термодинамический КПД, холодильный коэффициент. Расчет термодинамических циклов.
3. Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана.
4. Лучистый теплообмен. Законы теплообменного излучения. Расчет теплообменных аппаратов.
5. Изучение теоретических положений и решение задач на определение характеристик топлива, расхода воздуха на горение и количества продуктов сгорания.
6. Изучение теоретических положений и решение задач на составление тепловых балансов печей и котельных агрегатов и расчет теплообмена в них.

### **7.2. Контрольная работа**

Задания для контрольных работ и порядок их выполнения приведен в [15] учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины

### **7.3. Вариант контрольной работы «Техническая термодинамика»**

Задача 1. Баллон с кислородом емкостью 20 л под давлением 10 МПа при 15°C. После израсходования части кислорода давление понизилось до 7,6 МПа, а температура упала до 10°C. Определить массу израсходованного кислорода.

Задача 2. Газ расширяется в цилиндре изотермически до объема в 5 раз больше первоначального. Определить отношение работы на первой половине хода поршня к работе полного расширения.

Задача 3. 1 кг воздуха при  $P_1=10$ бар и  $V_1= 0,09$ м<sup>3</sup>/кг расширяется до десятикратного объема. Определить конечное давление и работу при изотермическом и адиабатном процессах. Сколько теплоты необходимо подвести в каждом из процессов?

Задача 4. 2 м<sup>3</sup> воздуха при давлении  $p_1= 2$  бар и температуре  $t_1 = 40^\circ$  С сжимаются до давления  $p_2 = 11$  бар и объема  $V_2 = 0,5$  м<sup>3</sup>. Определить показатель политропы, работу сжатия и количество отведенного тепла.



#### **7.4. Вариант контрольной работы «Теплообмен»**

Задача 1. Определить плотность теплового потока от газов к воде в водяном экономайзере парового котла, если средняя разность температур  $120^{\circ}\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи  $20$  и  $1000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , толщина стенки  $5 \text{ мм}$ , теплопроводность  $50 \text{ Вт/мК}$ .

Задача 2. Определить поверхность пароводяного теплообменника, если температура воды изменилась с  $10$  до  $40^{\circ}\text{C}$ , расход воды  $0,15 \text{ кг/с}$ , коэффициент теплопередачи  $20 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , пар давлением  $3 \text{ бара}$  и определить длину трубы с диаметром  $50 \text{ мм}$ .

Задача 3. В стальных трубах пароводяного подогревателя, омываемых снаружи конденсирующим паром, при давлении  $5 \text{ бар}$ , подогревается  $1 \text{ кг/с}$  воды от  $20$  до  $80^{\circ}\text{C}$ . Определить расход пара, если коэффициент теплоотдачи со стороны воды  $3000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , со стороны пара  $6000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , коэффициент теплопроводности стенки  $50 \text{ Вт/мК}$ , толщина стенки  $5 \text{ мм}$ . Определить поверхность теплообмена.

#### **6.3. Вариант контрольной работы «Топливо. Котельные установки»**

Задача 1. Записать состав топлива на горючую, сухую, рабочую массу и формулу пересчета на горючую, сухую, рабочую массу.

Задача 2. Определить плотность теплового потока от газов к воде в водяном экономайзере парового котла, если вода нагрелась от  $80$  до  $130^{\circ}\text{C}$ , а газы охладилась от  $350$  до  $200^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи  $20$  и  $1000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , толщина стенки  $5 \text{ мм}$ , теплопроводность  $50 \text{ Вт/мК}$ .

Задача 3. Определить количество воздуха для сгорания  $1 \text{ кг}$  топлива, коэффициент избытка  $1,2$ ; состав топлива:  $\text{C}=83\%$ ,  $\text{H}=12\%$ ,  $\text{S}=2\%$ ,  $\text{A}=1\%$ ,  $\text{W}=2\%$ .

#### **7.5. Индивидуальное задание**

Индивидуальное задание включает в себя расчет производственно-отопительной котельной предприятия. Порядок их выполнения приведен в [14] учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины

#### **7.6. Теоретические вопросы зачета**

1. Предмет технической термодинамики. Параметры состояния рабочего тела. Уравнения состояния идеального газа. Термодинамический процесс
2. 1-й закон термодинамики. Работа, теплота, внутренняя энергия, энтальпия
3. Вывод 1-го закона через энтальпию, через энтропию
4. Вывод 1-го закона для потока рабочего тела. Дать его анализ
5. Аналитическое и графическое исследование изохорного процесса
6. Аналитическое и графическое исследование изобарного процесса
7. Аналитическое и графическое исследование изотермического процесса
8. Аналитическое и графическое исследование адиабатного процесса
9. Аналитическое и графическое исследование политропного процесса

10. Теплоемкость рабочего тела в различных процессах. График зависимости теплоемкости от показателя политропы
11. Реальные газы. Фазовые переходы в координатах  $p-v$ ;  $T-s$ ;  $p-t$ . Работа и теплота фазового перехода
12. Диаграмма  $h-s$  водяного пара. Определение работы, теплоты, внутренней энергии в различных процессах по  $h-s$  диаграмме
13. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.
14. Цикл Карно (прямой и обратный). Вывод термического КПД
15. Циклы теплосиловых установок. Цикл Тринклера. Координаты  $p-v$ ;  $T-s$ . Вывод термического КПД
16. Циклы теплосиловых установок. Цикл Дизеля. Координаты  $p-v$ ;  $T-s$ . Вывод термического КПД
17. Циклы теплосиловых установок. Цикл Отто. Координаты  $p-v$ ;  $T-s$ . Вывод термического КПД
18. Цикл Ренкина. Принципиальная схема установки. Цикл в диаграммах  $h-s$ ,  $p-v$ ,  $T-s$ . Термический КПД цикла
19. Цикл паросиловой установки с вторичным перегревом. Принципиальная схема установки. Цикл в диаграммах  $h-s$ ,  $p-v$ ,  $T-s$ . Термический КПД цикла
20. Способы повышения КПД паросиловых установок.
21. Цикл воздушной холодильной установки. Холодопроизводительность. Холодильный коэффициент
22. Цикл пароконденсационной холодильной установки. Холодопроизводительность. Холодильный коэффициент
23. Расчет пароконденсационной холодильной установки (с помощью диаграммы  $h-lgP$ )
24. Цикл газотурбинной (ГТУ) установки. Цикл ГТУ с регенерацией теплоты
25. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл
26. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана. Определение коэффициента теплоотдачи и методика его расчета.
27. Критерии подобия и критериальные уравнения
28. Сложный теплообмен. Коэффициент теплопередачи
29. Определение количества теплоты, проходящей через плоскую одно- и многослойную стенку за счет теплопроводности
30. Определение количества теплоты, проходящей через цилиндрическую одно- и многослойную стенку за счет теплопроводности
31. Теплопередача через плоскую одно- и многослойную стенку
32. Теплопередача через цилиндрическую одно- и многослойную стенку
33. Теплообменные аппараты. Их виды. Расчет теплообменного аппарата. Прямоток, противоток
34. Классификация топлив. Низшая и высшая теплота сгорания
35. Состав топлива на рабочую, сухую и горючую массы, перерасчет
36. Расчет расхода воздуха для сгорания 1 кг,  $1\text{ м}^3$  топлива. Коэффициент избытка воздуха и его значения в различных топках
37. Диаграмма  $h-d$  влажного воздуха. Процесс сушки на диаграмме
38. Цикл идеального компрессора. Работа при изотермическом, адиабатном и политропном сжатии. Предельная степень сжатия
39. Устройство современного котельного агрегата, котельной установки. Тепловой баланс котельного агрегата. КПД брутто и нетто. Определение расхода топлива на котел.
40. Расчет хвостовых поверхностей котельного агрегата
41. Системы отопления жилых и производственных помещений. Расчет и подбор приборов отопления (батарей)

42. Расчет площадей холодильной камеры, калорический расчет, расчет изоляции

### 7.7. Тест для проверки остаточных знаний

Выберите номер верного ответа в заданиях.

1. Какие величины называются основными термодинамическими параметрами состояния?

1. расстояние, высота, дисперсия
2. сопротивление, напряжение, индуктивность
3. давление, температура, объем
4. постоянная Больцмана, постоянная Планка, масса

2. Какие из уравнение являются уравнением состояния идеальных газов?

1.  $W = I U$
2.  $PV = mRT$
3.  $Q = \alpha(t_c - t_{ж}) F$
4.  $q = \Delta u + l$

3. Какое из уравнений является математическим выражением первого закона термодинамики?

1)  $\delta Q = dU + L$

2)  $P = \frac{2}{3} n \frac{mc^2}{2}$

3)  $Q_1 = q_2 + l_{\zeta}$

4)  $dU = M \cdot C_v \cdot \Delta T$

4. Чем является величина  $C_p \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right)$

1. теплоемкость тела;
2. удельной изобарной массовой теплоемкостью
3. удельной изохорной объемной теплоемкостью
4. удельной объемной изобарной теплоемкостью

5. Чем является величина  $\mu C_v \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}} \right)$

1. средняя теплоемкость тела в интервале температур;
2. удельная изохорная мольная теплоемкость
3. Истинная теплоемкость
4. удельная изобарная массовая теплоемкость

6. Какое из уравнений является уравнением Майера?

1)  $C = \frac{\delta q}{dT}$ ;

2)  $K = \frac{C_p}{C_v}$ ;

$$3) R = C_p - C_v;$$

$$4) dh = C_p \Delta T$$

7. Чем является сумма внутренней энергии системы  $U$  и произведения давления системы  $P$  на ее  $V$ ?

1. энтропией  $S$ ?
2. энтальпией  $H$
3. теплотой  $Q$
4. внутренней энергией системы;

8. Чем является следующее определение: «Невозможен двигатель, полностью превращающий в работу всю полученную теплоту»?

1. тепловой теоремой Нернста;
2. определением эксергии;
3. определением второго закона термодинамики;
4. определением первого закона термодинамики

9. Указать правильное определение формулы  $\eta_t = \frac{l_u}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$ .

1. термический коэффициент полезного действия двигателя;
2. механический КПД двигателя;
3. индикаторный КПД двигателя;
4. холодильный коэффициент.

10. Из каких термодинамических процессов состоит цикл Карно (идеальный цикл тепловой машины)?

1. двух изобар и двух изохор;
2. двух изотерм и двух адиабат;
3. двух политроп и двух изохор;
4. двух изотерм и двух изохор.

11. Для каких устройств обратный цикл Карно является идеальным циклом?

1. для паровых турбин;
2. для холодильных установок и тепловых насосов;
3. для поршневых ДВС;
4. для газотурбинных установок.

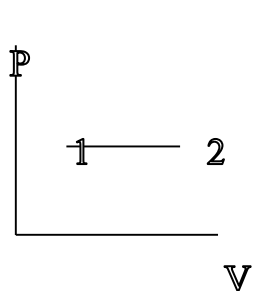
12. Указать правильное определение холодильного коэффициента:

1. отношение температур на вход и выходе из испарителя холодильной установки;
2. отношение затрат энергии на привод компрессора  $K$  необходимой для циркуляции хладагента энергии;
3. отношение количества теплоты, отнятой за цикл от холодильной камеры, к затраченной в цикле работе;
4. отношение теплоты, отданной в конденсаторе к работе в цикле.

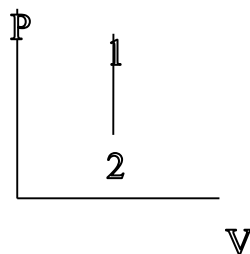
13. Какой из основных термодинамических процессов (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный) является обобщающим для остальных?

1. изотермический
2. адиабатный
3. политропный
4. изобарный

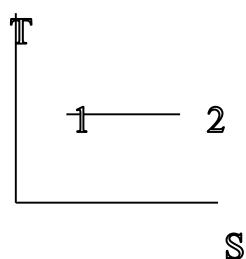
14. На каком графике изображен изотермический процесс?



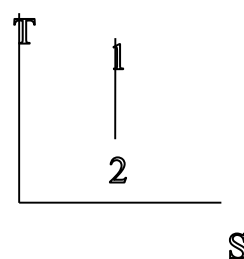
1)



2)



3)



4)

15. Какой термодинамический процесс происходит без теплообмена с окружающей средой?

1. изотермический
2. адиабатный
3. политропный
4. изобарный

16. Для какого термодинамического процесса характерна связь начальных и конечных параметров, выраженная уравнением  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ ?

1. изохорный
2. адиабатный
3. изобарный
4. изотермический

17. Какой термодинамический процесс можно выразить уравнением  $P_1 V_1^K = P_2 V_2^K$ ?

1. изобарный
2. политропный
3. адиабатный
4. изотермический

18. Как называется двухфазная смесь представляющая собой пар со взвешенным в нем капельками жидкости?

1. концентрированный пар;
2. недогретый пар;
3. влажный насыщенный пар;
4. перегретый пар

19. Как называется пар, находящийся в термическом и динамическом равновесии с жидкостью, из которой он образуется?

1. стабильный пар
2. насыщенный пар;
3. недогретый пар;
- 4.перегретый пар.

20. Как называется пар, температура которого превышает температуру насыщенного пара того же давления?

1. перегретый пар;
2. перенасыщенный пар;
3. сухой пар;
4. влажный пар.

21. Какая величина определяет количество теплоты, необходимой для превращения одного килограмма воды в сухой насыщенный пар той же температуры?

1. степень сухости  $\chi$  ;
2. энтальпия пара  $h$ ;
3. теплота парообразования  $g$ ;
4. теплота перегрева  $\Delta q_{pe}$

22. К какому закону относится следующее определение : «Полное давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений всех входящих в нее компонентов»;

1. закон Дальтона;
2. закон Майера;
3. Закон Бойля- Мариотта
4. Закон Клапейрона Менделеева

23. Чем является следующее определение: «Теплота, подведенная к потоку рабочего тела извне, расходуется на увеличение энтальпии рабочего тела, производство технической работы и увеличение кинетической энергии потока»?

1. определение энтропии;
2. выражение первого закона термодинамики для потока;
3. закон Дальтона;
4. закон Майера.

24. Специально спроектированные каналы для разгона рабочей среды и придания потоку определенного направления называются:

1. диффузорами;
2. соплами;

3. дросселями;
4. сопло Лавалья.

25. Каналы предназначенные для торможения потока и повышения давления называются:

1. соплами;
2. диффузорами;
3. дросселями;
4. соплами Лавалья.

26. Процесс с уменьшения давления, в тоге которого нет ни увеличения кинетической энергии, ни совершения технической работы, называется:

1. экстрагированием;
2. декомпрессией;
3. дросселированием
4. нагнетание.

27. Какой из процессов сжатия в компрессоре является энергетически наиболее выгодным?

1. адиабатное сжатие;
2. изотермическое сжатие;
3. политропное сжатие;
4. изобарное сжатие

28. Передача теплоты в веществе за счет переноса энергии микрочастицами, называется:

1. теплопередача;
2. конвекция;
3. теплопроводность;
4. лучеиспускание

29. Чем является закон Фурье ( $q = -\lambda \cdot \text{grad}t$ )?

1. основной закон теплопроводности;
2. Основной закон конвективной теплоотдачи;
3. частный случай закона сохранения энергии;
4. закон Стефана-Больцмана.

30. Чем является следующее выражение  $R_\lambda = \frac{\delta}{\lambda \cdot F}$ ?

1. тепловая проводимость стенки;
2. термическое сопротивление стенки;
3. тепловой поток через плоскую стенку
4. тепловой поток через цилиндрическую стенку.

31. По какому закону изменяется температура по толщине цилиндрической стенки?

1. по линейному закону;

2. по квадратной зависимости;
3. по логарифмическому закону;
4. по закону гиперболы.

32. Как называется перенос теплоты вместе с микроскопическими объемами вещества?

1. теплопередача
2. конвекция;
3. теплоперемещение;
4. излучение.

33. Какие виды конвекции существуют?

1. естественная и вынужденная;
2. интенсивная и пассивная;
3. поверхностная;
4. объемная.

34. Что представляет собой число Нуссельта ( $Nu = \alpha \cdot l / \lambda$ )

1. характеризует конвективный теплообмен (для определения коэффициента теплоотдачи)
2. теплофизическая константа вещества;
3. условия естественной конвекции
4. условие однозначности

35. Чем является коэффициент  $\alpha$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )?

1. коэффициент теплопроводности;
2. коэффициент теплопередачи;
3. коэффициент теплоотдачи;
4. коэффициент измерения.

36. Какие элементарные частицы являются носителями энергии при теплообмене излучением?

1. протоны;
2. фотоны;
3. электроны;
4. нейтроны.

37. Тело, поглощающее все падающее на него излучение, называется:

1. абсолютно прозрачным;
2. абсолютно белым;
3. абсолютно черным;
4. серым.

38. Чем является следующее выражение  $\varepsilon = E/E_0$ ?

1. степень черноты данного тела;



2. степень отражения данного тела;
3. степень поглощения данного тела;
4. степень прозрачности тела

39. В какой степени находится зависимость плотности интегрального излучения тела от его температуры?

1. в первой степени;
2. во второй степени;
3. в четвертой степени.

40. Как называется коэффициент  $K = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta/2 + 1/\alpha_2} \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right)$ ?

1. коэффициент теплопередачи;
2. коэффициент теплоотдачи ;
3. коэффициент теплопроводности;
4. постоянная излучения Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела.

41. Для чего служат экономайзеры в котельных установках?

1. для подогрева воздуха, поступающего в топку
2. для перегрева пара, образующегося в котле;
3. для подогрева питательной воды перед ее поступлением в испарительную часть котла;
5. для получения сухого насыщенного пара.

42. Какой коэффициент является основным при определении теплоизоляционных свойств материала?

1. коэффициент теплопроводности  $\lambda$
2. коэффициент теплоотдачи поверхности материала  $\alpha$
3. коэффициент температуропроводности  $a$
4. коэффициент теплопередачи  $K$ .

43. Для чего служит подготовка питательной воды перед подачей ее в котел?

1. для удаления механических примесей;
2. для удаления растворенных в воде солей жесткости;
3. для удаления коррозионно-активных газов;
4. для удаления всех выше перечисленных примесей.

44. Для чего служат воздушные и воздушно-тепловые завесы?

1. для подогрева воздуха в помещении;
2. для предотвращения попадания холодного воздуха в помещение;
3. для вентиляции помещений.
4. для охлаждения воздуха.

**8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **а) Основная литература**

1. Теплопередача [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2-х частях / В. С. Чередниченко, В. А. Сеницын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под ред. В. С. Чередниченко. - Электрон.дан. Ч. 1 : Основы теории теплопередачи. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 221 с. Внешняя ссылка: <http://znanium.com/catalog/document?id=347374>
2. Теплопередача [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2-х частях / В. С. Чередниченко [и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко, А. И. Алиферова. - Электрон.дан. Ч. 2 : Упражнения и задачи. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 348 с. Внешняя ссылка: <http://znanium.com/go.php?id=1001096>
3. Кудинов, Василий Александрович. Теплотехника [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. - Электрон.дан. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2021. - 424 с. - (Высшее образование). - Внешняя ссылка: <http://znanium.com/catalog/document?id=368310>

#### **б) Дополнительная литература**

4. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под ред. В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 308 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6991-7. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/0F27B612-D9AB-42AB-9FF5-F7A51E849C7A#page/1>
5. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под ред. В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 198 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7197-2. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/6A593465-8021-4362-9D54-19662A1CBF75#page/1>
6. Быстрицкий, Г. Ф. Теплотехника и энергосиловое оборудование промышленных предприятий : учебник для академического бакалавриата / Г. Ф. Быстрицкий. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 305 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8147-6. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/D9552103-0742-46DC-855D-4F7B94DD8C45#page/1>
7. Белов, Г. В. Термодинамика в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Г. В. Белов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 264 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7251-1. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/82DC73D6-8033-49E9-AFB5-70DE4E9C7AC8#page/1>
8. Белов, Г. В. Термодинамика в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Г. В. Белов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 248 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7252-8. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/113837CE-BDDD-4E79-A4FA-B30D63956946#page/1>
9. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для академического бакалавриата / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 442 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6607 - <https://www.biblio-online.ru/viewer/8F33C936-F3DF-418F-B256-498D615CE1B0#page/1>
10. Теплотехника: Учеб. для студентов учреждений высшего профессионального образования/ [М. Г.Шатров, И.Е.Иванов, С.А.Пришвин и др.]: под ред.М.Г.Шатрова – 3-е изд. – М.: Издательство «Академия», 2013, - 288с.
11. Теплотехника / Баскаков А.П., Берг Б.В., Витт О.К., Кузнецов Ю.В., Филипповский Н.Ф.- Учебник для нетеплоэнергетических вузов.-3-е изд.-М.: ИД «Бастед», 2010. - 328 с.
12. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи-Учебное пособие для вузов-3-е изд.- М.: ИД «Бастед», 2010. - 344 с.
13. Теплотехника / под общ. ред. Луканина А.В. – М.: Наука, 2009. – 671 с. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Теплотехника. – М.: Энергоатомиздат, 2006 – 432 с.

14. Бирюков, А.Л. Расчет производственно-отопительной котельной: Методические указания. Сост. А.Л. Бирюков. – Вологда–Молочное: ИЦ ВГМХА, 2022 – 66 с.
15. Бирюков, А.Л. Теплотехника: Учебно-методическое пособие и задания для выполнения контрольных работ/ Сост. А.Л. Бирюков. – Вологда–Молочное: Вологодская ГМХА, 2022 – 79 с.

**в) Перечень информационных технологий, используемых в обучении, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

**Лицензионное программное обеспечение:**

Microsoft Windows XP / Microsoft Windows 7 Professional , Microsoft Office Professional 2003 / Microsoft Office Professional 2007 / Microsoft Office Professional 2010  
STATISTICA Advanced + QC 10 for Windows

**в т.ч. отечественное**

Astra Linux Special Edition РУСБ 10015-01 версии 1.6.  
1С:Предприятие 8. Конфигурация, 1С: Бухгалтерия 8 (учебная версия)  
Project Expert 7 (Tutorial) for Windows  
СПС КонсультантПлюс  
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный

**Свободно распространяемое лицензионное программное обеспечение:**

OpenOffice  
LibreOffice  
7-Zip  
Adobe Acrobat Reader  
Google Chrome

**в т.ч. отечественное**

Яндекс.Браузер

**Информационные справочные системы**

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам – режим доступа: <http://window.edu.ru/>
- ИПС «КонсультантПлюс» – режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
- Интерфакс - Центр раскрытия корпоративной информации (сервер раскрытия информации) – режим доступа: <https://www.e-disclosure.ru/>
- 
- Автоматизированная справочная система «Сельхозтехника» (web-версия) - режим доступ: <http://gtneham.ru/>

н  
ф

**Профессиональные базы данных**

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – режим доступа: <http://elibrary.ru>
- Научометрическая база данных Scopus: база данных рефератов и цитирования – режим доступа: <https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>
- Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики – режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (Открытый доступ)
- Российская Академия Наук, открытый доступ к научным журналам – режим доступа: <http://www.ras.ru> (Открытый доступ)
- Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации – режим доступа: <http://mcs.ru/> (Открытый доступ)

-

**Электронные библиотечные системы:**

п – Э

р

а

к

ф

в

- Э
- Б – Э
- Б – Э
- Б – ЭБС POLPRED.COM: <http://www.polpred.com/>
- П – Электронная библиотека издательского центра «Академия»:
- Д
- Ю ЭБС ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА – режим доступа: <https://molochnoe.ru/ebs/>
- В

## А 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Й

Т Учебная аудитория 4209 Лаборатория теплотехники, для проведения лабораторных занятий. Основное оборудование: компьютеры, комплект «Ленинград», учебно-наглядные пособия по теме «Термодинамика», комплект учебного оборудования по определению тепловых характеристик приборов отопления, теплотехнике газов и жидкостей.

р Учебная аудитория 4305 для проведения занятий лекционного и семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: экран для проектора 1 шт., проектор - 1 шт., компьютер в комплекте - 1 шт.

м Учебная аудитория 4304 для проведения занятий лекционного и семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: экран для проектора 1 шт., проектор - 1 шт., компьютер в комплекте - 1 шт.

и

ш

у

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Н Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, исходя из индивидуальных психофизических особенностей и по личному заявлению обучающегося, в части создания специальных условий.

У В специальные условия могут входить: предоставление отдельной аудитории, необходимых технических средств, присутствие ассистента, оказывающего необходимую техническую помощь, выбор формы предоставления инструкции по порядку проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, использование специальных технических средств, предоставление перерыва для приема пищи, лекарств и др.

И Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

К Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

р Для лиц с нарушениями зрения:

Н – в печатной форме увеличенным шрифтом,

К – в форме электронного документа.

р Для лиц с нарушениями слуха:

Б – в печатной форме,

в – в форме электронного документа.

т Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

т – в печатной форме,

р – в форме электронного документа.

в Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

б

б

к

е

ш

ó

## 10 Карта компетенций дисциплины

Теплотехника					
Цель дисциплины	овладение теоретическими знаниями и практическими навыками по эффективному использованию теплотехнического оборудования, рациональному использованию энергии и экономии теплоты и топлива в пищевой промышленности.				
Задачи дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> <li>- получить представления о процессах взаимного превращения теплоты и работы, которые являются основой теории тепловых двигателей и холодильных машин</li> <li>- изучить свойства термодинамической системы, рабочих тел и их параметры, свойства идеальных и реальных газов, основных термодинамических процессах</li> <li>- получить представление об использовании основных термодинамических процессов в теплотехнических и термических устройствах.</li> </ul>				
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
Компетенции		Перечень компонентов (планируемые результаты обучения)	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
Общепрофессиональные компетенции					
ОПК-7	Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	<p>ИД-1 <small>опк-7</small> Знает современные экологические и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов.</p> <p>ИД-2 <small>опк-7</small> Умеет применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ИД-3 <small>опк-7</small> Владеет навыками рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проектировании</p>	<p>Лекции</p> <p>Лабораторные работы</p> <p>Самостоятельная работа</p>	<p>Тестирование</p> <p>Устный ответ</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Индивидуальное задание</p>	<p><i>Пороговый</i> уровень (удовлетворительный): знание современных экологических и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов. <i>Продвинутый</i> уровень (хорошо): умение применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении. <i>Высокий</i> уровень (отлично): владение навыками рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проектировании технологического оборудования.</p>

		технологиче- ского оборудо- вания			
--	--	---	--	--	--