

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»**

ФАКУЛЬТЕТ _ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
доцент

А.В. Степовой

26 марта 2020 г.

Рабочая программа дисциплины
Тепло- и хладотехника
наименование дисциплины

Направление подготовки
19.03.02 Продукты питания из растительного сырья _____
(программа академического бакалавриата)

Направленность
Продукты питания из растительного сырья

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения
очная

Краснодар
2020

Рабочая программа дисциплины «Тепло- и хладотехника» разработана на основе ФГОС ВО 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ 12.03.2015 г. №211.

Автор:
Доцент кафедры



А.Н. Соболев

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии от 17.03.2020 г., протокол № 7.

Заведующий кафедрой
д.т.н., профессор



О.В. Григораш

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета перерабатывающих технологий, протокол от 18.03.2020 № 7

Председатель
методической комиссии
д-р. тех. наук., профессор



Е.В. Щербакова

Руководитель
основной профессиональной
образовательной программы
канд. техн. наук, доцент



Н.В. Кенийз

1 Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Тепло- и хладотехника» является формирование комплекса знаний о развитии мышления в направлении изучения и правильному пониманию задач, стоящих перед специалистами при разработке и эксплуатации систем теплоэнергоснабжения с учетом экологической, изучение теоретических основ холодильной техники, топливно-энергетической и экономической ситуации в стране, уровня и перспектив развития отрасли.

Задачи дисциплины

- управление технологическими процессами производства продуктов питания из растительного сырья на предприятии;
- реализация мероприятий по повышению эффективности производства, направленных на рациональное использование и сокращение расходов сырья, материалов, снижение трудоемкости производства продукции, повышение производительности труда, экономное расходование энергоресурсов.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

ОПК-1 – Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

3 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

«Тепло- и хладотехника» является дисциплиной базовой части ОПОП ВО подготовки обучающихся по направлению 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья», направленность «Продукты питания из растительного сырья».

4 Объем дисциплины (108 часов, 3 зачетных единицы)

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
Контактная работа	59	-
в том числе:		
— аудиторная по видам учебных занятий	56	-
— лекции	18	-
— практические	-	-
— лабораторные	38	-
— внеаудиторная	3	-
— зачет	-	-
— экзамен	3	-
— защита курсовых работ (проектов)	-	-
Самостоятельная работа	49	-
в том числе:		
— курсовая работа (проект)*	-	-
— прочие виды самостоятельной работы	49	-
Итого по дисциплине	108	-

5 Содержание дисциплины

По итогам изучаемой дисциплины обучающиеся сдают экзамен.

Дисциплина изучается на 1 курсе, во 2 семестре очной формы обучения.

Содержание и структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Основные понятия теплотехники. 1. Основные понятия и определения. 2. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.	ОП К-1	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	<p>Изопрцессы идеального газа. Первый закон термодинамики для потока.</p> <p>3. Истечение. Дросселирование. Свойства реальных газов.</p> <p>4. Вода и водяной пар. Характеристики влажного воздуха.</p>						
2	<p>Основы теории теплообмена</p> <p>1. Основные понятия и определения.</p> <p>2. Температурное поле. Уравнение теплопроводности. Стационарная теплопроводность через плоскую стенку. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.</p> <p>3. Закон Ньютона-Рихмана. Тепловое излучение.</p>	ОП К-1	2	2	-	2	2
3	<p>Теплопередача. Применение теплоты.</p> <p>1. Теплопередача через плоскую стенку. Типы теплообменных аппаратов Расчет теплообменных аппаратов.</p>	ОП К-1	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	2. Физический процесс горения топлива. 3. Теплообменные аппараты. Способы сушки.						
4	Процессы получения низких температур. 1. Способы охлаждения. Термодинамические основы работы холодильных машин. 2. Процессы получения низких температур. 3. Способы охлаждения. Термодинамический цикл холодильных машин. Расчет цикла холодильных машин. Принцип действия паровых компрессионных холодильных машин. Система охлаждения холодильной установки.	ОП К-1	2	2	-	2	2
5	Холодильные агенты и хладоносители. Типы холодильных машин. Компрессоры холодильных машин.	ОП К-1	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	<p>1. Холодильные агенты и хладоносители.</p> <p>2. Поршневые компрессоры. Ротационные компрессоры. Винтовые компрессоры. Турбокомпрессоры. Газовые и вихревые холодильные машины. Компрессионные паровые холодильные машины. Абсорбционные и сорбционные холодильные машины.</p> <p>3. Пароэжекторные холодильные машины.</p>						
6	<p>Теплообменные аппараты холодильных машин.</p> <p>Вспомогательное оборудование.</p> <p>1. Конденсаторы. Испарители.</p> <p>2. Охлаждающие приборы. Вспомогательное оборудование. Автоматическое регулирование и управление.</p> <p>3. Агрегаты холодильных машин и установок.</p>	ОП К-1	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
7	<p>Охлаждаемые сооружения и охлаждающие среды</p> <p>1. Классификация холодильников для пищевых продуктов. Классификация холодильников по назначению. Классификация холодильников по грузовместимости.</p> <p>2. Охлаждающие среды, их свойства и параметры. Газообразная охлаждающая среда. Жидкая охлаждающая среда. Твердая охлаждающая среда.</p>	ОП К-1	2	2	-	2	2
8	<p>Конструкции холодильников. Тепловой баланс.</p> <p>1. Конструкции холодильников. Наружные ограждающие конструкции. Внутренние ограждающие конструкции.</p> <p>2. Теплоизоляционные материалы. Гидроизоляционные материалы.</p> <p>3. Тепловой баланс охлаждаемого</p>	ОП К-1	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	помещения. Системы охлаждения холодильных камер. Оттаивание снеговой шубы. Способы отвода теплоты от потребителя холода.						
9	Холодильное технологическое оборудование. 1. Экологические аспекты применения тепло- и хладотехники. 2. Воздушные морозильные аппараты. Контактные морозильные аппараты. Сублимационные сушильные установки. Технологические кондиционеры. Охлаждение водным льдом. Льдосоляное охлаждение. Охлаждение холодоаккумуляторами с эвтектикой. Охлаждение сухим льдом. Испарительное охлаждение. 3. Влияние холодильной техники на ухудшение	ОП К-1	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	экологической ситуации в мире. Перспективы перевода холодильной техники России на экологически чистые рабочие тела.						
10	Изучение конструкции парового котла	ОП К-1	2	-	-	2	2
11	Изучение конструкции водонагревательного котла	ОП К-1	2	-	-	2	2
12	Изучение конструкции парокомпрессионной холодильной установки	ОП К-1	2	-	-	2	2
13	Исследование рабочего цикла парокомпрессионной холодильных установок	ОП К-1	2	-	-	2	2
14	Изучение конструкции компрессора	ОП К-1	2	-	-	2	2
15	Изучение конструкции абсорбционной холодильной установки	ОП К-1	2	-	-	2	4
16	Изучение конструкции адсорбционной	ОП К-1	2	-	-	2	4

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	холодильной установки						
1 7	Определение коэффициента теплопроводности сыпучего материала	ОП К-1	2	-	-	2	4
1 8	Исследование процессов во влажном воздухе	ОП К-1	2	-	-	2	4
1 9	Заключительное занятие	ОП К-1	2	-	-	2	5
	Всего			18	-	38	49
	Экзамен	ОП К-1	2				3
Итого				18	-	38	49

6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания (для самостоятельной работы)

Тепло- и хладотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.В. Бутова [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. – 248 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72842.html>. – ЭБС «IPRbooks».

2. Третьякова, Н.Г. Тепло- и хладотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Г. Третьякова, Л.В. Лифенцева, В.А. Ермолаев. – Электрон. дан. – Кемерово: КемГУ, 2017. – 104 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103933>. – ЭБС «Лань».

3. Цветков О.Б. Теоретические основы тепло- и хладотехники. Основы термодинамики и тепломассопереноса [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015.

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП ВО

Номер семестра	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОПОП ВО
ОПК-1 способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	
1	Информатика
1, 2	Компьютерная графика
1	Тепло- и хладотехника
1	Физика
1	Химия (основы общей и неорганической, аналитическая)
2, 4	Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности
2	Прикладная механика
2	Химия органическая
2	Химия (физическая и коллоидная)
2, 4	Учебная практика
3	Введение в технологию продуктов питания
3	Электротехника и электроника
5	Пищевая химия
6	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе технологическая практика)
6, 7, 8	Производственная практика
6	Технология продуктов детского питания
7	Технология пищевых концентратов
8	Экология пищевых производств
8	Преддипломная практика
8	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты

* номер семестра соответствует этапу формирования компетенции

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Уровень освоения				Оценочное средство
	«неудовлетворительно» минимальный не достигнут	«удовлетворительно» минимальный (пороговый)	«хорошо» средний	«отлично» высокий	

ОПК-1 Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

Знать: - основные требования к информационной безопасности при работе в глобальной сети	Фрагментарные представления об основных требованиях к информационной безопасности и при работе в глобальной сети	Неполные представления об основных требованиях к информационной безопасности и при работе в глобальной сети	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных требованиях к информационной безопасности и при работе в глобальной сети	Сформированные систематические представления об основных требованиях к информационной безопасности при работе в глобальной сети	Реферат, задания лабораторных работ, тест.
Уметь: - применять информационно-коммуникационные технологии	Фрагментарное использование умений применять информационно-коммуникационные технологии	Несистематическое использование умений применять информационно-коммуникационные технологии	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умений применять информационно-коммуникационные технологии	Сформированное умение применять информационно-коммуникационные технологии	
Владеть - навыками поиска и анализа информации в глобальных сетях трудовые действия:	Отсутствие навыков поиска и анализа информации в глобальных сетях	Фрагментарное владение навыками поиска и анализа информации в	В целом успешное, но несистематическое владение навыками поиска и анализа информации	Успешное и систематическое владение навыками поиска и анализа информации в глобальных сетях	

Планируемые результаты освоения компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Уровень освоения				Оценочное средство
	«неудовлетворительно» минимальный не достигнут	«удовлетворительно» минимальный (пороговый)	«хорошо» средний	«отлично» высокий	
Анализ новых нормативных документов в области технического контроля качества продукции (А/03.5) Обработка данных, полученных при испытаниях (А/04.5) Учет и систематизация данных о фактическом уровне качества получаемой продукции (А/01.5)		глобальных сетях	в глобальных сетях		

7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП ВО

Примеры лабораторных работ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ВОЗДУХА»

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное определение средней объемной теплоемкости в процессе при постоянном давлении.

2 ЗАДАНИЕ

2.1 Определить с помощью экспериментальной установки среднюю объемную теплоемкость воздуха при постоянном давлении в интервале температур от комнатной до 50°C.

2.2 Вычислить средние массовые и молярные теплоемкости воздуха в процессах при $P=const$ и $V=const$ и сопоставить их с табличными данными.

2.3 Рассчитать средний показатель адиабаты для воздуха.

2.4 Определить с помощью полученных теплоемкостей изменение энтальпии и внутренней энергии в процессе при постоянном давлении. Вычислить работу, процесса, составить энергетический баланс процесса.

3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сообщение телу теплоты в каком-либо процессе вызывает изменение его состояния, в частности, температуры. Поэтому о количестве подведенной энергии в форме теплоты можно судить по изменению температуры, т.е. $\Delta Q = C dT$. Отношение количества теплоты ΔQ , сообщаемой телу при бесконечно малом изменении его состояния, к соответствующему изменению температуры dT называют истинной теплоемкостью тела

$$C = \frac{\Delta Q}{dT} \quad (1)$$

Теплоемкость, отнесенную к единице количества вещества, т. е. к единице массы (1 кг) тела, называют удельной теплоемкостью (c), Дж/(кг · К);

$$c_x = \left(\frac{dq}{dt} \right)_x$$

В общем случае истинная теплоемкость, где через x обозначен тот параметр, который сохраняется постоянным в данном процессе.

Теплоемкость зависит от температуры. При небольшом пределе изменения температуры, а также в приближенных расчетах зависимостью теплоемкости от температуры пренебрегают и принимают ее усредненное постоянное значение в данном интервале температур. Теплоемкость тела, соответствующую изменению температуры на конечную величину $\Delta t = t_2 - t_1$, называют средней теплоемкостью данного процесса

$$c_{x|t_1}^{t_2} = \frac{q_{1-2}}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

где q_{1-2} – количество теплоты, подведенной к 1 кг, 1 м³ или киломолю вещества в данном процессе.

В зависимости от способа задания единицы количества вещества различают теплоемкость массовую, объемную и мольную.

Теплоемкость 1 кг газа или пара называется массовой и обозначается $c_{t_1}^{t_2}$ кДж/(кг·К)

Теплоемкость 1 м³ газа или пара, отнесенного к нормальным физическим условиям НФУ, называется объемной и обозначается c' или $c'_{t_1}^{t_2}$, кДж/(м³·К)

Теплоемкость 1 киломоля газа или пара называется мольной и обозначается μc_x или $\mu c_x|_{t_1}^{t_2}$ кДж/(кмоль·К) Между этими теплоемкостями существует зависимость

$$c_x = c'_x \cdot V_0 = \frac{\mu c_x}{\mu}, \text{ кДж/(кг·К)} \quad (3)$$

где V – удельный объем газа или пара при НФУ, м³/кг.

Связь между истинной теплоемкостью c_x в данном процессе и средней устанавливается соотношением

$$c_{xT}|_{t_1}^{t_2} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} c_x dt \quad (4)$$

Обычно средние теплоемкости в таблицах даются в интервале температур от 0 до $t^\circ\text{C}$, тогда средняя теплоемкость $c_{xT}|_{t_1}^{t_2}$ в заданном интервале температур t_1 , t_2 может быть определена следующим образом:

$$c_{\text{хг}} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{c_{\text{x}} \Big|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{\text{x}} \Big|_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

4 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В основе экспериментального исследования лежит метод проточного калориметра.

Изменение теплоемкости невозможно производить в калориметре непроточного типа, так как масса исследуемого газа, заполняющего калориметр, получается небольшой и при подведении к ней теплоты большая часть ее уходит на тепловые потери и нагревание деталей калориметра. В проточном калориметре этих потерь меньше, так как в единицу времени прокачивается значительная масса газа, разогрев установки не учитывается и измерения проводят при стационарном режиме.

Расчетное уравнение для определения средней объемной теплоемкости воздуха при постоянном давлении может быть записано следующим образом

$$c_p \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{3,6Q}{V_0 \Delta t}, \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}) \quad (6)$$

где Q – тепловой поток, подводимый к воздуху, Вт,

Δt – разность температур на входе и выходе в калориметр, °С;

V_0 – расход воздуха через калориметр, приведенный к нормальным физическим условиям, м³/ч.

5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Основными элементом экспериментальной установки является проточный калориметр (рисунок 1). Он состоит из стеклянной трубки, в которой смонтирован электронагреватель 5. Для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду колориметр окружен стеклянной оболочкой 4. Воздух из пространства между колориметром и оболочкой удален.

Постоянный расход воздуха через колориметр создается пылесосом 2. Исследуемый воздух засасывается из помещения лаборатории, проходит через ротаметр 3 и пылесосом выбрасывается наружу. Температура на выходе замеряется с помощью хромель-алюмелевой термопары 1. Термопара подключается к милливольтметру.

Установка подключена к сети с напряжением 220 В. Сила тока в цепи электронагревателя измеряется амперметром, напряжение на зажимах электронагревателя регулируется регулятором напряжения 6 и измеряется вольтметром.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

6.1 Выписать в бланк отчета по лабораторной работе цель работы, задание, краткую методику проведения эксперимента. Заготовить таблицу для записей показаний прибора.

6.2 Включить пылесос и электронагреватель. Установить заданное преподавателем напряжение для проведения первого режима.

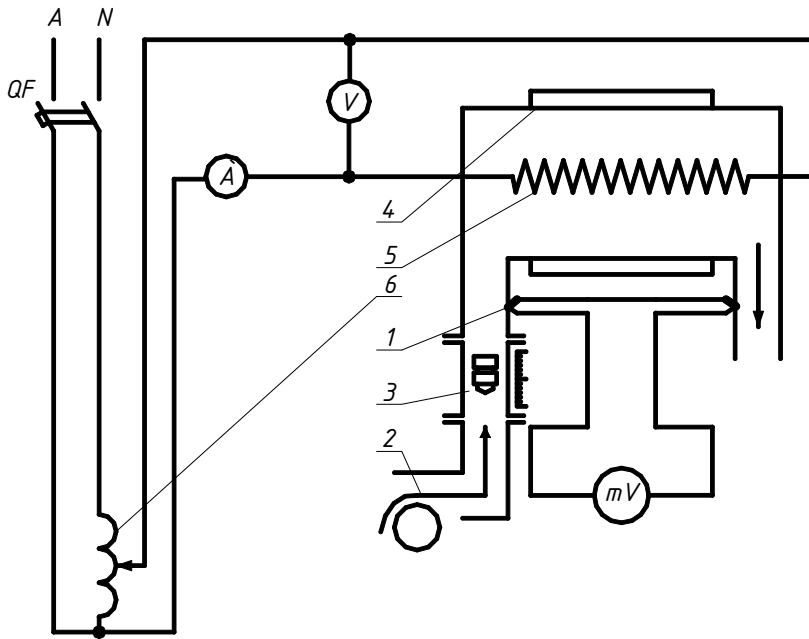


Рисунок 1 – Установка для определения средней теплоемкости воздуха

6.3 После достижения стационарного режима, о наступлении которого судят по постоянству положения стрелки милливольтметра (по истечении 4-5 минут), измерить показания воздуха по показаниям амперметра и вольтметра. С помощью милливольтметра сделать три замера термопары с интервалом в 3 минуты с записью значения в таблицу 1. Измерить температуру окружающего воздуха с помощью ртутного термометра.

6.4 Увеличить мощность электродвигателя через 5 минут произвести измерения на втором стационарном режиме.

Таблица 1 – Показания приборов и обработка экспериментальных данных

Режим	Повторность	Сила тока I, А	Напряжение U, В	Тепловой поток Q, Вт	Температура на входе t ₁ , °С	Температура на выходе t ₂ , °С	Расход		Теплоемкость		
							л/мин	м ³ /ч	$C_p \Big _{t_1}^{t_2}$ $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$	$C_p \Big _{t_1}^{t_2}$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$C_v \Big _{t_1}^{t_2}$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

7 ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

7.1 С помощью градуированной таблицы термопар по значению термо-э.д.с. определить разность температур воздуха на выходе и входе в калориметр холодный спай термопары находится при температуре окружающего воздуха, а рабочий на выходе из колориметра подогретого воздуха.

7.2 Вычислить объем воздуха, приведенного к нормальным физическим условиям

$$V_0 = V_T \frac{P_T}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_T}, (\text{м}^3/\text{ч}) \quad (7)$$

где V_T – объем воздуха, проходящий через калориметр, замеренный с помощью ротаметра в относительных единицах и переведенный в $\text{м}^3/\text{ч}$ с помощью тарировочного графика;

P_0, T_0 – давление и температура при нормальных физических условиях

$P_0=760$ мм рт. ст. ; $T_0=273\text{К}$

$P_T=751,5$ мм рт. ст. ; $T_T=290,45$ К-давление и температура, при которых был получен тарировочный график.

7.3 Вычислить среднюю объемную теплоемкости, по формуле (6), принимая тепловой поток равным мощности электронагревателя $Q=I \cdot U$, Вт.

7.4 Определить величину средней массовой теплоемкости при постоянном давлении

$$c_p|_{t_1}^{t_2} = \frac{c_p|_{t_1}^{t_2} \cdot 22,4}{\mu}, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (8)$$

где 22,4 – объем киломоля идеального газа при НФУ, $\text{м}^3/\text{моль}$;

μ – масса киломоля. Для воздуха $\mu=28,97$ кг/моль

7.5 Рассчитать среднюю массовую теплоемкость при постоянном объеме в том же интервале температур. Так как в данном случае воздух по своим свойствам весьма близок к. идеальному газу, то связь; между теплоемкостями выражается формулой Майера

$$c_v|_{t_1}^{t_2} = c_p|_{t_1}^{t_2} - R, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (9)$$

где R -газовая постоянная для воздуха, $R=0,287$ кДж/(кг·К).

7.6 Вычислить величину показателя адиабаты для воздуха

$$k = \frac{c_p|_{t_1}^{t_2}}{c_v|_{t_1}^{t_2}} \quad (10)$$

7.7 Определить изменение энтальпии воздуха в процессе при постоянном давлении

$$\Delta i = c_p|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1), \text{кДж}/(\text{кг}) \quad (11)$$

Численно Δi равно количеству теплоты, подведенной к каждому килограмму воздуха в изобарном процессе, т.е.

$$Q_p = \Delta i_{1-2}$$

7.8 Вычислить изменение внутренней энергии воздуха в данном процессе

$$\Delta u = c_v|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1), \text{кДж}/(\text{кг}) \quad (12)$$

7.9 Рассчитать работу газа в изобарном процессе.

$$l = R(T_2 - T_1) \text{ кДж}/\text{кг}.$$

7.10 Составить энергетический баланс процесса $q = \Delta u + l$ кДж/кг. Определить невязку в процентах.

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Отчет о выполненной работе должен содержать:

- 1 Цель работы, задание.
- 2 Методику экспериментального определения теплоемкости.
- 3 Рисунок 1 и таблицу 1.
- 4 Обработку результатов эксперимента с необходимыми расчетами.
- 5 Сопоставление результатов эксперимента с табличными данными.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение массовой, объемной и мольной теплоемкостей.

2. Какой объем газа имеют ввиду, говоря об объемной теплоемкости? В каких единицах измеряются теплоемкости?
3. Какая функциональная зависимость положена в основу изменения теплоемкости от температуры? Показать графически зависимость теплоемкости от температуры.
4. Что такое истинная теплоемкость?
5. Дать определение средней теплоёмкости.
6. Написать уравнение количества теплоты через среднюю теплоемкость.
7. Как определить, среднюю теплоемкость в интервале от t до t пользуясь таблицами теплоемкостей от 0 до t градусов Цельсия?
8. Что такое теплоемкость при постоянном объеме и теплоемкость при постоянном давлении?
9. Почему, теплоемкость газа при постоянном давлении всегда больше теплоемкости при постоянном объеме?
- 10.Какая связь между теплоемкостями при подводе теплоты к газу при постоянном давлении и постоянном объеме? Объяснить смысл всех величин, входящих в уравнение Майера.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА»

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является экспериментальное определение коэффициента теплопроводности материала методом трубы.

2 ЗАДАНИЕ

- 2.1 Определить экспериментально коэффициент теплопроводности для двух стационарных режимов.
- 2.2 Найти аналитическую зависимость коэффициента теплопроводности от температуры.

3 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Явление теплопроводности представляет собой процесс распространения тепловой энергии, при непосредственном соприкосновении отдельных частиц тела или отдельных тел, имеющих различные температуры. Теплопроводность обусловлена движением микрочастиц вещества. При этом в газах перенос энергии осуществляется путем диффузии молекул и атомов, а в жидкостях и в твердых телах – диэлектриках путем упругих волн, в металлах – путем диффузии свободных электронов. Согласно-основному закону теплопроводности – закону Фурье плотность теплового потока (количество теплоты, прошедшее в единицу времени через единицу изотермической поверхности) прямо пропорциональна градиенту температур.

$$q = -\lambda \text{grad}t, \text{ Вт/м}^2 \tag{1}$$

где λ – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом теплопроводности, Вт/(м·К), который является физическим параметром вещества, характеризующим его способность проводить теплоту. Численно коэффициент теплопроводности равен количеству теплоты, проходящему в единицу времени через единицу изотермической поверхности при условии $\text{grad}t=1$.

Температурный градиент является мерой интенсивности изменения температуры в направлении по нормали к изометрической поверхности. Направлен он в сторону

возрастания температуры. Численно равен производной от температуры по этому направлению

$$\text{grad}t = \lim\left(\frac{\Delta t}{\Delta n}\right) = \frac{dt}{dn} \quad (2)$$

Знак минус в законе Фурье указывает на то, что теплота передается в направлении уменьшения температуры.

4 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

При определении коэффициента теплопроводности материалов методом трубы исследуемому материалу придают форму цилиндрического слоя. При стационарном тепловом режиме коэффициент теплопроводности определяется из формулы теплового потока, полученной из закона Фурье для цилиндрической стенки

$$\lambda = \frac{Q \cdot 2.3Lg(d_2 / d_1)}{2\pi L(t_{c1} - t_{c2})}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \quad (3)$$

где l – длина трубы, м;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

d_2, d_1 – внутренний и наружный диаметры цилиндрического слоя материала, м;

t_{c1}, t_{c2} – средние температуры внутренней и наружной поверхности слоя материала, °С.

5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Исследуемый материал 4 (рисунок 2) (кварцевый песок) находится, в пространстве между трубами 2 и 3. Во внутренней трубе расположен электронагреватель 6, тепловой поток от которого передается через, внутреннюю трубу, слой материала и наружную трубу в окружающую среду. При установившемся (стационарном) режиме через каждый слой проходит одно и то же количество теплоты, которое определяют по показаниям ваттметра. Потребляемая мощность регулируется регулятором напряжения 1. Благодаря хорошему контакту сыпучего материала с трубами, можно считать, что соприкасающиеся поверхности материала и труб имеют одинаковую температуру, которая измеряется с помощью хромель-алюмелевых термопар 5, зачеканенных в поверхности труб. Электродвижущую силу (ЭДС) в термопарах измеряют милливольтметром, подключая к нему термопары поочередно с помощью переключателя.

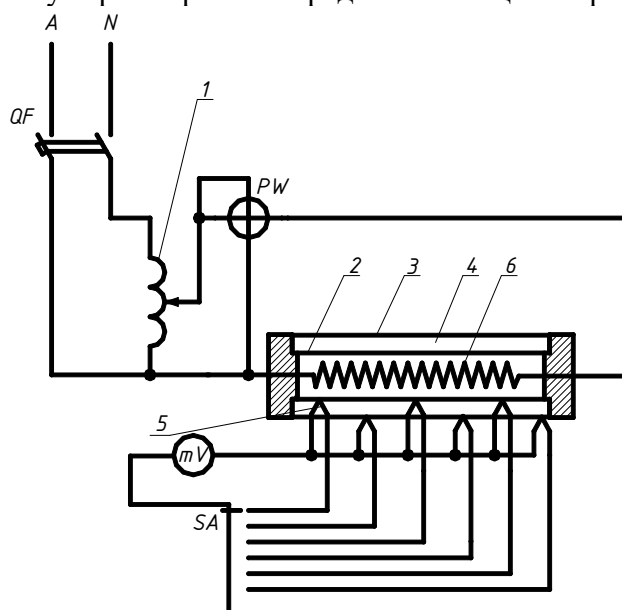


Рисунок 2 – Установка для определения

коэффициента теплопроводности

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

6.1 Выписать в бланк отчета по лабораторной работе цель работы, задание, краткую методику проведения эксперимента. Подготовить таблицу для записи показаний приборов (таблица 2).

6.2 По показанию ваттметра записать мощность электронагревателя, соответствующую первому стационарному режиму (установка включается преподавателем до начала занятий).

6.3 Переключателем включать поочередно все термопары и фиксировать для каждой из них значение ЭДС по милливольтметру с записью их значений в таблице. Замеры производить с интервалами в 3-5 минут до тех пор, пока величина ЭДС для каждой термопары не будет изменяться во времени, что свидетельствует о наступлении стационарного режима.

6.4 На стационарном режиме сделать три замера ЭДС по прибору для каждой термопары с интервалами в 5 минут и записать в соответствующие графы таблицы.

6.5 Измерить термометром температуру окружающего воздуха вблизи от установки.

6.6 Показать результаты замеров преподавателю и с его разрешения переключить установку 2-й режим, увеличив с помощью регулятора напряжения 1 мощность нагревателя на 20-47 Вт. Эксперимент проводить через 25-30 минут в той же последовательности.

7 ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

7.1 По градировочной таблице термопар определить ЭДС, соответствующую температуре окружающего воздуха, чтобы сделать поправку на температуру холодных спаев термопар находящихся при температуре окружающего воздуха. Градировочная таблица рассчитана на температуру холодных спаев, равную 0°C.

7.2 Определить суммарные ЭДС E_1, E_2 и т.д. складывая в таблице для каждой термопары ЭДС по прибору с ЭДС, соответствующей температуре окружающего воздуха.

7.3 По градировочной таблице найти температуры в местах зачеканки термопар по значениям суммарных ЭДС.

7.4 Вычислить средние температуры поверхностей исследуемого слоя.

7.4.1 Средняя, температура внутренней поверхности слоя

$$t_{c1} = \frac{t'_1 + t'_2 + t'_3}{3}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7.4.2 Средняя температура наружной поверхности слоя

$$t_{c2} = \frac{t''_1 + t''_2 + t''_3}{3}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7.5 Определить среднюю температуру исследуемого слоя

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7.6 Вычислить коэффициент теплопроводности λ по формуле (3), принимая

$$Q=N \text{ Вт}; d_1=0,025 \text{ м}; d_2=0,05\text{м}; l=1 \text{ м}$$

7.7 Полученные значения λ и t_c записать в таблицу.

7.8 Построить график зависимости $\lambda=f(t_c)$. По горизонтали отложить в выбранном масштабе средние температуры слоя ($t_c, \text{ } ^\circ\text{C}$), по вертикали соответствующие им значения коэффициентов теплопроводности.

7.9 Определить аналитическую зависимость коэффициента теплопроводности от температуры, которая для изоляционных и пористых материалов подчиняется линейному закону, и описываются уравнением

$$\lambda = \lambda_0(1 + bt) \quad (3)$$

		Суммарная ЭДС ($E''_{n3} + E_6$)	E''_3	мВ										
		Температура поверхн. трубы (опр. по вел. E''_3)	t''_3	°С										
		Коэффициент теплопроводности исследуемого материала	λ	$\frac{A \cdot \Delta t}{i \cdot \dot{E}}$										
		Средняя температура исследуемого слоя	t_{cp}	°С										

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Отчет по выполненной работе должен содержать:

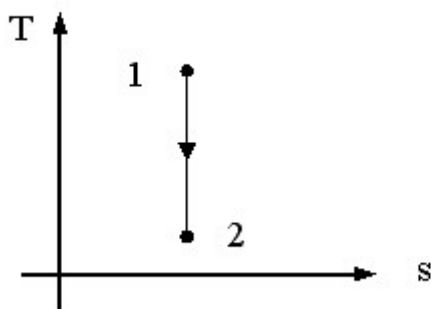
- 1 Цель работы.
- 2 Описание методики определения коэффициента теплопроводности.
- 3 Рисунок 2 и таблицу 2.
- 4 Результаты обработки экспериментальных данных.
- 5 График $\lambda = f(t_c)$.
- 6 Сопоставление результатов эксперимента с литературными данными.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности? Выведите его размерность из закона Фурье.
2. Сформулируйте основной закон теплопроводности Фурье и приведите, его математическое выражение.
3. Что такое температурное поле, изотермические поверхности, температурный градиент?
4. Дайте графическую интерпретацию температурного градиента и теплового потока
5. Объясните, почему в формуле закона Фурье в дифференциальной форме в правой части имеется знак минус?
6. Что такое установившийся и неустановившийся тепловые режимы? Приведите математическое выражение в общем виде температурного поля для обоих случаев.
7. Почему пористые материалы имеют низкий коэффициент теплопроводности?
8. Как зависит коэффициент теплопроводности изоляционного материала от температуры?
9. Опишите схему приборов и принцип определения коэффициента теплопроводности по методу трубы.

Пример теста

№1



Для идеального газа изменение объема в процессе 1-2, изображенном на графике, соответствует соотношению...

- 1 $v_2 > v_1$
- 2 $v_2 \leq v_1$
- 3 $v_2 = v_1$
- 4 $v_2 < v_1$

№2

Объемная теплоемкость по известной массовой теплоемкости вычисляется по формуле....

- 1 $c^{\wedge} = c/\rho$
- 2 $c^{\wedge} = c*\mu$
- 3 $c^{\wedge} = c/\mu$
- 4 $c^{\wedge} = c*\rho$

№3

Уравнение Майера для реального газа имеет вид...

- 1 $C_p - C_v < R$
- 2 $C_v - C_p = R$
- 3 $C_p - C_v = R$
- 4 $C_p - C_v > R$

№4

Под теплотой понимается....

- 1 способ обмена энергией между термодинамической системой и окружающей средой, связанный с наличием силовых полей и внешнего давления
- 2 работа, совершаемая термодинамической системой при конечном изменении ее объема
- 3 работа силы в 1 Н на пути в 1 м
- 4 способ обмена энергией между термодинамической системой и окружающей средой при непосредственном контакте между телами, лучистом переносе энергии, в результате химических реакций или при фазовых переходах

№5

Совокупность материальных тел, находящихся в механическом и тепловом взаимодействии друг с другом и с окружающими систему внешними телами представляет....

- 1 термодинамическую систему
- 2 однородную термодинамическую систему
- 3 теплоизолированную систему
- 4 изолированную термодинамическую систему

№6

Массовая теплоемкость идеального газа по известной мольной вычисляется по формуле....

- 1 $c = \mu c / \rho$
- 2 $c = \rho / \mu c$

3 $c = \mu c / \mu$

4 $c = \mu / \mu c$

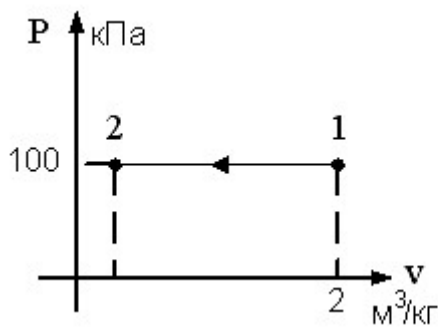
№7

Теплота, подведенная к потоку рабочего тела извне, расходуется на ...

- 1 увеличение энтальпии рабочего тела, производство технической работы и увеличение кинетической энергии потока
- 2 уменьшение энтальпии рабочего тела, производство технической работы и увеличение кинетической энергии потока
- 3 увеличение энтальпии рабочего тела и увеличение энтальпии рабочего тела и увеличение кинетической энергии потока
- 4 увеличение энтальпии рабочего тела, производство технической работы и уменьшение кинетической энергии потока

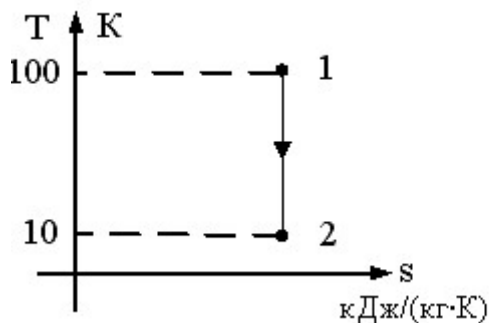
№8

$T_1 = 1000\text{K}$, $T_2 = 100\text{K}$, $\nu_1 = 2 \text{ м}^3/\text{кг}$. В точке 2 изобарного процесса, представленного на графике, удельный объем равен ...



Отве
т: 0,2 (без учета регистра)

№9



$T_1 = 100\text{K}$, $T_2 = 10\text{K}$, $\nu_1 = 1 \text{ м}^3/\text{кг}$, $k = 2$. В точке 2 адиабатного процесса, представленного на графике, удельный объем равен...

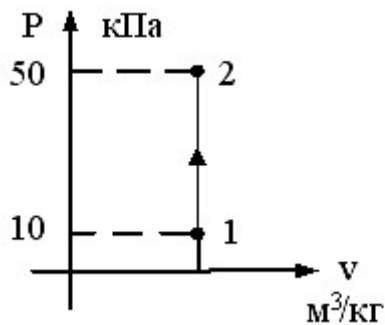
Отве
т: 10 (без учета регистра)

№10

Количество теплоты, полученное телом, и работа, произведенная телом, зависят от....

- 1 характера термодинамического процесса
- 2 запаса работы в теле
- 3 запаса теплоты и работы в теле
- 4 запаса теплоты в теле

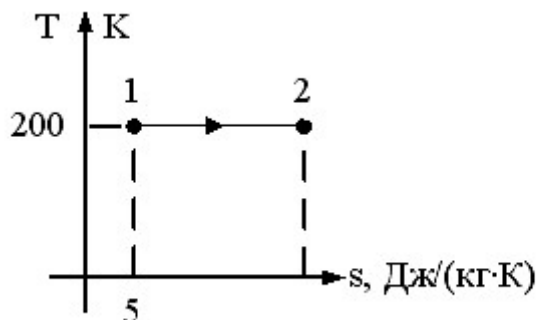
№11



$T_1 = 100$ К. В точке 2 изохорного процесса, представленного на графике, температура равна ___ К.

- 1 $T = 500$ К
- 2 $T = 100$ К
- 3 $T = 20$ К
- 4 $T = 500$ С

№12



Если количество теплоты, которое подводится в изометрическом процессе 1 -2 равно 500 Дж/кг, то энтропия в точке 2 равна...

Отве
т: 7.5 (без учета регистра)

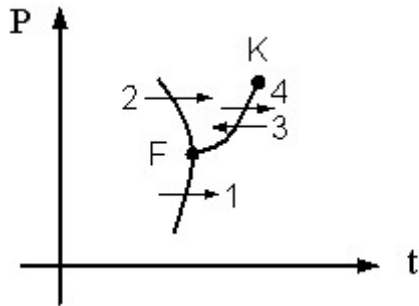
№13

Максимально возможное влагосодержание достигается при

- 1 $\varphi = 100\%$
- 2 в точке пересечения линии постоянного влагосодержания с линией $\varphi = 60\%$
- 3 $\varphi = 0\%$

4 $\varphi = 50\%$

№14



Фазовый переход 1, изображенный на рисунке, соответствует...

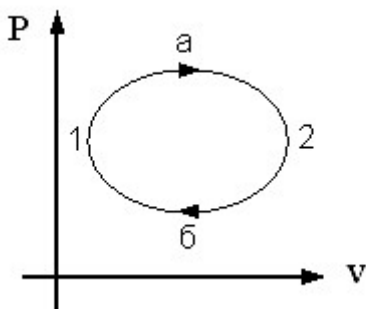
Отве
т: сублимации. (без учета регистра)

№15

Температура, до которой необходимо охлаждать ненасыщенный влажный воздух, чтобы содержащийся в нем перегретый пар стал насыщенным, называется...

- 1 критической температурой
- 2 температурой точки росы
- 3 температурой тройной росы
- 4 абсолютной температурой

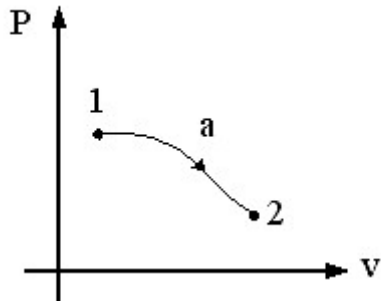
№16



Рабочее тело (например, водяной пар) (см.рис.) совершает...

- 1 круговой процесс (цикл) 1-а-2-б-1
- 2 необратимый круговой процесс
- 3 обратимый термодинамический процесс 1-а-2
- 4 обратимый термодинамический процесс 2-б-1

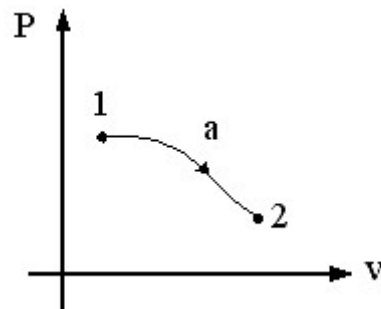
№17



Если $P_1 = 3 \cdot P_2$, $v_1 = v_2/3$, то изменение энтальпий $\Delta h = h_1 - h_2$ в процессе 1-2, показанном на графике, равно...

- 1 $u_1 + u_2$
- 2 0
- 3 $u_2 - u_1$
- 4 $u_1 - u_2$

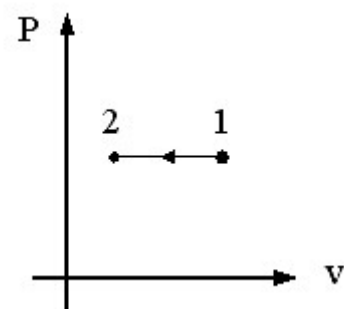
№18



Если $P_1 = 3 \cdot P_2$, $v_1 = v_2/3$, то изменение энтальпий $\Delta h = h_1 - h_2$ в процессе 1-2, показанном на графике, равно...

Отв
т: $u_1 - u_2$ (без учета регистра)

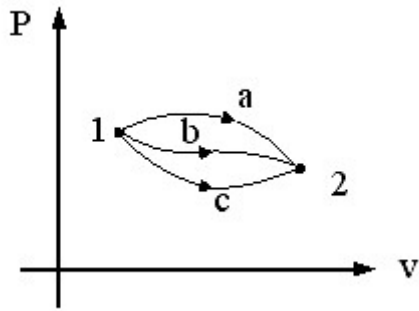
№19



Работа сжати в процессе 1-2 (см. график) вычисляется по формуле...

- 1 $l = R \cdot (T_1 - T_2) / (k - 1)$
- 2 $l = R \cdot T \cdot \ln(v_2 / v_1)$
- 3 $l = P \cdot (v_1 - v_2)$
- 4 $l = P \cdot (v_2 - v_1)$

№20



Изменение внутренней энергии газа в процессах, изображенных на рисунке, выражается соотношением...

- 1 $dU_a > dU_b > dU_c$
- 2 $dU_a = dU_b = dU_c = 0$
- 3 $dU_a < dU_b < dU_c$
- 4 $dU_a = dU_b = dU_c$

Структура реферата:

- 1) титульный лист;
- 2) план работы с указанием страниц каждого вопроса, подвопроса (пункта);
- 3) введение;
- 4) текстовое изложение материала, разбитое на вопросы и подвопросы (пункты, подпункты) с необходимыми ссылками на источники, использованные автором;
- 5) заключение;
- 6) список использованной литературы;
- 7) приложения, которые состоят из таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схем (необязательная часть реферата). Приложения располагаются последовательно, согласно заголовкам, отражающим их содержание.

Темы рефератов

1. Основы технической термодинамики. Свойства рабочих тел. Рабочее тело и его параметры.
2. Основы технической термодинамики. Рабочее тело и его параметры.
3. Основы технической термодинамики. Уравнение состояния идеального газа.
4. Основы технической термодинамики. Смеси идеальных газов.
5. Теплоемкость идеального газа.
6. Первый закон термодинамики. Классификация термодинамических процессов.
7. Работа расширения газа.
8. Внутренняя энергия газа.
9. Аналитическое выражение 1-го закона термодинамики. Энтальпия.
10. Первый закон термодинамики для потока газа.
11. Энтропия газов.
12. Термодинамические процессы идеальных газов.
13. Реальные газы Свойства реальных газов.
14. Водяной пар. Энтальпийно-энтروпийная диаграмма водяного пара.
15. Атмосферный воздух. h-d-диаграмма влажного воздуха.
16. Сущность 2-го закона термодинамики.

17. Круговые термодинамические процессы.
18. Прямой обратимый цикл Карно.
19. Математическое выражение второго закона термодинамики.
20. Истечение паров и газов. Основное уравнение вытекания паров и газов.
21. Влияние профиля канала на скорость истечения.
22. Дросселирование газов и паров.
23. Теплопроводность. Основные положения теплопроводности.
24. Конвективный теплообмен. Общие положения.
25. Теплообмен излучением. Общие положения.
26. Основные законы лучистого теплообмена.
27. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов.
28. Компрессоры. Общие сведения. Поршневой компрессор.
29. Циклы газотурбинных установок. Газотурбинные установки.
30. Циклы паротурбинных установок.
31. Цикл Карно для паротурбинных установок.
32. Цикл Ренкина для ПТУ.
33. Циклы холодильных установок. Общие сведения.
34. Процессы получения низких температур.
35. Способы охлаждения.
36. Система охлаждения холодильной установки.
37. Одноступенчатые холодильные машины.
38. Многоступенчатые холодильные машины.
39. Холодильные агенты и хладоносители.
40. Газовые и вихревые холодильные машины.
41. Компрессионные паровые холодильные машины.
42. Абсорбционные и сорбционные холодильные машины.
43. Пароэжекторные холодильные машины.
44. Теплообменные аппараты холодильных машин. Конденсаторы.
45. Теплообменные аппараты холодильных машин. Испарители
46. Теплообменные аппараты холодильных машин. Охлаждающие приборы.
47. Теплообменные аппараты холодильных машин. Вспомогательное оборудование Испарители.
48. Теплообменные аппараты холодильных машин. Автоматическое регулирование и управление.
49. Агрегаты холодильных машин и установок.
50. Классификация холодильников по назначению.
51. Классификация холодильников по грузоместимости.
52. Газообразная охлаждающая среда.
53. Жидкая охлаждающая среда.
54. Твердая охлаждающая среда.
55. Конструкции холодильников.
56. Наружные ограждающие конструкции.
57. Внутренние ограждающие конструкции.
58. Теплоизоляционные материалы.
59. Гидроизоляционные материалы.
60. Тепловой баланс охлаждаемого помещения.
61. Системы охлаждения холодильных камер.
62. Способы отвода теплоты от потребителя холода.
63. Воздушные морозильные аппараты.
64. Контактные морозильные аппараты.

65. Сублимационные сушильные установки.
66. Технологические кондиционеры.
67. Охлаждение водным льдом.
68. Льдосоляное охлаждение.
69. Охлаждение холодоаккумуляторами с эвтектикой.
70. Охлаждение сухим льдом.
71. Испарительное охлаждение.

Для промежуточного контроля (ОПК-1 Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий)

Вопросы к экзамену

1. Изотермный процесс идеального газа в закрытых системах.
1. Основы технической термодинамики. Свойства рабочих тел. Рабочее тело и его параметры.
2. Основы технической термодинамики. Рабочее тело и его параметры.
3. Основы технической термодинамики. Уравнение состояния идеального газа.
4. Основы технической термодинамики. Смеси идеальных газов.
5. Теплоемкость идеального газа.
6. Первый закон термодинамики. Классификация термодинамических процессов.
7. Работа расширения газа.
8. Внутренняя энергия газа.
9. Аналитическое выражение 1-го закона термодинамики. Энтальпия.
10. Первый закон термодинамики для потока газа.
11. Энтропия газов.
12. Термодинамические процессы идеальных газов.
13. Реальные газы Свойства реальных газов.
14. Водяной пар. Энтальпийно-энтропийная диаграмма водяного пара.
15. Атмосферный воздух. h - d -диаграмма влажного воздуха.
16. Сущность 2-го закона термодинамики.
17. Круговые термодинамические процессы.
18. Прямой обратимый цикл Карно.
19. Математическое выражение второго закона термодинамики.
20. Истечение паров и газов. Основное уравнение вытекания паров и газов.
21. Влияние профиля канала на скорость истечения.
22. Дросселирование газов и паров.
23. Теплопроводность. Основные положения теплопроводности.
24. Конвективный теплообмен. Общие положения.
25. Теплообмен излучением. Общие положения.
26. Основные законы лучистого теплообмена.
27. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов.
28. Компрессоры. Общие сведения. Поршневой компрессор.
29. Циклы газотурбинных установок. Газотурбинные установки.
30. Циклы паротурбинных установок.
31. Цикл Карно для паротурбинных установок.
32. Цикл Ренкина для ПТУ.
33. Циклы холодильных установок. Общие сведения.

34. Процессы получения низких температур.
35. Способы охлаждения.
36. Система охлаждения холодильной установки.
37. Одноступенчатые холодильные машины.
38. Многоступенчатые холодильные машины.
39. Холодильные агенты и хладоносители.
40. Газовые и вихревые холодильные машины.
41. Компрессионные паровые холодильные машины.
42. Абсорбционные и сорбционные холодильные машины.
43. Пароэжекторные холодильные машины.
44. Теплообменные аппараты холодильных машин. Конденсаторы.
45. Теплообменные аппараты холодильных машин. Испарители
46. Теплообменные аппараты холодильных машин. Охлаждающие приборы.
47. Теплообменные аппараты холодильных машин. Вспомогательное оборудование Испарители.
48. Теплообменные аппараты холодильных машин. Автоматическое регулирование и управление.
49. Агрегаты холодильных машин и установок.
50. Классификация холодильников по назначению.
51. Классификация холодильников по грузоместимости.
52. Газообразная охлаждающая среда.
53. Жидкая охлаждающая среда.
54. Твердая охлаждающая среда.
55. Конструкции холодильников.
56. Наружные ограждающие конструкции.
57. Внутренние ограждающие конструкции.
58. Теплоизоляционные материалы.
59. Гидроизоляционные материалы.
60. Тепловой баланс охлаждаемого помещения.
61. Системы охлаждения холодильных камер.
62. Способы отвода теплоты от потребителя холода.
63. Воздушные морозильные аппараты.
64. Контактные морозильные аппараты.
65. Сублимационные сушильные установки.
66. Технологические кондиционеры.
67. Охлаждение водным льдом.
68. Льдосоляное охлаждение.
69. Охлаждение холодоаккумуляторами с эвтектикой.
70. Охлаждение сухим льдом.
71. Испарительное охлаждение.

Практические задания для экзамена

Задание 1.

В компрессор воздушной холодильной установки поступает воздух из холодильной камеры при давлении, равном $p_1=0.1$ МПа и температуре $t_1 = -18^\circ\text{C}$. После адиабатного сжатия до давления $p_2 = 0,4$ МПа воздух поступает в охладитель, где его температура снижается до $t_3 = 35^\circ\text{C}$ в процессе при постоянном давлении. Затем воздух поступает в детандер, где адиабатно расширяется до первоначального давления p_1 . После этого воздух возвращается

в холодильную камеру, где при постоянном давлении нагревается до температуры t_1 , отнимая теплоту у охлаждаемых тел. $Q_0 = 120$ кВт.

Необходимо определить: холодильный коэффициент ϵ , температуру воздуха, поступающего в холодильную камеру t_4 , количество теплоты, передаваемое охлаждающей воде в охладителе Q_w , расход холодильного агента M и теоретическую потребляемую мощность $N_{\text{теор}}$.

Задание 2.

Газ массой M имеет начальные параметры – давление p_1 и температуру t_1 . После политропного изменения состояния объем газа стал V_2 , а давление p_2 пол. Определите характер процесса (расширение или сжатие газа), показатель политропы n , конечную температуру t_2 , теплоемкость политропного процесса $C_{\text{пол}}$, работу L и теплоту Q в процессе, а также изменение внутренней энергии и энтропии газа.

Определите эти же величины и конечное давление p_2 , если изменение состояния газа до того же объема V_2 происходит: а) по изотерме и б) по адиабате. Составьте сводную таблицу результатов расчета. Данные для решения задачи

Газ: N_2 ;

$t_1, ^\circ C = 300$;

$p_1, \text{МПа} = 0,7$;

$M, \text{кг} = 7,5$;

$p_2, \text{МПа} = 1,45$;

$V_2, \text{м}^3 = 1,5$

Примечание: Расчеты вести при постоянном значении теплоемкости, независимо от температуры.

Задание 3.

При температуре $t_1 = 20^\circ C$ 2 кг углекислоты сжимается изотермически до десятикратного уменьшения объема. Определить конечное давление p_2 , работу сжатия и отводимую теплоту, если начальное давление $p_1 = 0,1$ МПа. Принять, что газ идеальный.

Задание 4.

1 кг воздуха адиабатно расширяется от начального состояния с температурой $t_1 = 20^\circ C$ и давлением $p_1 = 0,8$ МПа до давления $p_2 = 0,2$ МПа. Определить параметры газа в конце расширения, работу процесса и изменение внутренней энергии газа.

Задание 5.

Определить параметры влажного водяного пара при давлении 2,0 МПа и степени сухости 0,9.

Задание 6.

Пар аммиака при температуре $t_1 = -10^\circ C$ поступает в компрессор, где адиабатно сжимается до давления, при котором его температура $t_2 = 20^\circ C$ а степень сухости $x = 1$. Из компрессора аммиак поступает в конденсатор, где при постоянном давлении обращается в жидкость ($x=0$), после чего в расширительном цилиндре он адиабатно расширяется до температуры

$t_4 = t_1 = -10\text{ }^\circ\text{C}$. Определить холодильный коэффициент и работу сжатия в компрессоре на 1 кг хладагента.

Задание 7.

Для сушки используют воздух при $t_1=20\text{ }^\circ\text{C}$ и $\phi_1=60\%$. В калорифере его подогревают до $t_2 = 95\text{ }^\circ\text{C}$ и направляют в сушилку, откуда он выходит при $t_3 = 35\text{ }^\circ\text{C}$.

Вычислить конечное влагосодержание воздуха, расход воздуха и теплоты на 1 кг испаренной влаги.

Задание 8.

Температура поверхности вертикальной стенки высотой $h = 3\text{ м}$ равна $10\text{ }^\circ\text{C}$. Температура воздуха в помещении $20\text{ }^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенке.

Задание 9.

Водовоздушный нагреватель выполнен из стальных ($\lambda = 45\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) труб диаметром $38 \times 3\text{ мм}$. Греющая среда – воздух с температурой на входе $t_{\square 1} = 350\text{ }^\circ\text{C}$ и на выходе $t_{\square 1} = 250\text{ }^\circ\text{C}$. Нагреваемая вода имеет расход $m = 2\text{ т/ч}$, начальную температуру $t_{\square 2} = 30\text{ }^\circ\text{C}$, и конечную $t_{\square 2} = 200\text{ }^\circ\text{C}$. Коэффициенты теплоотдачи от воздуха к трубам $\alpha_1 = 30\text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, от труб к воде $\alpha_2 = 2000\text{ Вт/(м}^2\text{К)}$.

Найти площадь поверхности нагрева аппарата, если он выполнен по противоточной схеме. Учесть загрязнение поверхности с одной стороны накипью толщиной 0,5 мм и с другой стороны – слоем масла толщиной 0,1 мм. Нагреватель теряет в окружающую среду 5% теплоты, получаемой с водой. Расчет произвести по формулам плоской стенки.

Задание 10.

$V_1, \text{ м}^3$ газа с начальным давлением p_1 и начальной температурой t_1 сжимается до изменения объема в \square раз ($\square = V_1/V_2$).

Сжатие происходит по изотерме, адиабате и политропе с показателем политропы n . Определить массу газа, конечный объем, температуру, работу сжатия, количество отведенной теплоты, изменение внутренней энергии и энтропии газа для каждого из процессов.

Изобразить процессы сжатия в p, v и T, s – диаграммах. Данные для решения приведены в таблице 6. Результаты расчетов свести в таблицу 1.

Таблица 1

Процесс	m	T	L	Q	ΔU	ΔS
	кг	Т	кДж	кДж	кДж	кДж/К
Изотермический						
Адиабатный						
Политропный						

Задание 11.

m кг воздуха с начальной температурой t_1 сжимается от давления $p_1=0,1\text{ МПа}$ до давления p_2 . Сжатие происходит по изотерме, адиабате и политропе с показателем политропы n .

Определить для каждого из трёх процессов сжатия конечную температуру воздуха, работу, отведённое тепло, изменение внутренней энергии и энтропии воздуха. Изобразить процессы сжатия в p, v и T, s – диаграммах. Данные для решения приведены в таблице 8. Результаты расчетов свести в таблицу 1.

Таблица 1

Процесс	m	T	L	Q	ΔU	ΔS
	кг	Т	кДж	кДж	кДж	кДж/К
Изотермический						
Адиабатный						
Полиτροпный						

Задание 12.

Рабочее тело – водяной пар, имеющий в начальном состоянии давление p_1 и температуру t_1 адиабатно расширяется до давления p_2 .

Построить процесс адиабатного расширения водяного пара в h, s - диаграмме.

Определить:

- 1) параметры пара в начальном состоянии (v_1, h_1, s_1);
- 2) параметры пара в конечном состоянии (v_2, h_2, s_2);
- 3) значения внутренней энергии пара до и после процесса

расширения;

4) работу расширения и количество отводимой теплоты.

К решению задачи приложить схему построения процесса в координатах h, s . Данные для решения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p_1 , МПа										
p_2 , бар	5	8	9	10	13	5	9	8	11	12
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_1 , °С	400	470	490	550	600	410	500	450	490	550

Задание 13.

Рабочее тело – водяной пар, имеющий в начальном состоянии давление p_1 и степени сухости x_1 , изобарно нагревается до температуры t_2 . Построить процесс нагрева водяного пара в диаграмме h, s .

Определить:

- 1) параметры пара в начальном состоянии (v_1, h_1, s_1);
- 2) параметры пара в конечном состоянии (v_2, h_2, s_2);
- 3) значения внутренней энергии пара до и после процесса нагрева;
- 4) количество подведенной теплоты и совершаемую работу.

К решению задачи приложить схему построения процесса в координатах h,s . Данные для решения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p , МПа	9	8	7	6	5	4	3	2,5	1	1,4
x	0,95	0,94	0,96	0,93	0,97	0,92	0,90	0,91	0,98	0,89
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t , °C	400	420	500	530	580	600	610	550	640	650

Задание 14.

Пар хладона R-12 при температуре t_1 поступает в компрессор, где изоэнтропно сжимается до давления, при котором его температура становится равной t_2 , а сухость пара $x_2=1$. Из компрессора хладон поступает в конденсатор, где при постоянном давлении превращается в жидкость, после чего адиабатно расширяется в дросселе до температуры $t_4=t_1$.

Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход хладона, а также теоретическую мощность привода компрессора, если холодопроизводительность установки Q_0 . Изобразить схему установки и её цикл в T,s – диаграмме. Данные для решения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_1 , °C	-20	-15	-10	-20	-15	-20	-10	-20	-10	-15
t_2 , °C	15	20	25	10	30	15	20	25	10	30
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_0 , кВт	150	200	170	190	260	300	280	130	240	250

Задание 15.

Аммиачная холодильная установка при температуре кипения хладагента t_1 и температуре его конденсации t_2 имеет холодопроизводительность Q_0 .

Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход хладагента, а также теоретическую мощность привода компрессора, если известно, что пар аммиака после компрессора становится сухим насыщенным. Изобразить схему установки и её цикл в T,s – диаграмме. Данные для решения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$t_1, ^\circ\text{C}$	-20	-15	-10	-15	-20	-15	-10	-15	-20	-10
$t_2, ^\circ\text{C}$	25	20	15	15	30	15	20	25	10	30
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_0, \text{кВт}$	150	200	190	170	260	125	280	130	300	250

Задание 16.

В баке с водой установлен паровой подогреватель, который представляет собой горизонтальный змеевик из труб диаметром d . Температура воды в баке $t_{ж}$, средняя температура поверхности нагревателя $t_{ст}$.

Определить коэффициент теплоотдачи от нагревателя к воде. Каким будет коэффициент теплоотдачи, если в бак установить мешалку, создающую перпендикулярный оси нагревателя поток жидкости со скоростью w ? Данные для решения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{мм}$	10	16	20	28	32	38	42	48	57	75
$t_{ст}, ^\circ\text{C}$	80	85	90	95	100	105	110	120	130	140
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_{ж}, ^\circ\text{C}$	20	30	40	50	60	70	65	55	45	35
$w, \text{м/с}$	2,25	2,5	2,75	2,0	1,25	3,5	3,75	2,0	2,25	2,5

Задание 17.

Изолированный горизонтальный трубопровод проложен на открытом воздухе, температура которого $t_{ж}$. Температура наружной поверхности изоляции равна $t_{ст}$, наружный диаметр изоляции равен d .

Определить коэффициент теплоотдачи и тепловые потери с 1м длины трубопровода. Во сколько раз возрастут тепловые потери, если трубопровод будет обдуваться поперечным потоком воздуха со скоростью w ? Данные для решения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{мм}$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
$t_{ж}, ^\circ\text{C}$	-35	-25	-20	-15	-10	-5	0	10	15	10
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_{ст}, ^\circ\text{C}$	40	45	55	60	65	50	35	25	20	70
$w, \text{м/с}$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Задание 18.

Сухой насыщенный пар хладагента R22 массой $M = 1$ кг при температуре t_1 адиабатно сжимается до давления p_2 . Определить с помощью таблиц и диаграмм параметры начального и конечного состояний R22, а также работу, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии процесса.

Параметры точек цикла свести в таблицу:

№ точки	t , °С	p , МПа	ν , м ³ /кг	h , кДж/кг	s , кДж/(кг К)	x
1	*	*	*	*	*	*
	**	**	**	**	**	**
2	*	*	*	*	*	*
	**	**	**	**	**	**

* Параметры, определенные по диаграмме.

**Параметры, определенные по таблицам или полученные расчетом.

Задание 19.

Фреоновая холодильная установка холодильной мощностью $Q_0 = 100$ кВт работает на фреоне-12 при температуре испарения $t_1 = -5$ °С и температуре конденсации перед регулирующим вентилем $t_4 = 25$ °С. Определить холодильный коэффициент и стандартную холодильную мощность установки при температуре испарения $t'_1 = -15$ °С и температуре конденсации перед регулирующим вентилем $t'_4 = 30$ °С, если теоретическая мощность компрессора установки $N_T = 26$ кВт и коэффициент подачи компрессора для рабочих параметров $\eta_v = \eta_{vc} = 0,69$. Пар из испарителя выходит сухим насыщенным.

Задание 20.

Определить температуры в центре и на поверхности пшеничного батона через час после того, как его вынули из печи.

Начальная температура батона $t_{нач}$, температура воздуха в помещении t_b , коэффициент теплоотдачи от поверхности батона к воздуху

Батон условно имеет форму цилиндра диаметром 60 мм, длина которого во много раз больше его диаметра. Теплофизические свойства батона: коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,224$ Вт/(м К), коэффициент температуропроводности $a = 24,3 \cdot 10^{-8}$ м²/с.

При решении задачи рекомендуется использовать графики для определения безразмерных температур.

Номер варианта и исходные данные для расчета определяют по последней цифре шифра:

Параметры	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_{нач}$, °С	240	250	240	230	220	210	200	210	220	230
t_b , °С	29	20	21	22	23	24	25	26	27	28
β , Вт/(м ² К)	15	10	10	12	12	13	13	14	14	15

7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков характеризующих этапы формирования компетенций

Контрольные требования и задания соответствуют требуемому уровню усвоения дисциплины и отражают ее основное содержание.

Контроль освоения дисциплины и оценка знаний, обучающихся на экзамене/зачете производится в соответствии с Пл КубГАУ 2.5.1 «Текущий контроль и успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся».

Критериями оценки **реферата** являются: новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдения требований к оформлению.

Оценка «отлично» — выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность; сделан анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция; сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём; соблюдены требования к внешнему оформлению.

Оценка «хорошо» — основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении.

Оценка «удовлетворительно» — имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата; отсутствуют выводы.

Оценка «неудовлетворительно» — тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен вовсе.

Тестовые задания

Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 85 % тестовых заданий.

Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 70 % тестовых заданий.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 51 %.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 50 % тестовых заданий.

Критерии оценки на экзамене

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания вопросов экзаменационного билета и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности, которые может устранить с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного

материала, но при этом он владеет основными понятиями выносимых на экзамен, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания выносимых на экзамен вопросов тем дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература

1. Соболев А.Н. Тепло- и хладотехника: методические указания к самостоятельной работе / А. Н. Соболев. – Краснодар. - КубГАУ, 2019. – 51 с. - Режим доступа: https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Тепло- i_khladotekhnika_metodicheskie_ukazaniya_k_samostojatelnoi_rabote.pdf
2. Соболев А.Н. Тепло- и хладотехника: практикум / А. Н. Соболев. – Краснодар. - КубГАУ, 2019. – 84 с. - Режим доступа: https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Тепло- i_khladotekhnika_praktikum.pdf
3. Цветков О.Б. Теоретические основы тепло- и хладотехники. Основы термодинамики и теплопереноса [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. – 54 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68171.html>. – ЭБС «IPRbooks».

Дополнительная учебная литература

1. Холодильная технология пищевой промышленности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.М. Ибраев [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2010. – 125 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63553.html>. – ЭБС «IPRbooks»
2. Воробьева Н.Н. Холодильная техника и технология. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Воробьева Н.Н. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 164 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14399.html>. – ЭБС «IPRbooks».
3. Воробьева Н.Н. Холодильная техника и технология. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Воробьева Н.Н. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 104 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14400.html>. – ЭБС «IPRbooks».

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№	Наименование ресурса	Тематика	Начало действия и срок действия договора	Наименование организации и номер договора
1	Znanium.com	Универсальная	17.07.2019 16.07.2020 17.07.2020 16.01.2021	Договор № 3818 ЭБС от 11.06.19 Договор 4517 ЭБС 03.07.20
2	IPRbook	Универсальная	12.11.2019- 11.05.2020 12.05.2020 11.11.2020	ООО «Ай Пи Эр Медиа» Лицензионный договор №5891/19 от 12.11.19 ООО «Ай Пи Эр Медиа» Лицензионный договор №6707/20 от 06.05.20
3	Образовательный портал КубГАУ	Универсальная		
4	Электронный Каталог библиотеки КубГАУ	Универсальная		

Перечень Интернет сайтов:

1. База данных Scopus. Режим доступа:

<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>

2. База Данных Web of Science. Режим доступа:

<http://login.webofknowledge.com/error/Error?Src=IP&Alias=WOK5&Error=IPError&Params=&PathInfo=%2F&RouterURL=http%3A%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F&Domain=.webofknowledge.com>

3. <https://ru.wikipedia.org>

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Соболев А.Н. Тепло- и хладотехника: методические указания к самостоятельной работе / А. Н. Соболев. – Краснодар. - КубГАУ, 2019. – 51 с. -

Режим доступа: https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo-i_khladotekhnika_metodicheskie_ukazaniya_k_samostojatelnoi_rabote.pdf

2. Соболев А.Н. Тепло- и хладотехника: практикум / А. Н. Соболев. – Краснодар. - КубГАУ, 2019. – 84 с. - Режим доступа:

https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo-i_khladotekhnika_praktikum.pdf

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют: обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети «Интернет»; фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы; организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов; контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

Перечень лицензионного ПО

№	Наименование	Краткое описание
1	Microsoft Windows	Операционная система
2	Microsoft Office (включает Word, Excel, PowerPoint)	Пакет офисных приложений
3	Microsoft Visio	Схемы и диаграммы
4	Autodesk Autocad	САПР
5	Statistica	Статистика
6	Система тестирования INDIGO	Тестирование

12 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

Планируемые помещения для проведения всех видов учебной деятельности

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
	Тепло- и хладотехника	Помещение №002 ЭЛ, площадь — 33,1м ² ; лаборатория . лабораторное оборудование (оборудование лабораторное — 6 шт.; микроскоп — 1 шт.; дистиллятор — 1 шт.; генератор — 3 шт.);	350044 Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина,13

		<p>специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель).</p> <p>Помещение №012 ЭЛ, посадочных мест — 50; площадь — 66,7кв.м; учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации .</p> <p>специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель);</p> <p>технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран);</p> <p>программное обеспечение: Windows, Office.</p> <p>Помещение №204 ЭЛ, площадь — 68,8кв.м; учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p> <p>кондиционер — 1 шт.;</p> <p>технические средства обучения (экран — 1 шт.;</p> <p>проектор — 1 шт.);</p> <p>специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель).</p> <p>Помещение №206 ЭЛ, площадь — 33,6кв.м; помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.</p> <p>холодильник — 1 шт.;</p> <p>лабораторное оборудование (оборудование лабораторное — 3 шт.;</p> <p>измеритель — 1 шт.;</p> <p>пресс — 1 шт.;</p> <p>генератор — 1 шт.;</p> <p>осциллограф — 1 шт.);</p> <p>технические средства обучения (ноутбук — 4 шт.;</p> <p>принтер — 2 шт.;</p> <p>ибп — 2 шт.;</p> <p>компьютер персональный — 2 шт.).</p> <p>Помещение №510 ГУК, посадочных мест — 30; площадь</p>	
--	--	--	--

		<p>— 54,9кв.м; помещение для самостоятельной работы. лабораторное оборудование (стол лабораторный — 1 шт.; термоштанга — 1 шт.); технические средства обучения (мфу — 1 шт.; экран — 1 шт.; проектор — 1 шт.; сетевое оборудование — 1 шт.; сканер — 1 шт.; ибп — 2 шт.; сервер — 2 шт.; компьютер персональный — 11 шт.); доступ к сети «Интернет»; доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; специализированная мебель (учебная мебель).</p> <p>Программное обеспечение: Windows, Office, специализированное лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, предусмотренное в рабочей программе</p>	
--	--	--	--