

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»**

**ФАКУЛЬТЕТ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан факультета

ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ, доцент

А.В Степовой

«16» июня 2021 г.



**Рабочая программа дисциплины**

**Тепло- и хладотехника**

(Адаптированная рабочая программа для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов, обучающихся по адаптированным основным профессиональным образовательным программам высшего образования)

Направление подготовки

**19.03.02 Продукты питания из растительного сырья**

Направленность

**«Производство продуктов питания из растительного сырья»**

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

Форма обучения

**очная**

**Краснодар**

**2021**

Адаптированная 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 17.08.2020 г. №1041.

Автор:

доцент, кандидат  
технических наук

А.Е.Усков

Адаптированная рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии от 7.04.2021 г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой  
Профессор, доктор  
технических наук

О.В.Григораш

Адаптированная рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета перерабатывающих технологий, протокол от 15.06.2021 № 10.

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

Е.В. Щербакова

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

О.П. Храпко

## **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 АОПОП ВО**

**В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:**

УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

ОПК-3 – Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов.

## **3 Место дисциплины в структуре АОПОП 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
<b>Контактная работа</b> в том числе:	59	-
— аудиторная по видам учебных занятий	56	-
— лекции	18	-
— практические	-	-
— лабораторные	38	-
— внеаудиторная	3	-
— зачет	-	-
— экзамен	3	-
— защита курсовых работ (проектов)	-	-
<b>Самостоятельная работа</b> в том числе:	49	-
— курсовая работа (проект)*	-	-
— прочие виды самостоятельной работы	49	-
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	-

## 5 Содержание дисциплины

По итогам изучаемой дисциплины обучающиеся сдают экзамен.

Дисциплина изучается на 2 курсе, во 4 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	Практическ ие занятия	Лабораторн ые занятия	Самостоите льная работа
1	<b>Основные понятия термодинамики.</b> 1. Основные понятия и определения. 2. Первый закон термодинамики.	УК- 1; ОП К-3	2	2	-	2	2

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

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практическ ие занятия	Лабораторн ые занятия	Самостоите льная работа
	топлива. 3. Теплообменные аппараты. Способы сушки.						
4	<b>Процессы получения низких температур.</b> 1. Способы охлаждения. Термо- динамические основы работы холодильных машин. 2. Процессы получения низких температур. 3. Способы охлаждения. Термодинамическ ий цикл холодильных машин. Расчет цикла холодильных машин. Принцип действия паровых компрессионных холодильных машин. Система охлаждения холодильной установки.	УК- 1; ОП К-3	2	2	-	2	2
5	<b>Холодильные агенты и хладоносители.</b> <b>Типы холодильных машин.</b> <b>Компрессоры холодильных машин.</b> 1. Холодильные агенты и	УК- 1; ОП К-3	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практическ ие занятия	Лабораторн ые занятия	Самостоите льная работа
	хладоносители. 2. Поршневые компрессоры. Ротационные компрессоры. Винтовые компрессоры. Турбокомпрессоры. Газовые и вихревые холодильные машины. Компрессионные паровые холодильные машины. Абсорбционные и сорбционные холодильные машины. 3. Пароэжекторные холодильные машины.						
6	<b>Теплообменные аппараты холодильных машин.</b> <b>Вспомогательное оборудование.</b> 1. Конденсаторы. Испарители. 2. Охлаждающие приборы. Вспомогательное оборудование. Автоматическое регулирование и управление. 3. Агрегаты холодильных машин и установок.	УК-1; ОП К-3	2	2	-	2	2
7	<b>Охлаждаемые сооружения и охлаждающие</b>	УК-1; ОП УК-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	Практическ ие занятия	Лабораторн ые занятия	Самостоите льная работа
	<b>среды</b> 1. Классификация холодильников для пищевых продуктов. Классификация холодильников по назначению. Классификация холодильников по грузовместимости. 2. Охлаждающие среды, их свойства и параметры. Газообразная охлаждающая среда. Жидкая охлаждающая среда. Твердая охлаждающая среда.	ОПК-3					
8	<b>Конструкции холодильников. Тепловой баланс.</b> 1. Конструкции холодильников. Наружные ограждающие конструкции. Внутренние ограждающие конструкции. 2. Теплоизоляционные материалы. Гидроизоляционные материалы. 3.Тепловой баланс охлаждаемого помещения. Системы охлаждения холодильных камер. Оттаивание снежной шубы.	УК-1; ОПК-3	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практическ ие занятия	Лабораторн ые занятия	Самостоите льная работа
	Способы отвода теплоты от потребителя холода.						
9	<b>Холодильное технологическое оборудование.</b> 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 холодааккумуляторами с эвтектикой. Охлаждение сухим льдом. Испарительное охлаждение. 3. Влияние холодильной техники на ухудшение экологической ситуации в мире. Перспективы перевода холодильной техники России на экологически чистые рабочие	УК-1; ОПК-3	2	2	-	2	2

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практическ ие занятия	Лабораторн ые занятия	Самостоите льная работа
	тела.						
10	Изучение конструкции парового котла	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	2
11	Изучение конструкции водонагревательного котла	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	2
12	Изучение конструкции парокомпрессионной холодильной установки	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	2
13	Исследование рабочего цикла парокомпрессионная холодильных установок	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	2
14	Изучение конструкции компрессора	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	2
15	Изучение конструкции абсорбционной холодильной установки	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	4
16	Изучение конструкции адсорбционной холодильной установки	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	4
17	Определение коэффициента теплопроводности сыпучего материала	УК-1; ОПК-3	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
18	Исследование процессов во влажном воздухе	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	4
19	Заключительное занятие	УК-1; ОПК-3	2	-	-	2	5
	Всего			18	-	38	49
	Экзамен		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. Лиценцева, 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. – 54 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68171.html>. – ЭБС «IPRbooks».

## **7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

**7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения АОПОП ВО
УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	

2	Философия
2	Статистика
1	Математика
1	Физика
3	Основы научных исследований
3	Метрология
1,2,3	Химия
1	Химия (основы общей и неорганической, аналитическая)
2	Химия органическая
3	Химия (физическая и коллоидная)
2,3,4	Техника и оборудование
2	Электротехника и электроника
4	Тепло- и хладотехника
4	Процессы и аппараты пищевых производств
4	Оборудование перерабатывающих производств
3	Прикладная механика и детали машин
4	Учебная практика
2	Ознакомительная практика
6,7	Производственная практика
8	Преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа
8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-3 – Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов	
8	Экология пищевых производств

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения АОПОП ВО
1	Введение в технологию продуктов питания
3	Техника и оборудование
3	Электротехника и электроника
4	Тепло- и хладотехника
4	Процессы и аппараты пищевых производств
6	Оборудование перерабатывающих производств
3	Прикладная механика и детали машин
6	Учебная практика
6	Технологическая практика
8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 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)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	

**УК-1 — способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.**

УК-1.1 УК-1.2 Знать: анализ информации, необходимой для решения поставленной задачи. Уметь: находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Владеть: способностью находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	Фрагментарные знания информации, необходимой для решения поставленной задачи. Фрагментарные умения находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Фрагментарное владение способностью находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	Неполные представления об информации, необходимой для решения поставленной задачи. Неполные представления о способах находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Неполное владение способностью находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об информации, необходимой для решения поставленной задачи. Сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Сформированная, но содержащая отдельные пробелы способность находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	Сформированные систематические представления об информации, необходимой для решения поставленной задачи. Сформированные систематические умения находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Сформированные систематические способности находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	Доклад по ВКР, вопросы членов ГЭК, задание на ВКР, рецензия на ВКР, портфолио
---	--	---	---	---	---

Планируемые результаты освоения компетенции Индикаторы достижения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
УК-1.3 Знать: варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Уметь: рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Владеть: способностью рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Фрагментарные знания о вариантах решения задачи с оцениванием их достоинства и недостатков Фрагментарные умения рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Фрагментарное владение способностью рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Неполные представления о вариантах решения задачи с оцениванием их достоинства и недостатков Неполные умения рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Неполное владение способностью рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	задачи. проблемы способность находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о вариантах решения задачи с оцениванием их достоинства и недостатков. Сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Сформированная, но содержащая отдельные пробелы способность рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Сформированные систематические представления о вариантах решения задачи с оцениванием их достоинства и недостатков. Сформированные систематические умения рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Сформированное систематическое владение способностью рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
УК 1.4 Знать: факты для аргументирования суждений. Уметь: отличать факты от мнений, интерпретаций,	Фрагментарные факты для аргументирования суждений Фрагментарные умения отличать факты от мнений, интерпретаций,	Неполные представления о фактах для аргументирования суждений Неполные умения	задачи, оценивая их достоинства и недостатки Сформированные, но содержащие	Сформированная, но содержащая отдельные пробелы способность рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Сформированные систематически

Планируемые результаты освоения компетенции Индикаторы достижения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
интерпретаций, оценок в рассуждениях других участников деятельности Владеть: способностью аргументировать и формировать собственные суждения и оценки	оценок в рассуждениях других участников Фрагментарное владение способностью аргументировать и формировать собственные суждения и оценки	отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок в рассуждениях других участников Неполное владение способностью аргументировать и формировать собственные суждения и оценки	отдельные пробелы знания о фактах для аргументирования суждений Сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок в рассуждениях других участников Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью аргументировать и формировать собственные суждения и оценки	е знания о фактах для аргументирования суждений Сформированные систематические умения отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок в рассуждениях других участников Сформированное систематическое владение способностью аргументировать и формировать собственные суждения и оценки	
УК-1.5. Знать: способы определения и оценивания последствия возможных решений задачи. Уметь: определять и оценивать последствия возможных решений задачи. Владеть: способами определения и оценивания последствия возможных решений задачи.	Фрагментарные знания о способах определения и оценивания последствия возможных решений задачи. Фрагментарные умения определять и оценивать последствия возможных решений задачи. Фрагментарное владение способами определения и оценивания последствия возможных решений задачи.	Неполные знания о способах определения и оценивания последствия возможных решений задачи. Неполные умения определять и оценивать последствия возможных решений задачи. Неполное владение способами определения и оценивания последствия возможных решений задачи.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о способах определения и оценивания последствия возможных решений задачи. Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о способах определения и оценивания последствия возможных решений задачи. Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о способах определения и оценивания последствия возможных решений задачи.	Сформированные систематически е знания о способах определения и оценивания последствия возможных решений задачи. Сформированные систематически е умения определять и оценивать последствия возможных решений задачи. Сформированные систематически е умения определять и оценивать последствия возможных решений задачи.	

Планируемые результаты освоения компетенции Индикаторы достижения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
			последствия возможных решений задачи. Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение способами определения и оценивания последствия возможных решений задачи.	ые систематическое владение способами определения и оценивания последствия возможных решений задачи.	
ОПК-3 Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов					
Индикаторы достижения компетенции ОПК-3  ИД-1 Использует знания графического моделирования инженерных задач для выполнения и чтения технических чертежей в профессиональной деятельности	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки  При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки, не продемонстрированы базовые навыки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок.  Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи.  Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок.  Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами,	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.  Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, Продемонстрированы базовые навыки при решении нестандартных	Доклад по ВКР, вопросы членов ГЭК, задание на ВКР, рецензия на ВКР, портфолио

Планируемые результаты освоения компетенции Индикаторы достижения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
<p>ИД-2 Разрабатывает технологические процессы с обеспечением ресурсосбережения и использования новейших достижений техники</p> <p>ИД-3 Применяет знания основ строительства зданий при обосновании и проектировочных решений</p> <p>ИД-4 Осуществляет эксплуатацию современного технологического оборудования</p>			стандартных задач	x задач	

## **7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения АОПОП 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 энталпии 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.  $\Delta Q=CdT$ . Отношение количества теплоты  $\Delta Q$ , 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  $\square$  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  $\square t = t_2 - t_1$ , называют средней теплоемкостью данного процесса

$$c_t \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{Q_{1-2}}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

где  $q_{1-2}$  – количество теплоты, подведенной к 1 кг, 1 м<sup>3</sup> 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 м<sup>3</sup> газа или пара, отнесённого к нормальным физическим условиям НФУ, называется объемной и обозначается  $c'$  или  $c|_{t_1}^{t_2}$ , кДж/(м<sup>3</sup>·К)

Теплоемкость 1 киломоля газа или пара называется мольной и обозначается  $\mu c_x$  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, м<sup>3</sup>/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:

$$c_{xt}|_{t_1}^{t_2} = \frac{c_x|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_x|_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

#### 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

$$c'_p|_{t_1}^{t_2} = \frac{3,6Q}{V_0 \Delta t}, \text{ кДж/(м}^3\cdot\text{К}) \quad (6)$$

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

$\Delta t$  – разность температур на входе и выходе в калориметр, °C;

$V_0$  – расход воздуха через калориметр, приведенный к нормальным физическим условиям, м<sup>3</sup>/ч.

#### 5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Основным элементом экспериментальной установки является проточный калориметр (рисунок 1). Он состоит из стеклянной трубы, 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.

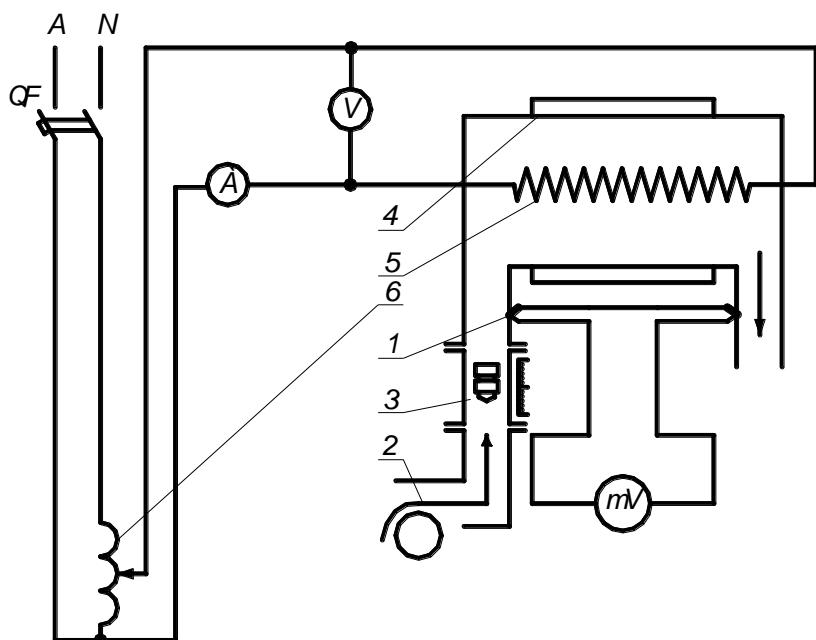


Рисунок 1 – Установка для определения средней теплоемкости воздуха

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 $I_1$ , А	Напряжение $U_1$ , В	Тепловой подогрев $Q_1$ , Вт	на входе $t_1$ , град	на выходе $t_2$ , град	Расход	Теплоемкость
-------	-------------	---------------------	----------------------	------------------------------	-----------------------	------------------------	--------	--------------

								$C_p _{t_1}^{t_2}$ кДж $m^3 \cdot K$	$C_p _{t_1}^{t_2}$ кДж $kg \cdot K$	$C_v _{t_1}^{t_2}$ кДж $kg \cdot K$

## 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 калориметра подогретого воздуха.

7.2 Вычислить объем воздуха, приведенного к нормальным физическим условиям

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

где  $V_T$  – объем воздуха, проходящий через калориметр, замеренный с помощью ротаметра в относительных единицах и переведенный в  $m^3/ч$  с помощью тарировочного графика;  $P_0$ ,  $T_0$  – давление и температура при нормальных физических условиях

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

$P_T=751,5$  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

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

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

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

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

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

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 энталпии воздуха в процессе при постоянном давлении

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

Численно  $\Delta i$  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

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

7.9 Рассчитать работу газа в изобарном процессе.

$$l=R(T_2-T_1) \text{ кДж/кг.}$$

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 такая 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.

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

где  $\lambda$  – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом теплопроводности,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , 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

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

где  $l$  – длина трубы, м;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;

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

$t_{c1}, t_{c2}$  – средние температуры внутренней и наружной поверхности слоя материала,  $^{\circ}\text{C}$ .

#### 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, за чеканенных в поверхности труб.

Электродвижущую силу (ЭДС) в термопарах измеряют милливольтметром, подключая к нему термопары поочередно с помощью переключателя.

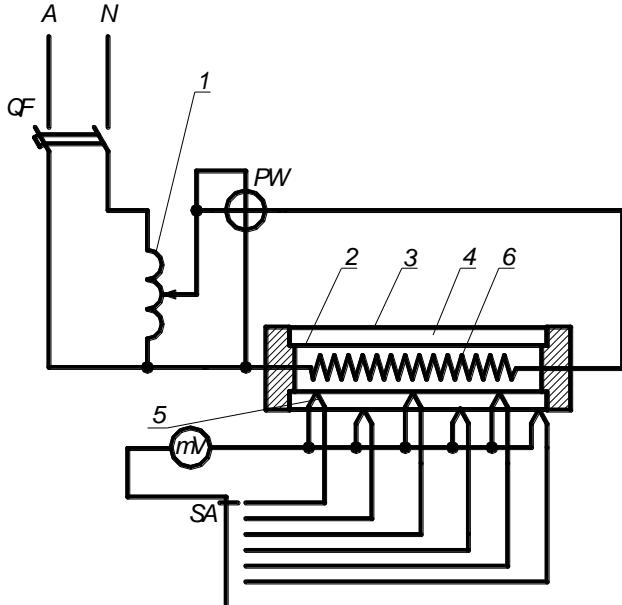


Рисунок 2 – Установка для определения коэффициента теплопроводности

**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 за чеканки термопар по значениям суммарных ЭДС.

7.4 Вычислить средние температуры поверхностей исследуемого слоя.

7.4.1 Средняя температура внутренней поверхности слоя

$$t_{C1} = \frac{t'_1 + t'_2 + t'_3}{3}, ^\circ\text{C}.$$

7.4.2 Средняя температура наружной поверхности слоя

$$t_{C2} = \frac{t''_1 + t''_2 + t''_3}{3}, ^\circ\text{C}.$$

7.5 Определить среднюю температуру исследуемого слоя

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

7.6 Вычислить коэффициент теплопроводности  $\lambda$  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  $\lambda$  и  $t_C$  записать в таблицу.

7.8 Построить график зависимости  $\lambda=f(t_C)$ . По горизонтали отложить в выбранном масштабе средние температуры слоя ( $t_C, ^\circ\text{C}$ ), 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

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

где  $\lambda_0$  – коэффициент теплопроводности при  $0^\circ\text{C}$ ;

$b$  – постоянная, определяемая экспериментальным путем.

Величину  $\lambda_0$  определить по графику после чего из уравнения (3) определить значение постоянной  $b$ , взяв из эксперимента значение  $t_C$  и соответствующее ему значение  $\lambda$ .

7.10 Полученные значения коэффициентов теплопроводности сравнить с табличными данными.

Таблица 2 – Исследование коэффициент теплопроводности

Определения величины			Обоз- значения	Ед. изм.	Режимы		
					1	2	3
			Замеры				
			1	2	3	1	2
Мощность электронагревателя			$N$	Вт			
Температура окружающего воздуха			$t_e$	$^\circ\text{C}$			
ЭДС, соответствующая температуре окружающего воздуха			$E_e$	мВ			
Внутренняя труба	1	ЭДС по прибору	$E'_{n1}$	мВ			
		Суммарная ЭДС $(E'_{n1}+E_e)$	$E'_1$	мВ			
	2	Температура поверхн. трубы (опр. по вел. $E'_1$ )	$t'_1$	$^\circ\text{C}$			
		ЭДС по прибору	$E'_{n2}$	мВ			
Термопары	2	Суммарная ЭДС $(E'_{n2}+E_e)$	$E'_2$	мВ			
		Температура поверхн. трубы (опр. по вел. $E'_2$ )	$t'_2$	$^\circ\text{C}$			

			ЭДС по прибору	$E'_{n3}$	мВ							
		3	Суммарная ЭДС ( $E'_{n3}+E_e$ )	$E'_3$	мВ							
			Температура поверхн. трубы (опр. по вел. $E'_3$ )	$t'_3$	°C							
Наружная труба Гермопары	1	ЭДС по прибору	$E''_{n1}$	мВ								
		Суммарная ЭДС ( $E''_{n1}+E_e$ )	$E''_1$	мВ								
		Температура поверхн. трубы (опр. по вел. $E''_1$ )	$t''_1$	°C								
	2	ЭДС по прибору	$E''_{n2}$	мВ								
		Суммарная ЭДС ( $E''_{n2}+E_e$ )	$E''_2$	мВ								
		Температура поверхн. трубы (опр. по вел. $E''_2$ )	$t''_2$	°C								
	3	ЭДС по прибору	$E''_{n3}$	мВ								
		Суммарная ЭДС ( $E''_{n3}+E_e$ )	$E''_3$	мВ								
		Температура поверхн. трубы (опр. по вел. $E''_3$ )	$t''_3$	°C								
		Коэффициент теплопроводности исследуемого материала	$\lambda$		$\frac{\hat{A}\delta}{i \cdot \hat{E}}$							
		Средняя температура исследуемого слоя	$t_{cp}$	°C								

## 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.

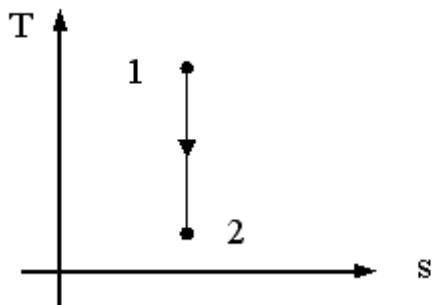
## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 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   $c_v^* = c/\rho$
- 2   $c_v^* = c^*\mu$
- 3   $c_v^* = c/\mu$
- 4   $c_v^* = c^*\rho$

№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  
 способ обмена энергией между термодинамической системой и окружающей средой
- 4  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   $c = \mu / \mu c$

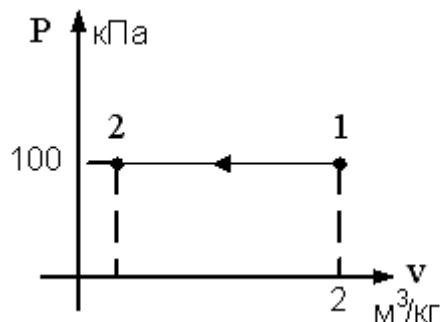
#### №7

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

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

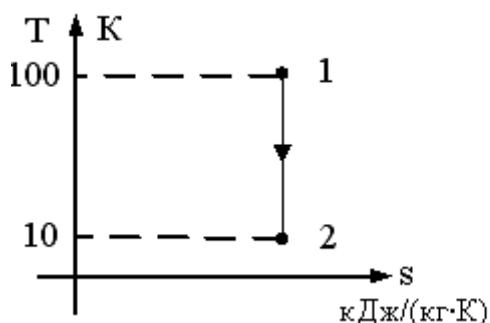
#### №8

$T_1 = 1000\text{K}$ ,  $T_2 = 100\text{K}$ ,  $\Delta_{12} = 2 \text{ м}^3/\text{кг}$ . В точке 2 изобарного процесса, представленного на графике, удельный объем равен ...



Отве т:  
т: 0,2 (без учета регистра)

№9



$T_1 = 100\text{K}$ ,  $T_2 = 10\text{K}$ ,  $\square_1 = 1 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $k = 2$ . В точке 2 адиабатного процесса, представленного на графике, удельный объем равен....

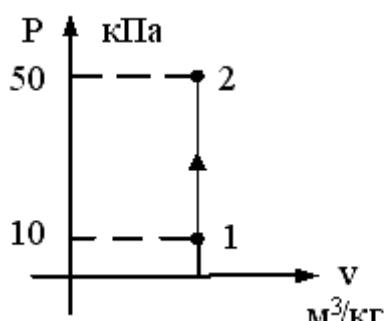
Отве т:  
т: 10 (без учета регистра)

№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

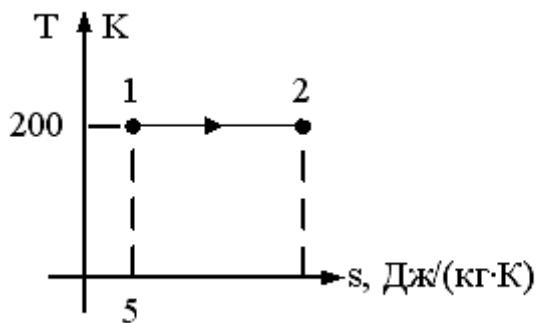
№11



$T_1 = 100 \text{ K}$ . В точке 2 изохорного процесса, представленного на графике, температура равна \_\_\_\_ K.

- 1   $T = 500 \text{ K}$
- 2   $T = 100 \text{ K}$
- 3   $T = 20 \text{ K}$
- 4   $T = 500 \text{ C}$

№12



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

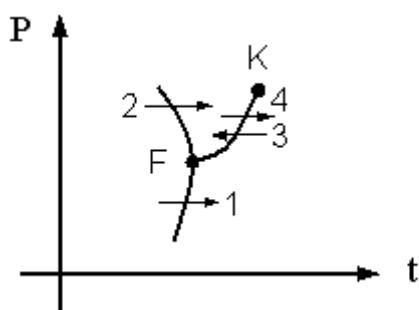
Отве т:  
7.5 (без учета регистра)

#### №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....

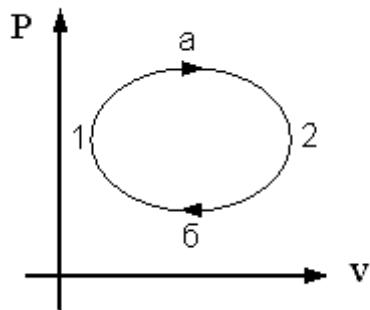
Отве т:  
сублимации. (без учета регистра)

#### №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

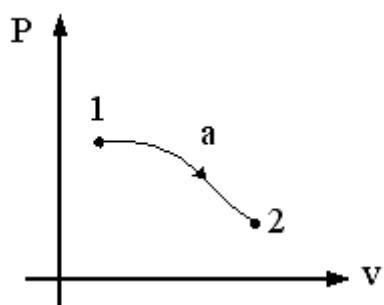
№16



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

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

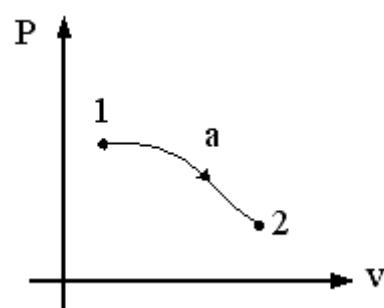
№17



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

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

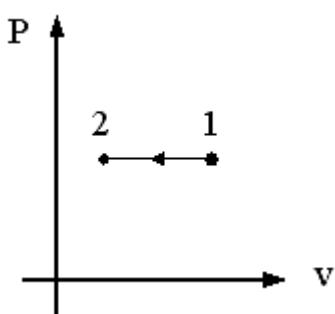
№18



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

Отве<sup>т:</sup>  $u_1 - u_2$  (без учета регистра)

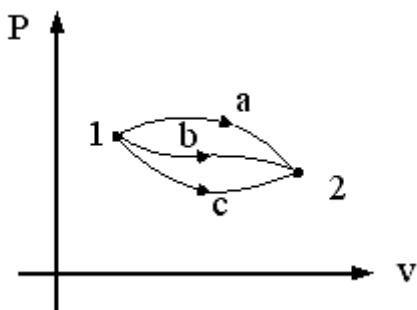
№19



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

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

№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. Энталпия.
10. Первый закон термодинамики для потока газа.
11. Энтропия газов.
12. Термодинамические процессы идеальных газов.
13. Реальные газы Свойства реальных газов.
14. Водяной пар. Энталпийно-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 грузовместимости.
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 холодааккумуляторами 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. Энталпия.
10. Первый закон термодинамики для потока газа.
11. Энтропия газов.
12. Термодинамические процессы идеальных газов.

13. Реальные газы Свойства реальных газов.
14. Водяной пар. Энталпийно-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 грузовместимости.
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 холодааккумуляторами 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.  $Q_0= 120 \text{ КВт}$ .

Необходимо определить: холодильный коэффициент  $\lambda$ , температуру воздуха, поступающего в холодильную камеру  $t_4$ , количество теплоты, передаваемое охлаждающей воде в охладителе  $Q_b$ , расход холодильного агента  $M$  и теоретическую потребную 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:  $N_2$  ;  
 $t_1, {}^\circ\text{C}=300$ ;  
 $p_1, \text{Мпа} = 0.7$ ;  
 $M, \text{кг} = 7.5$ ;  
 $p_2, \text{Мпа} = 1.45$ ;  
 $V_2, \text{м}^3 = 1.5$

**П р и м е ч а н и е:** Расчеты вести при постоянном значении теплоемкости, независимо от температуры.

#### **Задание 3.**

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

#### **Задание 4.**

1 кг воздуха адиабатно расширяется от начального состояния с температурой  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  и давлением  $p_1 = 0,8 \text{ МПа}$  до давления  $p_2 = 0,2 \text{ МПа}$ . 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  $t_1 = -10^\circ\text{C}$  поступает в компрессор, где адиабатно сжимается до давления, при котором его температура  $t_2 = 20^\circ\text{C}$  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  $t_4 = t_1 = -10^\circ\text{C}$ . Определить холодильный коэффициент и работу сжатия в компрессоре на 1 кг хладагента.

#### **Задание 7.**

Для сушки используют воздух при  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  и  $\varphi_1 = 60\%$ . В калорифере его подогревают до  $t_2 = 95^\circ\text{C}$  и направляют в сушилку, откуда он выходит при  $t_3 = 35^\circ\text{C}$ .

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  $10^\circ\text{C}$ . Температура воздуха в помещении  $20^\circ\text{C}$ . Определить коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенке.

#### **Задание 9.**

Водовоздушный нагреватель выполнен из стальных ( $\lambda = 45 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) труб диаметром  $38 \times 3 \text{ мм}$ . Греющая среда – воздух с температурой на входе  $t_{11} = 350^\circ\text{C}$  и на выходе  $t_{12} = 250^\circ\text{C}$ . Нагреваемая вода имеет расход  $m = 2 \text{ т}/\text{ч}$ , начальную температуру  $t_{21} = 30^\circ\text{C}$ , и конечную  $t_{22} = 200^\circ\text{C}$ . Коэффициенты теплоотдачи от воздуха к трубам  $\alpha_1 = 30 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K})$ , от труб к воде  $\alpha_2 = 2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K})$ .

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.**

$V_1$ , м<sup>3</sup> газа с начальным давлением  $p_1$  и начальной температурой  $t_1$  сжимается до изменения объёма в  $\alpha$  раз ( $\alpha = V_1/V_2$ ).

Сжатие происходит по изотерме, адиабате и политропе с показателем политропы  $n$ . Определить массу газа, конечный объём, температуру, работу сжатия, количество отведённой 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	$\Delta U$	$\Delta S$
	кг	Т	кДж	кДж	кДж	кДж/К
Изотермический						
Адиабатный						
Политропный						

### Задание 11.

т кг воздуха с начальной температурой  $t_1$  сжимается от давления  $p_1=0,1$  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	$\Delta U$	$\Delta S$
	кг	Т	кДж	кДж	кДж	кДж/К
Изотермический						
Адиабатный						
Политропный						

### 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
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

p1, МПа	5	5	8	9	10	13	5	8	11	12
p2, бар	0,6	0,5	0,20							
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t1, °C	400	470	490	550	600	410	500	450	490	550

### Задание 13.

Рабочее тело – водяной пар, имеющий в начальном состоянии давление  $p_1$  и степень 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 совершающую 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  $Q_o$ . 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	-20	-15	-20	-10	-25	-10	-30
$t_2, {}^\circ\text{C}$	15	20	25	10	30	15	20	25	10	30
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_o, \text{kVt}$	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  $Q_o$ .

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
$Q_o, \text{kVt}$	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, 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  $t_{\infty}$ . Температура наружной поверхности изоляции равна  $t_{\text{ст}}$ , 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
$d$ , мм	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
$t_{\infty}$ , °C	-35	-25	-20	-15	-10	-5	0	10	15	10
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_{\text{ст}}$ , °C	40	45	55	60	65	50	35	25	20	70
w, 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, энталпии и энтропии процесса.

Параметры точек цикла свести в таблицу:

№ точки	$t$ , °C	$p$ , МПа	$v$ , м <sup>3</sup> /кг	$h$ , кДж/кг	$s$ , кДж/(кг K)	$x$
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  $t_1 = -5$  °C и температуре конденсации перед регулирующим вентилем  $t_4 = 25$  °C. Определить холодильный коэффициент и стандартную холодильную мощность установки при температуре испарения  $t'_1 = -15$  °C и температуре конденсации перед регулирующим вентилем  $t'_4 = 30$  °C, 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  $t_{\text{нач}}$ , температура воздуха в помещении  $t_{\text{в}}$ , коэффициент теплоотдачи от поверхности батона к воздуху

Батон условно имеет форму цилиндра диаметром 60 мм, длина

которого во много раз больше его диаметра. Термофизические свойства батона: коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,224 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , коэффициент температуропроводности  $a = 24,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ .

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
$t_{\text{нач}}, ^\circ\text{C}$	240	250	240	230	220	210	200	210	220	230
$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	29	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$\text{в}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	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. Соболь А.Н. Тепло- и хладотехника: методические указания к самостоятельной работе / А. Н. Соболь. – Краснодар. - КубГАУ, 2019. – 51 с.  
- Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo-i\\_khladotekhnika\\_metodicheskie\\_ukazaniya\\_k\\_samostojatelnoi\\_rabote.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo-i_khladotekhnika_metodicheskie_ukazaniya_k_samostojatelnoi_rabote.pdf)
2. Соболь А.Н. Тепло- и хладотехника: практикум / А. Н. Соболь. – Краснодар. - КубГАУ, 2019. – 84 с. - Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo- i\\_khladotekhnika\\_praktikum.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo- i_khladotekhnika_praktikum.pdf)
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. – 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»

– ЭБС

№	Наименование ресурса	Тематика	Уровень доступа	Начало действия и срок действия договора	Наименование организации и номер договора
1	Znanius.com	Универсальная	Интернет доступ	17.07.2020	Договор № 3818 ЭБС
2	Издательство «Лань»	Ветеринария Сельск. хоз-во Технология хранения и переработки пищевых продуктов	Интернет доступ	12.01.20 12.01.21	Контракт №940
3	IPRbook	Универсальная	Интернет доступ	12.05.20 11.11.20	ООО «Ай Пи Эр Медиа» Лицензионный договор №6707/20
4	Образовательный портал КуБГАУ	Универсальная	Доступ с ПК университета		
5	Электронный Каталог библиотеки КуБГАУ	Универсальная	Доступ с ПК библиотеки		

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%2Fwww.webofknowledge.com%2F&Domain=.webofknowledge.com>

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

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

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

- Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo-i\\_khladotekhnika\\_metodicheskie\\_ukazaniya\\_k\\_samostojatelnoi\\_rabote.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo-i_khladotekhnika_metodicheskie_ukazaniya_k_samostojatelnoi_rabote.pdf)

2. Соболь А.Н. Тепло- и хладотехника: практикум / А. Н. Соболь. – Краснодар. - КубГАУ, 2019. – 84 с. - Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Teplo-i\\_khladotekhnika\\_praktikum.pdf](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

Входная группа в главный учебный корпус и корпус зоотехнического факультета оборудован пандусом, кнопкой вызова, тактильными табличками, опорными поручнями, предупреждающими знаками, доступным расширенным входом, в корпусе есть специально оборудованная санитарная комната. Для перемещения инвалидов и ЛОВЗ в помещении имеется передвижной гусеничный ступенькоход. Корпуса оснащены противопожарной звуковой и визуальной сигнализацией.

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, скоторой заключен договор)
1	2	3	4

	Тепло- и хладотехника	<p>Помещение №221 ГУК, площадь — 101м<sup>2</sup>; посадочных мест — 95; учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, для самостоятельной работы, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе для обучающихся с инвалидностью и ОВЗ специализированная мебель (учебная доска, учебная мебель), в т.ч для обучающихся с инвалидностью и ОВЗ;</p> <p>технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран), в т.ч для обучающихся с инвалидностью и ОВЗ;</p> <p>программное обеспечение: Windows, Office.</p>	350044 Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13
		<p>Помещение №114 ЗОО, площадь — 43м<sup>2</sup>; посадочных мест — 25; учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, для самостоятельной работы, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе для обучающихся с</p>	

		инвалидностью и ОВЗ специализированная мебель (учебная доска, учебная мебель), в том числе для обучающихся с инвалидностью и ОВЗ	
--	--	--	--

### **13. Особенности организации обучения лиц с ОВЗ и инвалидов**

Для инвалидов и лиц с ОВЗ может изменяться объём дисциплины (модуля) в часах, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося (при этом не увеличивается количество зачётных единиц, выделенных на освоение дисциплины).

Фонды оценочных средств адаптируются к ограничениям здоровья и восприятия информации обучающимися.

Основные формы представления оценочных средств – в печатной форме или в форме электронного документа.

Формы контроля и оценки результатов обучения инвалидов и лиц с ОВЗ

Категории студентов с ОВЗ и инвалидностью	Форма контроля и оценки результатов обучения
<i>С нарушением зрения</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Устная проверка: дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.;</li> <li>- с использованием компьютера и специального ПО: работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, дистанционные формы, если позволяет острая зрения - графические работы и др.;</li> <li>- при возможности письменная проверка с использованием рельефно-точечной системы Брайля, увеличенного шрифта, использование специальных технических средств (тифлотехнических средств): контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, отчеты и др.</li> </ul>

<i>С нарушением слуха</i>	- письменная проверка: контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, письменные коллоквиумы, отчеты и др.;
	- с использованием компьютера: работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, графические работы, дистанционные формы и др.;
	- при возможности устная проверка с использованием специальных технических средств (аудиосредств, средств коммуникации, звукоусиливающей аппаратуры и др.): дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.
<i>С нарушением опорно-двигательного аппарата</i>	- письменная проверка с использованием специальных технических средств (альтернативных средств ввода, управления компьютером и др.): контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, письменные коллоквиумы, отчеты и др.;
	- устная проверка, с использованием специальных технических средств (средств коммуникаций): дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.;
	- с использованием компьютера и специального ПО (альтернативных средств ввода и управления компьютером и др.): работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, графические работы, дистанционные формы предпочтительнее обучающимся, ограниченным в передвижении и др.

**Адаптация процедуры проведения промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ОВЗ:**

В ходе проведения промежуточной аттестации предусмотрено:

- предъявление обучающимся печатных и (или) электронных материалов в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья;
- возможность пользоваться индивидуальными устройствами и средствами, позволяющими адаптировать материалы, осуществлять приём и передачу информации с учетом их индивидуальных особенностей;
- увеличение продолжительности проведения аттестации;
- возможность присутствия ассистента и оказания им необходимой помощи (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с преподавателем).

Формы промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ОВЗ должны учитывать индивидуальные и психофизические особенности обучающегося/обучающихся по АОПОП ВО (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

**Специальные условия, обеспечивающие в процессе преподавания  
дисциплины**

**Студенты с нарушениями зрения**

- предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате, позволяющем переводить плоскопечатную информацию в аудиальную или тактильную форму;
- возможность использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие адаптировать материалы, осуществлять приём и передачу информации с учетом индивидуальных особенностей и состояния здоровья студента;
- предоставление возможности предкурсового ознакомления с содержанием учебной дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;
- использование чёткого и увеличенного по размеру шрифта и графических объектов в мультимедийных презентациях;
- использование инструментов «лупа», «прожектор» при работе с интерактивной доской;
- озвучивание визуальной информации, представленной обучающимся в ходе занятий;
- обеспечение раздаточным материалом, дублирующим информацию, выводимую на экран;
- наличие подписей и описания у всех используемых в процессе обучения рисунков и иных графических объектов, что даёт возможность перевести письменный текст в аудиальный,
- обеспечение особого речевого режима преподавания: лекции читаются громко, разборчиво, отчётливо, с паузами между смысловыми блоками информации, обеспечивается интонирование, повторение, акцентирование, профилактика рассеивания внимания;
- минимизация внешнего шума и обеспечение спокойной аудиальной обстановки;
- возможность вести запись учебной информации студентами в удобной для них форме (аудиально, аудиовизуально, на ноутбуке, в виде пометок в заранее подготовленном тексте);
- увеличение доли методов социальной стимуляции (обращение внимания, апелляция к ограничениям по времени, контактные виды работ, групповые задания и др.) на практических и лабораторных занятиях;
- минимизирование заданий, требующих активного использования зрительной памяти и зрительного внимания;
- применение поэтапной системы контроля, более частый контроль выполнения заданий для самостоятельной работы.

***Студенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата  
(маломобильные студенты, студенты, имеющие трудности  
передвижения и патологию верхних конечностей)***

- возможность использовать специальное программное обеспечение и специальное оборудование и позволяющее компенсировать двигательное нарушение ( коляски, ходунки, трости и др.);
- предоставление возможности предкурсового ознакомления с

содержанием учебной дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;

- применение дополнительных средств активизации процессов запоминания и повторения;
  - опора на определенные и точные понятия;
  - использование для иллюстрации конкретных примеров;
  - применение вопросов для мониторинга понимания;
  - разделение изучаемого материала на небольшие логические блоки;
  - увеличение доли конкретного материала и соблюдение принципа от простого к сложному при объяснении материала;
  - наличие чёткой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
  - увеличение доли методов социальной стимуляции (обращение внимания, апелляция к ограничениям по времени, контактные виды работ, групповые задания др.);
  - обеспечение беспрепятственного доступа в помещения, а также пребывания них;
  - наличие возможности использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие обеспечить реализацию эргономических принципов и комфортное пребывание на месте в течение всего периода учёбы (подставки, специальные подушки и др.).

### **Студенты с нарушениями слуха (глухие, слабослышащие, поздноухие)**

- предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате, позволяющем переводить аудиальную форму лекции в плоскопечатную информацию;
- наличие возможности использовать индивидуальные звукоусиливающие устройства и сурдотехнические средства, позволяющие осуществлять приём и передачу информации; осуществлять взаимообратный перевод текстовых и аудиофайлов (блокнот для речевого ввода), а также запись и воспроизведение зрительной информации.
- наличие системы заданий, обеспечивающих систематизацию верbalного материала, его схематизацию, перевод в таблицы, схемы, опорные тексты, глоссарий;
- наличие наглядного сопровождения изучаемого материала (структурно-логические схемы, таблицы, графики, концентрирующие и обобщающие информацию, опорные конспекты, раздаточный материал);
- наличие чёткой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
- обеспечение практики опережающего чтения, когда студенты заранее знакомятся с материалом и выделяют незнакомые и непонятные слова и фрагменты;
- особый речевой режим работы (отказ от длинных фраз и сложных предложений, хорошая артикуляция; четкость изложения, отсутствие лишних слов; повторение фраз без изменения слов и порядка их следования; обеспечение зрительного контакта во время говорения и чуть более медленного темпа речи, использование естественных жестов и мимики);
- чёткое соблюдение алгоритма занятия и заданий для самостоятельной работы (называние темы, постановка цели, сообщение и запись плана, выделение основных понятий и методов их изучения, указание видов деятельности студентов и способов проверки усвоения материала, словарная работа);

- соблюдение требований к предъявляемым учебным текстам (разбивка текста на части; выделение опорных смысловых пунктов; использование наглядных средств);
  - минимизация внешних шумов;
  - предоставление возможности соотносить вербальный и графический материал; комплексное использование письменных и устных средств коммуникации при работе в группе;
  - сочетание на занятиях всех видов речевой деятельности (говорения, слушания, чтения, письма, зрительного восприятия с лица говорящего).

### *Студенты с прочими видами нарушений*

#### **(ДЦП с нарушениями речи, заболевания эндокринной, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, онкологические заболевания)**

- наличие возможности использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие осуществлять приём и передачу информации;
- наличие системы заданий, обеспечивающих систематизацию верbalного материала, его схематизацию, перевод в таблицы, схемы, опорные тексты, глоссарий;
- наличие наглядного сопровождения изучаемого материала;
- наличие чёткой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
- обеспечение практики опережающего чтения, когда студенты заранее знакомятся с материалом и выделяют незнакомые и непонятные слова и фрагменты;
- предоставление возможности соотносить вербальный и графический материал; комплексное использование письменных и устных средств коммуникации при работе в группе;
- сочетание на занятиях всех видов речевой деятельности (говорения, слушания, чтения, письма, зрительного восприятия с лица говорящего);
- предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате;
- предоставление возможности предкурсового ознакомления с содержанием учебной дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;
- возможность вести запись учебной информации студентами в удобной для них форме (аудиально, аудиовизуально, в виде пометок в заранее подготовленном тексте).
- применение поэтапной системы контроля, более частый контроль выполнения заданий для самостоятельной работы,
- стимулирование выработки у студентов навыков самоорганизации и самоконтроля;
- наличие пауз для отдыха и смены видов деятельности по ходу занятия.

