

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Бойко Елена Григорьевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 25.12.2023 19:46:00  
Уникальный программный ключ:  
e69eb689122030af7d22cc354bf0eb9d453ecf8f

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
Инженерно-технологический институт  
Кафедра энергообеспечения сельского хозяйства

«Утверждаю»

И.о. заведующего кафедрой



И.В.Савчук

« 25 » мая 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теплотехника и хладотехника

для направления подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья  
образовательная программа «Биотехнология пищевых производств и технология функциональных продуктов»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения: очная, заочная

Тюмень, 2023

При разработке рабочей программы учебной дисциплины в основу положены:

ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» образовательная программа «Биотехнология пищевых производств и технология функциональных продуктов»

1) утвержденный Министерством образования и науки РФ «17» августа 2020г., приказ № 1041

2) Учебный план основной образовательной программы «Биотехнология пищевых производств и технология функциональных продуктов» одобрен Ученым советом ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья от «25» мая 2023г. Протокол № 10

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена на заседании кафедры Энергообеспечения сельского хозяйства от «25» мая 2023г. Протокол № 5

И.о.заведующий кафедрой  И.В.Савчук

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена методической комиссией института от «25» мая 2023г. Протокол № 7а

Председатель методической комиссии института  О.А.Мелякова

**Разработчик \*:**

Ставицкий А.В., старший преподаватель  
кафедры энергообеспечения сельского хозяйства

Директор института:  Н.Н.Устинов

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Код компетенции	Результаты освоения	Индикатор достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов	<b>ИД-2оПК-3</b> Использует навыки по расчету холодильного и теплотехнического оборудования для решения типовых задач в области профессиональной деятельности	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- законы переноса тепловой энергии и массы вещества, величины характеризующие процессы теплопереноса теплопроводностью, конвекцией, излучением.</li> <li>- основных формул, законы теплотехники.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-определять термодинамические параметры состояния.</li> <li>- использовать базовые знания в области теплотехники для эксплуатации теплообменных аппаратов.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методами теоретического и экспериментального определения величин интенсивности теплового потока, теплопроводности и конвекции.</li> </ul>

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Данная дисциплина относится к *Блоку 1* обязательной части образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания в области: *математика, физика, гидравлика, начертательная геометрия, инженерная графика,*

*Теплотехника* является предшествующей дисциплиной для дисциплин: Автоматика, Электротехника и электроника, Теоретическая механика, Метрология, стандартизация и сертификация, Материаловедение. Технология конструкционных материалов

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре по очной форме обучения, 2 курсе в 4 семестре – заочной форме обучения.

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов (3 зачетных единиц).

Вид учебной работы	Очная форма		Заочная форма	
	Всего часов	семестр	Всего часов	семестр
		<b>3</b>		<b>4</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	50	50	14	14
В том числе:	-	-	-	-
Лекционного типа	16	16	6	6
Семинарского типа	34	34	8	8
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	58	58	94	94
В том числе:	-	-	-	-
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	30	30	70	70
Самостоятельное изучение тем	6	6		
Реферат	12	12	-	-
Контрольные работы	10	10	24	24
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		зачет		зачет
Общая трудоемкость: часов	108	108	108	108
зачетных единиц	3	3	3	3

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1.	<b>Техническая термодинамика</b>	Предмет технической термодинамики и ее методы. Связь термодинамики с другими отраслями знаний. Основные задачи курса. Рабочее тело. Основные параметры состояния. Термодинамическая система. Равновесное и неравновесное состояния. Уравнение состояния. Теплота и работа как формы передачи энергии. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы (циклы). Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Соотношение между массовыми и объемными долями. Вычисления массовых и объемных долей. Вычисление параметров состояния смеси. Определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси. Теплоемкость. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкости при постоянных объемах и давлениях. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости. Формулы и таблицы для определения теплоемкостей. Теплоемкость смеси идеальных

		<p>газов.</p> <p>Первый закон термодинамики. Сущность закона. Формулировки закона. Аналитическое выражение закона для открытых и закрытых систем. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния <math>P - V</math>-диаграмма. Энтальпия.</p> <p>Второй закон термодинамики. Основные формулировки закона. Аналитическое выражение закона. Энтропия. <math>TS</math> - диаграмма.</p> <p>Общие понятия о термодинамическом процессе. Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Изображение процессов в координатах <math>pV</math> и <math>Ts</math>. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, как частные случаи политропного процесса.</p> <p>Общее понятие о круговом процессе. Прямой и обратный циклы Карно, их анализ. Термодинамический КПД и холодильный коэффициент.</p> <p>Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Циклы с изохорным и изобарным подводами теплоты. Изображение циклов в <math>pV</math> и <math>Ts</math> диаграммах</p> <p>Термодинамические и эксергетические КПД циклов. Сравнительный анализ циклов ДВС.</p> <p>Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Циклы с изохорным и изобарным подводами теплоты. Регенеративные циклы ГТУ. Изображение циклов в <math>pV</math> и <math>Ts</math> диаграммах. Термодинамические и эксергетические КПД циклов. Сравнительный анализ циклов ГТУ.</p> <p>Цикл идеального компрессора. Классификация компрессоров и принцип их действия. Индикаторная диаграмма.. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Полная работа и мощность на привод компрессора. Многоступенчатое сжатие. Изображение термодинамических циклов в <math>pV</math> и <math>Ts</math> диаграммах.</p> <p>Циклы холодильных установок. Классификация холодильных установок. Рабочие тела. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность.. Цикл воздушной холодильной установки. Циклы паровой и компрессионной установок. Понятие об абсорбционных и парожеторных холодильных установках.</p> <p>Тепловой насос. Принцип работы теплового насоса. Кондиционер.</p> <p>Физическое состояние вещества. Процесс парообразования в <math>pV</math> и <math>Ts</math> координатах. Термодинамические таблицы воды и водяного пара. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и <math>hs</math> диаграммы. Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в <math>Ts</math> и <math>hs</math> диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл.</p> <p>Определение понятия «Влажный воздух». Основные величины, характеризующие состояния влажного воздуха. <math>hd</math> диаграмма влажного воздуха. Расчет основных процессов (подогрев, сушка, смеси воздуха и различных паров).</p>
2.	<b>Теория теплообмена</b>	Предмет и задачи теории. Значение теплообмена в сельскохозяйственных и промышленных процессах. Основные

		<p>понятия и определения. Способы переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение. Основные понятия и определения. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность однослойной и многослойной плоских стенок, цилиндрической и сферической стенок.</p> <p>Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.</p> <p>Теплообмен излучением. Основные понятия и определения. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Закон теплового излучения. Теплообмен излучением между телами.</p> <p>Сложный теплообмен. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую, цилиндрическую, сферическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция.</p> <p>Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Принцип расчета теплообменных аппаратов. Средний температурный напор. Современные конструкции трубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов.</p>
--	--	--

#### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекционного типа	Семинарского типа	СР	Всего, часов
1	2	3	4	5	6
1.	Техническая термодинамика	8	16	30	54
2	Теория теплообмена	8	18	28	54
	Итого:	16	34	58	108

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекционного типа	Семинарского типа	СР	Всего, часов
1	2	3	4	5	6
1.	Техническая термодинамика	2	4	44	50
2	Теория теплообмена	4	4	50	58
	Итого:	6	8	94	108

#### 4.3. Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема	Трудоемкость (час)	
			очная	заочная
1	2	3	4	5
1.	1	Методы измерения температуры	2	2
2		Методы измерения давления	4	-
3		Методы измерения скоростей движения и расхода рабочего тела	2	-
4		Определение показателя политропы	2	-
5		Определение относительной и абсолютной влажностей воздуха	2	2
6		Устройство и принцип работы компрессорной холодильной машины.	4	-

7	2	Определение коэффициента теплопроводности твердого тела	4	2
8		Определение коэффициента теплоотдачи горизонтальной трубы	2	-
9		Исследование центробежного вентилятора	2	2
10		Теплокалориферы	4	-
11		Испытание одноконтурного холодильного агрегата	2	-
12		Теплогенераторы	4	-
		Итого:	34	8

**4.4. Учебные занятия, развивающие у обучающихся навыки командной работы, межличностные коммуникации, принятие решений, лидерские качества**  
Не предусмотрены ОПОП

**4.5. Учебные занятия в форме практической подготовки**  
Не предусмотрены ОПОП

**4.6. Примерная тематика курсовых проектов (работ)**  
*не предусмотрено ОПОП.*

## **5. Организация самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

### **5.1. Типы самостоятельной работы и её контроль**

Тип самостоятельной работы	Форма обучения		Текущий контроль
	очная	заочная	
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	30	70	тестирование
Самостоятельное изучение тем	6		тестирование или собеседование
Курсовой проект (работа)	-	-	-
Расчетно-графические работы	-	-	-
Контрольные работы	10	24	защита
Реферат	12	-	собеседование
всего часов:	58	94	

### **5.2. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы:**

1.Ивакина Е.А. Методические рекомендации по дисциплине "Техническая термодинамика" для самостоятельной работы для студентов очной формы обучения и студентов ИДО по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия». - Тюмень: ГАУСЗ, 2017. - 156 с.

2. Ивакина Е.А. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Теплотехника" для студентов очной и заочной формы обучения для направления подготовки 35.03.06. «Агроинженерия». – Тюмень: ГАУСЗ, 2016. – 46 с.

**5.3. Темы, выносимые на самостоятельное изучение:**  
*(согласно таблице пункта 5.1)*

1. Предмет технической термодинамики. Основные понятия и определения.
  2. Термодинамические параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа.
  3. Внутренняя энергия. Работа расширения, её вычисление и изображение в  $P, V$ -диаграмме.
  4. Энтропия. Теплота.  $T, S$ -диаграмме. Изображение теплоты в  $T, S$ -диаграмме.
  5. Аналитическое выражение первого закона термодинамики для закрытых систем и его формулировка.
  6. Теплоёмкость газов. Уравнение Майера.
  7. Аналитическое выражение первого закона термодинамики для открытых систем (для потока). Энтальпия и располагаемая работа.
  8. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Смеси идеальных газов. Способы задания смеси газов.
  9. Прямой обратимый цикл Карно. Термический КПД цикла Карно.
  10. Водяной пар. Основные понятия и определения.  $P, V$ -диаграмма водяного пара.
  11. Адиабатный процесс истечения газа. Сопло Лаваля.
- Влажный воздух. Основные понятия. Параметры влажности воздуха  $I, d$ -диаграмма

#### 5.4. Темы рефератов:

Использование вторичных энергоресурсов и отходов в качестве энергетического топлива.

Смешанные системы теплоснабжения (на примере использования котельной, ветрогенератора, гелиоустановки и др.).

Прогнозы располагаемых запасов топлива и их исчерпания.

Проблемы добычи и транспорта энергетического топлива.

Ядерное топливо. Прогнозы располагаемых запасов и их исчерпания.

Проблемы производства и транспорта ядерного топлива.

Проблемы экологической безопасности при производстве и транспорте ядерного топлива.

Газификация углей. Проблемы и перспективы.

Перспективы применения ПГУ на базе газификации твердых топлив

Искусственное композиционное жидкое топливо из угля и эффективность его использования

Рабочие тела циклов. Бинарные циклы.

Работа ТЭС в условиях рынка электроэнергии.

Совершенствование схем и оборудования ТЭС

Использование турбинных экономайзеров в блоках повышенной эффективности

Газо-турбинные надстройки ТЭЦ

Воздействие энергетики на климат Земли

Аккумуляция тепловой и электрической энергии

### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

#### 6.1 Перечень компетенций и оценочные средства индикатора достижения компетенций

Код компетенции	Индикатор достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Наименование оценочного средства
ОПК-1	ИД-2опк-3 Использует навыки по расчету холодильного и теплотехнического оборудования для	<b>знать:</b> - законы переноса тепловой энергии и массы вещества, величины характеризующие процессы теплопереноса	Тестирование Варианты контрольной работы Вопросы к собеседованию



	решения типовых задач в области профессиональной деятельности	теплопроводностью, конвекцией, излучением. - основных формул, законы теплотехники. <b>уметь:</b> -определять термодинамические параметры состояния. - использовать базовые знания в области теплотехники для эксплуатации теплообменных аппаратов. <b>владеть:</b> -методами теоретического и экспериментального определения величин интенсивности теплового потока, теплопроводности и конвекции.	
--	---	--	--

## 6.2. Шкалы оценивания

### Шкала оценивания тестирования на зачете

% выполнения задания	Результат
50 – 100	зачтено
менее 50	не зачтено

## 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

Указаны в приложении 1.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Теплотехника : учебное пособие / . — Волгоград : Волгоградский институт бизнеса, 2009. — 206 с. — ISBN 978-5-9061-7245-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/11352.html>
2. Лифенцева Л.В. Теплотехника : учебное пособие / Лифенцева Л.В.. — Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2010. — 188 с. — ISBN 978-5-89289-658-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/14394.html>

б) дополнительная литература

1. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Механика жидкостей и газов : лабораторный практикум / В.А. Арутюнов [и др.]. — Москва : Издательский Дом

МИСиС, 2007. — 85 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/56121.html>

2. Сборщиков Г.С. Теплофизика и теплотехника. Теплофизика : практикум / Сборщиков Г.С., Чибизова С.И.. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 104 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/56201.html>

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"**

1. [www.energy.ihed.ras.ru](http://www.energy.ihed.ras.ru)
2. [www.nait.ru](http://www.nait.ru)
3. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
4. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Ивакина Е.А. Методические указания к контрольной работе по дисциплине "Теплотехника" для студентов заочной формы обучения для направления подготовки 35.03.06. «Агроинженерия». – Тюмень: ГАУСЗ, 2015. – 64 с.

## **10. Перечень информационных технологий**

1. Операционная система Windows (лицензионно-программное обеспечение)
2. Пакет прикладных программ MS Office 2007 (университетская лицензия)

## **11. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Холодильный аппарат, теплогенератор, калорифер, центробежный вентилятор, термометры, анемометры, барометры, барографы, шкаф нагревательный, гигрометры, манометры, насос Камбовского. Проектор, экран настенный. - 1-32. Лаборатория теплотехники

## **12. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается:

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы), использование версии сайта для слабовидящих ЭБС IPR BOOKS и специального мобильного приложения IPR BOOKS WV-Reader (программы не визуального доступа к информации,

предназначенной для мобильных устройств, работающих на операционной системе Android и iOS, которая не требует специально обученного ассистента, т.к. люди с ОВЗ по зрению работают со своим устройством привычным способом, используя специальные штатные программы для незрячих людей, с которыми IPR BOOKS WV-Reader имеет полную совместимость);

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
Инженерно-технологический институт  
Кафедра «Энергообеспечения сельского хозяйства»

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по учебной дисциплине «Теплотехника и хладотехника»

для направления подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья  
образовательная программа «Биотехнология пищевых производств и технология функциональных продуктов»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Разработчик: ст. преподаватель, А.В. Ставицкий

Утверждено на заседании кафедры

протокол № 5 от «25» мая 2023г.

И.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_  И.В.Савчук

Тюмень, 2023

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ  
знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие  
этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины  
ТЕПЛОТЕХНИКА И ХЛАДОТЕХНИКА**

**Вопросы для собеседования по темам разделов**

1. Термодинамическая система. Параметры состояния термодинамической системы.  
Уравнение состояния.
2. Термодинамический процесс. Равновесные, неравновесные, обратимые и необратимые процессы\*.
3. Первый закон термодинамики.
4. Основное термодинамическое тождество. Энтальпия.
5. Термодинамический анализ круговых циклов. Прямые и обратимые циклы. Термический КПД и холодильный коэффициент циклов.
6. Цикл Карно. Т - s диаграмма. Изображение процессов в Т - s диаграммах.
7. Второй закон термодинамики. Изменение энтропии в термодинамических процессах.
8. Теплоёмкость газов и газовых смесей. Зависимость теплоёмкости от температуры.
9. Изотермический и изохорный процессы.
10. Адиабатный процесс. Работа в процессе.
11. Реальные газы. Уравнение состояния реальных газов.
12. Водяной пар. Процесс парообразования. Параметры воды, влажного, сухого и перегретого пара.
13. Одноступенчатый компрессор. Работа, расходуемая на сжатие газа в компрессоре.
14. Циклы ДВС. Цикл поршневого двигателя с подводом теплоты при  $V = \text{const}$ .
15. Цикл поршневого двигателя с подводом теплоты при  $P = \text{const}$  и смешанный цикл.
16. Циклы газотурбинных установок.
17. Циклы паросиловых установок.
18. Элементарные и сложные виды теплообмена.
19. Тепловой поток. Температурное поле. Температурный градиент.
20. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности.
21. Конвективный теплообмен. Формула Ньютона. Коэффициент теплоотдачи.
22. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
23. Граничные условия уравнения теплопроводности. Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенки.
24. Теплопередача через однослойную плоскую стенку.

## **Процедура оценивания**

Используется фронтальный опрос, который предполагает работу преподавателя одновременно со всей аудиторией, и проводится в виде беседы по вопросам. При отборе вопросов и постановке перед студентами учитывается следующее:

- задается не более пяти, они должны непосредственно относиться к проверяемой теме;
- формулировка вопроса должна быть однозначной и понятной отвечающему;
- недопустимо предлагать студентам вопросы, требующие множества ответов, т.е. вопросы открытой формы или так называемые «тестовые» вопросы с ответом «да/нет».

В конце опроса преподаватель дает заключительные комментарии по качеству ответов всех студентов.

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 2-3 ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не

приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

### Вопросы к зачету

Наименование компетенции	Вопросы
<p style="text-align: center;"><b>ОПК-3</b></p> <p style="text-align: center;">Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Аналитическое выражение 1-ого закона термодинамики через энтальпию.</li> <li>2. Политропный процесс. Изменения внутренней энергии, энтальпии, энтропии. Работа процесса. Теплота, участвующая в процессе. Изображение процесса в P-V и T – S координатах, при разных показателях политропы.</li> <li>3. Теплоемкость. Основные определения. Массовая, объемная и молярная теплоемкости газов. Истинная и средняя теплоемкости. Аналитические выражения для теплоемкости. Зависимость от температуры.</li> <li>4. Диаграмма H-d влажного воздуха. Определение основных показателей влажного воздуха по диаграмме.</li> <li>5. Адиабатный процесс. Изменение внутренней энергии, энтальпии, работа процесса, изображение процесса P-V и T-S координатах.</li> <li>6. Схема паросиловой установки Ренкина. Изображения цикла Ренкина в T-S и PV координатах. Выражение для термического КПД и его анализ.</li> <li>7. Второй закон термодинамики. Круговые термодинамические процессы-циклы, понятия о термическом к.п.д.. Свойства обратимых и необратимых циклов.</li> <li>8. Влажный воздух. Параметры влажного воздуха. H-d диаграмма влажного воздуха.</li> <li>9. Внутренняя энергия идеального и</li> </ol>

	<p>реального газов.</p> <p>10. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Пути повышения экономичности паросиловых установок.</p> <p>11. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и <math>h</math>-<math>d</math> диаграммы.</p> <p>12. Основные положения теории пограничного слоя. Уравнение теплоотдачи на границе потока и стенки.</p> <p>13. Компрессоры. Циклы идеального одноступенчатого и многоступенчатого компрессоров. Преимущество многоступенчатого сжатия.</p> <p>14. Водяной пар. Процесс парообразования в <math>PV</math> и <math>TS</math> координатах. Цикл Ренкина.</p> <p>15. Влажный воздух. Основные параметры, характеризующие состояние влажного воздуха.</p> <p>16. Уравнения основных термодинамических процессов.</p> <p>17. Одноступенчатый компрессор. Изображение индикаторной диаграммы компрессора в <math>P</math>-<math>V</math> координатах. Производительность компрессора. Влияние конечного давления на производительность компрессоров.</p> <p>18. Рекуперативные теплообменники. Изменение температур теплоносителей для схемы движения - прямоток. Определение среднего температурного напора и величины теплопередающей поверхности.</p> <p>19. Расчет рекуперативных теплообменников.</p> <p>20. Предмет технической термодинамики и ее задачи.</p> <p>21. Теплопроводность. Закон Фурье, физический смысл коэффициента теплопроводности.</p> <p>22. Теплопередача через многослойную</p>
--	--



	<p>плоскую стенку. Уравнение теплопроводности.</p> <p>23. Факторы, влияющие на теплообмен при конденсации и кипении.</p> <p>24. Теплопередача. Уравнение теплопередачи, физический смысл коэффициента теплопередачи.</p> <p>25. Теплопроводность плоской стенки. Уравнение теплового потока.</p> <p>26. Уравнения, положенные в основу расчета теплообменных аппаратов. Порядок конструктивного расчета теплообменников.</p> <p>27. Рекуперативные теплообменники. Расчет поверхности нагрева рекуперативного теплообменника.</p> <p>28. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. Выражения для плотности теплового потока. Факторы, влияющие на коэффициент теплопроводности материалов.</p> <p>29. Теплопроводность цилиндрической многослойной стенки. Выражение для плотности теплового потока.</p> <p>30. Теплопередача. Протекание процесса теплопередачи. Физический смысл коэффициента теплопередачи на основании анализа размерности.</p> <p>31. Сложный теплообмен. Понятия о коэффициентах теплоотдачи. Основное расчетное уравнение.</p> <p>32. Способы передачи теплоты: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение – основные расчетные выражения для плотности теплового потока.</p> <p>33. Теплопроводность. Определение плотности теплового потока через многослойную плоскую стенку.</p>
--	--

### **Процедура оценивания зачета**

Зачет проходит в форме тестирования использованием электронной среды lms-test. В соответствии с расписанием (графиком промежуточной аттестации) открывается доступ к прохождению тестирования для всех студентов группы. Студенту предоставляется первая попытка длительностью в 40 минут на решение тестового задания, состоящего из 30 вопросов. После ответов на тестовые задания, студент завершает первую попытку. Не менее чем через 10 после завершения первой попытки, студенту предоставляется вторая попытка длительностью в 40 минут на решение тестового задания, состоящего из 30 вопросов. После ответов на тестовые задания, студент завершает вторую попытку. При оценке решения тестирования учитывается наилучший результат.

Оценка выставляется:

«зачтено», если наилучшая попытка решения тестирования характеризуется результатом не ниже 50%;

«не зачтено», если результат наилучшей попытки решения тестирования характеризуется результатов менее 50%.

### **Шкала оценивания зачета**

Оценка	Описание
Зачтено	Наилучший результат тестирования: не менее 50%
Не зачтено	Наилучший результат тестирования: менее 50%

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Задача 1.** Газ массой  $m=1$  имеет начальные параметры - давление  $P_1$  и температуру  $t_1$ . После политропного изменения состояния газа объём его стал  $V_2$  давление  $P_2$ . Определить начальный объём  $V_1$ , конечную температуру  $T_2$  газа, показатель политропы  $n$ , теплоёмкость процесса  $C$ , работу расширения газа  $l$ , изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и изменение энтропии  $\Delta S$ . Определить эти же величины, если изменение состояния газа происходит по изотерме до того же значения конечного объёма  $V_2$ . Сделать и записать выводы по полученным расчётным данным. Показать процессы в  $p$ - $V$  и  $T$ - $s$  - диаграммах.

Контрольный вопрос. Каковы общая формулировка и математическое определение первого закона термодинамики? Дайте определение и объясните физическую сущность величин, входящих в уравнение первого закона термодинамики.

**Задача 2.** Определить параметры рабочего тела в характерных точках идеального цикла поршневого двигателя с изохорно - изобарным подводом теплоты (смешанный цикл), если известны давление  $P_1$  и температура  $t_1$  рабочего тела в начале сжатия. Степень сжатия  $\varepsilon$ , степень предварительного расширения  $\rho$ , степень повышения давления заданы  $\lambda$ .

Определить работу, получаемую от цикла, подведённую и отведённую теплоту, термический КПД цикла и изменение энтропии отдельных процессов цикла. За рабочее тело принять воздух, считая его теплоёмкость в расчётных интервалах температур постоянной. Построить на "миллиметровке" в масштабе этот цикл в координатах  $P$ - $V$  и  $T$ - $S$ . Дать к полученным графикам соответствующие пояснения.

Контрольный вопрос. Приведите основные формулировки второго закона термодинамики.

**Задача 3.** Показать сравнительным расчётом целесообразность применения пара высоких начальных параметров и низкого конечного давления на примере паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина,

определив располагаемый теплоперепад, термический КПД цикла и удельный расход пара для двух различных значений начальных и конечных параметров пара.

Указать конечное значение степени сухости. Изобразить схему простейшей паросиловой установки и дать краткое описание её работы. Представить цикл Ренкина в диаграммах P-V и T-S. Задачу решать с помощью H-s диаграммы.

Представить графическое решение задачи в H -s диаграмме.

**Задача 4.** Определить потери тепла за 1 час с одного метра длины горизонтально расположенной цилиндрической трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если известны наружный диаметр  $d$  трубы, температура стенки трубы  $t_c$  температура воздуха  $t_b$  в помещении.

Контрольный вопрос. Какими основными безразмерными числами (критериями) подобия определяется конвективная теплопередача и каков физический смысл этих чисел подобия?

**Задача 5.** Плоская стальная стенка толщиной  $\delta_c$  омывается с одной стороны горячими газами с температурой  $t_1$ , с другой стороны водой с температурой  $t_2$ . Определить коэффициент теплопередачи  $K$  от газов к воде, удельный тепловой поток  $q$  и температуры обеих поверхностей стенки, если известны коэффициенты теплопередачи от газа к стенке  $\alpha_1$  и от стенки к воде  $\alpha_2$ ; коэффициент теплопроводности стали  $\lambda_c=58$  Вт/(мК). Определить также все указанные выше величины, если стенка со стороны воды покрыта слоем накипи толщиной  $\delta_n$ ; коэффициент теплопроводности накипи  $\lambda_n= 1$  Вт/(мК). Для указанных вариантов построить эпюры температур от  $t_1$  до  $t_2$ . Объяснить в чём заключается вред отложения накипи стальных поверхностях нагрева.

Контрольный вопрос. В чём различие между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи, и какова связь между ними.

## 5. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Таблица 1- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 1

Вариант задания	Род газа	$t_1, ^\circ\text{C}$	$P_1, \text{кгс/см}^2$	$m, \text{кг}$	$P_2, \text{кгс/см}^2$	$V_2, \text{м}^3/\text{кг}$
1	воздух	4	20	1	20	0,21
2		0	1	1	8	0,14
3		15	1	1	1,6	0,83
4		150	25	1	60	0,024
5		250	50	1	70	0,025
6		0	1	1	16	0,039
7		172	1	1	4	0,33
8		617	45	1	11	0,25
9		45	0,9	1	32,6	0,08
10		1627	32,6	1	2,7	1
11		57	0,85	1	37,6	0,08
12		1907	60,2	1	2,2	1,1
13		27	0,95	1	4	0,33
14		20	1	1	3	0,4
15		409	5,1	1	1	1,25
16		30	1	1	12,3	0,15
17		2102	47,1	1	3,8	0,9
18		20	0,95	1	30,8	0,07
19		1857	30,8	1	3,8	0,9
20		47	1	1	40	0,07
21		2507	81,4	1	3,56	0,9
22		17	6	1	3	0,9
23		20	6	1	1,1	3,3

24		0	0,8	1	29	0,077
25		1313	46,4	1	1,43	1,2
26		17	1	1	2,8	0,83
27		30	3	1	97,2	0,025
28		1577	164	1	1	1,25
29		24	1	1	3	0,39
30		1327	6	1	1,1	3,65

Таблица 2- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 2

Вариант задания	$P_1$ , кгс/см <sup>2</sup>	$t_1, ^\circ\text{C}$	$\varepsilon$	$\rho$	$\lambda$
1	0,8	87	7	1	3,2
2	0,9	45	13	2,2	1
3	0,85	57	15	1,4	1,6
4	1	30	6	1	3,1
5	0,95	20	12	1,4	1
6	1	47	14	1,5	1,4
7	1	15	16	1,4	1,6
8	0,8	0	13	1,3	1,6
9	1	20	12	1,3	1,7
10	0,9	30	14	2	1
11	0,8	20	13	1	1,5
12	1	27	5	1	3,2
13	0,95	25	12	1,4	1
14	0,8	7	12	1,3	1,7
15	1	45	13	2,02	1
16	0,85	50	14	1,4	1,5

17	0,9	45	15	1,5	1,3
18	1	27	11	1,4	1,6
19	0,85	87	6	1	3,1
20	0,95	23	12	1,3	1
21	1	17	13	1,3	1,5
22	0,95	45	12	2,1	1
23	0,9	20	13	2,2	1
24	0,85	37	15	1,3	1,5
25	0,8	17	7	1	3,2
26	1	57	7	1	3,2
27	0,95	45	13	2,2	1
28	0,9	37	14	2,2	1
29	0,85	67	15	2,2	1
30	1	7	7	1	3,2

Таблица 3- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 3

Вариант задания	Параметры пара 1 вар.			Параметры пара 2 вар.		
	$P_1$ , кгс/см <sup>2</sup>	$t_1$ , °C	$P_2$ , кгс/см <sup>2</sup>	$P_1$ , кгс/см <sup>2</sup>	$t_1$ , °C	$P_2$ , кгс/см <sup>2</sup>
1	24,7	350	0,098	24,7	450	0,090
2	98	327	0.039	98	427	0.039
3	98	327	0.039	98	527	0.039
4	98	327	0.039	98	627	0.039
5	98	327	0.039	98	727	0.039
6	19.6	400	0.039	24.9	400	0.039
7	19.6	400	0.039	58.7	400	0.039
8	19.6	400	0.039	98.0	400	0.039
9	29.4	400	0.98	29.4	400	0.098

10	29.4	400	0.98	29.4	400	0.078
11	29.4	400	0.98	29.4	400	0.059
12	29.4	400	0.98	29.4	400	0.039
13	29.4	400	0.98	29.4	400	0.019
14	24.7	350	0.098	39.2	350	0.098
15	35	450	0.04	35	600	0.04
16	35	450	0.04	200	450	0.04
17	35	450	0.04	200	600	0.04
18	35	450	0.04	90	450	0.04
19	35	450	0.04	90	650	0.04
20	35	450	0.04	300	650	0.04
21	24.7	350	0.098	240	565	0.098
22	35	435	0.04	90	435	0.04
23	90	535	0.04	130	565	0.04
24	130	565	0.04	200	565	0.04
25	29	400	0.04	90	600	0.04
26	125	450	0.98	130	650	0.098
27	90	480	0.98	130	727	0.098
28	130	565	0.98	240	600	0.098
29	240	580	0.98	300	727	0.098
30	200	650	0.98	240	750	0.098

Таблица 4- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 4

Вариант задания	d, мм	t <sub>c</sub> °C	t <sub>B</sub> °C
1	17	100	15
2	21.3	150	20
3	26.8	200	25



4	33.5	250	30
5	42	300	15
6	48	350	20
7	60	400	25
8	75.5	450	30
9	57	100	15
10	76	150	20
11	89	200	25
12	108	250	30
13	133	300	10
14	159	350	15
15	17	400	20
16	21.3	330	25
17	26.8	300	30
18	33.5	200	10
19	42.3	150	15
20	48	100	20
21	60	150	25
22	75.5	200	30
23	57	250	10
24	76	300	15
25	89	350	20
26	108	400	25
27	133	100	30
28	159	200	10
29	200	400	30
30	150	300	25

Таблица 5- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 5

Вариант задания	$\delta$ , мм	$\delta_H$ , мм	$\alpha_1$ $Bm / (m^2 \cdot K)$	$\alpha_2$ $Bm / (m^2 \cdot K)$	$t_1$ $^{\circ}C$	$t_2$ $^{\circ}C$
1	1	10	186	4419	1200	220
2	2	5	174	3489	1100	200
3	1	4	163	2907	1000	180
4	1	3	151	2326	900	160
5	1	2	140	1744	800	140
6	2	10	70	1163	850	150
7	1	9	81	2326	950	160
8	2	6	93	3489	1050	170
9	1	7	105	4652	1150	180
10	2	6	116	5815	1250	190
11	1	7	58	1163	900	225
12	2	6	47	1140	800	200
13	1	5	35	1116	700	175
14	2	4	24	1093	600	150
15	1	3	12	1070	500	125
16	2	8	64	2560	575	110
17	1	7	58	2442	675	120
18	2	6	52	3326	775	130
19	1	5	47	2210	875	140
20	2	4	41	2093	975	150
21	1	2	47	3489	1000	100
22	2	3	58	4652	900	125
23	1	5	70	4071	1050	135
24	2	6	52	5234	950	150
25	0.5	7	64	2326	800	200

26	1	5	76	2442	850	210
27	2	8	49	3605	975	175
28	0.5	5	17	1163	400	100
29	1	8	24	1454	500	120
30	1.5	4	29	1745	600	140

Проверка выполнения контрольной работы осуществляется по каждой задаче в отдельности. В случае невыполнения более 2 пунктов требований качества выполнения контрольной работы, задача считается решенной неверно.

Критерии оценивания:

- «положительная» - если все задания контрольной работы выполнены верно согласно требованиям оценки качества выполнения контрольной работы;

- «отрицательная» - если хотя бы одно задание контрольной работы выполнены верно согласно требованиям оценки качества выполнения контрольной работы.

#### **Шкала оценивания контрольной работы**

Оценка	Описание
Положительная	все задания контрольной работы выполнены верно согласно требованиям оценки качества выполнения контрольной работы;
Отрицательная	хотя бы одно задание контрольной работы выполнены верно согласно требованиям оценки качества выполнения контрольной работы;