

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия  
имени Н.В. Верещагина»

Инженерный факультет

Кафедра «Энергетические средства и технический сервис»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направление подготовки: 35.03.06 Агроинженерия

Профили подготовки: Технические системы в агробизнесе

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Вологда – Молочное

2024

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»

Разработчик: канд. техн. наук, доцент Бирюков А.Л.

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

Зав. кафедрой: канд. техн. наук, доцент Бирюков А.Л.

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

Председатель методической комиссии: канд. техн. наук, доцент Берденников Е.А.

## 1 Цель и задачи дисциплины

Основная цель данной дисциплины — дать базовые знания в области инженерных наук и научить применять полученные знания в профессиональной деятельности; знать и уметь применять в практической деятельности законы термодинамики, знать и уметь экономно расходовать энергетические ресурсы, знать конструкции теплосиловых установок и способы преобразования энергии. Подготовить студентов для изучения последующих дисциплин: теория двигателей внутреннего сгорания, сельскохозяйственные машины, эксплуатация машинно-тракторного парка.

Основные задачи дисциплины определяются квалификационными требованиями, заложенными в государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

- изучение основных законов и закономерностей дисциплины «Теплотехника» и освоение методов решения ее задач;

- ведение технической документации, связанной с монтажом, наладкой и эксплуатацией оборудования, средств автоматики и энергетических установок сельскохозяйственных предприятий;

- эксплуатация систем, тепло-, водо-, газоснабжения, а также утилизация отходов сельскохозяйственного производства;

- приобретение навыков самостоятельной работы с учебной литературой.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теплотехника» относится к обязательной части дисциплин основной образовательной программы высшего образования (ООП ВО) по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия». Индекс по учебному плану – Б1.О.16

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

**Студент должен знать:**

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры и аналитической геометрии, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений, теории вероятности и теории математической статистики, статистических методов обработки экспериментальных данных, элементов теории функций комплексной переменной;

- фундаментальные разделы физики, в т.ч. физические основы механики, молекулярную физику и термодинамику, электричество и магнетизм, оптику, атомную и ядерную физику;

**уметь:**

- использовать математический аппарат для обработки технической и экономической информации и анализа данных, связанных с машиноиспользованием и надежностью технических систем;

- использовать физические законы для овладения основами теории и практики инженерного обеспечения АПК;

**владеть:**

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

Освоение учебной дисциплины «Теплотехника» базируется на знаниях и умениях, полученных студентами при изучении таких дисциплин как математика, физика, химия. Знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной, необходимы для изучения последующих дисциплин: «Тракторы и автомобили», «Сельскохозяйственные машины», «Машины и оборудование в животноводстве» и других, в курсовом проектировании и при выполнении выпускной квалификационной работы, а так же являются базой для эффективного прохождения производственных практик и подготовки итоговой аттестации.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1. Способность решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> . Демонстрация знаний основных законов математических, естественных и общепрофессиональных дисциплин, необходимых для решения типовых задач в области агроинженерии. ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> . Использование знаний основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии. ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> . Применение информационно-коммуникационных технологий в решении типовых задач в области агроинженерии. ИД-4 <sub>ОПК-1</sub> . Использование специальных программ и баз данных при разработке технологий и средств механизации в сельском хозяйстве.

### 4 Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

#### 4.1 Структура учебной дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Семестр	Всего
	очно	5	Заочно 3 курс
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	68	68	18
в том числе:			
Лекции (Л)	34	34	8
Лабораторные работы (ЛР)	34	34	10
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	58	58	117
Вид промежуточной аттестации		Экзамен	Экзамен
часы	18	18	9
Общая трудоемкость, часы	144	144	144
Зачетные единицы	4	4	4

#### 4.2 Содержание разделов учебной дисциплины

##### Раздел 1. Техническая термодинамика

###### 1.1. Введение

Предмет теплотехники, место и роль в подготовке дипломированных специалистов.

Связь теплотехники с другими отраслями знаний. Основные исторические этапы становления теплотехники, роль теплотехники в научно-техническом прогрессе, развитии новой техники и технологии. Значение теплотехники в агроинженерии.

Проблема экономии топливно-энергетических ресурсов, снижение норм расхода теплоты и топлива, использование вторичных энергоресурсов, защита окружающей среды. Использование возобновляемых источников энергии. Основные задачи курса.

###### 1.2. Основные понятия и определения термодинамики

Предмет технической термодинамики и ее методы. Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние. Уравнение состояния. Теплота и работа как формы передачи энергии. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Круговые

процессы (циклы).

Смеси рабочих тел. Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми и объемными долями. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение давлений компонентов.

Теплоемкость. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном объеме и давлении. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости. Формулы и таблицы для определения теплоемкости. Теплоемкость смеси рабочих тел.

### **1.3. Первый закон термодинамики**

Сущность первого закона термодинамики. Формулировка первого закона термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики для открытых и закрытых систем. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния. Внутренняя энергия. Энтальпия. Энтропия.  $PV$  и  $TS$  диаграммы.

### **1.4. Второй закон термодинамики**

Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин. Прямые и обратные циклы. Термодинамические КПД и холодильный коэффициент. Циклы Карно и анализ их свойств. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.

### **1.5. Термодинамические процессы**

Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный - частные случаи политропного процесса. Политропные процессы. Основные характеристики политропных процессов. Изображение в координатах  $PV$  и  $TS$ .

Термодинамические процессы в реальных газах и парах.

Свойства реальных газов. Пары. Основные определения. Процессы парообразования в  $PV$  и  $TS$  координатах. Водяной пар. Термодинамические таблицы воды и водяного пара,  $PV$ ,  $TS$ ,  $HS$ , диаграммы водяного пара. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и  $HS$  - диаграммы.

Влажный воздух.

Определение понятия "влажный воздух". Основные величины, характеризующие состояние влажного воздуха.  $h_d$  - диаграмма влажного воздуха. Расчет основных процессов влажного воздуха (подогрев, сушка, смеси воздуха и различных паров).

### **1.6. Истечение и дросселирование газов и паров**

Основные положения. Уравнение истечения. Располагаемая работа и скорость истечения. Секундный расход при истечении. Сопло Лаваля. Действительный процесс истечения

Сущность процесса дросселирования и его уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования. Понятие об эффекте Джоуля - Томпсона. Особенности дросселирования идеального и реального газов. Практическое использование процесса дросселирования.

### **1.7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах**

Классификация компрессоров и принцип действия. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатия. Полная работа, затраченная на привод компрессора. Многоступенчатое сжатие. Изображение в  $PV$  и  $TS$  диаграммах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах. КПД компрессора.

### **1.8. Термодинамические циклы**

Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС):

Классификация и принцип действия поршневых ДВС. Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в  $PV$  и  $TS$  диаграммах. Сравнительный анализ.

Циклы газотурбинных установок (ГТУ):

Принцип действия ГТУ. Цикл ГТУ с изобарным и изохорным подводом теплоты.

Регенеративные циклы. Изображение циклов в PV и TS диаграммах.

Циклы паросиловых установок:

Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его исследование.

Циклы холодильных установок:

Классификация холодильных установок. Рабочие тела. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл воздушной холодильной установки. Циклы паровых компрессорных холодильных установок

## **Раздел 2. Теория теплообмена**

### **2.1 Теплопроводность**

Основные понятия и определения. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.

Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской, и цилиндрической стенок при граничных условиях 1 рода.

Нестационарный процесс теплопроводности. Методы решения задач нестационарной теплопроводности: метод разделения переменных, метод интегрального преобразования Фурье, метод Лапласа. Метод конечных разностей.

### **2.2 Конвективный теплообмен**

Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Основы теории подобия. Основные определения. Критериальные уравнения. Определяющие критерии. Метод моделирования. Физический смысл основных критериев подобия.

### **2.3. Теплопередача**

Сложный теплообмен. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую, сферическую, и ребренную стенки. Коэффициент теплопередачи.

### **2.4. Теплообмен излучением**

Общие понятия и определения. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Законы теплового излучения. Различные случаи теплообмен излучением.

### **2.5. Основы массообмена**

Основные понятия и определения. Фазовое равновесие.

## **Раздел 3. Применение теплоты в сельском хозяйстве, промышленная энергетика**

### **3.1. Топливо, основы горения**

Виды сжигаемого топлива и их характеристика. Классификация топлив. Перспективы применения различных топлив в промышленности. Твердое, жидкое и газообразное топлива и их основные характеристики. Элементарный состав топлива. Теплота сгорания. Условное топливо. Структура топливного баланса страны и отрасли. Проблема экономии топлива и пути ее решения.

Основы теории горения и организация сжигания топлив. Определение теоретически необходимого количества воздуха для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива. Коэффициент избытка воздуха.

### **3.2. Охрана окружающей среды**

Значение и сущность энерготехнологии. Направления разработки энерготехнологических схем. Применение энерготехнологии в промышленности. Проблема защиты окружающей среды от выбросов продуктов сгорания топлива.

### **3.3. Основы энергосбережения.**

Основные направления экономии энергоресурсов в народном хозяйстве. Повышение эффективности энергетического и энергоиспользующего оборудования. Снижение энергопотерь, совершенствование учета и нормирования расхода энергоресурсов.

### **3.4 Вторичные энергетические ресурсы. Возобновляемые источники энергии**

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Общие положения и классификация

ВЭР. Возможность использования ВЭР в отрасли. Роль ВЭР в топливно- и теплоснабжении отрасли. Источники ВЭР отрасли и их использование.

Перспективы использования возобновляемых источников энергии в народном хозяйстве страны. Пути использования возобновляемых источников энергии в отрасли промышленности. Основные направления применения солнечной и геотермальной энергии. Использование биомассы для получения энергии.

Гидроэнергетика. Ветроэнергетика. Фотосинтез. Энергия волн. Энергия приливов. Преобразование тепловой энергии океана, возможности и перспективы получения энергии из космоса.

### 4.3 Разделы учебной дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Наименование раздела учебной дисциплины	Лекции	Лабораторные работы	СРС	Контроль	Всего
1	Техническая термодинамика	18	16	6	4	44
2	Теплообмен	12	18	20	6	56
3	Применение теплоты в сельском хозяйстве, промышленная энергетика	4	0	32	8	44
Итого:		34	34	58	18	144

### 5 Матрица формирования компетенций по дисциплине

№ п.п.	Разделы дисциплины	Компетенции	Общее количество компетенций
		ОПК-1	
1	Техническая термодинамика	+	1
2	Теплообмен	+	1
3	Применение теплоты в сельском хозяйстве, промышленная энергетика	+	1

### 6 Образовательные технологии

Объем аудиторных занятий всего – 68 час, в т.ч. лекции – 34 часа, лабораторные работы – 34 часа.

23,5 % - занятия в интерактивных формах от объема аудиторных занятий.

Семестр	Вид занятия (Л, ПЗ, ЛР и др.)	Используемые интерактивные образовательные технологии и тема занятия	Количество часов
5	ЛР	Первый закон термодинамики в приложении к решению одной из технических задач. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Исследование изменения параметров процессов влажного воздуха. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Изучение процесса истечения воздуха через суживающееся сопло. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Исследование влияния температуры на теплопроводность теплоизоляционных материалов. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2

	ЛР	Исследование теплообмена при свободной конвекции вдоль вертикальной трубы. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	ЛР	Свободная и вынужденная конвекция для горизонтальной трубы. Лабораторная работа на ПК с возможностью обучающегося осуществлять интерактивное управление рассматриваемыми процессами, создавая конкретные ситуации.	2
	Л	Лекция-визуализация «Котельные установки»	4
Итого:			16

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

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

При изучении дисциплины «Теплотехника» самостоятельная работа студентов в основном реализуется в форме следующих домашних заданий:

- Исследование цикла Тринклера – цикла двигателя внутреннего сгорания
- Исследование цикла энергетической установки, работающей по циклу Ренкина
- Проектирование рекуперативного охладителя молока при дойке.
- Проектирование системы отопления жилого или производственного помещения

Методическое обеспечение самостоятельной работы студентов представлено в п.8 рабочей программы. Контроль выполнения домашнего задания осуществляется путем его индивидуальной защиты.

К самостоятельной работе студентов также относится:

- подготовка к защите лабораторных работ по контрольным вопросам для самопроверки;
- подготовка к сдаче экзамена и зачетов методом тестирования с предварительной выдачей вопросов к экзамену или зачету.

### 7.2 Контрольные вопросы для самопроверки

#### а) тестовые задания

Выберите номер верного ответа в заданиях.

1. Какие величины называются основными термодинамическими параметрами состояния?

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

2. Какие из уравнение являются уравнением состояния идеальных газов?

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

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

- 1)  $\delta Q = dU + L$
- 2)  $P = \frac{2}{3} n \frac{mc^2}{2}$
- 3)  $Q_1 = q_2 + l_u$
- 4)  $dU = M \cdot C_v \cdot \Delta T$

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



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

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

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

6. Какое из уравнений является уравнением Майера?

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

3)  $R = C_p - C_v$ ;

4)  $dh = C_p \Delta T$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

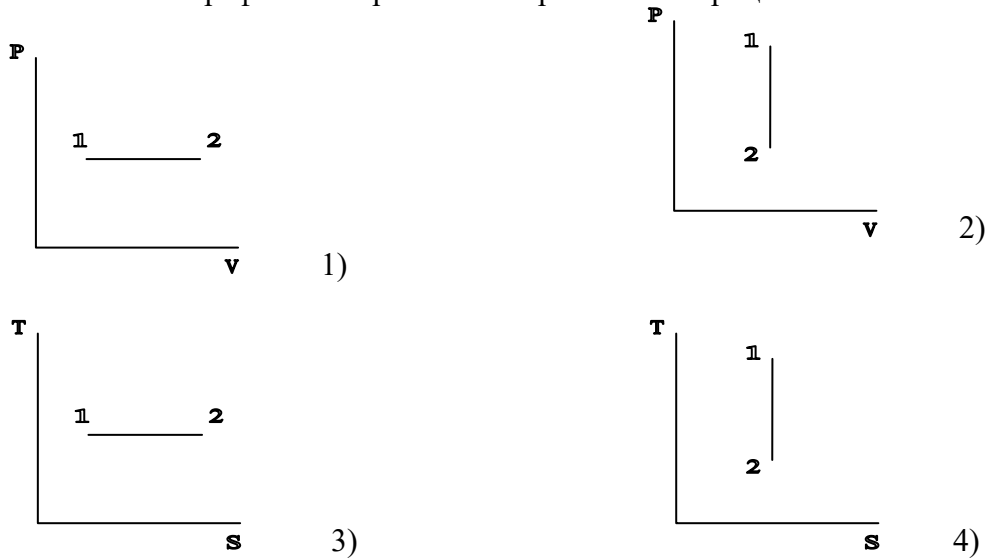
1. для паровых турбин;
2. для холодильных установок и тепловых насосов;
3. для поршневых ДВС;
4. для газотурбинных установок.

12. Указать правильное определение холодильного коэффициента:
1. отношение температур на вход и выходе из испарителя холодильной установки;
  2. отношение затрат энергии на привод компрессора К необходимой для циркуляции хладагента энергии;
  3. отношение количества теплоты, отнятой за цикл от холодильной камеры, к затраченной в цикле работе;
  4. отношение теплоты, отданной в конденсаторе к работе в цикле.

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

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

14. На каком графике изображен изотермический процесс?



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. диффузорами;
2. соплами;
3. дросселями;
4. сопло Лаваля.

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

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

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

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

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

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

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

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

29. Чем является закон Фурье ( $q = -\lambda \cdot gradt$ )?

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

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

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

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

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

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

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

33. Какие виды конвекции существуют?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

41. Для чего служат экономайзеры в котельных установках?

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

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

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

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

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

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

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

*б) вопросы к экзамену*

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

сти от показателя политропы

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

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1 Основная литература.

2. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под ред. В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 308 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6991-7. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/0F27B612-D9AB-42AB-9FF5-F7A51E849C7A#page/1>

3. Теплопередача [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2-х частях / В. С. Чередниченко [и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко, А. И. Алиферова. - Электрон.дан. Ч. 2 : Упражнения и задачи. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 348 с. Внешняя ссылка: <http://znanium.com/go.php?id=1001096>

4. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под ред. В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 198 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7197-2. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/6A593465-8021-4362-9D54-19662A1CBF75#page/1>

5. Быстрицкий, Г. Ф. Теплотехника и энергосиловое оборудование промышленных предприятий : учебник для академического бакалавриата / Г. Ф. Быстрицкий. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2020. — 305 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8147-6. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/D9552103-0742-46DC-855D-4F7B94DD8C45#page/1>

6. Белов, Г. В. Термодинамика в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Г. В. Белов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2020. — 264 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7251-1. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/82DC73D6-8033-49E9-AFB5-70DE4E9C7AC8#page/1>

6. Белов, Г. В. Термодинамика в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Г. В. Белов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2020. — 248 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7252-8. - <https://www.biblio-online.ru/viewer/113837CE-BDDD-4E79-A4FA-B30D63956946#page/1>

7. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для академического бакалавриата / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2020. — 442 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6607 - <https://www.biblio-online.ru/viewer/8F33C936-F3DF-418F-B256-498D615CE1B0#page/1>

### 8.2 Дополнительная литература.

1. Теплотехника: Учеб. для студентов учреждений высшего профессионального образования/ [М. Г.Шатров, И.Е.Иванов, С.А.Пришвин и др.]: под ред.М.Г.Шатрова – 3-е изд. – М.: Издательство «Академия», 2013, - 288с.

2. Теплотехника / Баскаков А.П., Берг Б.В., Витт О.К., Кузнецов Ю.В., Филипповский Н.Ф.- Учебник для нетеплоэнергетических вузов.-3-е изд.-М.: ИД «Бастед», 2010. - 328 с.

3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи-Учебное пособие для вузов-3-е изд.- М.: ИД «Бастед», 2010. - 344 с.

4. Теплотехника / под общ. ред. Луканина А.В. – М.: Наука, 2009. – 671 с. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Теплотехника. – М.: Энергоатомиздат, 2006 – 432 с.

5. Теплотехника: Учеб. для вузов/ В.Н.Луканин, М.Г.Шатров,Г.М.Камфер, и др.; Под ред. В.Н.Луканина. – М.: Высш. Шк.,1999. \_ 671 с.: ил

6. Драганов Б.Х., Кузнецов А.В., Рудобашта С.П. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. Учебник для вузов по инженерным специальностям сельского хозяйства. М.: Агропромиздат, 1990 г., - 463 с.

7. Теплотехника. Учебник для вузов. / Под редакцией Баскакова А.П. 2-е издание, переработанное. М.: Энергоатомиздат., 1991 г., - 224 с.

8. Теплотехника. /Под общей редакцией Крутова В.И./ - М.:Машиностроение, 1986 г., - 432 с.
9. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция- М.: Стройиздат, 1984 г., 272 с.
10. Фукс Г.И. Техническая термодинамика. Учебное пособие. Томск, Изд. ТГУ, 1973г., - 460 с.
11. Чечеткин А.В.,Занемонец Н.А. Теплотехника. - М.: Высшая школа., 1986 г., - 344 с.
12. Холодильная техника/ В.Ф.Лебедев, И.Г.Чумак, Г.Д.Аверин и др/ Под ред. В.Ф.Лебедева.- М.: Агропромиздат, 1986.- 335 с.:ил (учебники иучебные пособия для вузов)
13. Теплотехника/ И.Т.Швец, В.И.Толубинский, А.Н.Алабовский и др/ Под ред. И.Т.Швеца. Издательское объединение «Вища школа», 1976.-520 с.
14. Драганов Б.Х., Есин В.В., Зуев В.П. Применение теплоты в сельском хозяйстве. - Киев, Выща школа, 1988 г., - 319 с.
15. Захаров А.А. Применение теплоты в сельском хозяйстве. - 3-е издание переработанное и дополненное, М.: Агропромиздат, 1986 г., - 287 с.
16. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1985 г., - 175 с.
17. Справочник по теплоснабжению сельскохозяйственных предприятий. / Под общей редакцией Уварова В.В. - М.: Колос, 1983 г., - 313 с.
18. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. Учебное пособие для вузов. - 4-е изд., перераб., - М.: Энергия, 1980 г., - 288 с.

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при проведении научно-исследовательской работы, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Лицензионное программное обеспечение:

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

**в т.ч. отечественное**

Astra Linux Special Edition РУСБ 10015-01 версии 1.6.

1С:Предприятие 8. Конфигурация, 1С: Бухгалтерия 8 (учебная версия)

Project Expert 7 (Tutorial) for Windows

СПС КонсультантПлюс

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный

**Свободно распространяемое лицензионное программное обеспечение:**

OpenOffice

LibreOffice

7-Zip

Adobe Acrobat Reader

Google Chrome

**в т.ч. отечественное**

Яндекс.Браузер

Информационные справочные системы

– Единое окно доступа к образовательным ресурсам – режим доступа:  
<http://window.edu.ru/>

– ИПС «КонсультантПлюс» – режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

– Интерфакс - Центр раскрытия корпоративной информации (сервер раскрытия ин-



формации) – режим доступа: <https://www.e-disclosure.ru/>

– Информационно-правовой портал ГАРАНТ.RU – режим доступа: <http://www.garant.ru/>

– Автоматизированная справочная система «Сельхозтехника» (web-версия) - режим доступ: <http://gtexam.ru/>

Профессиональные базы данных

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – режим доступа: <http://elibrary.ru>

– Научометрическая база данных Scopus: база данных рефератов и цитирования – режим доступа: <https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>

– Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики – режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (Открытый доступ)

– Российская Академия Наук, открытый доступ к научным журналам – режим доступа: <http://www.ras.ru> (Открытый доступ)

– Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации – режим доступа: <http://mex.ru/> (Открытый доступ)

Электронные библиотечные системы:

- электронный библиотечный каталог Web ИРБИС – режим доступа:

[https://molochnoe.ru/cgi-bin/irbis64r\\_14/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBNAM=STATIC&I21DBN=STATIC](https://molochnoe.ru/cgi-bin/irbis64r_14/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBNAM=STATIC&I21DBN=STATIC),

- ЭБС ЛАНЬ – режим доступа: <https://e.lanbook.com/>,

- ЭБС Znanium.com – режим доступа: <https://new.znanium.com/>,

- ЭБС ЮРАЙТ – режим доступа: <https://urait.ru/>,

- ЭБС POLPRED.COM: <http://www.polpred.com/>,

- электронная библиотека издательского центра «Академия»: <https://www.academia-moscow.ru/elibrary/> (коллекция СПО),

- ЭБС ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА – режим доступа: <https://molochnoe.ru/ebs/>.

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

Учебная аудитория 4209 Лаборатория теплотехники, для проведения лабораторных занятий.

Оснащенность:

Учебная мебель: столы – 19, стулья – 32, доска меловая  
Основное оборудование: компьютеры, комплект «Ленинград», учебно-наглядные пособия по теме «Термодинамика», комплект учебного оборудования по определению тепловых характеристик приборов отопления, теплотехнике газов и жидкостей.

Кабинет № 4127 - 50,1 м<sup>2</sup>.

Учебная аудитория 4305 для проведения занятий лекционного и семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оснащенность:

Учебная мебель: столы – 37, стулья – 74, кафедра, доска меловая.  
Основное оборудование: экран для проектора 1 шт., проектор - 1 шт., компьютер в комплекте - 1 шт.

Программное обеспечение:

Microsoft Windows 7 Professional Лицензии 49230531, Microsoft Office Professional 2007 Лицензии 42543554 Кабинет № 17 - 82,5 м<sup>2</sup>.

## **Обеспечение образования для лиц с ОВЗ**

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

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

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## 10. Карта компетенций дисциплины

Теплотехника					
Цель дисциплины		Дать базовые знания в области инженерных наук и научить применять полученные знания в профессиональной деятельности; знать и уметь применять в практической деятельности законы термодинамики, знать и уметь экономно расходовать энергетические ресурсы, знать конструкции теплосиловых установок и способы преобразования энергии. Подготовить студентов для изучения последующих дисциплин: теория двигателей внутреннего сгорания, сельскохозяйственные машины, эксплуатация машинно-тракторного парка.			
Задачи дисциплины		изучение основных законов и закономерностей дисциплины «Теплотехника» и освоение методов решения ее задач; ведение технической документации, связанной с монтажом, наладкой и эксплуатацией оборудования, средств автоматики и энергетических установок сельскохозяйственных предприятий; эксплуатация систем, тепло-, водо-, газоснабжения, а также утилизация отходов сельскохозяйственного производства; приобретение навыков самостоятельной работы с учебной литературой			
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
Компетенции		Планируемые результаты обучения (индикаторы достижения компетенции)	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ОПК-1	Способность решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий.	ИД 1 <sub>ОПК-1</sub> . Демонстрация знаний основных законов математических, естественных и общепрофессиональных дисциплин, необходимых для решения типовых задач в области агроинженерии. ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> . Использование знаний основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии. ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> . Применение информационно-коммуникационных технологий в решении типовых задач в области агроинженерии. ИД-4 <sub>ОПК-1</sub> . Использование специальных программ и баз данных при разработке технологий и средств механизации в сельском хозяйстве.	Лекции  Лабораторные работы  Самостоятельная работа	Тестирование  Письменный контроль  Контрольная работа	<i>Пороговый</i> уровень (удовлетворительный): демонстрация знаний основных законов математических, естественных и общепрофессиональных дисциплин, необходимых для решения типовых задач в области агроинженерии. <i>Продвинутый</i> уровень (хорошо): использование знаний основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии. <i>Высокий</i> уровень (отлично): применение информационно-коммуникационных технологий в решении типовых задач в области агроинженерии; Использование специальных программ и баз данных при разработке технологий и средств механизации в сельском хозяйстве.

