

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения и  
аэрокосмической техники  
И.Г. Дроздов

«23» сентября 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Техническая термодинамика»**

**Специальность** 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии

**Специализация** Машины и оборудование для транспортировки, переработки и хранения углеводородов

**Квалификация выпускника** Горный инженер (специалист)

**Нормативный период обучения** 5 лет и 6 м.

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2026

Автор программы  А.В. Кретинин

Заведующий кафедрой  
Нефтегазового  
оборудования и  
транспортировки  С.Г. Валухов

Руководитель ОПОП  С.Г. Валухов

Воронеж 2025.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

формирование комплекса знаний и практических навыков энергетического и технологического использования теплоты, исследования и практического применения закономерностей процессов, протекающих в различных типах тепловых машин

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- освоение студентами основных законов и расчетных соотношений современной теории термодинамики и теплопередачи;

- формирование комплекса знаний по процессам преобразования теплоты в механическую работу, навыков применения закономерностей тепловых процессов при осуществлении различных технологических операций;

- изучение основных методов термодинамических и теплотехнических расчетов, формирование умений расчета состояния рабочих тел, термодинамических процессов и циклов, теплообменных процессов, аппаратов и других основных технических устройств отрасли;

- приобретение навыков моделирования теплофизических процессов и явлений

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Техническая термодинамика» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи профессиональной деятельности с учетом основных требований и потребностей нефтегазовой отрасли

ОПК-5 - Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, проводить патентный анализ и трансфер технологий

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать теплотехническую терминологию, законы получения и превращения тепловой энергии; законы термодинамики, виды теплообмена;
	уметь опираться на основные теоретические положения термодинамики и теплопередачи; осуществлять тепловые расчеты теплообменных аппаратов;

	<p>производить измерения основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности.</p> <p>владеть навыками исследовательской работы в области теплотехники; навыками выбора рациональных тепловых режимов эксплуатации теплотехнического оборудования</p>
ОПК-5	<p>знать методы использования теплоты в современных теплотехнических установках и технологических процессах; термодинамические свойства реальных газов и паров; основные требования по рациональному безопасному ведению эксплуатации, связанной с использованием тепловых и технологических процессов; классификацию теплообменных аппаратов и устройство различных их типов; методы обеспечения тепловой и экологической безопасности при эксплуатации тепловых аппаратов</p>
	<p>уметь свободно пользоваться общетеоретической и специальной литературой; владеть расчетными соотношениями теплотехники и навыками рационального использования теплоты в тепловых машинах и тепловых процессах; решать задачи эффективной эксплуатации теплотехнического оборудования с применением современных методов использования теплоты; решать разные прикладные задачи, связанные с теплотехническими расчетами при эксплуатации теплотехнических установок и тепловых машин</p>
	<p>владеть навыками решения и анализа теплотехнических задач в нефтегазовой отрасли.</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Техническая термодинамика» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36

Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	<b>Техническая термодинамика</b>	История развития и проблемы современной науки. Основные термодинамические параметры состояния. Идеальный газ и его законы. Уравнение Клапейрона. Удельная и универсальная газовые постоянные. Газовые смеси. Формулы для расчета параметров газовых смесей и связь между ними. Первое начало термодинамики. Диаграмма «давление-объем». Энтальпия. Теплоемкость газов. Изохорная и изобарная теплоемкости. Уравнение Майера и коэффициент Пуассона. Энтропия и ее прикладное значение. Диаграмма «температура-энтропия». Схемы распределения энергии. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. Методы определения показателя политропы. Односторонность протекания самопроизвольных процессов. Второй закон термодинамики. Цикл Карно. Термодинамика потока газа. Скорость звука. Дросселирование газа. Эффект Джоуля - Томсона. Термодинамика химических процессов. Закон Гесса и его следствия. Константы равновесия. Циклы центробежных и осевых компрессоров. Многоступенчатый компрессор. Циклы паросиловых установок: Карно для водяного пара, Ренкина, с промежуточным перегревом пара, регенеративный, бинарный, парогазовый, теплофикационный.	18	6	12	36	72
2	<b>Теплопередача</b>	Предмет и задачи теории теплообмена. Виды теплообмена. Температурный градиент. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Условия однозначности. Плоская и цилиндрическая стенки. Критический диаметр изоляции. Теплопроводность при нестационарном режиме. Метод регулярного режима. Основные	18	6	12	36	72

	положения конвективного теплообмена. Критерии подобия и их физический смысл. Теплоотдача при вынужденном движении в каналах. Формула Михеева. Интенсификация теплообмена в каналах. Теплоотдача при отрывном обтекании. Теплообмен при кипении и конденсации. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Теплообмен излучением. Законы Планка, Релея-Джинса, смещения Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, косинусов Ламберта.					
<b>Итого</b>		<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Моделирование закачки газа в ПХГ с применением различных уравнений состояния (2 ч)
2. Моделирование горения воздушно-метанового топлива в цилиндрической камере сгорания (4 ч)
3. Моделирование течения газа в лопаточной машине (4 ч)
4. Моделирование течения жидкости в трубопроводе с теплообменом через стенку (4 ч)
5. Моделирование кипения и конденсации в термосифоне (4 ч)

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Термодинамический расчет процессов горения и истечения газов через сопло Лаваля»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Составление системы химического равновесия с использованием констант равновесия
- Численное решение системы химического равновесия без использования прикладных компьютерных программ
- Расчет истечения продуктов сгорания через сопло

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать теплотехническую терминологию, законы получения и превращения тепловой энергии; законы термодинамики, виды теплообмена;	Тест, устный опрос, курсовая работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь опираться на основные теоретические положения термодинамики и теплопередачи; осуществлять тепловые расчеты теплообменных аппаратов; производить измерения основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности.	Тест, устный опрос, курсовая работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками исследовательской работы в области теплотехники; навыками выбора рациональных тепловых режимов эксплуатации теплотехнического оборудования	Тест, устный опрос, курсовая работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	знать методы использования теплоты в современных теплотехнических установках и технологических процессах; термодинамические свойства реальных газов и паров; основные требования по рациональному безопасному ведению эксплуатации, связанной с использованием тепловых и технологических процессов; классификацию теплообменных аппаратов и	Тест, устный опрос, курсовая работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	устройство различных их типов; методы обеспечения тепловой и экологической безопасности при эксплуатации тепловых аппаратов			
	уметь свободно пользоваться общетеоретической и специальной литературой; владеть расчетными соотношениями теплотехники и навыками рационального использования теплоты в тепловых машинах и тепловых процессах; решать задачи эффективной эксплуатации теплотехнического оборудования с применением современных методов использования теплоты; решать разные прикладные задачи, связанные с теплотехническими расчетами при эксплуатации теплотехнических установок и тепловых машин	Тест, устный опрос, курсовая работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками решения и анализа теплотехнических задач в нефтегазовой отрасли.	Тест, устный опрос, курсовая работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	знать теплотехническую терминологию, законы получения и превращения тепловой энергии; законы	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	термодинамики, виды теплообмена;					
	уметь опираться на основные теоретические положения термодинамики и теплопередачи; осуществлять тепловые расчеты теплообменных аппаратов; производить измерения основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками исследовательской работы в области теплотехники; навыками выбора рациональных тепловых режимов эксплуатации теплотехнического оборудования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-5	знать методы использования теплоты современных теплотехнических установках и технологических процессах; термодинамические свойства реальных газов и паров; основные требования по рациональному безопасному ведению эксплуатации, связанной с использованием тепловых и технологических процессов; классификацию теплообменных аппаратов и устройство различных их типов; методы обеспечения тепловой и	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

экологической безопасности при эксплуатации тепловых аппаратов						
уметь свободно пользоваться общетеоретической и специальной литературой; владеть расчетными соотношениями теплотехники и навыками рационального использования теплоты в тепловых машинах и тепловых процессах; решать задачи эффективной эксплуатации теплотехнического оборудования с применением современных методов использования теплоты; решать разные прикладные задачи, связанные с теплотехническими расчетами при эксплуатации теплотехнических установок и тепловых машин	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	
владеть навыками решения и анализа теплотехнических задач в нефтегазовой отрасли.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Физический параметр, численно равный плотности теплового потока  $q$ , при градиенте температуры  $grad T$ , равном единице:
  - А) Теплоемкость
  - Б) Температуропроводность
  - В) Теплопроводность
  - Г) Теплоотдача
2. Физический параметр, характеризующий скорость выравнивания температуры в веществе при нестационарной теплопроводности:

- А) Теплоемкость
  - Б) Температуропроводность
  - В) Теплопроводность
  - Г) Теплоотдача
3. Количество теплоты, необходимое для нагрева единицы массы тела на один градус:
- А) Удельная теплоемкость
  - Б) Температуропроводность
  - В) Теплопроводность
  - Г) Теплоотдача
4. Температуропроводность измеряется в следующих величинах:
- А) К/с
  - Б) Вт/(м·К)
  - В) м<sup>2</sup>/с
  - Г) Дж/(кг·К)
5. Теплоемкость измеряется в следующих величинах:
- А) Вт/м<sup>3</sup>
  - Б) Вт/(м·К)
  - В) м<sup>2</sup>/с
  - Г) Дж/(кг·К)
6. Коэффициент теплопроводности измеряется в следующих величинах:
- А) 1/К
  - Б) Вт/(м·К)
  - В) Дж/с
  - Г) Дж/(кг·К)
7. Коэффициент объемного расширения измеряется в следующих величинах:
- А) 1/К
  - Б) Вт/(м·К)
  - В) м/(с·К)
  - Г) Дж/(кг·К)
8. Вид (способ) передачи тепла, не являющийся элементарным
- А) Конвекция
  - Б) Тепловое излучение
  - В) Теплопередача
  - Г) Теплопроводность
9. Какой метод измерения основных теплофизических характеристик веществ не относится к методам нестационарного теплового потока:
- А) Регулярного режима первого, второго и третьего рода
  - Б) Двух пространственно-временных точек
  - В) Калориметрия
  - Г) Мгновенного источника тепла
10. Вид (способ) передачи тепла, осуществляемый с помощью энергии электромагнитных волн:
- А) Конвекция
  - Б) Тепловое излучение
  - В) Теплопередача
  - Г) Теплопроводность

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Физический параметр, численно равный плотности теплового потока  $q$ , при градиенте температуры  $grad T$ , равном единице:
- А) Теплоемкость
  - Б) Температуропроводность
  - В) Теплопроводность

- Г) Теплоотдача
2. Физический параметр, характеризующий скорость выравнивания температуры в веществе при нестационарной теплопроводности:
- А) Теплоемкость
  - Б) Температуропроводность
  - В) Теплопроводность
  - Г) Теплоотдача
3. Количество теплоты, необходимое для нагрева единицы массы тела на один градус:
- А) Удельная теплоемкость
  - Б) Температуропроводность
  - В) Теплопроводность
  - Г) Теплоотдача
4. Температуропроводность измеряется в следующих величинах:
- А) К/с
  - Б) Вт/(м·К)
  - В) м<sup>2</sup>/с
  - Г) Дж/(кг·К)
5. Теплоемкость измеряется в следующих величинах:
- А) Вт/м<sup>3</sup>
  - Б) Вт/(м·К)
  - В) м<sup>2</sup>/с
  - Г) Дж/(кг·К)
6. Коэффициент теплопроводности измеряется в следующих величинах:
- А) 1/К
  - Б) Вт/(м·К)
  - В) Дж/с
  - Г) Дж/(кг·К)
7. Коэффициент объемного расширения измеряется в следующих величинах:
- А) 1/К
  - Б) Вт/(м·К)
  - В) м/(с·К)
  - Г) Дж/(кг·К)
8. Вид (способ) передачи тепла, не являющийся элементарным
- А) Конвекция
  - Б) Тепловое излучение
  - В) Теплопередача
  - Г) Теплопроводность
9. Какой метод измерения основных теплофизических характеристик веществ не относится к методам нестационарного теплового потока:
- А) Регулярного режима первого, второго и третьего рода
  - Б) Двух пространственно-временных точек
  - В) Калориметрия
  - Г) Мгновенного источника тепла
10. Вид (способ) передачи тепла, осуществляемый с помощью энергии электромагнитных волн:
- А) Конвекция
  - Б) Тепловое излучение
  - В) Теплопередача
  - Г) Теплопроводность
11. Вид (способ) передачи тепла структурными элементами вещества:
- А) Конвекция
  - Б) Тепловое излучение

- В) Лучевая передача тепла  
 Г) Теплопроводность
12. Вид (способ) передачи тепла макроскопическими объемами сред:  
 А) Конвекция  
 Б) Тепловое излучение  
 В) Конвективно-лучевая передача тепла  
 Г) Теплопроводность
13. Из представленного списка минералов наибольшей теплопроводностью обладает:  
 А) Кварц (силикат)  
 Б) Золотой самородок  
 В) Кальцит (карбонат)  
 Г) Самородная сера
14. Из представленного списка минералов наименьшей теплопроводностью обладает:  
 А) Кварц (силикат)  
 Б) Золотой самородок  
 В) Кальцит (карбонат)  
 Г) Самородная сера
15. В ряду типов терригенно-глинистых отложений наибольшей теплопроводностью обладают:  
 А) Конгломераты  
 Б) Гравелиты  
 В) Песчаники  
 Г) Ареллиты
16. В ряду типов терригенно-глинистых отложений наименьшей теплопроводностью обладают:  
 А) Конгломераты  
 Б) Гравелиты  
 В) Песчаники  
 Г) Ареллиты
17. Среди осадочных горных пород каустобиолиты выделяются:  
 А) Резко меняющейся теплопроводностью, варьирующей в зависимости от степени литификации осадков  
 Б) Постоянно повышенной теплопроводностью  
 В) Чрезвычайно низкой теплопроводностью и высокой теплоемкостью  
 Г) Высокой теплопроводностью при низкой теплоемкости
18. Среди представленных осадочных горных пород наименьшей теплопроводностью обладает  
 А) Ил  
 Б) Торф  
 В) Песчаник  
 Г) Доломит
19. Среди представленных осадочных горных пород наибольшей теплопроводностью обладает  
 А) Доломит  
 Б) Торф  
 В) Песчаник  
 Г) Ил

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1) Газ, молекулы которого не имеют объема и между собой не взаимодействуют, – это:

- а) попутный газ;

- б) идеальный газ;
- в) абсолютный газ;
- г) сжиженный газ;

2) В равных объёмах любых идеальных газов при одинаковых давлениях и температуре содержится одно и то же количество вещества – это закон:

- а) Ван-дер-Ваальса;
- б) Амага;
- в) Авогадро;
- г) Джоуля;

3) Внутренняя энергия идеального газа зависит лишь от его температуры - это закон:

- а) Авогадро;
- б) Ван-дер-Ваальса;
- в) Амага;
- г) Джоуля;

4) Количество тепла, которое необходимо для изменения температуры на один градус называется:

- а) удельной теплоёмкостью;
- б) истинной теплоёмкостью;
- в) критической теплоёмкостью;
- г) внутренней теплоёмкостью;

5) Отношение количества тепла, сообщённое в процессе одному кг. газа бесконечно малому изменению температуры называется:

- а) критической теплоёмкостью;
- б) истинной теплоёмкостью;
- в) внутренней теплоёмкостью;
- г) удельной теплоёмкостью;

6) Процесс передачи тепла из одной части пространства в другую перемещающимися макроскопическими объёмами жидкости или газа – этот процесс называется:

- а) гидрофильностью;
- б) гидрофобностью;
- в) адгезией;
- г) конвекцией;

7) Критерий Фурье:

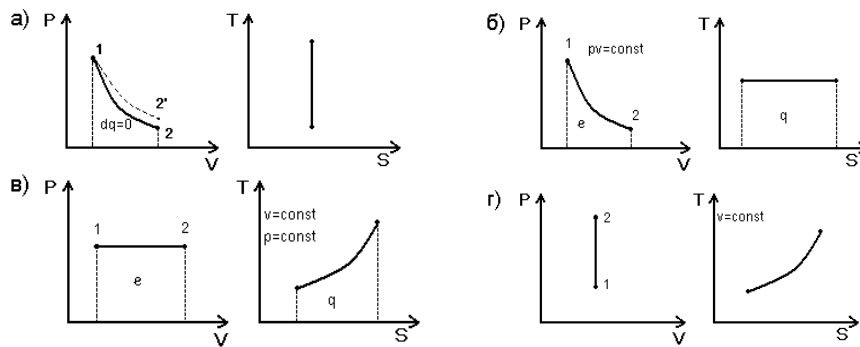
а)  $F_0 = \frac{a\tau}{\delta^2}$  ;

б)  $R = \frac{P\varrho}{T}$  ;

в)  $(p + \frac{a}{\varrho^2}) \cdot (\varrho - b) = RT$  ;

г)  $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$  ;

8) Укажите изотермический процесс:



9) Результат удара о стенки сосуда молекул (согласно МКТ численно равно  $2/3$  кинетической энергии поступательного движения молекул, заключённых в единице объёма) – это:

- а) давление газа на стенки сосуда;
- б) когезия;
- в) конвекция;
- г) теплоёмкость;

11) Любая совокупность макроскопических объектов, находящихся в энергетическом взаимодействии называется:

- а) молярной массой;
- б) молярным объёмом;
- в) энтропией;
- г) термодинамической системой;

12) Укажите удельную газовую постоянную:

а)  $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$  ;

б)  $F_0 = \frac{a\tau}{\delta^2}$  ;

в)  $R = \frac{P\vartheta}{T}$  ;

г)  $(p + \frac{a}{\vartheta^2}) \cdot (\vartheta - b) = RT$  ;

13) Укажите уравнение Ван-дер-Ваальса:

а)  $R = \frac{P\vartheta}{T}$  ;

б)  $(p + \frac{a}{\vartheta^2}) \cdot (\vartheta - b) = RT$  ;

в)  $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$  ;

г)  $F_0 = \frac{a\tau}{\delta^2}$  ;

14) Укажите закон Дальтона:

а)  $F_0 = \frac{a\tau}{\delta^2}$  ;

б)  $(p + \frac{a}{\vartheta^2}) \cdot (\vartheta - b) = RT$  ;

в)  $R = \frac{P \vartheta}{T}$  ;

г)  $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$  ;

15) Такая физическая величина, изменение которой является признаком обмена энергии в форме теплоты – это:

- а) энтропия;
- б) теплоёмкость,
- в) моль;
- г) термодинамическая система;

16) При увеличении объёма газа температура его:

- а) понижается;
- б) повышается;
- в) остаётся неизменной;
- г) резко понижается;

17) Изобарный процесс – это процесс, происходящий при:

- а) постоянном объёме;
- б) постоянной температуре;
- в) постоянном давлении;
- г) постоянном объёме и температуре;

18) Тепловой эффект реакции полного сгорания одного моля данного соединения до образования высших окислов – это:

- а) теплота сгорания;
- б) тепловой эффект;
- в) теплота образования;
- г) теплоотдача;

19) Устройство называется компрессором, если:

- а) давление сжатия свыше 0.4 мПа;
- б) от 0.11 мПа до 0.4 мПа;
- в) ниже 0.11 мПа;
- г) от 0.11 мПа до 0.20 мПа;

20) Если внутренняя энергия преобразуется в кинетическую энергию газового потока, в результате расширения только в сопловом аппарате, а в каналах между рабочими лопатками расширение газа не происходит, то такая турбина:

- а) реактивная;
- б) активная;
- в) не стационарная;
- г) не газовая;

21) Если температура во времени не меняется, то поле называется:

- а) стационарным;
- б) не установившимся;
- в) не стационарным;
- г) не установившимся и не стационарным;

22) Чем больше ступеней у компрессора, тем теоретически его работа:

- а) экономичней;
- б) не экономичней;
- в) количество ступеней не влияет на качество работы;
- г) уменьшает КПД;

23) Укажите формулу теплового потока:

а)  $R = \frac{P \vartheta}{T}$  ;

б)  $\vartheta = \frac{V}{m}$  ;

в)  $q = \frac{dQ}{dF d\tau}$  ;

г)  $F_0 = \frac{a\tau}{\delta^2}$  ;

24) Количество тепла, проходящее в единицу времени, проходящее через изотермическую поверхность F называется:

- а) тепловым потоком;
- б) удельной теплоёмкостью;
- в) теплотой сгорания;
- г) тепловым эффектом;

25) Укажите формулу теплового потока:

а)  $R = \frac{P \vartheta}{T}$  ;

б)  $F_0 = \frac{a\tau}{\delta^2}$  ;

в)  $\vartheta = \frac{V}{m}$  ;

г)  $Q = \int_F q dF$  ;

26) Укажите в каких единицах измеряется тепловой поток Q:

а)  $\left[ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{моль}} \right]$  ;

б)  $\left[ \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$  ;

в)  $[\text{Вт}]$  ;

г)  $[\text{Дж}]$  ;

27) Укажите закон Бойля Мариотта:

а)  $P \vartheta = \text{const}$  при  $T = \text{const}$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} ;$$

б)  $\frac{\vartheta_1}{T_2} = \frac{\vartheta_2}{T_2}$  при  $P = \text{const}$  ;

в)  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$  при  $\vartheta = \text{const}$  ;

$$\text{г) } \vartheta = \frac{V}{m};$$

28) Укажите закон Шарля:

$$\text{а) } P\vartheta = \text{const} \text{ при } T = \text{const}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1};$$

$$\text{б) } \frac{\vartheta_1}{T_2} = \frac{\vartheta_2}{T_2} \text{ при } P = \text{const};$$

$$\text{в) } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ при } \vartheta = \text{const};$$

$$\text{г) } \vartheta = \frac{V}{m};$$

29) Истинной теплоёмкостью  $c$  называется отношение количества тепла, сообщённого в процессе одному кг газа бесконечно малому изменению температуры, и выражается формулой:

$$\text{а) } \vartheta = \frac{V}{m};$$

$$\text{б) } c = \frac{dq}{dT};$$

$$\text{в) } \Delta U = C_\vartheta \Delta T;$$

$$\text{г) } \frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \right)^{k-1};$$

30) Какого вида теплоёмкости в технической термодинамике не существует:

а) объёмной;

б) массовой;

в) мольной;

г) адиабатной;

31) Элементом потока с условно твёрдыми стенками, внутри которого в каждом сечении газ имеет одинаковые параметры состояния называется:

а) теплотой сгорания;

б) технической работоспособностью;

в) трубкой тока;

г) адиабатой;

32) Процессы изменения состояния идеального газа, характеризующиеся постоянной теплоёмкостью называются:

а) теплопроводностью;

б) политропными процессами;

в) термодинамической системой;

г) изотермическими градиентами;

33) Укажите формулу коэффициента сжимаемости:

$$\text{а) } z = \frac{P\vartheta}{RT};$$

б)  $c = \frac{dq}{dT}$  ;

в)  $C_p = C_g + R$  ;

г)  $\Delta U = C_g \Delta T$  ;

34) Формула Майера:

а)  $g = \frac{V}{m}$  ;

б)  $C_p = C_g + R$  ;

в)  $dl = pdg$  ;

г)  $ds = \frac{dq}{T}$  ;

35) Ту часть энергии рабочего тела и подводимой теплоты, которая может быть превращена в работу называют:

а) технической работоспособностью;

б) конвективным теплообменом;

в) регенеративным циклом;

г) термическим КПД;

36) Если реакция происходит между совершенным газом, то для каждого вещества справедливо уравнение Менделеева – Клапейрона:

а)  $F = U - TS$  ;

б)  $pVm = R_0 T$  ;

в)  $Q_p = J_1 - J_2$  ;

г)  $\Delta U = Q_v$  ;

37) Лопаточная машина, предназначенная для преобразования энергии газового потока в механическую энергию, снимаемую с её вала называется:

а) газовой турбиной;

б) кожухотрубный теплообменник;

в) пластинчатый теплообменник;

г) обсадная труба;

38) Элементарное количество тепла  $dQ$ , проходящее через элементарную площадь изотермической поверхности  $dF$  за промежуток времени  $dt$  пропорционально температурному градиенту; укажите формулу:

а)  $q = \frac{\lambda}{\delta} (T_{w1} - T_{w2})$  ;

б)  $dQ_\lambda + dQ_v = c\rho dv\delta T$  ;

в)  $dQ = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} dF d\tau$  ;

г)  $Q = \int_F qdF$

39) Укажите формулу коэффициента температуропроводности:

а)  $a = \frac{\lambda}{c\rho}$  ;

$$\text{б) } Q = \alpha_2(T_3 - T_2)F ;$$

$$\text{в) } \text{Re} = \frac{w\lambda}{\nu} ;$$

$$\text{г) } \text{Bi} = \frac{\alpha\delta}{\lambda w} ;$$

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

Введение

Термодинамические параметры состояния

Основные понятия и определения

Уравнение состояния идеального газа

Уравнение Менделеева – Клапейрона

Газовые смеси

Первое начало термодинамики

Внутренняя энергия

Теплоемкость газов

Анализ термодинамических процессов

Политропные процессы

Второе начало термодинамики

Цикл Карно

Термодинамика потока газа

Скорость звука

Истечение из сужающихся сопел

Сопло Лавалья

Дросселирование газа

Термодинамика химических процессов

Циклы поршневых ДВС

Компрессоры

Циклы газотурбинных установок

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.*

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	История развития и проблемы современной науки. Основные термодинамические параметры состояния. Идеальный газ и его законы. Уравнение Клапейрона. Удельная и универсальная газовые постоянные. Газовые смеси. Формулы для расчета параметров газовых смесей и связь между ними. Первое начало термодинамики. Диаграмма «давление-объем». Энтальпия. Теплоемкость газов. Изохорная и изобарная теплоемкости. Уравнение Майера и коэффициент Пуассона. Энтропия и ее прикладное значение. Диаграмма «температура-энтропия». Схемы распределения энергии. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. Методы определения показателя политропы. Односторонность протекания самопроизвольных процессов. Второй закон термодинамики. Цикл Карно. Термодинамика потока газа. Скорость звука. Дросселирование газа. Эффект Джоуля - Томсона. Термодинамика химических процессов. Закон Гесса и его следствия. Константы равновесия. Циклы центробежных и осевых компрессоров. Многоступенчатый компрессор. Циклы паросиловых установок: Карно для водяного пара, Ренкина, с промежуточным перегревом пара, регенеративный, бинарный, парогазовый, теплофикационный.	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Предмет и задачи теории теплообмена. Виды теплообмена. Температурный градиент. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Условия однозначности. Плоская и цилиндрическая стенки. Критический диаметр изоляции. Теплопроводность при нестационарном режиме. Метод регулярного режима. Основные положения конвективного теплообмена. Критерии подобия и их физический смысл. Теплоотдача при вынужденном движении в каналах. Формула Михеева. Интенсификация теплообмена в каналах. Теплоотдача при отрывном обтекании. Теплообмен при кипении и конденсации. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Теплообмен излучением. Законы Планка, Релея-Джинса, смещения Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, косинусов Ламберта.	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи

компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. **Базаров, Иван Павлович.** Термодинамика [Текст] : учебник / Базаров Иван Павлович. - 5-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010 (Архангельск : ОАО "ИПП "Правда Севера", 2010). - 375 с (<https://bibl.cchgeu.ru/catalog/Found.asp> )

2. **Цветков, О.Б.** Термодинамика. Тепломассообмен. Термодинамика и теплопередача. Прикладной тепломассообмен [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / О. Б. Цветков, Ю. А. Лаптев, Ю. Н. Ширяев ; Ю.Н. Ширяев; Ю.А. Лаптев; О.Б. Цветков. - Санкт-Петербург : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2014. - 64 с. URL: <https://studfile.net/preview/15925195/>

3. **Булыгин, Ю.А.** Термодинамика и теплопередача : Учеб. пособие / Ю. А. Булыгин, Д. Н. Галдин. - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 108 с. (<https://search.rsl.ru/ru/record/01008148925> )

4. **Болгарский, А.В.** Термодинамика и теплопередача / А. В. Болгарский, Г. А. Мухачев, В. К. Шукин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1975. - 496 с (<https://search.rsl.ru/ru/record/01006910759> )

5. **Булыгин, Ю. А.** Теплофизические процессы в энергетических системах нефтегазового назначения : учебное пособие / Ю. А. Булыгин, В. Н. Апасов, А. В. Кретинин; ГОУВПО "Воронежский гос. технический ун-т". – Воронеж : Воронежский гос. технический ун-т, 2009. – 169 с. – EDN QMYUYX.

6. «Зейнетдинов, Р. А. Теплотехника : учебное пособие / Р. А. Зейнетдинов. — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2024. — 260 с. — ISBN 978-5-85983-454-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/506645> (дата обращения: 04.12.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.» (Зейнетдинов, Р. А. Теплотехника : учебное пособие / Р. А. Зейнетдинов. — Санкт-Петербург :

СПбГАУ, 2024. — ISBN 978-5-85983-454-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/506645>

**8.2 информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

1. Электронная информационно-образовательная среда университета <https://old.education.cchgeu.ru/>

2. Консультирование посредством электронной почты

3. Использование презентаций при проведении лекционных занятий

4. Приобретение знаний в процессе общения со специалистами в области математического моделирования на профильных специализированных сайтах (форумах)

5. Рекомендуемая литература в виде электронных ресурсов представлена на сайте ВГТУ (электронный каталог научно-технической библиотеки):

<https://cchgeu.ru/university/library>

6. ЭБС «Лань» - <https://e.lanbook.com/?amp=&=>

7. Информационно-аналитическая система SCINCE INDEX <http://elibrary.ru/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Реализация дисциплины «Техническая термодинамика» требует учебной аудитории для проведения учебных занятий, оборудование:

комплект учебной мебели:

– рабочее место преподавателя (стол, стул);

– рабочие места обучающихся (столы, стулья)

Наглядные средства обучения:

- комплект плакатов по начертательной геометрии и инженерной графики

Технические средства обучения: переносное техническое оборудование:

– проектор;

– экран;

– переносной компьютер.

Для самостоятельной работы используется «Помещение для самостоятельной работы»/«Методический кабинет»

Оборудование кабинета: комплект учебной мебели:

– рабочее место преподавателя (стол, стул);

– рабочие места обучающихся (столы, стулья);

Технические средства обучения:

- проектор;
- экран для проектора
- ноутбук
- персональный компьютер с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде вуза.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Техническая термодинамика» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета термодинамических процессов в движущейся газовой среде. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и

	источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--