

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сахалинский государственный университет»

Кафедра геологии и нефтегазового дела

Утверждаю  
Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы

Безверхая Е.В.  
20 сентября 2024 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Дисциплины

*Б1.О.28 Термодинамика и теплотехника*

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

*18.03.01 Химическая технология*

Профиль подготовки

*Химические технологии нефти и газа*

Программа подготовки

*Академический бакалавриат*

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья инвалидов

Южно-Сахалинск, 2024

Рабочая программа дисциплины Б1.О.28 Термодинамика и теплотехника составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология № 922 от 07.08.2020 г.

Программу составил:

доцент кафедры геологии и нефтегазового дела



Безверхая Е.В.

Рабочая программа дисциплины Термодинамика и теплотехника утверждена на заседании кафедры геологии и нефтегазового дела протокол № 1 от 20 сентября 2024 г.

Заведующий кафедрой  
геологии и нефтегазового дела:



Денисова Я.В.

## 1. Цель и задачи дисциплины

**Цель дисциплины** – сформировать у студентов устойчивые представления о практическом применении теоретических, технических и технологических основ термодинамики и теплотехники, дать действенный аппарат для подготовки, принятия и реализации энергоэффективных проектов.

### Задачи дисциплины:

1) изучение основ преобразования энергии, законов термодинамики и теплопередачи, термодинамических процессов и циклов, свойств существенных для отрасли рабочих тел, способов теплообмена, принципа действия и устройства теплообменных аппаратов, теплосиловых установок и других теплотехнических устройств, применяемых в отрасли;

2) формирование умения рассчитывать состояния рабочих тел, термодинамические процессы и циклы, теплообменные процессы, аппараты и другие основные технические устройства отрасли;

3) формирование навыков расчета и анализа эффективности термодинамических процессов нефтегазового производства, навыков расчёта процессов конвективного тепло- и массопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью, выбора тепловой защиты и организации систем охлаждения, проведения теплотехнических измерений.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.О.28 «Термодинамика и теплотехника» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули) учебного плана».

Для успешного освоения данной дисциплины, необходимы сформированные знания из дисциплин: математика, физика, материаловедение, сопротивление материалов.

Освоение данной дисциплины необходимо для последующего изучения таких дисциплин, как: теоретические основы технологических процессов переработки природного газа, техническое обслуживание и ремонт оборудования.

## 3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине

| Коды компетенции | Содержание компетенций   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|------------------|--|--|
| УК-1             | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | УК-1.1 Знать: методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа.<br>УК-1.2 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; применять системный подход для решения поставленных задач<br>УК-1.3 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач. |

|              |  |  |
|--------------|--|--|
| <b>ОПК-2</b> | Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности | ОПК-2.1. Знает основные математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.<br>ОПК-2.2. Умеет использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.<br>ОПК-2.3. Владеет способностью применять математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности |
|--------------|--|--|

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

| Вид работы  | Трудоемкость, акад. часов |            |
|---|---------------------------|------------|
|   | 5 семестр                 | Всего      |
| <b>Общая трудоемкость</b>   | <b>108</b>                | <b>108</b> |
| <b>Контактная работа:</b>   | <b>40</b>                 | <b>40</b>  |
| Лекции  | <b>18</b>                 | <b>18</b>  |
| Практические работы   | <b>18</b>                 | <b>18</b>  |
| Самостоятельная работа:<br>- повторение лекционного материала<br>- подготовка к практическим занятиям<br>- поиск и обработка статистической информации<br>- написание конспекта | <b>68</b>                 | <b>68</b>  |
| Контактная работа в период теоретического обучения (проведение текущих консультаций и индивидуальная работа со студентами)  | <b>4</b>                  | <b>4</b>   |
| Контактная работа в период промежуточной аттестации (проведение консультаций перед экзаменом)   |                           |            |
| Контроль знаний   |                           |            |
| <b>Итоговая форма контроля</b>  | <b>Зачет</b>              |            |

## 4.2 Распределение видов работы и их трудоемкости по разделам дисциплины

| №<br>п/п | Раздел дисциплины/<br>темы | Семестр | Виды учебной работы<br>(в часах) |                         |                   |                           |          | Формы текущего<br>контроля успеваемости,<br>промежуточной<br>аттестации |
|----------|----------------------------|---------|----------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|----------|---|
|          |                            |         | контактная                       |                         |                   | Самостоятельная<br>работа | Контроль |   |
|          |                            |         | Лекции                           | Практические<br>занятия | КонтТО/<br>КонтПА |                           |          |   |
| 1        | Термодинамика              | 5       | 10                               | 10                      | 4                 | 32                        |          | Блиц-опрос,<br>тестирование, решение<br>практических задач              |
| 2        | Теория теплообмена         | 5       | 8                                | 8                       |                   | 32                        |          | Блиц-опрос, решение<br>практических задач                               |
| 3        | Зачет                      |         |                                  |                         |                   |                           |          | Собеседование по<br>контрольным<br>вопросам                             |
|          | Итого:                     | 108     | 18                               | 18                      | 4                 | 68                        |          |   |

## 4.3 Содержание разделов дисциплины

### Раздел 1. Термодинамика

#### Тема 1. Основные понятия и законы феноменологической термодинамики:

Предмет, метод исследования и область применения феноменологической термодинамики. Термодинамическая система. Параметры и уравнения состояния. Идеальный и реальный газы. Смеси идеальных газов. Теплоемкость газов и их смесей. Дифференциальные уравнения термодинамики. Термодинамические потенциалы. Основные законы термодинамики.

**Тема 2. Термодинамические процессы:** Термодинамические процессы с идеальным газом. Термодинамические процессы с водяным паром. Влажный воздух.

**Тема 3. Рабочий процесс в турбине и компрессоре:** Идеальная газовая турбина и идеальный компрессор. Многоступенчатые компрессоры. Работа и коэффициент полезного действия реальных компрессоров. Принципиальная схема газотурбинной установки и процессы в ней.

**Тема 4. Термодинамика газовых потоков:** Сопловое и диффузорное течение. Закон обращения воздействий на поток. Форма каналов сопел и диффузоров. Истечение газа через суживающееся сопло и сопло Лаваля. Скачки уплотнения.

**Тема 5. Циклы теплоэнергетических установок:** Прямые и обратные круговые процессы (циклы). Циклы теплосиловых установок, холодильных машин и тепловых насосов. Цикл Карно, теорема Карно. Обобщенные и эквивалентные циклы Карно. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных двигателей. Циклы паротеплоэнергетических установок. Обратные циклы.

**Тема 6. Термодинамический анализ теплотехнических устройств:** Второе начало термодинамики для необратимых процессов. Закон возрастания энтропии. Необратимость и производство работы. Эксергия. Анализ необратимых циклов с помощью системы коэффициентов полезного действия. Энтропийный и эксергетический методы анализа. Тепловой и эксергетический балансы теплоэнергетических установок. Вторичные энергетические ресурсы.

## Раздел 2. Теория теплообмена

**Тема 1. Теория теплопроводности:** Процессы теплообмена. Основные понятия теории теплопроводности. Теплопроводность материалов. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Распространение теплоты теплопроводностью в плоской и цилиндрической стенках при стационарном режиме (граничные условия первого рода).

**Тема 2. Конвективный теплообмен:** Основные понятия и определения. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Подobie физических явлений. Гидромеханическое подобие. Тепловое подобие. Уравнения подобия конвективного теплообмена. Экспериментальное изучение конвективного теплообмена.

**Тема 3. Теплообмен при вынужденном и свободном движении теплоносителей:** Вынужденное движение жидкости в трубах. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах. Особенности расчета коэффициента теплоотдачи при поперечном омывании пучка оребренных труб. Теплоотдача при свободном движении. Теплообмен при кипении жидкости. Теплоотдача при конденсации пара.

**Тема 4. Тепловое излучение:** Общие сведения. Закон поглощения. Основные законы излучения. Серые тела. Закон Кирхгофа. Излучение газов. Теплообмен излучением между двумя телами. Защита от теплового излучения с помощью экранов.

**Тема 5. Теплопередача:** Сложный теплообмен. Теплопередача через стенки. Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции.

**Тема 6. Типы теплообменных аппаратов:** Схемы тока теплоносителей. Тепловой баланс теплообменного аппарата. Температурный напор. Тепловые расчеты теплообменных аппаратов. Гидродинамический расчет теплообменных аппаратов. Тепловые трубы и термосифоны

### 4.4 Темы и планы практических занятий

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование практических/лабораторных занятий  | Объем в часах |
|-------|----------------------|---|---------------|
| 1     | Термодинамика        | <i>Решение задач по темам:</i><br>Занятие 1. Тема «Основные термодинамические параметры состояния рабочего тела»<br>Занятие 2. Тема «Связь между параметрами состояния. Уравнения состояния идеальных газов»<br>Занятие 3. Тема «Смеси идеальных газов»<br>Занятие 4. Тема «Теплоемкость газов и их смесей»<br>Занятие 5. Тема «Первое начало термодинамики для закрытой и открытой систем» | 10            |
| 2     | Теория теплообмена   | <i>Решение задач по темам:</i><br>Занятие 6. Тема «Термодинамические процессы с идеальным газом»<br>Занятие 7. Тема «Влажный воздух»<br>Занятие 8. Тема «Круговые процессы (циклы). Цикл Карно»<br>Занятие 9. Тема «Второе начало термодинамики для необратимых процессов. Закон возрастания энтропии»  | 8             |
|       | <b>ИТОГО</b>         |   | <b>18</b>     |

## 5. Образовательные технологии

| № п/п | Наименование раздела | Виды учебных занятий   | Образовательные технологии  |
|-------|----------------------|------------------------|---|
| 1.    | Термодинамика        | Лекция                 | Вводная лекция-информация с использованием презентации<br>Лекция-информация с использованием компьютерных и мультимедийных средств обучения |
|       |                      | Практическое занятие   | Мозговой штурм, изучение методик проведения расчетов, тестирование, решение типовых задач   |
|       |                      | Самостоятельная работа | Проработка и повторение лекционного материала<br>Подготовка к практическим занятиям<br>Консультирование посредством электронной почты       |
| 2.    | Теория теплообмена   | Лекция                 | Лекция-информация с использованием компьютерных и мультимедийных средств обучения   |
|       |                      | Практическое занятие   | Мозговой штурм, изучение методик проведения расчетов, решение типовых задач   |
|       |                      | Самостоятельная работа | Проработка и повторение лекционного материала<br>Подготовка к практическим занятиям<br>Консультирование посредством электронной почты       |

## 6. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся

### 6.1 Контрольные вопросы для проведения текущего контроля

#### Тема 1. Теория теплопроводности

1. В чем заключается сущность термодинамического метода исследований? Каковы области его применения?
2. Какие существуют параметры состояния идеального газа? Запишите уравнения состояния.
3. Какие существуют виды взаимодействия? Какие физические величины относятся к потенциалам, а какие – к координатам?
4. Что такое теплоемкость рабочего тела? От каких факторов она зависит?
5. Какие существуют способы вычисления теплоемкости? Дайте пояснения к каждому способу.
6. Назовите термодинамические потенциалы, их физический смысл, возможности использования.
7. Какие существуют функции состояния и функции процесса?

8. Поясните, что включается в понятия «рабочая» и «тепловая» диаграммы.
9. В чем заключается сущность первого начала термодинамики? запишите его выражение для закрытой системы.
10. В чем заключается физический смысл первого начала термодинамики для открытой системы? Укажите силы и составляющие работы потока.
11. Укажите качественные характеристики энергии.
12. Какие три рода превращения энергии существуют?
13. В чем заключается физический смысл второго начала термодинамики?

## **Тема 2. Термодинамические процессы**

1. Укажите условия протекания равновесных и неравновесных процессов. В чём заключается целесообразность подобного разделения?
2. Каковы общие принципы и этапы исследования частных термодинамических процессов?
3. Запишите уравнение адиабатного процесса в системах координат PV и TS.
4. . Что такое политропные процессы? В чём заключается смысл их логарифмического представления?
5. Укажите три группы политропных процессов. Каков порядок их исследования? Приведите схемы преобразования энергии, а также рабочую и тепловую диаграмму этих процессов.
6. Дайте определение терминам «статическое равновесие» и «динамическое равновесие». Изобразите фазовую диаграмму для воды.
7. Изобразите is-диаграмму для воды и водяного пара. Как показать на диаграмме частные процессы с водой и водяным паром?
8. Дайте определение терминам «температура точки росы», «абсолютная влажность воздуха» и «относительная влажность воздуха».
9. Какова физика процессов смешения, охлаждения и подогрева влажного воздуха.

## **Тема 3. Рабочий процесс в турбине и компрессоре**

1. Объясните природу преобразование энергии в турбине (на базе анализа первого начала термодинамики для открытой системы).
2. Объясните природу преобразования энергии в компрессоре.
3. В каких случаях и с какой целью применяют одноступенчатые и многоступенчатые компрессоры?
4. В чём заключается различие между адиабатным и изотермическим КПД?
5. Изобразите принципиальную схему газотурбинные установки.

## **Тема 4. Термодинамика газовых потоков**

1. Объясните преобразование энергии в потоке упругой жидкости без производство технической работы.
2. Какие существуют параметры торможения?
3. Дайте объяснение природе преобразования энергии в соплах и диффузорах (на примере исследования первого закона термодинамики для открытой системы).
4. Какие известные типы энергетических воздействий на поток упругой жидкости?
5. Какие существуют формы каналов сопел и диффузоров при геометрическом воздействии на поток?
6. Каково назначение сопла Лаваля?
7. Дайте определение закона обращения воздействия на поток. Приведите схемы составляющих сопел. В чём заключаются особенности работы сопел при



нерасчетных параметрах?

8. Что такое скачки уплотнения?

### **Тема 5. Циклы теплоэнергетических установок**

1. Что такое цикл теплоэнергетических установок? Что является показателем их энергетической эффективности?
2. Что понимают под обратными циклами холодильных машин и тепловых насосов? Как они представляются в рабочей и тепловой системах координат?
3. Что такое цикл Карно? Как он представляется в системах координат  $PV$  и  $Ts$ ? Укажите основные свойства цикла Карно и его назначение.
4. Что такое индикаторные диаграммы двигателей внутреннего сгорания и индикаторный КПД? Запишите формулу для определения индикаторного КПД.
5. Каким образом осуществляется переход от реальных индикаторных диаграмм к идеальным циклам ДВС? Какие допущения и какой КПД, учитывающий этот переход, принимаются?
6. Изобразите схему и запишите КПД, учитывающие преобразование энергии от первичного источника (топлива) до конечного потребителя.
7. Выполните вывод формулы термических КПД идеальных циклов (Отто, Дизеля, Тринклера, Стирлинга).
8. Какие существуют циклы газотурбинных установок? Что такое регенерация теплоты, её назначение?
9. Выполните сравнительный анализ идеальных циклов ДВС и ГТУ при постоянной степени сжатия и в заданном интервале температур.
10. Изобразите идеальный цикл пароэнергетической установки – цикл Ренкина. Дайте его описание.
11. Какие существуют направления повышения КПД цикла Ренкина? Что такое теплофикационный цикл?
12. Каковы пределы повышения энергетической эффективности теплового двигателя в заданном интервале температур и давлений?

### **Тема 6. Термодинамический анализ теплотехнических устройств**

1. Как формулируется Закон возрастания энтропии в следствие необратимости любого реального процесса?
2. Какова связь между необратимостью и производством работы: причины, мера, следствие?
3. Запишите формулу Гюи – Стодола.
4. Объясните природу энтропийного и энергетического методов анализа необратимости.
5. В чём заключается разница между тепловым и эксергетическим балансами теплоэнергетических установок?
6. Что такое «вторичные энергетические ресурсы»? В чём заключается их влияние на повышение энергетической эффективности теплового двигателя?

### **Тема 7. Теория теплопроводности**

1. Какими способами может передаваться теплота?
2. В чем состоит физическая сущность процесса теплопроводности?
3. Напишите уравнение стационарного одномерного температурного поля.
4. Что называется температурным градиентом?

5. В какую сторону направлен вектор градиента температур?
6. На что указывает знак «минус» в уравнении Фурье?
7. что называют коэффициентом теплопроводности?
8. Какие допущения приняты при выводе дифференциального уравнения теплопроводности?
9. Зачем нужны условия однозначности?
10. Какие величины задаются при граничных условиях первого рода?
11. Что включают в себя граничные условия?
12. Запишите закон охлаждения Ньютона.
13. Дайте математическую формулировку граничных условий третьего рода.

### **Тема 8. Конвективный теплообмен**

1. В чём разница между конвекцией и конвективным теплообменом?
2. Что называется теплоотдачей?
3. Что влияет на распределение температур в потоке?
4. Что такое пограничный слой жидкости?
5. Запишите основное расчетное уравнение конвективного теплообмена.
6. Что называется коэффициентом теплоотдачи?
7. От каких основных факторов зависит коэффициент теплоотдачи?
8. Какие уравнения входят в систему дифференциальных уравнений, описывающих конвективный теплообмен?
9. Что является теоретической базой современного эксперимента?
10. При каких условиях понятие о подобии может быть распространено на физические процессы?
11. Что необходимо знать при проведении эксперимента?
12. Каковы практические следствия из трех теорем подобия?
13. Приведите основные критерии гидромеханического подобия.
14. Приведите основные критерии теплового подобия.
15. Объясните физический смысл критериев Рейнольдса и Грасгофа.
16. Почему критерий Нуссельта является определяемым?
17. Запишите общий вид критериального уравнения для свободной конвекции в стационарном режиме.
18. Что называется определяющей температурой?
19. Что называется определяющим геометрическим размером?

### **Тема 9. Теплообмен при вынужденном и свободном движении теплоносителей**

1. Что называется участком гидродинамической стабилизации?
2. Чему равна длина участка тепловой стабилизации при движении потока в прямых гладких трубах?
3. Назовите два режима течения при ламинарном потоке жидкости.
4. Изобразите распределение скоростей по сечению при турбулентном режиме течения жидкости в трубе.
5. Что учитывает в критериальных уравнениях отношение критериев Прандтля, взятых при температурах потока и стенки?
6. Как учитывается изменение температуры для коротких труб по сравнению со стабилизированным потоком?
7. Изобразите изменение локального  $\alpha$  и среднего  $\bar{\alpha}$  коэффициентов теплоотдачи по длине трубы.
8. Что необходимо учитывать при температурном расчёте змеевиков?
9. В каких случаях проводят расчет эквивалентного диаметра?
10. Почему в лобовой точке трубы при поперечном обтекании коэффициент теплоотдачи максимален?

11. Изобразите изменение коэффициента теплоотдачи по окружности цилиндра при различных числах Рейнольдса.
12. За счёт чего при поперечном обтекании возрастает коэффициент теплоотдачи на тыльной стороне трубы?
13. Изобразите схему расположения труб в коридорных и шахматных пучках.
14. Почему для шахматного пучка труб теплоотдача выше, чем для коридорного?
15. В чём состоит основное преимущество коридорного пуска труб?
16. Как рассчитывается скорость потока для пучков труб?
17. Что является определяющим геометрическим размером при свободном движении потока вдоль вертикальной стенки?
18. Чем объясняется высокая теплоотдача при кипении жидкости?
19. В чём заключается особенность пленочного режима кипения?
20. Назовите особенности конвективного теплообмена при конденсации пара.

### **Тема 10. Тепловое излучение**

1. Какие преобразования энергии происходят при тепловом излучении?
2. Назовите основное преимущество лучистого теплообмена.
3. Что такое диатермическое тела?
4. Какие реальные тела близких абсолютно черному телу?
5. Какие тела называют серыми?
6. Назовите основные законы излучения.
7. Что устанавливает закон Кирхгофа?
8. Все ли газы способны излучать и поглощать тепловую энергию?
9. Что такое линейчатый спектр поглощения?
10. В чём состоит механизм парникового эффекта?
11. Во сколько раз уменьшается тепловое излучение при установке защитных экранов?

### **Тема 11. Теплопередача**

1. Что называется процессом теплопередачи?
2. Что является качественной характеристикой процесса теплопередачи?
3. Какие величины задаются при граничных условиях третьего рода для процесса теплопередачи через стенку?
4. В чём разница между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи?
5. Запишите формулу коэффициента теплопередачи для многослойной плоской плёнки.
6. Какая величина называется полным термическим сопротивлением?
7. Проанализируйте формулу коэффициента теплопередачи для однослойной плоской стенки с целью определения путей его увеличения (интенсивности теплообмена).
8. Какие материалы используют для теплоизоляции?
9. От чего зависит критический диаметр изоляции?
10. К чему может привести использование увлажненного изоляционного материала?

### **Тема 12. Теплообменные аппараты**

1. Каким способом классифицируются теплообменные аппараты по способу передачи теплоты?
2. Какие уравнения лежат в основе теплового расчета теплообменных аппаратов?
3. Приведите основные схемы тока теплоносителей.
4. Для какой схемы тока средний логарифмический температурный напор

максимальный?

5. В каких теплообменных аппаратах схема тока не имеет принципиального значения?
6. С какой стороны поверхности теплообмена устанавливается ребрение?
7. Как повысить скорость течения теплоносителя в межтрубном пространстве?
8. К чему приводит повышение рекомендуемых значений скоростей движения теплоносителя?
9. Каковы особенности расчета теплопередачи при сложных схемах движения теплоносителей?
10. В результате чего интенсифицируется процесс переноса теплоты в термосифонах и тепловых трубах?
11. В чём состоит принципиальное отличие термосифона от тепловой трубы?

### **Пример теста для текущего контроля успеваемости студента**

**1. Термодинамический метод исследования заключается в установлении наиболее общих свойств материальных тел в процессе...**

- а) физических превращений;
- б) химических превращений;
- в) преобразование одного вида энергии в другой.

**2. Энергетическое взаимодействие термодинамической системы происходит между...**

- а) системой и окружающей средой;
- б) системой и рабочим телом;
- в) элементами системы.

**3. В открытой термодинамической системе отсутствует обмен...**

- а) теплотой;
- б) массой;
- в) работой.

**4. Адиабатно изолированная система – это система, где нет обмена с окружающей средой...**

- а) массой;
- б) теплотой;
- в) механической энергией.

**5. Параметром состояния является функция, не зависящая от вида процесса – это:**

- а) удельная работа;
- б) удельная теплота;
- в) удельный объем.

**6. Параметром состояния является:**

- а) удельный объем;
- б) давление;
- в) температура;
- г) газовая постоянная.

**7. Энтальпия – это сумма потенциальной энергии давления и ...**

- а) газовой постоянной;
- б) температуры;
- в) внутренней энергии.

**8. Уравнение состояния связывает газовую постоянную.**

- а) с работой;
- б) с теплотой;
- в) с параметрами состояния.

**9. Формула Майера определяет газовую постоянную в связи с изохорной и изобарной теплоемкостями как их...**

- а) сумму;
- б) разность;
- в) отношение.

**10. Первое начало термодинамики для закрытой системы устанавливает баланс между...**

- а) давлением, температурой, энтальпией;
- б) теплотой, работой и изменением внутренней энергии;
- в) газовой постоянной и параметрами состояния.

## **6.2 Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации. Примерный перечень вопросов к зачету**

1. Понятие о рабочем теле (РТ). Термодинамическая система. Основные параметры. Удельный объем РТ. Единицы измерения. Давление избыточное, вакуумное, атмосферное давление. Температура. Шкалы температур.

2. Понятие об идеальном газе. Реальный газ. Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля. Закон Авогадро. Уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная, ее физический смысл и единицы измерения.

3. Понятие о термодинамическом процессе, внутренней энергии, работе, теплоте. Первый закон термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Понятие об энтальпии. Обратимые и необратимые процессы.

4. Исследование изохорного процесса: уравнение, графическое изображение в диаграмме V-P, соотношение между параметрами, определение изменения внутренней энергии, работы, определение количества теплоты, применение первого закона термодинамики.

5. Исследование изобарного процесса: уравнение, графическое изображение в диаграмме V-P, соотношение между параметрами, определение изменения внутренней энергии, работы, определение количества теплоты, применение первого закона термодинамики.

6. Исследование изотермического процесса: уравнение, графическое изображение в диаграмме V-P, соотношение между параметрами, определение изменения внутренней энергии, работы, определение количества теплоты, применение первого закона термодинамики.

7. Исследование адиабатного процесса: уравнение, графическое изображение в диаграмме V-P, соотношение между параметрами, определение изменения внутренней энергии, работы, определение количества теплоты, применение первого закона термодинамики.

8. Исследование политропного процесса: уравнение, графическое изображение в диаграмме V-P, соотношение между параметрами, определение изменения внутренней энергии, работы, определение количества теплоты, применение первого закона термодинамики.

9. Формулировки второго закона термодинамики. Круговые термодинамические процессы: прямой и обратный. Прямой цикл теплового двигателя. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя.

10. Обратные циклы. Холодильный и отопительный коэффициенты обратных циклов.

11. Прямой и обратный циклы Карно. Энтропия. Диаграмма S-T. Основные термодинамические процессы в диаграмме S-T. Прямой и обратный циклы Карно в диаграмме S-T, теплота, работа, коэффициенты термодинамической эффективности циклов в диаграмме S-T.

12. Назначение, принцип действия и классификация компрессоров. Понятие об

идеальном компрессоре. Термодинамические процессы в идеальном поршневом одноступенчатом компрессоре. Принцип работы многоступенчатого компрессора. Изображение процессов многоступенчатого компрессора в диаграмме V-P.

13. Понятие о холодильных машинах. Диаграмма  $i$ -lg p, S-T холодильных агентов. Основные термодинамические процессы в диаграмме  $i$ -lg p и S-T.

14. Паровая холодильная машина: принципиальная схема установки, работающей по циклу Карно, изображение цикла в диаграммах V-P, S-T,  $i$ -lg p, холодильный коэффициент. Теоретический цикл паровой холодильной машины: схема, изображение в диаграммах V-P, S-T,  $i$ -lg p, холодопроизводительность цикла.

15. Понятие ДВС. Их классификация. Двухтактные, четырехтактные ДВС, теоретические циклы ДВС. Основные узлы и системы.

16. Виды передачи теплоты и их общая характеристика. Понятие о механизме процесса.

17. Основные понятия. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл, численные значения для различных тел и зависимость от различных факторов. Передача теплоты через плоскую однослойную и многослойную стенки. Теплопроводность цилиндрической однослойной и многослойной стенки.

18. Физическая сущность теплообмена конвекции. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его численные значения. Факторы, влияющие на коэффициент теплоотдачи.

19. Понятие о теплопередаче. Передача теплоты через плоскую однослойную и многослойные стенки. Коэффициент теплопередачи, его физическая сущность. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойные стенки. Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции. Теплопередача через оребренные поверхности.

20. Теплообменные аппараты, их классификация, устройство и принцип действия. Определение теплоперерабатывающей поверхности теплообменных аппаратов. Вычисление конечных температур теплоносителей.

## 7. Система оценивания планируемых результатов обучения

| Форма контроля                           | За одну работу |              | Всего     |
|--|----------------|--------------|-----------|
|  | Миним. баллов  | Макс. баллов |           |
| Текущий контроль:                        |                |              |           |
| - учет посещения лекций                  | 0 баллов       | 1 баллов     | 9 баллов  |
| - выполнение и защита практических работ | 1 баллов       | 5 баллов     | 45 баллов |
| - тестирование                           | 1 баллов       | 6 баллов     | 6 баллов  |
| Промежуточная аттестация (зачёт)         | 20 баллов      | 40 баллов    | 40 баллов |
| Итого за семестр                         | 100 баллов     |              |           |

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1 Основная литература

1) Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена: учебник для среднего профессионального образования / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 308 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06945-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/516581>

2) Гажур, А. А. Теплотехника. Теплопередача и термодинамика: учебник / А. А. Гажур. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 312 с. — ISBN 978-5-9729-1174-

5. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/132884.html>  
URL: <https://www.iprbookshop.ru/131597.html>

## **8.2 Дополнительная литература**

1) Аксёнов, А. К. Теплотехника, термодинамика и теплопередача : учебно-методическое пособие / А. К. Аксёнов, С. В. Бирюков. — Москва : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2022. — 50 с. — ISBN 978-5-7264-3070-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. —

2) Теплотехника. Практикум: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Ерофеев [и др.] ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 395 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6992-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/433464>

## **8.3 Программное обеспечение**

1. Windows 10 Pro;
2. WinRAR;
3. Microsoft Office Professional Plus 2013;
4. Microsoft Office Professional Plus 2016;
5. Microsoft Visio Professional 2016;
6. Visual Studio Professional 2015;
7. Adobe Acrobat Pro DC;
8. ABBYY FineReader 12;
9. ABBYY PDF Transformer+;
10. ABBYY FlexiCapture 11;
11. Программное обеспечение «interTESS»;
12. Справочно-правовая система «Консультант Плюс», версия «эксперт»;
13. ПО Kaspersky Endpoint Security;
14. «Антиплагиат.ВУЗ» (интернет - версия);
15. «Антиплагиат - интернет».

## **8.4 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий**

1. Интернет – ресурс: Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>);
2. Интернет – ресурс: <http://www.iprbookshop.ru/> Электронно-библиотечная система «IPR BOOKS»;
3. Интернет – ресурс: [www.biblioclub.ru/](http://www.biblioclub.ru/) Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»;
4. Интернет – ресурс: <http://e.lanbook.com/> Электронно-библиотечная система Университетская библиотека «Лань»;
5. Интернет – ресурс: <https://cntd.ru> Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации.
6. Научно-технический журнал «Мир нефтепродуктов. Вестник Нефтяных Компаний». Режим доступа: <http://neftemir.ru>
7. Журнал «Нефть России». Режим доступа: <http://www.oilru.com>
8. Журнал «Бурение и нефть». Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues>
9. Журнал «Инженерная Практика». Режим доступа: <http://glavteh.ru/mag>
10. Отраслевой информационно-технический журнал «Сфера нефть и газ». Режим доступа: <http://www.s-ng.ru/magazin/0>

## **9. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебные и 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 слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

Для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;



- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

Для слепых и слабовидящих:

для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;
  - акустический усилитель и колонки;
- Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;
  - компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

#### **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:**

- 1) Библиотечный фонд ФГБОУ ВО «СахГУ»;
- 2) Мультимедийное оборудование для чтения лекций-презентаций;
- 3) Технологическое и компьютерное виртуальное оборудование;
- 4) Пакет прикладных обучающих программ.

При подготовке к практическим занятиям и самостоятельной работе можно использовать компьютерные классы со стандартным программным обеспечением.

Лекционные занятия должны проходить в мультимедийной аудитории, оснащенной компьютером и проектором. Лекции желательно сопровождать презентацией, содержащей теоретический иллюстративный материал.

Презентация должна быть построена по следующему принципу: тема, цель, задачи лекции, краткое содержание предыдущей лекции, теоретический материал, итоги лекционного занятия, обозначены вопросы и задания для самостоятельного изучения, тема следующей лекции.