

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Рукович Александр Владимирович

Должность: Директор

Дата подписания: 13.06.2026 09:34:33

Уникальный программный ключ:

f45eb7c44954саас05ea7d4f52eb8b7a0b5cb9caeb9b4b1a0c4a4aaf705f

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «СВФУ» в г. Нерюнгри

Кафедра горного дела

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.23 Теплотехника

для программы специалитета
специальность 21.05.04 «Горное дело»
Направленность (профиль) программы:
Открытые горные работы
Подземная разработка пластовых месторождений

Форма обучения – заочная

Автор: Рочев В.Ф., доцент, к.т.н. кафедры горного дела. e-mail: viktor-rochev1974@mail.ru

| | | |
|--|---|--|
| РЕКОМЕНДОВАНО Заведующий кафедрой разработчика ГД _____ / Рочев В.Ф. протокол № 4 от «3» апреля 2026 г. | ОДОБРЕНО Заведующий выпускающей кафедрой ГД _____ / Рочев В.Ф. протокол № 4 от «3» апреля 2026 г. | ПРОВЕРЕНО Нормоконтроль в составе ОПОП пройден Специалист УМО _____/ Емельянова К.Н./ «22» апреля 2026 г. |
| Рекомендовано к утверждению в составе ОПОП Председатель УМС _____/ Ядреева Л.Д. протокол УМС №9 от «23» апреля 2026 г. | | Зав. библиотекой _____/ Семененко И.А./ «20» апреля 2026 г. |

Нерюнгри 2026



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 6e05195070b5802d26b36d25a5bb7035b3c70f84
Владелец Рукович Александр Владимирович
Действителен с 10.02.2026 по 06.05.2027
Дата подписания 13.05.2026 9:38 (UTC+9)

1. АННОТАЦИЯ
к рабочей программе дисциплины
Б1.О.20 Теплотехника
Трудоемкость 4 з.е.

1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины

Цель: формирование у студентов знаний, умений и навыков в областях деятельности теплотехники для обеспечения эффективности производственной и других видов деятельности; дать необходимые инженеру сведения о характере теплотехнических процессов, их физических основах и методах расчета.

Краткое содержание. Предмет теплотехники. Связь с другими отраслями знаний. Основные понятия и определения. Термодинамика: смеси рабочих тел, теплоемкость, законы термодинамики, термодинамические процессы и циклы, реальные газы и пары, термодинамика потоков, термодинамический анализ теплотехнических устройств, фазовые переходы, химическая термодинамика. Теория теплообмена: теплопроводность, конвекция, излучение, теплопередача, интенсификация теплообмена. Основы массообмена. Тепломассообменные устройства. Топливо и основы горения. Теплогенерирующие устройства, холодильная и криогенная техника. Применение теплоты в отрасли. Охрана окружающей среды. Основы энергосбережения. Вторичные энергетические ресурсы. Основные направления экономии энергоресурсов.

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

| Наименование категории (группы) компетенций | Планируемые результаты освоения программы (содержание и коды компетенций) | Наименование индикатора достижения компетенций | Планируемые результаты обучения по дисциплине | Оценочные средства |
|---|--|--|---|---|
| Техническое проектирование | ОПК-14 Способен разрабатывать проектные инновационные решения по эксплуатационной разведке, добыче, переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов; | ОПК-14.1 - осуществляет грамотное использование современных технологий для сбора информации, обработки и интерпретации полученных экспериментальных данных; | <i>Знать:</i> -основные законы термодинамики и наиболее важные их следствия; -место и причины возникновения различных тепло- и массообменных процессов; -основные виды тепловых машин (двигатели внутреннего сгорания, холодильные машины, турбинные установки) и теплообменных аппаратов. | <i>Практические работы</i> <i>Лабораторные работы</i> <i>Контрольная работа</i> <i>Экзамен</i> |
| Исследование | ОПК-18 Способен участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов | ОПК-18.6 -использует законы механики, термодинамики и электротехники в своей профессиональной деятельности, применяет их в теоретических и экспериментальных исследованиях. | <i>Уметь:</i> -применять законы термодинамики для оценки параметров технических систем при различных физических условиях; -проводить расчеты теплового режима в целях оптимизации элементов технических систем; -осуществлять выбор материалов для обеспечения | |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | | тепловой защиты объектов современной техники. <i>Владеть:</i> -лабораторным оборудованием по определению основных тепловых характеристик вещества - теплоемкости, теплопроводности. | |
|--|--|--|---|--|

1.3. Место дисциплины в структуре ОПОП

| Индекс | Наименование дисциплины (модуля), практики | Семестр изучения | Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик | |
|---------|--|------------------|---|--|
| | | | на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля) | для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой |
| Б1.О.23 | Теплотехника | 8 | Б1.О.15 Физика | Б1.О.28 Технология и безопасность взрывных работ |

1.4. Язык преподавания: русский.

2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Выписка из учебного плана гр.3-С-ГД-26(6,5)

| | | |
|--|----------------------------------|---|
| Код и название дисциплины по учебному плану | Б1.О.20Теплотехника | |
| Курс изучения | 4 | |
| Семестр(ы) изучения | 8 | |
| Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) | экзамен | |
| Контрольная работа, семестр выполнения | 8 | |
| Трудоемкость (в ЗЕТ) | 4ЗЕТ | |
| Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.: | 144 | |
| №1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР), в часах: | Объем аудиторной работы, в часах | В т.ч. с применением ДОТ или ЭО1, в часах |
| Объем работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.): | 25 | |
| 1.1. Занятия лекционного типа (лекции) | 8 | - |
| 1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.: | | - |
| - семинары (практические занятия, коллоквиумы т.п.) | | - |
| - лабораторные работы | 6 | - |
| - практикумы. | 6 | - |
| 1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации) 5 сем. | 5 | - |
| №2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах) 5 сем. | 110 | |
| №3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане) 8 сем. | 9 | |

1 Указывается, если в аннотации образовательной программы по позиции «Сведения о применении дистанционных технологий и электронного обучения» указан ответ «да».

3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3.1. Распределение часов по разделам и видам учебных занятий

| Раздел | Всего часов | Контактная работа, в часах | | | | | | | | | Часы СРС | |
|---|-------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|--------------------|----------|----------------|
| | | Лекции | из них с применением ЭО и ДОТ | Семинары (занятия, коллоквиумы) | из них с применением ЭО и ДОТ | Лабораторные работы | из них с применением ЭО и ДОТ | Практикумы | из них с применением ЭО и ДОТ | КСР (консультации) | | |
| 7 семестр | | | | | | | | | | | | |
| 1. Введение в курс. Влажный воздух и его характеристики состояния. (уст. лекция) | 14 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12(ТР, ПР) |
| 8 семестр | | | | | | | | | | | | |
| 2. Термодинамические процессы. Термодинамика потока | 12 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12(ТР, ПР) |
| 3. Элементы химической термодинамики | 14 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12(ТР, ПР) |
| 4. Теплообмен и массообмен | 16 | | - | - | - | 2 | - | 2 | - | - | - | 12(ТР, ПР, ЛР) |
| 5. Методы анализа эффективности термодинамических процессов горного производства и управления интенсивности обмена энергией в них | 18 | 2 | - | - | - | 2 | - | 2 | - | - | - | 12(ТР, ПР, ЛР) |
| 6. Промышленные котельные установки. | 12 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12(ТР, ПР, ЛР) |
| 7. Энергетические и экологические проблемы использования теплоты | 18 | 2 | - | - | - | 2 | - | 2 | - | - | - | 12(ТР, ПР, ЛР) |
| Контрольная работа | 31 | | | | | | | | | | 5 | 26 |
| Экзамен | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Итого | 144 | 8 | - | - | - | 6 | - | 6 | - | - | 5 | 110 |

Примечание: ПР–практические работы; ЛР - лабораторные работы; ТР- теоретическая подготовка; кр – выполнение контрольной работы; РГР – расчетно-графическая работа.

3.2. Содержание тем программы дисциплины

Тема 1. Влажный воздух и его характеристики состояния.

Введение. Основные понятия и определения. Изотермический, изобарный, изохорный адиабатный и политропный процессы.

Расчет и анализ изменения термодинамических параметров при их течении.

Оценка параметров состояния термодинамических систем и эффективность термодинамических процессов.

Круговые процессы (циклы). Циклы тепловых машин. КПД и холодильный коэффициент.

Тема 2. Термодинамические процессы и основы их анализа

Термодинамика потока.

Изотермический, изобарный, изохорный адиабатный и политропный процессы.

Расчет и анализ изменения термодинамических параметров при их течении.

Оценка параметров состояния термодинамических систем и эффективность термодинамических процессов.

Круговые процессы (циклы). Циклы тепловых машин. КПД и холодильный коэффициент.

Параметры газа в потоке и при его торможении.

Располагаемая работа и скорость истечения.

Сопла и диффузоры, эжекторы.

Дросселирование газов и паров.

Тема 3. Элементы химической термодинамики

Термодинамическое равновесие в однородных и сложных системах.

Химические реакции и тепловые эффекты.

Химическое равновесие. Закон Гесса и уравнение Кирхгофа.

Тема 4. Теплообмен и массообмен

Расчет показателей и параметров теплообмена при переносе теплоты и вещества.

Способы управления параметрами теплообмена. Теплообменные аппараты и их типы.

Тепловой эффект.

Анализ термодинамических процессов и расчет показателей и параметров теплообменного процесса производства водяного пара. ST – диаграмма.

Машины для сжатия и расширения газов. Компрессоры. Циклы холодильных машин. Цикл теплового насоса. Циклы поршневых ДВС. Циклы газотурбинных и реактивных двигателей

Тема 5. Методы анализа эффективности термодинамических процессов горного производства и управления интенсивности обмена энергией в них

Процессы теплопереноса в массиве горных пород.

Ледопородные ограждения.

Термодинамические параметры процесса подземной газификации твердого топлива.

Термодинамика процессов подземной газификации

Тема 6. Промышленные котельные установки.

Паровые и водогрейные котлы. Теплоносители.

Топливо и его расход.

Эксплуатация котельных установок и защита окружающей среды.

Тема 7. Энергетические и экологические проблемы использования теплоты

Основы энергосбережения.

Вторичные энергетические ресурсы.

Возобновляемые источники энергии.

Энергетические и экологические проблемы использования теплоты в горном деле.

3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются традиционные технологии наряду с активными и интерактивными технологиями.

Учебные технологии, используемые в образовательном процессе

| Раздел дисциплины | Семестр | Используемые активные/интерактивные образовательные технологии | Количество часов |
|---|---------|---|------------------|
| 2. Термодинамические процессы и основы их анализа. Термодинамика потока. | 8 | Лекции- презентации Самопрезентации по данной теме | 2л |
| 3. Элементы химической термодинамики | | Использование презентации при проведении практических работ (алгоритм решения задач, задачи и их решение) | 2пр |
| 4. Теплообмен и массообмен | | Виртуальный лабораторный практикум по теплотехнике | 2лб |
| 5. Методы анализа эффективности термодинамических процессов горного производства и управления интенсивности обмена энергией в них | | | |
| Итого: | | | 2л2лб2пр |

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

4.1 Содержание СРС

| Наименование раздела (темы) дисциплины | Вид СРС | Трудоемкость (в часах) | Формы и методы контроля |
|--|---|------------------------|---|
| <i>Введение. Основные понятия и определения</i> 1. Термодинамические процессы и основы их анализа | Подготовка и выполнение практических и лабораторных работ | 12 | Анализ теоретического материала (внеаудит. СРС) |
| 2. Термодинамические процессы. Термодинамика потока | Подготовка и выполнение практических и лабораторных работ | 12 | Анализ теоретического материала (внеаудит. СРС) Оформление |
| 3. Элементы химической термодинамики | Подготовка и выполнение практических и лабораторных работ | 12 | |
| 4. Теплообмен и массообмен | Подготовка и выполнение практических | 12 | |

| | | | |
|---|--------------------------------------|------------|--|
| 5. Методы анализа эффективности термодинамических процессов горного производства и управления интенсивности обмена энергией в них | Подготовка и выполнение практических | 12 | практических заданий и подготовка к защите, (внеауд.СРС) Консультация по практическим работам (аудит.СРС) |
| 6. Промышленные котельные установки | Подготовка и выполнение практических | 12 | |
| 7. Энергетические и экологические проблемы использования теплоты | Подготовка и выполнение практических | 12 | |
| Контрольная работа | Выполнение контрольной работы | 26 | Анализ теоретического и практического материалов, подготовка к защите (внеауд.СРС) |
| Итого | | 110 | |

4.2. Практические работы

| Наименование работы | Трудоемкость в час. | Оценочные средства |
|---|---------------------|---|
| 1. Расчет круговых процессов и анализ эффективности тепловых машин | 10 | Анализ теоретического материала, выполнение работы, оформление, подготовка к защите |
| 2. Термодинамические процессы в идеальном газе. Расчет параметров. | 10 | |
| 3. Определение параметров атмосферного воздуха (температуры, давления и влажности). | 12 | |
| 4. Расчет объема и состава продуктов горения. | 10 | |
| Итого | 42 час. | |

4.2 Лабораторные работы

| Наименование работы | Трудоемкость в час. | Оценочные средства |
|--|---------------------|---|
| 1. Лабораторная работа №1 Расчет круговых процессов и анализ эффективности тепловых машин | 10 | Анализ теоретического материала, выполнение работы, оформление, подготовка к защите |
| 2. Лабораторная работа №2 Термодинамические процессы в идеальном газе. Расчет параметров. | 10 | |
| 3. Лабораторная работа №3 Определение параметров атмосферного воздуха (температуры, давления и влажности). | 12 | |
| 4. Лабораторная работа №4 Расчет объема и состава продуктов горения. | 10 | |
| Итого | 42 | |

4.4. Контрольная работа

Контрольная работа выполняется по вариантам (21 вариант). Каждый вариант контрольной работы содержит 6 задач.

Примеры вариантов работы:

ВАРИАНТ 1

1. В сосуде объемом $V = 30$ л содержится идеальный газ при температуре 0°C . После того, как часть газа была выпущена наружу, давление в сосуде понизилось на $\Delta p = 0,78$ атм (без изменения температуры). Найти массу выпущенного газа. Плотность данного газа при нормальных условиях $\rho = 1,3$ г/л.
2. На какой высоте давление воздуха составляет 75 % от давления на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 0°C .
3. Один конец стержня, заключенного в теплоизолирующую оболочку, поддерживается при температуре T_1 , а другой – при температуре T_2 . Сам стержень состоит из двух частей, длины которых ℓ_1 и ℓ_2 и теплопроводность κ_1 и κ_2 . Найти температуру поверхности соприкосновения этих частей стержня.
4. Газ ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) при температуре 200°C имеет удельную теплоёмкость при постоянном давлении $c_{\text{пуд}} = 1787$ Дж/(кг·К). Определить γ и удельный объём газа, если его давление $p = 1,8 \cdot 10^5$ Па.
5. Найти КПД цикла Клапейрона, состоящего из двух изотерм $T_1 = \text{const}$, $T_2 = \text{const}$ ($T_1 > T_2$) и двух изохор $V_1 = \text{const}$, $V_2 = \text{const}$ ($V_2 > V_1$). Построить график цикла.
6. Найти выражение для энтропии моля ван-дер-ваальсовского газа (как функцию от T и V). Сравнить с выражением для энтропии идеального газа.

часть №2

Расчетно-графическая работа выполняется студентами по вариантам, определяемым преподавателем. В одном варианте представлены 15 задач, охватывающих все изучаемые темы по дисциплине «Теплотехника». Всего 10 вариантов.

Задача 1 В процессе расширения с подводом теплоты Q 1 кг воздуха совершает работу L . Определить изменение температуры воздуха в процессе, пренебрегая зависимостью теплоемкости от температуры.

| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Q кДж | 120 | 100 | 110 | 90 | 130 | 125 | 120 | 115 | 105 | 85 |
| L кДж | 90 | 85 | 80 | 75 | 95 | 90 | 70 | 95 | 90 | 65 |

Задача 2 Определить расход воздуха в системе охлаждения дизеля мощностью $N = 38$ кВт, если отводимая теплота составляет 75% полезной мощности двигателя, а температура охлаждающего воздуха повышается на 15°C .

Задача 3 В закрытом резервуаре находится воздух при давлении 730 мм рт. ст. и температуре T_1 . Определить, насколько понизится давление в резервуаре, если его охладить до T_2 .

| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $T_1^\circ\text{C}$ | 30 | 40 | 50 | 35 | 45 | 55 | 60 | 37 | 42 | 46 |
| $T_2^\circ\text{C}$ | 20 | 36 | 42 | 32 | 40 | 47 | 53 | 30 | 40 | 40 |

Задача 4 Определить до какой температуры необходимо нагреть газ при постоянном объеме, чтобы его давление увеличилось в два раза, если начальная температура T_1 .

| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $T_1^\circ\text{C}$ | 12 | 15 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 | 20 | 18 |

Задача 5В резервуаре емкостью 1 м^3 находится воздух при давлении p (МПа) и температуре T °С. Как изменится температура и давление воздуха, если к нему подвести Q кДж количества теплоты.

| | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|------|
| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| p МПа | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,45 | 0,6 | 0,35 | 0,55 | 0,3 | 0,5 | 0,35 |
| T °С | 20 | 21 | 25 | 19 | 21 | 23 | 22 | 24 | 27 | 25 |
| Q кДж | 275 | 250 | 260 | 265 | 270 | 255 | 245 | 280 | 285 | 275 |

Задача 6 В цилиндре двигателя внутреннего сгорания в конце сжатия абсолютное давление P МПа и температура T °С. Сгорание горючей смеси происходит при постоянном объеме с выделением Q кДж теплоты на 1 кг смеси. Определить p , v , T в цилиндре в конце сгорания без учета зависимости теплоемкости от температуры. Считать, что продукты сгорания обладают свойствами воздуха.

| | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| P МПа | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1 | 1,2 | 1,1 | 1,5 | 1,4 | 1,7 | 1,8 |
| T °С | 370 | 350 | 355 | 345 | 360 | 365 | 375 | 380 | 355 | 370 |
| Q кДж | 400 | 355 | 300 | 375 | 360 | 380 | 410 | 370 | 350 | 490 |

Задача 7 При изохорном нагреве 1 кг воздуха температура меняется от T_1 до T_2 . Определить изменение энтропии и подводимую теплоту.

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| T_1 °С | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 |
| T_2 °С | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 125 | 135 | 145 | 155 | 165 |

Задача 8 При постоянном давлении (равном 760 мм рт. ст) к 1 кг азота, имеющему температуру 25 °С, подводится 100 кДж теплоты. Определить начальное значение энтропии и ее изменение в процессе.

Задание 9 В цикле Карно подвод теплоты происходит при максимальной температуре T_1 . Полезная работа, получаемая в цикле, L . Определить термический к.п.д., подводимую и отводимую теплоту, а также минимальную температуру T_2 , если рабочее тело – 1 кг воздуха, а относительное изменение объема в изотермических процессах равно 3.

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| T °С | 1200 | 1300 | 1250 | 1230 | 1310 | 1240 | 1340 | 1320 | 1210 | 1100 |
| L кДж | 265 | 250 | 255 | 260 | 275 | 270 | 265 | 260 | 255 | 250 |

Задание 10 При температуре 10°С 3 кг воды смешиваются с 2 кг воды при температуре 80°С. Определить возрастание энтропии из-за необратимости процесса смешения, при котором теплота переходит самопроизвольно от более нагретого тела к менее нагретому.

Задача 11 На сколько градусов перегрет водяной пар, если при давлении 1,5 МПа его температура 300 °С? Определить теплоту перегрева, если энтальпия пара 3033 кДж/кг.

Задача 12 Определить температуру, удельный объем, энтальпию кипящей воды при давлении 10 МПа.

Задание 13 Температура воды, поступающей в котел, $t_w = 250$ °С, абсолютное давление в котле $p=10$ МПа. Определить теплоту, подводимую в котле для получения 1 кг пара с температурой $t=500$ °С.

Задача 14 В теплообменном аппарате вертикальная плоская стенка толщиной δ мм, длиной l м, и высотой h м, выполнена из стали с коэффициентом теплопроводности λ_c Вт/(м*К). С одной стороны она омывается продольным вынужденным потоком горячей жидкости (воды) со скоростью w м/с, и температурой $t_{ж1}$ (вдали от стенки), с другой стороны – свободным потоком атмосферного воздуха с температурой $t_{ж2}$ °С.

Определить плотность теплового потока q . Лучистым теплообменом пренебречь из за малых значений $t_{ж1}$, $t_{ж2}$.

| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| δ , мм | 3,5 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,6 | 3,7 | 3,4 | 3,5 | 3,3 | 3,7 |
| l , м | 1 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,4 |
| h , м | 0,95 | 0,80 | 0,85 | 0,7 | 0,75 | 0,65 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 0,85 |
| λ_c Вт/(м*К) | 50 | 45 | 45 | 50 | 40 | 55 | 60 | 45 | 55 | 50 |
| w м/с | 0,13 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,15 | 0,14 |
| $t_{ж1}$ °С | 140 | 150 | 130 | 145 | 155 | 135 | 120 | 150 | 155 | 125 |
| $t_{ж2}$ °С | 40 | 50 | 30 | 45 | 55 | 35 | 20 | 50 | 55 | 25 |

Задача 15 До какой температуры будет нагрет углекислый газ CO_2 объемом v_1 , если сообщить ему теплоту Q при постоянном, абсолютном давлении. Начальная температура газа $t_1 = 100$ °С. Определить объем газа в конце процесса, а также удельные значения внутренней энергии, энтальпии и энтропии в процессе. Теплоемкость принять не зависящей от температуры.

| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| v_1 м ³ | 1200 | 1300 | 1250 | 1230 | 1310 | 1240 | 1340 | 1320 | 1210 | 1100 |
| P МПа | 265 | 250 | 255 | 260 | 275 | 270 | 265 | 260 | 255 | 250 |
| Q кДж | 700 | 650 | 690 | 720 | 680 | 670 | 660 | 710 | 700 | 690 |

Критерии оценки лабораторных и практических работ

| Компетенции | Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания | Количество набранных баллов |
|------------------|---|-----------------------------|
| ОПК-14 ОПК-18 | 1.Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями. Все разделы и расчеты соответствуют теме. 2.Ответ содержит необходимые данные и результаты расчетов, студент ориентируется в работе, четко и профессионально отвечает на дополнительные вопросы. | ПР-206. ЛР-2066 |
| | 1.Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями. Все разделы и расчеты соответствуют теме. 2.Ответ содержит необходимые данные и результаты расчетов, студент слабо ориентируется в работе, не всегда профессионально отвечает на дополнительные вопросы. | ПР-166. ЛР-1666 |
| | 1.Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями. Все разделы и расчеты соответствуют теме. 2.. Алгоритм решения нарушен. | ПР-126. ЛР-1266 |
| | 1. Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями. Все разделы и расчеты имеют ошибки и требуют перерасчета. Работа выполнена с ошибками и требует доработки.. | 0 (ноль) баллов |

Критерии оценки контрольной работы

| Компетенции | Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания | Количество набранных баллов |
|------------------|---|-----------------------------|
| ОПК-14 ОПК-18 | 1. Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями. Все разделы и расчеты соответствуют теме. 2. Ответ содержит необходимые данные и результаты расчетов, студент ориентируется в работе, четко и профессионально отвечает на дополнительные вопросы. | 30 баллов |
| | 1. Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями. Все разделы и расчеты соответствуют теме. 2. Ответ содержит необходимые данные и результаты расчетов, студент слабо ориентируется в работе, не всегда профессионально отвечает на дополнительные вопросы. | 24 балла |
| | 1. Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями. Все разделы и расчеты соответствуют теме. 2. Алгоритм решения нарушен. | 18 баллов |
| | 1. Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями. Все разделы и расчеты имеют ошибки и требуют перерасчета. Работа выполнена с ошибками и требует доработки. | 0 (ноль) баллов |

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для помощи обучающимся в успешном освоении дисциплины в соответствии с запланированными видами учебной и самостоятельной работы обучающихся:

1. Методические указания к практическим работам.
2. Варианты контрольных работ и методические указания к контрольным работам

Методические указания размещены в СДО Moodle:

<https://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=17321> – ПР

<https://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=17245> -ОГР

Рейтинговый регламент по дисциплине:

| Вид выполняемой учебной работы (контролирующие мероприятия) | Количество баллов (min) | Количество баллов (max) |
|--|-------------------------|-------------------------|
| 1. Практические работы (№1-4) | 12 | 20 |
| 2. Лабораторные работы(№1-4) | 12 | 20 |
| 3. Контрольная работа | 21 | 30 |
| Количество баллов для допуска к экзамену (min-max) | 45 | 70 |

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

6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания

| Коды оцениваемых компетенций | Показатель оценивания (по п.1.2.РПД) | Уровни освоения | Критерии оценивания (дескрипторы) | Оценка |
|------------------------------|---|-----------------|--|---------|
| | <i>Должен знать:</i> -общие сведения о термодинамических | Высокий | Дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно | отлично |

| | | | | |
|--------------------------|---|---------------------|---|--------------------------|
| <p>ОПК-14 ОПК-18</p> | <p>процессах; -первое и второе начала термодинамики; -применение законов термодинамики при протекании термодинамических процессов; -виды теплопередачи; -законы и физические процессы теплопередачи; -классификацию, принципы действия и расчета теплообменных аппаратов; <i>Должен уметь:</i> -определять параметры состояния и процесса при расчете термодинамических процессов; -определять параметры процессов теплопередачи при теплопроводностью, конвективном и радиационном теплообмене; -рассчитывать конструктивные параметры теплообменных аппаратов и процессы, протекающие в них; <i>Должен владеть:</i> -инструкциями по расчету термодинамических и теплообменных процессов;</p> | | <p>раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием профессиональной терминологии по предмету.</p> <p>Практическая работа выполнена согласно алгоритму решения, отсутствуют ошибки различных типов, оформление измерений и вычислений в соответствии с техническими требованиями. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.</p> | |
| | | <p>Базовый</p> | <p>Дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы, показано умение выделить существенные и несущественные недочеты. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием профессиональной терминологии по дисциплине. Практическая работа выполнена согласно алгоритму, отсутствуют незначительные ошибки различных типов, не меняющие суть решения, оформление измерений и вычислений в соответствии с техническими требованиями. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.</p> | <p>хорошо</p> |
| | | <p>Мини-мальный</p> | <p>Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Недостаточно верно используется профессиональная терминология. Практическая задача выполнена согласно алгоритму, отсутствуют</p> | <p>Удовлетворительно</p> |

| | | | | |
|--|---|------------|---|---------------------|
| | -способами и методами расчета физических процессов. | | незначительные ошибки различных типов, исправленные в процессе ответа, оформление измерений и вычислений также имеют отклонения от технических требований. Допущены 2-3 ошибки различных типов, в целом соответствует нормативным требованиям. | |
| | | Не освоены | <p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. В ответах не используется профессиональная терминология. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. <i>Или</i> Ответ на вопрос полностью отсутствует <i>Или</i> Отказ от ответа. <i>Или</i></p> <p>Ответ представляет собой разрозненные знания с ошибочными понятиями. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента.</p> | неудовлетворительно |

6.2. Примерные контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическое задание (соответствие компетенциям ОПК-14, ОПК-18)

Теоретические вопросы

1. Термодинамическая система. Основные параметры ее состояния.
2. Уравнение состояния идеального газа.
3. Теплота и работа как формы передачи энергии.
4. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы.
5. Понятия о энергии, расходе энергии, удельной энергии, работе, теплоте, рабочем теле,.
6. Понятие о термодинамической системе, открытая и закрытая, адиабатная, изолированная системы, окружающая среда.
7. Термодинамические параметры состояния рабочего тела и их функции. Определение их по таблицам и диаграммам.
8. Теплоемкость. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Теплоемкость смеси рабочих тел.
9. Первый закон термодинамики. Работа расширения (сжатия), работа проталкивания, располагаемая работа.

10. Внутренняя энергия. Энтропия. Энтальпия. P-v и T-s диаграммы.
11. Второй закон термодинамики. Круговые термодинамические процессы (циклы) тепловых машин.
12. Прямой и обратный циклы Карно. КПД цикла.
13. Изохорный процесс идеального газа, располагаемая работа, работа расширения (сжатия), теплота процесса.
14. Изобарный процесс идеального газа, располагаемая работа, работа расширения (сжатия), теплота процесса.
15. Адиабатный процесс идеального газа, располагаемая работа, работа расширения (сжатия), теплота процесса.
16. Изотермный процесс идеального газа, располагаемая работа, работа расширения (сжатия), теплота процесса.
17. Изобарно-изотермный процесс реального газа, располагаемая работа, работа расширения (сжатия), теплота процесса, теплота конденсации, теплота испарения.
18. Политропный процесс реального газа, располагаемая работа, работа расширения (сжатия), теплота процесса.
19. Первый закон термодинамики (в общем виде) для потока вещества.
20. Влияние профиля канала на адиабатное течение в нем газа: сопло, диффузор, сопло Лаваля.
21. Дросселирование рабочего тела, уравнение процесса.
22. Виды энергии и их превратимость.
23. Смеси рабочих тел. Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми, объемными и молярными долями.
24. Термодинамические процессы рабочих тел и их графическое изображение в p-v и T-s диаграммах.
25. Реальные газы и пары. Фазовые переходы.
26. Термодинамика потоков. Истечение и дросселирование газов и паров. Изменение параметров при адиабатном дросселировании.
27. Обратные круговые процессы, способы понижения температур в них. Холодильные машины.
28. Характеристики холодильных и криогенных установок: холодопроизводительность, холодильный коэффициент.
29. Хладоагенты. Хладоносители.
30. Теплоснабжение предприятий: источники и потребители теплоты, режимы теплоснабжения, системы теплоснабжения. Методы регулирования параметров теплоносителей.
31. Теплообменные установки, их типы и использование.
32. Виды вторичных энергоресурсов и направления их использования.
33. Утилизация теплоты.
34. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение.
35. Теплопроводность: основные понятия и определения. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.
36. Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Коэффициент теплоотдачи.
37. Теплообмен излучением. Законы теплового излучения.
38. Сложный теплообмен. Коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция.
39. Массообмен: основные понятия и определения. Фазовое равновесие Диффузия.
40. Тепло земных недр, процессы теплопереноса в недрах земли, требования к тепловому режиму подземных горных выработок.

Практические вопросы

Решение задач контрольной работы, расчетно-графической работы, практических работ.

Критерии оценки:

| Компетенции | Характеристика ответа на теоретический (практический) вопрос | Количество набранных баллов |
|------------------|--|-----------------------------|
| ОПК-14 ОПК-18 | <p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием современной гистологической терминологии. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. (Задача решена правильно, приведено полное решение с пояснениями и в соответствии с общепринятым алгоритмом).</p> | 30балл |
| | <p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием современной гистологической терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. (Задача решена правильно, выпущены необходимые пояснения, оформление не соответствует общепринятому алгоритму).</p> | 24балл |
| | <p>Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции. (Задача решена неверно в результате допущенных ошибок. Ход решения верен).</p> | 18балл |
| | <p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. Задача решена неверно.</p> <p><i>или</i></p> <p>Ответ на вопрос полностью отсутствует. Отсутствует решение задачи.</p> <p><i>или</i></p> <p>Отказ от ответа</p> | Пересдача экзамена |

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

| Характеристики процедуры | Б1.О.20Теплотехника |
|---|---|
| Вид процедуры | экзамен |
| Цель процедуры | выявить степень сформированности компетенций ОПК-14.1, ПК-18.6 |
| Локальные акты вуза, регламентирующие проведение процедуры | Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся СВФУ, версия 3.0, утверждено ректором СВФУ 19.02.2019 г. Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г. |
| Субъекты, на которых направлена процедура | студенты 4 курса специалитета |
| Период проведения процедуры | летняя экзаменационная сессия |
| Требования к помещениям и материально-техническим средствам | Кабинет (А402) СРС-А403 |
| Требования к банку оценочных средств | - |
| Описание проведения процедуры | Экзамен принимается в устной форме по билетам или в форме тестирования. Экзаменационный билет по дисциплине включает два теоретических вопроса и практическое задание. Время на подготовку – 1 астрономический час. |
| Шкалы оценивания результатов | Шкала оценивания результатов приведена в п.6.2. РПД. |
| Результаты процедуры | В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать: 45 баллов, чтобы быть допущенным к экзамену. |

7. Перечень электронных и печатных учебных изданий

| № п/п | Автор, название, место издания, издательство, год издания, вид и характеристика иных информационных ресурсов | Библиотека ТИ (ф) СВФУ, кол- во экземпляров | Электронные издания: точка доступа к ресурсу (наименовани е ЭБС, ЭБ) |
|----------|---|---|--|
| | Основная литература | | |
| 1 | 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, 2016. — 264 с. | | https://urait.ru/bcode/392521 (ЭБС ЮРАЙТ) |
| 2 | 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, 2016. — 248 с. | | https://urait.ru/bcode/392522 (ЭБС ЮРАЙТ) |
| 3 | 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, 2016. — 308 с. | | https://urait.ru/bcode/400390 (ЭБС ЮРАЙТ) |
| | Дополнительная литература | | |
| 1 | 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, 2016. — 198 с. | | https://urait.ru/bcode/400460 (ЭБС ЮРАЙТ) |

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Горное дело. Информационно-справочный сайт о горной промышленности
URL: <http://www.mwork.su>
2. Сайт Ростехнадзора РФ Материалы по безопасности в горной промышленности
URL: <http://www.gosnadzor.ru>
3. Угольный портал URL: <http://rosugol.ru>
4. Высшее горное образование: интернет портал. Учебно-методическое объединение ВУЗов РФ по образованию в области горного дела URL: <http://www.fgosvo.ru>

Сайты журналов по горной тематике:

1. Уголь URL: http://www.rosugol.ru/jur_u/ugol.html
2. Горный журнал URL: <http://www.rudmet>
3. Горная промышленность
URL: <http://www.mining-media>
4. Горное оборудование и электромеханика URL: <http://novtex.ru/gormash>
5. <http://moodle.nfygu.ru> /– Электронная информационно-образовательная среда «Moodle»;
6. <http://www.studentlibrary.ru> ЭБС Консультант студента - ДОГОВОР №373-12/25 от 17.12.2025 г. с ООО «Консультант студента».Срок действия: с 01.01.2026 до 31.12.2026 г.г..
7. www.biblioclub.ru ЭБС Университетская библиотека онлайн –
8. <https://urait.ru> ЭБС Юрайт - ДОГОВОР №375-12/25 от 17.12.2025 г. с ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» на доступ ко всей платформе ЭБС «Юрайт». Срок действия: с 01.01.2026 до 31.12.2026 г.г.
9. <https://basemine.ru> База знаний для горняков (в свободном доступе)

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| № п/п | Наименование темы | Виды учебной работы (лекция, практич. занятия, семинары, лаборат. раб.) | Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр. | Перечень основного оборудования (в т.ч. аудио-, видео-, графическое сопровождение) |
|-------|--|---|---|--|
| 1. | Основы термодинамики | Лекция | №А402 А403 | Проектор, презентации, компьютер |
| 2. | Введение в термодинамику. Основные свойства и параметры состояния термодинамических систем, и законы преобразования энергии. | Лекция, практические и виртуальные лабораторные занятия | | Проектор, презентации, компьютер |
| 3. | Термодинамические процессы и основы их анализа | Лекция, практические и виртуальные лабораторные занятия | | Проектор, презентации, компьютер |
| 4. | Термодинамика потока | Лекция, практические и виртуальные лабораторные занятия | | Проектор, презентации, компьютер |
| 5. | Элементы химической | Лекция, практические и | | Проектор, презентации, |

| | | | | |
|----|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | термодинамики | виртуальные лабораторные занятия | | компьютер |
| 6. | Теплообмен и массообмен | Лекция, практические занятия | | Проектор, презентации, компьютер |
| 7. | Методы анализа эффективности термодинамических процессов горного производства и управления интенсивности обмена энергией в них | Лекция, практические занятия | | Лекция, практические занятия |

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного учебного пособия);
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и СДО Moodle.

10.2. Перечень программного обеспечения

-MicrosoftOffice (Word, PowerPoint)

10.3. Перечень информационных справочных систем

Не используются.

