МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Бузулукский гуманитарно-технологический институт(филиал) федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Кафедра общепрофессиональных и технических дисциплин

|  |
| --- |
|  |

**Фонд**

**оценочных средств**

по дисциплине *«Теплотехника»*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов*

(код и наименование направления подготовки)

*Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (нефтегазодобыча)*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

*Программа академического бакалавриата*

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

Год набора 2022

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся направления 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов по дисциплине «Теплотехника»

Фонд оценочных средств обсужден на заседании кафедры

протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_от "\_\_\_" \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_г.

Декан факультета

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*подпись расшифровка подписи*

*Исполнители:*

*доцент Е. В. Фролова*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*должность подпись расшифровка подписи*

**Раздел 1. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины**

| Формируемые компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций | Виды оценочных средств/  шифр раздела в данном документе |
| --- | --- | --- | --- |
| ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности | ОПК-1-В-6 Применяет знания из области теплотехники в профессиональной деятельности | **Знать:**  – фундаментальные и прикладные исследования в области теплотехники, их роль в развитии науки и техники;  - принципы работы и расчета теплового оборудования; | Фонд тестовых заданий по дисциплине/Блок А.0  Пример теста, предъявляемого студенту, изучившему все темы дисциплины /Блок А.1  Вопросы для контроля по практическим занятиям /Блок А.2  Примерные темы для подготовки к коллоквиуму /  Блок А.3 |
| **Уметь:**  – объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с естественнонаучной и общеинженерной позиций;  – записывать уравнения для физических величин в системе СИ | Задачи/ Блок Б.1 |
| **Владеть:**  – навыками использования основных законов теплотехники в практических расчетах;  - навыками определение термического КПД, параметров состояния рабочего тела в характерных точках цикла, работы и теплоты в процессах, составляющих цикл;  - навыками построения и чтения диаграмм. | Расчетно-графические задания (многовариантные контрольные задачи)/Блок С.1 |

**Раздел 2. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки планируемых результатов обучения по дисциплине (оценочные средства). Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания**

## Блок А - Оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «знать»

**А.0 Фонд тестовых заданий по дисциплине**, разработанный и утвержденный в соответствии с Положением о Фонде тестовых заданий

А.1 Пример теста, предъявляемого студенту, изучившему все темы дисциплины(время выполнения теста – не более 40 минут)**:**

*Выберите один или несколько правильных ответов:*

**1 Первый закон термодинамики есть частный случай:**

1. Закона сохранения массы веществ.

**2. Закона сохранения и превращения энергии.**

3. Закона сохранения количества движения.

2  **На диаграмме p – Т изображены линии постоянного удельного объема – изохоры. Отнесите друг к другу удельные объемы v1, v2, v3**

v3

Т

р

v2

v1

1. v1 > v2 > v3.

2. v1 < v2 < v3.

**3. v1 = v2 = v3.**

**3 При увеличении энтропии (S2 > S1):**

1. Теплота не подводится и не

отводится.

2. Теплота отводится.

**3. Теплота подводится.**

**4 Два одинаковых цилиндра заполнены одинаковым газом и отличаются только тем, что в цилиндре А поршень закреплен, а в цилиндре В – уравновешен грузом. Начальные параметры газа (p,V,T) в обоих сосудах одинаковы.**

**К цилиндрам подводится одинаковое количество теплоты. В цилиндре А или В будет выше температура.**

А

В

1. В цилиндре А.

2. В цилиндре В.

**3. Температуры газа одинаковы.**

**5 Для каких рабочих тел значения теплоемкостей cp и cv очень мало отличаются друг от друга.**

1. Для газов.

2. Для жидкостей.

**3. Для твердых тел.**

**6 Теплоемкость какого процесса равна нулю.**

**1. Изотермического.**

2. Изохорного.

3. Адиабатного.

**7 Указать формулы для определения удельной теплоты q и удельной работы для изохорного процесса идеального газа.**



1. q = 0 ℓ = .



2. q = RT·ln(p1/p2) ℓ = q.

**3. q = cv·(T2-T1) ℓ = 0.**

**8 В процессе 1 – 2 к газу подвели некоторое количество теплоты. Выяснилось, что газ не совершил никакой работы. Как изменился удельный объем газа.**

**1. Увеличился.**

2. Не изменился.

3. Уменьшился.

**9 Газ с начальными параметрами p1, v1, T1 расширяется до одинакового объема v2 : а) в изотермическом процессе; б) в адиабатном процессе.**

**Укажите в каком процессе больше работа газа.**

1. В изотермическом.

**2. В адиабатном.**

3. Работы процессов одинаковы.

**10 Газ с нагревают от температуры T1 до температуры T2:**

**а) в изохорном процессе;**

**б) в изобарном процессе.**

**В каком процессе затрачено больше теплоты?**

1. В изохорном.

**2. В изобарном.**

3. Теплота процессов одинакова.

**11 Два сосуда различного объема: VA = 0,5 м3 и VB = 0,25 м3 заполняются воздухом при нормальных условиях, закрываются герметично и нагреваются до температуры T = 200 0С. Оцените значения конечного давления в сосудах.**

1. pA < pB. **2. pA > pB.**  3. pA = pB.

**4.7** **Виды приводов поршневого компрессора.**

**12 Двигателями внутреннего сгорания;**

2 Электродвигателями;

3 Гидравлическими двигателями;

**13**  **Какой вид компрессора не чувствителен к изменениям плотности газа?**

1 Роторный;

2 Центробежный;

**3 Поршневой;**

**14 На рисунках укажите цикл Ренкина (цикл паротурбинной установки).**

S

S

T

T

T

S

3.

2.

1.

**15 Укажите процесс расширения пара в турбине.**

2

3

5

4

1

S

T

1. Процесс 1-2.

2. **Процесс 2-3.**

3. Процесс 5-1.

**16 Влагосодержание влажного воздуха ‑ это:**

1. Количество водяного пара в 1 кг влажного воздуха.

**2. Количество водяного пара в 1 м3 влажного воздуха.**

3. Количество водяного пара, приходящееся на 1 кг сухого воздуха.

**17 Укажите температуру начала выпадения влаги из влажного воздуха.**

**1. При температуре мокрого термометра.**

2. При температуре выше температуры точки росы.

3. При температуре точки росы.

**18 Перенос теплоты при соприкосновении частиц, имеющих различную температуру, называется:**

**1. Теплопроводностью**.

2. Конвекцией.

3. Излучением.

**19 Регенераторы – это:**

1. Теплообменные аппараты, в которых передача теплоты между двумя жидкостями осуществляется через разделяющую стенку.

2. Теплообменные аппараты, в которых обмен теплотой осуществляется при смешивании горячей и холодной жидкостей.

**3. Теплообменные аппараты, в которых одна и та же поверхность нагрева омывается то горячей, то холодной жидкостью.**

1. **Уравнение теплового баланса в рекуперативном теплообменном аппарате, в котором происходит нагрев или охлаждение жидкости (без фазовых переходов), имеет вид:**

1. Q = α(tст – tж) F= - λ ж (∂t/∂n)ст F.

**2. Q = G1 ср1(t′1 -t″1) = G2 ·ср2(t″2 -t′2).**

3. Q = G1 (h1′ - h1″) = G2·r2(x2″-x2′).

**А.2 Вопросы для контроля по практическим занятиям**

**Раздел 1. Основные понятия и определения термодинамики**

1. Термодинамическая система и термодинамический процесс.
2. Основные термодинамические параметры рабочего тела.
3. Уравнение состояния для идеального газа. Основные газовые законы.
4. Уравнение состояния для реального газа. Основные газовые законы.

**Раздел 2. Первый и второй законы термодинамики**

1. Внутренняя энергия.
2. Работа расширения, теплота.
3. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
4. Теплоемкость газов.
5. Энтальпия, энтропия.

**Раздел 3. Термодинамические процессы**

1. Эксергия. Эксергия потока рабочего тела.
2. Изохорный процесс идеального газа в закрытых системах.
3. Изобарный процесс идеального газа в закрытых системах.
4. Изотермический процесс идеального газа в закрытых системах.
5. Адиабатный процесс идеального газа в закрытых системах.
6. Политропный процесс и его обобщающее значение.
7. Процесс парообразования. Основные понятия и определения.

**Раздел 4. Компрессорные установки**

1. Назначение компрессора
2. Классификация компрессоров
3. Сравнительная характеристика поршневого и винтового компрессоров
4. Виды сжатия в компрессорах
5. Термодинамический анализ процессов в компрессорах.

**Раздел 5. Термодинамические циклы**

1. Термодинамические процессы реальных газов.
2. Прямой цикл Карно.
3. Обратный и обобщенный циклы Карно.

**Раздел 6. Водяной пар. Влажный воздух. Циклы паросиловых установок**

1. Дросселирование паров и газов.
2. Циклы Карно и Ренкина насыщенного пара.
3. Цикл Ренкина на перегретом паре.

**Раздел 7. Основы теории теплообмена**

1. Основные понятия и определения теории теплообмена.
2. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности.
3. Описание процесса и основные определения лучистого теплообмена.
4. Теплообмен излучением между телами.
5. Особенности излучения газов.
6. Сложный теплообмен.

**Раздел 8. Холодильные агенты. Циклы холодильных машин**

1. Холодильные агенты и их свойства
2. Диаграмма свойств холодильных агентов
3. Принципиальная схема холодильной машины
4. Цикл парокомпрессионной холодильной машины

**А.3 Примерные темы для подготовки к коллоквиуму**

**Коллоквиум 1 (Первый рубежный контроль)**

**Раздел 1. Основные понятия и определения термодинамики**

Значение теплоты в науки и техники. Термодинамическая система. Термодинамические параметры состояния, процессы и системы; теплота, работа; термодинамическое равновесие; основные законы идеальных газов; уравнения Клапейрона и Клапейрона-Менделеева; уравнение Ван-дер-Ваальса; основные свойства газовых смесей.

**Раздел 2. Первый и второй законы термодинамики**

Фундаментальные законы теплотехники. Теплота и работа. Закон сохранения энергии; внутренняя энергия; работа процесса; обратимые и необратимые процессы; аналитическое выражение первого закона термодинамики; энтальпия; теплоемкость газов; энтропия. Основные положения второго закона термодинамики.

**Раздел 3. Термодинамические процессы**

Метод исследования термодинамических процессов. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы; политропные процессы; максимальная работа; эксергия; абсолютная термодинамическая температура. Принцип работы и расчета теплового оборудования

**Раздел 4. Компрессорные установки**

Термодинамические основы компрессора. Сравнение работы адиабатного, политропного и изотермического сжатия в компрессоре. Одноступенчатое и многоступенчатое сжатие. Теоретический рабочий процесс одноступенчатого поршневого компрессора. Виды компрессоров.

**Коллоквиум 2 (Второй рубежный контроль)**

**Раздел 5. Термодинамические циклы**

Круговые термодинамические процессы, циклы и теорема Карно. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Циклы газотурбинных установок (ГТУ).

**Раздел 6. Водяной пар. Влажный воздух. Циклы паросиловых установок**

Свойства реальных газов. Уравнения состояния реального газа. Понятия о водяном паре. Характеристика влажного воздуха. Цикл Ренкина. Циклы паротурбинных установок (ПТУ).

**Раздел 7. Основы теории теплообмена**

Понятие о тепловых процессах; виды тепломассообмена; температурное поле и градиент температуры; дифференциальное уравнение теплопроводности; граничные и начальные условия задач теплопередачи; теплопередача при стационарном режиме и граничных условиях первого и третьего рода; регулярный режим теплопроводности. Основные понятия теории конвективного теплообмена; дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; основы теории подобия; конвективный теплообмен в вынужденном и свободном потоке жидкости; теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества; основные законы теплового излучения; экраны; сложный теплообмен. Основные уравнения, теплового излучения и теплопередачи

**Раздел 8. Холодильные агенты. Циклы холодильных машин**

Основные типы холодильных агентов. Краткие сведения о них. Диаграммы свойств холодильных агентов. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной машины.

**Блок Б - Оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «уметь»**

**Б.1 - Задачи**

**Раздел 1 Основные понятия и определения термодинамики**

1.1. Найти плотность углекислого газа при нормальных условиях.

1.2. Какой объем занимают 100 кг азота при температуре 70 0С и давлении 0,2 МПа?

1.3. Определить массу воздуха, находящегося в аудитории площадью 120 м2 и высотой 3,5 м. Температура воздуха в аудитории равна 18 0С, а барометрическое давление составляет 100 кПа.

1.4. Определить число атомов в молекуле кислорода, если в объеме 10 л при температуре 30 0С и давлении 0,5 МПа находится 63,5 г кислорода.

1.5. В резервуаре вместимостью 8 м3 находится воздух давлением 10 МПа и при температуре 27 0С. После израсходывания части воздуха давление понизилось до 5 МПа, а температура – до 20 0С.

Определить массу израсходованного воздуха.

1.7. Компрессор нагнетает газ в резервуар объемом 10 м3. При этом давление в резервуаре увеличивается с 0,2 до 0,7 МПа при постоянной температуре газа в 20 0С.

Определить время работы компрессора, если его подача 180 м3/ч. Подача определена при нормальных условиях.

1.8. Компрессор нагнетает воздух в резервуар объемом 7 м3, при этом давление в резервуаре увеличивается от 0,1 до 0,6 МПа. Температура также растет от 15 до 50 0С.

Определить время работы компрессора, если его подача составляет 30 м3/ч, будучи отнесенной к нормальным условиям: 0,1 МПа и 0 0С.

1.9. Для определения теплоты сгорания топлива используют калориметрическую бомбу объемом 0,4 л, заполняемую кислородом. В процессе заряда достигается давление кислорода в бомбе, равное 2,2 МПа. Кислород поступает из баллона объемом 6 л. На сколько зарядов хватит кислорода в баллоне, если его начальное давление 12 МПа? При расчете принять температуру кислорода как в баллоне, так и при зарядке бомбы равной 20 0С.

1.10. Пуск стационарного двигателя осуществляется сжатым воздухом из баллона емкостью 40 л. На 1 запуск расходуется воздух объемом в 0,1 м3, определенным при нормальных условиях.

Определить число запусков двигателя, если давление в баллоне снижается от 2,5 до 1 МПа. Температуру воздуха принять равной 10 0С.

1.11. Сварочной горелкой расходуется за 1 ч кислород объемом 1 320 л при давлении 150 кПа и температуре 20 0С. Найти время, за которое давление кислорода в баллоне объемом 60 л уменьшится от 15 до 0,3 МПа. Температура кислорода в баллоне равна 30 0С.

1.12. Парциальное давление водяного пара в воздухе комнаты составляет 1,5 кПа.

Определить массу водяного пара в составе воздуха, если объем комнаты – 90 м3. Температуру воздуха принять равной 20 0С.

1.13. Определить диаметр воздуховода для подачи воздуха температурой 17 0С и давлением 100 кПа. Скорость воздуха в воздуховоде – 10 м/с, его массовый расход – 10 000 кг/ч.

1.14. Атмосферный воздух имеет следующий состав: объемная доля кислорода – 0,21, объемная доля азота – 0,79.

Определить массовый состав, газовую постоянную воздуха и парциальные давления кислорода и азота, если атмосферное давление равно 100 кПа.

1.15. Определить плотность газообразного топлива при нормальных условиях, если его объемный состав: СН4= 84,5%; С2Н6= 3,8%; С3Н8= 1,9%; С4Н10= 1,2%; N2= 7,8%; О2= 0,8%.

1.16. Найти плотность влажного воздуха при температуре 70 0С и давлении 100 кПа, если парциальное давление водяного пара 20 кПа. Сравнить с плотностью сухого воздуха при тех же параметрах воздуха.

1.17. Объемный состав сухих дымовых газов: N2= 80,3%, О2= 7,2%, СО2= 12,3%. Найти кажущуюся молекулярную массу и газовую постоянную.

1.18. В сосуде содержится смесь газов, состоящая из 10 кг кислорода и 15 кг азота при давлении 0,3 МПа и температуре 27 0С.

Определить объем сосуда.

1.19. Определить удельные теплоемкости аммиака при постоянных объеме и давлении, считая их постоянными, независящими от температуры.

1.20. Определить изохорную и изобарную объемные теплоемкости кислорода, отнесенные к нормальным условиям. Теплоемкости считать постоянными.

1.21. Определить средние удельные изобарную и изохорную теплоемкости воздуха в интервале температур от 100 до 1 000 0С, используя табличные данные о средних теплоемкостях. Сравнить полученные значения с результатами расчета в задаче 1.19.

1.22. Какое количество теплоты подводится к 50 кг газовой смеси при ее нагреве в изобарном процессе от 300 до 700 0С. Объемный состав газовой смеси: ; ; . Расчет выполнить с учетом зависимости теплоемкости от температуры.

**Раздел 2 Первый и второй законы термодинамики**

2.1. Двигатель передвижной электростанции расходует в час 13 кг топлива с теплотой сгорания 43 000 кДж/кг. Эффективный КПД двигателя – 30%, КПД электрогенератора – 85%.

Какое количество электроэнергии выработано за 5 часов работы?

2.2. Для определения мощности двигателя при испытании используются охлаждаемые водой тормоза. При этом работа, произведенная двигателем, расходуется на преодоление трения и превращается в теплоту. Около 75% этой теплоты отводится водой.

Определить расход воды, если мощность испытуемого двигателя составляет 70 кВт. При расчете принять начальную температуру воды равной 10 0С, а конечную – равной максимально допустимой температуре воды 80 0С.

2.3. Автомобиль движется со скоростью 70 км/ч, при этом работа двигателя характеризуется средним значением мощности в 25 кВт (34 л.с.)

Определить расход топлива на 100 км пути, если КПД силовой установки составляет 25 %, а теплота сгорания топлива равна 43 МДж/кг.

2.4. Определить время нагрева 500 л воды от 10 0С до температуры кипения при атмосферном давлении в емкостном электроводонагревателе. Мощность электронагревателя 25 кВт.

Теплопотери принять в размере 10% теплоты, необходимой для нагрева воды.

2.5. Мощность тепловой электрической станции составляет 100 МВт.

Определить расход топлива, если КПД электростанции равен 35%, а теплота сгорания топлива = 30 МДж/кг.

2.6. Определить эффективный КПД автомобильного двигателя мощностью 73,6 кВт, если расход бензина 22 кг/ч при теплоте сгорания 40 МДж/кг.

2.7. При испытании теплового двигателя было установлено, что удельный расход топлива равен 64 г/МДж.

Определить эффективный КПД двигателя, если теплота сгорания топлива равна 42 000 кДж/кг.

2.8. В котельной электрической станции сожжено 62 т топлива, имеющего теплоту сгорания 30 МДж/кг. Время работы – 5 ч, КПД электростанции – 35%.

Определить среднюю электрическую мощность электростанции за указанный промежуток времени.

2.9. В сосуд, содержащий 0,5 л воды, при температуре 20 0С помещен электронагреватель мощностью 800 Вт.

Определить время нагрева воды до 100 0С. При расчете принять теплопотери в размере 20% от теплоты нагрева воды.

2.10. В машине происходит нагрев ее стальных деталей массой 300 кг на 40 0С за 20 мин.

Определить потери мощности машины, приняв удельную теплоемкость стали равной 0,5 кДж/(кг К).

2.11. В топке водогрейного котла сжигается 96 кг/ч торфа с низшей теплотой сгорания 10 100 кДж/кг.

Определить КПД котлоагрегата, если в нем подогревается вода от 70 0С до 115 0С. Расход воды – 4 т/ч.

2.12. От 7 кг азота отведено 2 500 кДж теплоты, при этом температура газа увеличилась от 100 0С до 250 0С.

Определить работу, характерную для рассматриваемого термодинамического процесса, и установить, как изменился объем, занимаемый газом, если давление возросло в три раза.

Изобразите схематично процесс в диаграмме .

2.13. Кислород массой 12 кг находится в цилиндре. К кислороду подведена теплота в количестве 250 кДж и в процессе расширения им совершена работа, равная 360 кДж.

Определить изменение температуры газа в данном процессе, считая теплоемкость постоянной.

2.14. В процессе расширения азота к нему подводится теплота в размере 200 кДж/кг, а его температура понижается на 95 0С.

Определить удельную работу в процессе, приняв теплоемкость постоянной.

2.15. Тяговое усилие трактора составляет 10 кН при скорости 7 км/ч. Эффективный КПД двигателя – 0,35; КПД передачи и ходовой части – 0,65.

Определить расход топлива в течение 1 ч при теплоте сгорания 42 МДж/кг.

2.16. В цилиндре двигателя происходит сжатие воздуха, при этом затрачивается работа в 380 кДж/кг и отводится теплота от воздуха в количестве 30 кДж/кг.

Определить температуру воздуха в конце процесса сжатия, если начальная температура составляет 30 0С.

**Раздел 3 Термодинамические процессы**

3.1 В емкости объемом = 90 л содержится воздух при давлении 0,8 МПа и температуре 30 0С. К воздуху подводится теплота в количестве 500 кДж. Считая теплоемкость переменной, определить конечные температуры и давление.

3.2 Определить мощность электрокалорифера для нагрева воздуха от  -20 0С до  20 0С, в процессе при постоянном давлении = 100 кПа. Объемный расход воздуха при параметрах холодного воздуха равен 1 800 м3/ч.

3.3 Какое количество кислорода необходимо взять, чтобы при изобарном расширении от 100 0С до 700 0С газ совершил работу в 250 кДж?

Какое количество теплоты должно быть при этом отведено или подведено? Расчет выполнить при постоянной и переменной теплоемкости.

3.4 Газовая смесь, имеющая следующий массовый состав: СО2= 14%; О2= 6%; N2= 75%; Н2О= 5%, нагревается при постоянном давлении от 200 до 900 0С.

Определить количество теплоты, подведенной к 1 кг газовой смеси, считая теплоемкость переменной.

3.5 Воздух массой 2 кг сжимается при постоянной температуре 27 0С. Давление увеличивается в 5 раз.

Определить работу сжатия и теплоту, отведенную от воздуха.

3.6 При изотермическом сжатии 10 кг азота, начальные параметры которого: = 0,1 МПа и = 25 0С, затрачена работа в 1 000 кДж.

Найти давление сжатого газа и количество отведенной теплоты.

3.7 В баллоне объемом 40 л находится сжатый кислород при давлении 14 МПа и температуре 20 0С. После быстрого открытия выпускного вентиля кислород вытекает в атмосферу в условиях отсутствия теплообмена с окружающей средой. Давление в баллоне после выпуска становится равным 7 МПа. Затем вентиль закрывается.

Определить температуру кислорода сразу после окончания его выпуска. Какая масса кислорода выпущена из баллона?

3.8. В цилиндре емкостью 0,2 л находится под поршнем-крышкой воздух при давлении 10 МПа и температуре 20 0С.

Определить скорость вылета крыши при ее внезапном освобождении, если масса крышки 1 кг, а воздух расширяется в адиабатном процессе в 3 раза, прежде чем перестает действовать на крышку.

Какой будет температура воздуха в конце его расширения?

3.9 Двухатомный газ адиабатно расширяется в 5 раз, а затем сжимается изотермически до первоначального объема. Как и во сколько раз изменится давление по сравнению с первоначальным.

Представить процессы в диаграмме .

3.10 Определить минимальную необходимую степень сжатия () воздуха в адиабатном процессе, для достижения им температуры, достаточной для самовоспламенения топлива. Температура самовоспламенения равна 650 0С. Начальная температура воздуха =7 0С.

3.11. В газгольдере объемом 15 м3 находится метан при давлении 0,8 МПа и температуре 10 0С. Благодаря солнечной радиации температура газа увеличилась до 25 0С.

Как изменилось давление метана в газгольдере и какое количество теплоты израсходовано на нагрев газа?

3.12. В баллоне вместимостью 50 л находится воздух при давлении 1 МПа и температуре 27 0С. В результате охлаждения от газа отведена теплота в количестве 200 кДж. Определить давление в баллоне после охлаждения.

3.13. Кислород расширяется в политропном процессе (*n*= 1,2). Начальные параметры: = 3 МПа и = 600 0С. Конечная температура = 420 0С.

Определить удельную теплоту и удельную работу, а также удельную теплоемкость кислорода в данном процессе.

3.14. Азот сжимается адиабатно до объема меньше начального в 5 раз, а затем расширяется изотермически до первоначального объема.

Определить удельную работу в этих процессах. Представить процессы в диаграмме . При расчете принять начальную температуру равной 27 0С.

3.15. При политропном сжатии водорода массой 0,5 кг давление повышается от 0,1 до 10 МПа, а температура – от 18 до 180 0С. Определить показатель политропы, работу и теплоту процесса.

3.16. Окись углерода расширяется политропно от начальных значениий: объема 10 м3 , давления 1,3 МПа и температуры 227 0С до давления 0,16 МПа. Увеличение объема происходит в 5 раз.

Определить показатель политропы, работу и теплоту процесса.

3.17. Воздух, начальная температура которого равна 17 0С, адиабатно сжимается до объема, составляющего 15% от начального.

После этого воздуха расширяется при постоянном давлении до первоначального объема. Изобразить процессы в диаграмме , рассчитать удельную работу, совершенную воздухом в результате этих процессов.

**Раздел 4 Компрессорные установки**

.

4.1. Подача компрессора составляет 280 м3/ч, будучи определенной при температуре = 30 0С и давлении = 0,1 МПа.

Определить теоретическую мощность привода компрессора при адиабатном сжатии азота до конечного давления = 0,8 МПа.

4.2. Определить подачу поршневого компрессора при изотермическом сжатии, если теоретическая мощность привода компрессора равна 40 кВт. Начальные параметры воздуха: = 0,1 МПа, = 20 0С; конечное давление = 0,6 МПа.

4.3. Доля объема вредного пространства по отношению к геометрическому объему цилиндра составляет 7 %.

Определить при какой степени повышения давления подача компрессора станет равной нулю. Процесс расширения оставшегося сжатого газа принять политропным при *n* = 1,3.

4.4. Подача воздушного компрессора 1 500 м3/ч, будучи определенной при нормальных условиях. Параметры воздуха во всасывающем патрубке компрессора: давление = 95 кПа и температура = 15 0С. Давление воздуха увеличивается в 10 раз.

Определить для политропного процесса сжатия (*n* = 1,25):

– температуру сжатого воздуха;

– объемный расход сжатого воздуха на выходе компрессора;

– теоретическую мощность привода компрессора;

– расход охлаждающей воды при = 15 0С.

4.5. Рассчитать изотермический процесс сжатия по исходным данным задачи 4.4.

Определить требуемые по условиям задачи 4.4. величины.

4.6. Поршневой компрессор сжимает 600 м3/ч воздуха от давления = 0,1 МПа до давления = 0,6 МПа.

Определить теоретическую мощность привода компрессора при изотермическом, адиабатном и политропном (*n* = 1,3) сжатии. Подача компрессора определена при нормальных условиях, начальная температура газа = 20 0С.

4.7. В результате уменьшения расхода охлаждающей воды ухудшились условия охлаждения газа в компрессоре и температура сжатого азота увеличилась от 100 до 180 0С. Как при этом изменилась теоретическая мощность привода компрессора? Степень повышения давления осталась прежней, равной пяти. Массовый расход азота не изменился. Начальная температура азота = 17 0С.

4.8. Определить относительное изменение теоретической мощности привода компрессора при переходе от одноступенчатого сжатия к двухступенчатому с охлаждением сжатого газа после первой ступени до первоначальной температуры. Повышение давления в 9 раз, при двухступенчатом сжатии – в каждой ступени в 3 раза. Сжатие политропное при *n* = 1,25.

4.9. Компрессор всасывает каждую минуту 100 м3 газа при температуре 20 0С и давлении 0,1 МПа. Давление сжатого газа = 0,8 МПа. Определить теоретическую мощность компрессора при адиабатном сжатии.

**Раздел 5 Термодинамические циклы**

5.1. Начальные параметры воздуха, поступающего в компрессор ГТУ с изобарным подводом теплоты:  = 0,1 МПа и = 20 0С. Степень повышения давления в компрессоре = 6. Температура рабочего тела перед адиабатным расширением в турбине = 700 0С.

Определить:

– параметры (   и ) в узловых точках цикла;

– удельную работу цикла и термический КПД;

– удельную теплоту в процессах подвода (отвода) теплоты;

– теоретическую мощность ГТУ.

При расчете принять объемный расход рабочего тела = 200 000 м3/ч при начальных параметрах воздуха.

5.2. Определить термический КПД и удельную работу цикла поршневого ДВС с изобарным подводом теплоты. При расчете принять:  = 0,098 МПа, = 30 0С, = 14 и = 1,7. Рабочее тело – воздух.

Изобразить цикл схематично в диаграммах **** и ****.

5.3. Рассчитать цикл поршневого ДВС с изохорным подводом теплоты, если дано:  = 0,1 МПа, = 17 0С, = 4, = 2,2. Рабочее тело – воздух.

Определить параметры (  ) в узловых точках, удельные теплоту и работу в процессах, удельную работу и термический КПД цикла.

5.4. Найти параметры (  ) в узловых точках, удельные количества подведенной и отведенной теплоты, удельную работу цикла, термический КПД цикла поршневого ДВС с изобарным подводом теплоты.

Дано:  = 100 кПа, = 17 0С, = 20 и = 1,8. Рабочее тело – воздух.

5.5. Рассчитать термический КПД цикла поршневого ДВС с изобарным подводом теплоты, если известны температуры в узловых точках: = 40 0С, = 600 0С, = 270 0С. Принять показатель адиабаты = 1,4.

5.6. Найти термический КПД цикла поршневого ДВС с изобарным подводом теплоты при заданных параметрах в узловых точках:  = 100 кПа, = 0 0С, = 5,5 МПа и = 300 кПа. Рабочее тело – двухатомный газ.

5.7. Определить параметры (  ) узловых точек, термический КПД и удельную работу цикла ГТУ с изобарным подводом теплоты.

Дано:  = 98 кПа, = 20 0С, = 590 0С и = 8.

Рабочее тело – воздух.

Представить цикл в диаграммах **** и **.**

**Раздел 6 Водяной пар. Влажный воздух. Циклы паросиловых установок**

6.1. Найти массу водяного пара объемом 10 м3 при давлении 1,4 МПа и степени сухости 0,96.

6.2. Найти удельную теплоту в процессе получения сухого насыщенного пара давлением 0,15 МПа из воды температурой 20 0С.

6.3 Определить до какого давления необходимо дросселировать пар с начальными параметрами = 1,2 МПа, = 0,95, чтобы пар стал сухим насыщенным. Определить температуру и энтальпию пара после дросселирования.

6.4. Определить расход топлива за 1 ч в котельном агрегате, паропроизводительность которого 6,5 т/ч. Пар вырабатывается сухой насыщенный давлением 1,37 МПа.

При расчете принять:

– теплота сгорания топлива составляет 25 МДж/кг;

– температура воды, поступающей в котельный агрегат, равна 100 0С;

– КПД котельного агрегата – 78%.

6.5. Рассчитать диаметр паропровода, по которому протекает сухой насыщенный водяной пар при давлении 0,15 МПа. Расход пара – 1 т/ч, скорость пара – 50 м/с.

6.6. В барабане котла объемом 11 м3 содержатся водяной пар и вода при давлении 1,4 МПа и температуре насыщения. Водяной пар занимает объем в 10 м3.

Определить массы пара и воды в барабане.

6.7. Определить расход пара давлением 0,15 МПа и степенью сухости, равной 0,95, на запаривание зерна в кормозапарнике. Начальную температуру зерна принять равной 18 0С.

Масса зерна – 2,5 т, температура запаривания – 95 0С.

При запаривании кормозапарник заполняется холодной водой при температуре 5 0С из расчета 1,5 кг воды на 1 кг зерна.

Удельная теплоемкость зерна – 2,2 кДж/(кг.К).

Теплопотерями при расчете пренебречь.

6.8. В барабане парового котла находится кипящая вода и сухой насыщенный пар. Во сколько раз масса кипящей воды превышает массу сухого насыщенного пара, если объем барабана равен 5 м3, а объем кипящей воды составляет 2 м3? Давление в барабане котла равняется 1 МПа.

6.9. В теплообменнике подогревается мазут от 20 0С до 90 0С. Определить часовой расход пара, параметры которого на входе в теплообменник: давление – 0,9 МПа, степень сухости – 0,94. При расчете принять, что расход мазута равен 600 кг/ч, его удельная теплоемкость – 2,1 кДж/(кг.К). Пар конденсируется полностью без переохлаждения конденсата.

6.10. Водяной пар расширяется адиабатно от начальных параметров = 5 МПа и = 500 0С до конечного давления = 4 кПа. Найти удельную работу и изменение удельной внутренней энергии.

6.11. В пароводяном теплообменнике происходит нагрев воды в количестве 10 т/ч от 10 до 90 0С. В качестве горячего теплоносителя используется водяной пар, параметры которого на входе в теплообменник: = 0,8 МПа, = 0,92. Пар конденсируется полностью без переохлаждения конденсата.

Определить расход пара.

6.12. Рассчитать КПД котла производительностью 200 кг/ч при давлении вырабатываемого сухого насыщенного пара 0,15 МПа.

В течение часа сожжено 80 кг топлива теплотой сгорания 10 МДж/кг. Температура питательной воды 20 0С.

6.13. В сепаратор–расширитель котельной установки подается продувочная вода при температуре насыщения и давлении 1,4 МПа. В сепараторе поддерживается давление 0,2 МПа. Сколько образуется сухого насыщенного пара в течение 1 ч из продувочной воды, расход которой составляет 700 кг/ч?

6.14 Водяной пар, начальное давление которого равно 1 МПа, а степень сухости равна 0,98, дросселируется до давления 0,12 МПа.

Определить изменение температуры пара в результате дросселирования.

6.15. Паровая турбина мощностью 100 МВт работает паром давлением = 10 МПа и = 550 0С. Давление в конденсаторе = 5 кПа.

Определить теоретический часовой расход пара на турбину.

6.16. Паровая турбина работает при следующих начальных параметрах пара: давление 3 МПа, температура 350 0С. Конечное давление отработавшего пара 6 кПа. Мощность электростанции 50 МВт.

Определить теоретический часовой расход пара и термический КПД цикла.

6.17. Начальные параметры пара = 4 МПа, = 400 0С, конечное давление отработавшего пара = 5 кПа. Мощность турбины 20 МВт.

Определить расход воды в конденсаторе, если температура воды на входе в конденсатор составляет 24 0С, а на выходе из конденсатора равна 32 0С.

6.18. При пастеризации молока предусматривают нагрев горячей воды за счет ее смешивания с водяным паром в инжекторе. Найти часовой расход пара для подогрева воды от 74 до 78 0С при расходе воды 12 т/ч. Пар используется влажный насыщенный давлением 0,15 МПа и степень сухости 0,95.

6.19. Водяной пар с параметрами = 3 МПа и = 0,92 вначале перегревается в пароперегревателе при постоянном давлении, а затем адиабатно расширяется до давления 0,1 МПа и степени сухости 0,9. Определить изменение внутренней энергии пара в каждом из этих процессов и максимальную температуру пара.

**Раздел 7 Основы теории теплообмена**

7.1. Определить потерю теплоты за 1 ч через кирпичную стену площадью 20 м2, выполненную из красного глиняного кирпича толщиной 380 мм. Температуры на поверхностях стены составляют 110 и 40 0С.

7.2. Плоскую поверхность надо изолировать так, чтобы потери теплоты с единицы площади поверхности не превышали 450 Вт/м2. Температура внутренней поверхности изолируемой стальной стенки равна 500 0С, а температура внешней поверхности изоляции составляет 50 0С.

Определить требуемую толщину тепловой изоляции, выполненной минераловатными матами марки 100. Толщина стенки из углеродистой стали равна 10 мм.

7.3. Лыжник одет в куртку из поролона, покрытого изнутри и снаружи тканью толщиной 0,5 мм и теплопроводностью 0,1 Вт/(м.К). Толщина поролона 10 мм, его теплопроводность 0,05 Вт/(м.К). При ходьбе на внутренней поверхности куртки устанавливается температура 29 0С, а на наружной – «минус» 15 0С. Определить теплопотери с 1 м2 куртки за 1 ч.

7.4 Поверхностная плотность теплового потока через укрытие картофельного бурта не должна превышать 10 Вт/м2. Температуры на поверхностях укрытия 2 и «минус» 20 0С. Укрытие выполнено из слоя подзолистого грунта толщиной 0,3 м и слоя уплотненной соломы теплопроводностью 0,15 Вт/(м К). Определить требуемую толщину слоя соломы.

7.5 Стены телятника выполнены трехслойными: железобетон толщиной 50 мм, пенополистирол толщиной 80 мм и железобетон толщиной 50 мм.

Температура на наружной поверхности стены «минус» 20 0С, на внутренней поверхности 12 0С. Определить плотность теплового потока и температуры в плоскости соприкосновения слоев.

7.6 Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной 250 мм и минераловатных плит толщиной 50 мм. Со стороны плит предусмотрена штукатурка толщиной 25 мм.

Определить плотность теплового потока и температуры в плоскости соприкосновения слоев. Температуры наружных поверхностей стен равны 110 и 35 0С.

7.7. Стальная стенка толщиной 10 мм покрыта слоем минераловатного войлока толщиной 50 мм и штукатуркой толщиной 10 мм. Коэффициент теплопроводности стали 45 Вт/(м.К), минераловатного войлока 0,064 Вт/(м.К).

Температура наружной поверхности стальной стенки 175 0С, наружной поверхности штукатурки 45 0С. Определить плотность теплового потока и температуры в плоскости соприкосновения слоев.

7.8 Стены «снежного» домика выполнены, считая изнутри, из фанеры толщиной 10 мм, суглинка и снега. Поверхностная плотность теплового потока не должна превышать 60 Вт/м2. Расчетные температуры поверхностей стены 20 0С и «минус» 25 0С. Какой толщины должны быть слои суглинка и снега, при условии минимально возможной толщины суглинка? Что произойдет, если толщина слоя снега будет больше расчетной?

7.9 Паропровод наружным диаметром 89 мм и длиной 30 м теплоизолирован минераловатными плитами марки 75, толщиной 50 мм. Температуры на внешней и внутренней поверхностях изоляции соответственно равны 40 и 190 0С. Определить потерю теплоты паропроводом в течение суток.

7.10 Электронагреватель мощностью 2 кВт расположен внутри фарфоровой трубки внутренним диаметром 44 мм и толщиной 3 мм. Длина трубки – 0,75 м. Электронагреватель предназначен для подогрева воды до температуры 150 0С. Температура трубки не должна превышать 250 0С. Обеспечиваются ли допустимые условия работы фарфоровой трубки, если температура ее внешней поверхности на 7 0С выше температуры воды.

7.11 Рассчитать допустимую силу тока по проводу диаметром 2 мм и удельным электрическим сопротивлением  Ом.м. Допустимая температура электрической изоляции 70 0С, температура на наружной ее поверхности 50 0С. Теплопроводность электрической изоляции 0,16 Вт/(м.К), толщина 1 мм.

7.12 Найти толщину тепловой изоляции трубопровода тепловых сетей, выполненную из пенополистирола. Температура трубопровода 150 0С, а наружной поверхности теплоизоляционной конструкции 40 0С. Линейная плотность теплового потока через тепловую изоляцию не должна превышать 90 Вт/м. Наружный диаметр трубопровода составляет 219 мм.

7.13 Обмуровка печи выполнена трехслойной: пеношамот, красный глиняный кирпич и силикатный кирпич. На внутренней поверхности обмуровки температура 1 150 0С, на внешней – 60 0С. Толщина кладки из красного кирпича – 250 мм, из силикатного – 60 мм.

Какой должна быть толщина пеношамота, чтобы температура красного кирпича не превышала 750 0С? При этой толщине пеношамота найти температуру в плоскости соприкосновения кладок из красного и силикатного кирпичей.

7.14 Плоская стальная стенка толщиной 30 мм омывается с одной стороны – дымовыми газами, температура которых 770 0С, а с другой стороны воздухом температурой 150 0С. Коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к стенке и от стенки к воздуху равны соответственно – 45 и 80 Вт/(м2.К).

Определить температуры поверхностей стенки.

7.15 Рассчитать температуры чистой и загрязненной стенки чугунного водогрейного котла.

Толщина стенки – 8 мм, коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к стенке и от стенки к воде соответственно 50 и 1 200 Вт/(м2.К). Температуры дымовых газов и нагреваемой воды – 1 000 0С и 95 0С. Стенка загрязнена слоем сажи (со стороны газов) толщиной 1 мм и слоем накипи (со стороны воды) толщиной 2 мм.

**Раздел 8 Холодильные агенты. Циклы холодильных машин**

8.1. Найти массу влажного насыщенного пара хладона R12, заполняющего объем 2 м3 при давлении 0,2 МПа. Степень сухости пара равна 0,8.

8.2. Определить удельную теплоту перегрева пара аммиака, давление которого 0,19 МПа, а температура 30 0С.

8.3. Сухой насыщенный пар аммиака сжимается адиабатно от начального давления 0,093 МПа до конечного – 1,17 МПа.

Определить температуру сжатого хладона и удельную работу привода компрессора.

8.4. В аммиачной парокомпрессионной холодильной машине температура пара после компрессора 120 0С, а давление – 1,35 МПа. Температура жидкости аммиака перед регулятором давления составляет 30 0С. Расход аммиака 500 кг/ч. Определить расход охлаждающей воды, если ее температура повышается на 5 0С, в процессе охлаждения аммиачного пара, его конденсации и охлаждения жидкого аммиака.

8.5 Тепловая мощность (холодопроизводительность) холодильной машины 200 кВт, а холодильный коэффициент равен 3. Найти изменение температуры воды, охлаждающей конденсатор машины, если расход воды составляет 60 т/ч.

8.6. В баллоне вместимостью 50 л находится аммиак массой 5 кг при температуре 16 0С.

Определить давление в баллоне и массу жидкого аммиака.

8.7. Массовый расход аммиака в тракте холодильной машины 210 кг/ч.

Определить диаметр всасывающего трубопровода на входе в компрессор, если температура аммиака равна «минус» 15 0С, а давление – 0,19 МПа. Скорость пара аммиака в трубопроводе принять равной 4,8 м/с.

8.8. Массовый расход хладона R12 равен 100 кг/ч. Определить диаметр нагнетательного трубопровода после компрессора, если пар хладона является сухим насыщенным при давлении 1 МПа. Скорость пара в трубопроводе составляет 1 м/с.

8.9. Теоретическая мощность компрессора аммиачной холодильной машины составляет 40 кВт. На выходе компрессора – сухой насыщенный пар при = 25 0С, а на входе – влажный насыщенный пар при = –10 0С. Сжатие в компрессоре является адиабатным. Определить холодопроизводительность холодильной машины.

8.10 Как изменится холодильный коэффициент в условиях задачи 7.16, если предусмотреть охлаждение образующегося конденсата до 25 0С?

8.11. Выполнить расчет по условиям задачи 7.10, если в качестве холодильного агента используется аммиак. Сравнить полученные результаты с вышеприведенными.

8.12. В качестве рабочего вещества паровой компрессорной холодильной машины используется хладон R12, который поступает в компрессор с температурой «минус» 20 0С и сжимается адиабатно до состояния сухого насыщенного пара при температуре 30 0С. Определить холодильный коэффициент и теоретический расход хладона при холодильной мощности машины в 15 кВт.

8.13 В компрессор аммиачной холодильной машины поступает сухой насыщенный пар при температуре = –20 0С. Температура конденсации = 45 0С. Найти холодильный коэффициент, приняв процесс сжатия в компрессоре адиабатным.

8.14. Выполнить расчет по условиям задачи 7.13, приняв в качестве холодильного агента аммиак. Сравнить полученные результаты с расчетными в задаче 7.13. Для определения параметров перегретого пара аммиака использовать табл. Е.3 приложения Е.

8.15. В компрессор холодильной машины поступает сухой насыщенный пар аммиака при температуре = –15 0С и сжимается адиабатно до температуры 80 0С. Определить холодильный коэффициент при условии отсутствия переохлаждения конденсата.

**Блок С - Оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «владеть»**

**С.1 Расчетно-графические задания** **(многовариантные контрольные задачи)**

Многовариантные контрольные задачи могут быть использованы для самостоятельной работы студентов и выполнения домашних расчетно-графических работ.

**Раздел 1 - Основные понятия и определения термодинамики. Раздел 2 - Первый и второй законы термодинамики. Раздел 3 - Термодинамические процессы**

**РГЗ 1. Идеальные газы и газовые смеси. Теплоемкость газов**

Газообразные продукты сгорания топлива охлаждаются в изобарном процессе от температуры до температуры . Состав газов задан в объемных долях: , и . Найти количество теплоты, отдаваемое 1 м3 продуктов сгорания. Объем определен при нормальных условиях.



Исходные данные принять по табл. 1 в зависимости от последних цифр зачетной книжки (номера варианта). Расчет выполнить с использованием средних теплоемкостей.

Таблица 1 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | Объемный состав, % | | | Предпоследняя цифра шифра | Температуры | |
|  |  |  | , 0С | , 0С |
| 1 | 17 | 72 | 11 | 1 | 800 | 200 |
| 2 | 25 | 67 | 8 | 2 | 700 | 300 |
| 3 | 19 | 75 | 6 | 3 | 1 500 | 400 |
| 4 | 15 | 64 | 21 | 4 | 1 400 | 500 |
| 5 | 16 | 70 | 14 | 5 | 1 300 | 600 |
| 6 | 14 | 57 | 29 | 6 | 1 200 | 200 |
| 7 | 14 | 73 | 13 | 7 | 1 100 | 300 |
| 8 | 10 | 70 | 20 | 8 | 1 000 | 400 |
| 9 | 14 | 79 | 7 | 9 | 900 | 500 |
| 0 | 11 | 73 | 16 | 0 | 800 | 600 |

**Раздел 4 - Компрессорные установки**

**РЗГ 2. Рабочий процесс поршневого компрессора**

В одноступенчатом поршневом компрессоре с объемной подачей сжимается смесь газов от давления = 100 кПа до давления . Начальная температура газовой смеси , ее состав задан массовыми долями , , , . Подача компрессора приведена к нормальным условиям (= 101,3 кПа и = 0 0С).



Определить удельный объем и удельную энтропию газовой смеси перед сжатием.

Рассчитать для изотермического, адиабатного и политропного (с показателем политропы *n*) процессов сжатия:

– температуру, удельный объем и удельную энтропию смеси газов в конце процесса сжатия;

– теоретическую мощность привода;

– расход охлаждающей воды , кг/ч, при повышении температуры воды в рубашке компрессора на 10 0С.



Расчет выполнить без учета влияния вредного пространства, принимая теплоемкость смеси газов постоянной в каждом из процессов.

Построить в масштабе рабочий процесс компрессора в диаграммах и . Исходные данные приведены в табл. 1 в зависимости от последних цифр зачетной книжки (номера варианта).



Таблица 1 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | Состав смеси, массовые доли газов, % | | | | Предпоследняя цифра  шифра | ,  кПа | *n* | ,  0С | ,  м3/ч |
|  |  |  |  |
| 1 | 30 | 5 | 10 | 60 | 1 | 500 | 1,1 | 5 | 30 |
| 2 | 15 | 10 | 15 | 60 | 2 | 550 | 1,12 | 10 | 50 |
| 3 | 20 | 15 | 15 | 50 | 3 | 600 | 1,14 | 15 | 80 |
| 4 | 35 | 20 | 10 | 35 | 4 | 650 | 1,16 | 20 | 100 |
| 5 | 10 | 40 | 5 | 45 | 5 | 700 | 1,18 | 30 | 120 |
| 6 | 15 | 30 | 15 | 40 | 6 | 750 | 1,2 | 5 | 150 |
| 7 | 25 | 15 | 20 | 40 | 7 | 800 | 1,23 | 10 | 200 |
| 8 | 20 | 25 | 5 | 50 | 8 | 850 | 1,26 | 20 | 250 |
| 9 | 20 | 10 | 15 | 55 | 9 | 900 | 1,29 | 25 | 300 |
| 0 | 30 | 15 | 10 | 45 | 0 | 1000 | 1,32 | 30 | 400 |

**Раздел 5 - Термодинамические циклы**

**РГЗ 3. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания**

**и газотурбинных установок**

1 Рассчитать цикл поршневого ДВС по заданным начальным параметрам состояния рабочего тела (, ) и параметрам цикла (,, ). В качестве рабочего тела принять воздух.



При расчете определить основные параметры состояния ( и ) в характерных точках цикла, подведенную и отведенную удельную теплоту, термический КПД и удельную работу цикла.



Построить цикл в масштабе в диаграммах и **.**



Исходные данные принять в соответствии с табл. 1.

Таблица 1 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры цикла | Последняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| *0* | *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
|  | 7 | 18 | 13 | 8 | 20 | 15 | 9 | 23 | 12 | 6 |
|  | 1,8 | 1,0 | 1,2 | 1,7 | 1,0 | 1,3 | 2,0 | 1,0 | 1,4 | 1,9 |
|  | 1,0 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 2,3 | 1,7 | 1,0 | 1,9 | 1,5 | 1,0 |
|  | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| , кПа | 95 | 120 | 100 | 150 | 180 | 110 | 98 | 102 | 96 | 95 |
| , 0С | 40 | 30 | 25 | 27 | 17 | 20 | 35 | 27 | 7 | 0 |

2 Для цикла ГТУ с изобарным подводом теплоты определить параметры ( и ) рабочего тела (воздуха) в характерных точках цикла, подведенную и отведенную удельную теплоту, удельную работу цикла и термический КПД, теоретическую мощность ГТУ.



Начальное давление = 0,1 МПа, начальная температура = 27 0С. Степень повышения давления в компрессоре , температура рабочего тела перед турбиной и расход рабочего тела выбрать по табл. 2 в зависимости от шифра (номера варианта).



Изобразить цикл в масштабе в диаграммах и **.**



Таблица 2 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Последняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| *0* | *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
|  | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | 8,5 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|  | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| , 0С | 600 | 625 | 650 | 675 | 700 | 725 | 750 | 775 | 800 | 825 |
| , кг/с | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |

**Раздел 6 - Водяной пар. Влажный воздух. Циклы паросиловых установок**

**РЗГ 4. Водяной пар. Циклы паросиловых установок**

Рассчитать идеальный цикл паросиловой установки – цикл Ренкина по заданным начальным параметрам перегретого водяного пара (, ) и давлению пара в конденсаторе ().



Определить параметры состояния воды и водяного пара (, , , , , ) в характерных точках цикла (рис. 6.1), удельную работу цикла, термический КПД и удельный расход пара. При этом не учитывать удельную работу, затрачиваемую в насосе.



Изобразить цикл в и – диаграммах. Показать стрелками процессы подвода и отвода теплоты, а штриховкой – удельную работу цикла.



Исходные данные принять по табл. 1. Состояние пара в точке характеризуется давлением и степенью сухости .



Таблица 1 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры цикла | Последняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| *0* | *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
| , МПа | 4,5 | 2,0 | 3,0 | 3,5 | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 5,0 | 3,5 | 2,0 |
| , 0С | 490 | 480 | 450 | 470 | 440 | 420 | 430 | 500 | 410 | 450 |
|  | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
|  | *0* | *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
| , кПа | 4,0 | 3,0 | 4,5 | 45 | 5,0 | 30 | 20 | 7,5 | 40 | 10 |
| , % | 87 | 95 | 96 | 92 | 98 | 95 | 88 | 97 | 95 | 90 |

**Раздел 7 - Основы теории теплообмена**

**РГЗ 5. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции.**

**Теплообмен излучением**

По горизонтальному трубопроводу внутренним диаметром и толщиной стенки движется горячая вода со скоростью и средней температурой . Для снижения теплопотерь предусмотрена тепловая изоляция теплопроводностью и толщиной . Трубопровод охлаждается в условиях свободной конвекции атмосферного воздуха температурой и лучистого теплообмена на наружной поверхности тепловой изоляции. Коэффициент теплового излучения поверхности изоляции = 0,95. Теплопроводность стали = 45 Вт/(м.К). Определить температуры поверхностей трубопровода и изоляции, линейный коэффициент теплопередачи и линейную плотность теплового потока.



Определить критический диаметр изоляции и сделать вывод о ее эффективности. Построить в масштабе температурный график, исходные данные принять по табл. 1

Таблица 1 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | ,  0С | ,  м/с | ,  мм | Предпоследняя цифра  шифра | ,  0С | ,  мм | ,  мм | ,  Вт/(м.К) |
| 1 | 90 | 0,5 | 40 | 1 | -20 | 21 | 2 | 0,05 |
| 2 | 110 | 1,0 | 50 | 2 | -10 | 28 | 2 | 0,075 |
| 3 | 130 | 1,5 | 60 | 3 | 0 | 34 | 2 | 0,1 |
| 4 | 150 | 2,0 | 70 | 4 | 10 | 41 | 2 | 0,15 |
| 5 | 170 | 2,5 | 80 | 5 | 20 | 51 | 3 | 0,2 |
| 6 | 90 | 0,5 | 40 | 6 | -20 | 70 | 3 | 0,25 |
| 7 | 110 | 1,0 | 50 | 7 | -10 | 83 | 3 | 0,3 |
| 8 | 130 | 1,5 | 60 | 8 | 0 | 101 | 4 | 0,35 |
| 9 | 150 | 2,0 | 70 | 9 | 10 | 126 | 4,5 | 0,4 |
| 0 | 170 | 2,5 | 80 | 0 | 20 | 150 | 4,5 | 0,5 |

**РГЗ 6. Тепловой расчет теплообменных аппаратов**

Выбрать типоразмер секционного водоводяного подогревателя, устанавливаемого в системе теплоснабжения сельскохозяйственного объекта, и определить число секций, принятых к установке. Построить температурные графики сетевой и нагреваемой воды. Тепловую мощность подогревателя , температуры сетевой воды на входе в подогреватель и на выходе , а также температуры нагреваемой воды на входе в подогреватель и на выходе принять по табл. 1 в зависимости от номера варианта.



Таблица 1 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | ,  кВт | Предпоследняя цифра шифра | Температура, 0С | | | |
|  |  |  |  |
| 1 | 160 | 1 | 70 | 20 | 60 | 10 |
| 2 | 200 | 2 | 70 | 25 | 60 | 5 |
| 3 | 300 | 3 | 70 | 30 | 55 | 5 |
| 4 | 400 | 4 | 70 | 35 | 60 | 10 |
| 5 | 500 | 5 | 70 | 20 | 55 | 5 |
| 6 | 600 | 6 | 70 | 25 | 60 | 10 |
| 7 | 700 | 7 | 70 | 30 | 60 | 5 |
| 8 | 800 | 8 | 70 | 35 | 55 | 5 |
| 9 | 900 | 9 | 70 | 30 | 60 | 10 |
| 0 | 1 000 | 0 | 70 | 35 | 60 | 5 |

**Раздел 8 - Холодильные агенты. Циклы холодильных машин**

**РГЗ 7. Холодильные агенты. Циклы холодильных машин**

1 В качестве рабочего вещества в холодильной машине холодопроизводительностью , кВт, используется хладон R12, который при температуре поступает в компрессор и сжимается в адиабатном процессе до состояния сухого насыщенного пара при температуре . Конденсация хладона происходит полностью без переохлаждения конденсата перед терморегулирующим вентилем. Найти холодильный коэффициент, массовый расход хладона и теоретическую мощность привода компрессора.



Изобразить цикл холодильной машины в масштабе в диаграмме и ее схему. Исходные данные принять по табл. 1.



Таблица 1 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя  цифра шифра | ,  0С | Предпоследняя  цифра шифра | ,  кВт | ,  0С |
| 1 | 0 | 1 | 10 | 15 |
| 2 | – 5 | 2 | 20 | 20 |
| 3 | – 10 | 3 | 30 | 25 |
| 4 | – 15 | 4 | 40 | 30 |
| 5 | – 18 | 5 | 50 | 35 |
| 6 | – 20 | 6 | 60 | 15 |
| 7 | – 25 | 7 | 80 | 20 |
| 8 | – 30 | 8 | 100 | 25 |
| 9 | – 35 | 9 | 120 | 30 |
| 0 | – 40 | 0 | 150 | 35 |

2 Рассчитать цикл (определить параметры в узловых точках, холодильный коэффициент, холодопроизводительность и теоретическую мощность привода компрессора) аммиачной холодильной машины. Температуру кипения , температуру конденсации и массовый расход аммиака принять по табл. 2. Состояние пара на входе в компрессор – сухой насыщенный, переохлаждение конденсата отсутствует, сжатие пара является адиабатным.



Изобразить цикл в масштабе в диаграмме .



Таблица 2 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя  цифра шифра | ,  0С | Предпоследняя  цифра шифра | ,  кг/ч | ,  0С |
| 1 | – 22 | 1 | 30 | 35 |
| 2 | – 35 | 2 | 50 | 30 |
| 3 | – 30 | 3 | 80 | 25 |
| 4 | – 25 | 4 | 100 | 20 |
| 5 | – 20 | 5 | 150 | 15 |
| 6 | – 18 | 6 | 200 | 35 |
| 7 | – 15 | 7 | 250 | 30 |
| 8 | – 10 | 8 | 300 | 25 |
| 9 | – 12 | 9 | 400 | 20 |
| 0 | – 28 | 0 | 500 | 15 |

**Блок D - Оценочные средства, используемые в рамках промежуточного**

**контроля знаний, проводимого в форме зачета**

**Вопросы к зачету**

1. Термодинамическая система и термодинамический процесс.
2. Основные термодинамические параметры рабочего тела.
3. Уравнение состояния для идеального газа. Основные газовые законы.
4. Уравнение состояния для реального газа. Основные газовые законы.
5. Внутренняя энергия.
6. Работа расширения, теплота.
7. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
8. Теплоемкость газов.
9. Энтальпия, энтропия.
10. Общая формулировка второго закона термодинамики.
11. Прямой цикл Карно.
12. Обратный и обобщенный циклы Карно.
13. Эксергия. Эксергия потока рабочего тела.
14. Изохорный процесс идеального газа в закрытых системах.
15. Изобарный процесс идеального газа в закрытых системах.
16. Изотермический процесс идеального газа в закрытых системах.
17. Адиабатный процесс идеального газа в закрытых системах.
18. Политропный процесс и его обобщающее значение.
19. Процесс парообразования. Основные понятия и определения.
20. Термодинамические процессы реальных газов.
21. Закон Дальтона. Теплоемкость газов.
22. Уравнение первого закона термодинамики для потока.
23. Истечение из суживающегося сопла.
24. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах.
25. Дросселирование паров и газов.
26. Термодинамический анализ процессов в компрессорах.
27. Термодинамическая эффективность циклов теплосиловых установок.
28. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.
29. Цикл газотурбиной установки.
30. Циклы Карно и Ренкина насыщенного пара.
31. Цикл Ренкина на перегретом паре.
32. Парогазовые циклы.
33. Основные понятия и определения теории теплообмена.
34. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности.
35. Теплопроводность в однородной плоской стенке. Теплопроводность в многослойной стенке.
36. Теплопроводность в цилиндрической однослойной плоской стенке. Теплопроводность в цилиндрической многослойной стенке.
37. Основной закон конвективного теплообмена.
38. Понятие о методе анализа размерностей и теории подобия.
39. Описание процесса и основные определения лучистого теплообмена.
40. Теплообмен излучением между телами.
41. Особенности излучения газов.
42. Сложный теплообмен.
43. Теплопередача через однослойную, многослойную и цилиндрическую стенки.
44. Интенсификация теплопередачи. Тепловая изоляция.
45. Типы теплообменных аппаратов.
46. Виды теплового расчета теплообменных аппаратов.
47. Классификация и основные понятия турбин.
48. Газотурбинные установки.
49. Мощность и КПД турбины.
50. Общие сведения и классификация двигателей внутреннего сгорания.
51. Технико-экономические показатели ДВС. Тепловой баланс двигателя.
52. Смесеобразование в ДВС. Применяемые топлива.
53. Основные типы холодильных агентов. Краткие сведения о них.
54. Диаграммы свойств холодильных агентов.
55. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной машины.
56. Термодинамические основы компрессора.
57. Сравнение работы адиабатного, политропного и изотермического сжатия в компрессоре.
58. Одноступенчатое и многоступенчатое сжатие.
59. Теоретический рабочий процесс одноступенчатого поршневого компрессора.
60. Виды компрессоров.

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания**

**Оценивание выполнения тестов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **4-балльная**  **шкала** | **Показатели** | **Критерии** |
| Отлично | 1. Полнота выполнения тестовых заданий; 2. Своевременность выполнения; 3. Правильность ответов на вопросы; 4. Самостоятельность тестирования. | Выполнено более 95 % заданий предложенного теста, в заданиях открытого типа дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос |
| Хорошо | Выполнено от 75 до 95 % заданий предложенного теста, в заданиях открытого типа дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос; однако были допущены неточности в определении понятий, терминов и др. |
| Удовлетворительно | Выполнено от 50 до 75 % заданий предложенного теста, в заданиях открытого типа дан неполный ответ на поставленный вопрос, в ответе не присутствуют доказательные примеры, текст со стилистическими и орфографическими ошибками. |
| Неудовлетвори­тельно | Выполнено менее 50 % заданий предложенного теста, на поставленные вопросы ответ отсутствует или неполный, допущены существенные ошибки в теоретическом материале (терминах, понятиях). |

**Оценивание выполнения РГЗ*,* задачи**

| 4-балльная шкала | Показатели | Критерии |
| --- | --- | --- |
| Отлично | 1. Полнота выполнения практического задания;  2. Своевременность выполнения задания;  3. Последовательность и рациональность выполнения задания;  4. Самостоятельность решения; | Задание решено самостоятельно. При этом составлен правильный алгоритм решения задания, в логических рассуждениях, в выборе формул и решении нет ошибок, получен верный ответ, задание решено рациональным способом. |
| Хорошо | Задание решено с помощью преподавателя. При этом составлен правильный алгоритм решения задания, в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок; правильно сделан выбор формул для решения; есть объяснение решения, но задание решено нерациональным способом или допущено не более двух несущественных ошибок, получен верный ответ. |
| Удовлетворительно | Задание решено с подсказками преподавателя. При этом задание понято правильно, в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущены существенные ошибки в выборе формул или в математических расчетах; задание решено не полностью или в общем виде. |
| Неудовлетворительно | Задание не решено. |

**Оценивание ответа коллоквиума**

| 4-балльная шкала | Показатели | Критерии |
| --- | --- | --- |
| Отлично | 1. Полнота изложения теоретического материала;  2. Правильность и/или аргументированность изложения (последовательность действий);  3. Самостоятельность ответа; | Дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса. |
| Хорошо | Дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. |
| Удовлетворительно | Дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. |
| Неудовлетворительно | Дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. |

**Оценивание ответа на зачете**

| Бинарная  шкала | Показатели | Критерии |
| --- | --- | --- |
| Зачтено | 1. Полнота изложения теоретического материала;  2. Полнота и правильность решения практического задания;  3. Правильность и/или аргументированность изложения (последовательность действий);  4. Самостоятельность ответа; | Дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий. |
| Незачтено | Дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено, т.е студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя. |

**Раздел 3 - Организационно-методическое обеспечение контроля**

**учебных достижений**

Основными этапами формирования компетенций по дисциплине при изучении студентами дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов. При оценивании результатов обучения: знания, умения, навыки и/или опыта деятельности (владения) в процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего, рубежного и итогового контроля (промежуточной аттестации).

Практическая работа заключается в выполнении обучающимися самостоятельно или под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направ-ленных на совершенствование компетенции обучающихся и на уровне, необходимом для бакалавров. Практические задания обучающиеся представляют в письменном виде. Тематика и содержание практических занятий представлены в методических указаниях к данному виду работы и соответствует рабочей программе дисциплины.

РГЗ выполняются учащимися (индивидуально или по группам) под руководством и наблюдением преподавателя. Сущность метода выполнения работ состоит в том, что учащиеся, изучив теоретический материал, выполняют практические упражнения по применению этого материала на практике, вырабатывая, таким образом, разнообразные умения и навыки.

Основой для определения отметки на зачете служит уровень усвоения обучающимися материала и уровень формирования необходимых компетенций, предусмотренного учебной программой дисциплины. При оценивании результатов обучения: знания, умения, навыки и/или опыта деятельности (владения) в процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего, рубежного и итогового контроля (промежуточной аттестации).

Таблица - Формы оценочных средств

| №  п/п | Наименование  оценочного  средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление  оценочного средства в фонде |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Расчетно-графические задания (многовариантные контрольные задачи) и задачи | Различают задачи и задания:  а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины;  б)реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей;  в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.  Рекомендуется для оценки знаний умений и владений студентов.  Форма предоставления ответа студента: письменная. | Перечень задач и заданий |
| 2 | Собеседование (на практическом занятии) | Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенной теме. Рекомендуется для оценки знаний студентов. | Вопросы по разделам  дисциплины |
| 3 | Тест | Система стандартизированных простых и комплексных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний, умений и владений обучающегося.  Рекомендуется для оценки знаний, умений и владений студентов.  Используется веб-приложение «Универсальная система тестирования БГТИ». На тестирование отводится 40 минут. Каждый вариант тестовых заданий включает 20 вопросов. | Фонд тестовых заданий |
| 4 | Коллоквиум | Средство контроля, связанное с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному перечню теоретических вопросов, заранее определяемому в фонде.  Целью коллоквиума является формирование у обучающегося навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы.  Коллоквиум - одна из форм промежуточного контроля знаний студентами материала, относящегося к определенному разделу программы изучаемой учебной дисциплины в течение семестра.  Проводиться в устной форме. | Коллоквиум |
| 4 | Билеты к  зачету | Средство итогового контроля по дисциплине. Включает в себя теоретические вопросы из перечня, приведенного в фонде, а также решение практической задачи из блока Б.1.  Форма представления ответа – устная, время на подготовку – 40 минут. | Вопросы к  зачету |