

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев М.Г. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Должность: Проректор по образовательной деятельности Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

Дата подписания: 03.03.2024 «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Уникальный программный ключ:

790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e902bfb0

**ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**

**(Университет Вернадского)**

Кафедра эксплуатации и технического сервиса машин



**Рабочая программа дисциплины**

## Теплотехника

Направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Направленность (профиль) программы: Эксплуатация и сервис машин

Квалификация бакалавр

Форма обучения **заочная**

Балашиха 2024 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Рабочая программа дисциплины разработана *профессором* кафедры эксплуатации и технического сервиса машин Гаджиевым П.И., Махмутовым М.М.

Рецензент: к.т.н., доцент, РГАЗУ, Сивцов В.Н.

# 1 Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций

## 1.1 Перечень компетенций, формируемых учебной дисциплиной

| Код и наименование компетенции   | Индикаторы достижения компетенций<br>Планируемые результаты обучения  |
|--|---|
| <b>Общепрофессиональная компетенция</b>  |   |
| <p>- владением научными основами технологических процессов в области эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов (ОПК-2)</p> | <p><b>Знать:</b> современные технологии решения инженерных задач с использованием: основных законов теплотехники; теплофизические свойства газов и пара; анализ термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методы расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основы расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основные законы термодинамики газовых потоков; основные соотношения для расчета процессов передачи тепла; методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> <p><b>Уметь:</b> применять современные технологии решения инженерных задач с использованием: основных законов теплотехники; основных теплофизических свойств газов и пара; анализа термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методов расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основ расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основных законов термодинамики газовых потоков; основных соотношений для расчета процессов передачи тепла; методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> <p><b>Владеть:</b> способами применения современных технологий решения инженерных задач с использованием: основных законов теплотехники; основных теплофизических свойств газов и пара; анализа термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методов расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основ расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; ос-</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | новых законов термодинамики газовых потоков; основных соотношений для расчета процессов передачи тепла; методики теплового расчета теплообменных аппаратов. |
|--|---|

## 2. Цели и задачи освоения учебной дисциплины, место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теплотехника» относится к дисциплинам базовой части ОПОП ВО.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Теплотехника» позволяют создать теоретическую основу и практические навыки термодинамического анализа будущему бакалавру для решения инженерных задач при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения.

**Цель:** формирование общепрофессиональных компетенций, теоретических знаний и практических навыков использования законов сохранения, преобразования и передачи энергии и массы в системах, механизмах и агрегатах, связанных с теплообменом, преобразованием и использованием энергии; термодинамических основ высокоэффективного использования энергетических и материальных ресурсов в транспортно-технологических машинах и оборудования различного назначения.

**Задачи:** получение теоретических знаний и практических навыков расчетного анализа по следующим разделам теплотехники:

- теплофизические свойства рабочих тел;
- уравнения состояния идеального и реального газа;
- законы термодинамики;
- термодинамические процессы и циклы;
- дифференциальные уравнения термодинамики;
- водяной пар и его характеристики;
- термодинамика газовых потоков;
- топливо и основы теории горения;
- циклы компрессорных машин;
- циклы двигателей внутреннего сгорания;
- циклы газотурбинных и паротурбинных установок;
- холодильные циклы;
- термодинамические процессы во влажном воздухе;
- теория теплопроводности; конвективный теплообмен;
- теплоотдача;
- конденсация и кипение;
- основы расчета теплообменных аппаратов;
- тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах;
- теплообмен излучением;
- сложный теплообмен;
- энергетические и экологические проблемы, связанные с процессами преобразования энергии;
- основы энергосбережения.

**3. Объем учебной дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий, текущий и промежуточный контроль по дисциплине) и на самостоятельную работу обучающихся**

|  |            |
|--|------------|
| Вид учебной работы                               | 3 курс     |
| Общая трудоемкость дисциплины, зачетных единиц   | 4          |
| <b>часов</b>                                     | <b>144</b> |
| <b>Аудиторная (контактная) работа, часов</b>     | <b>18</b>  |
| в т.ч. занятия лекционного типа                  | 8          |
| занятия семинарского типа                        | 10         |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, часов</b> | <b>117</b> |
| <b>Контроль</b>                                  | <b>9</b>   |
| Вид промежуточной аттестации                     | экзамен    |

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Перечень разделов дисциплины с указанием трудоемкости аудиторной (контактной) и самостоятельной работы, видов контролей и перечня компетенций**

| Наименование разделов и тем  | Трудоемкость, часов |                                |                        | Наименование оценочного средства           | Код компетенции         |
|--|---------------------|--------------------------------|------------------------|--|-------------------------|
|  | всего               | в том числе                    |                        |  |                         |
|  |                     | аудиторной (контактной) работы | самостоятельной работы |  |                         |
| <b>Раздел 1. Термодинамика</b>   | <b>45</b>           | <b>6</b>                       | <b>39</b>              |  | ОПК-2<br>ОПК-3<br>ПК-12 |
| 1.1. Термические параметры, теплоемкость, термодинамические функции. Законы термодинамики. | 15                  |                                | 13                     | Контрольная работа<br>Тест<br>Устный опрос |                         |
| 1.2. Термодинамический анализ обратимых процессов  | 15                  | 6                              | 13                     |  |                         |
| 1.3. Фазовые переходы. Процессы производства водяного пара.                                | 15                  |                                | 13                     |  |                         |
| <b>Раздел 2. Тепломассообмен</b>   | <b>45</b>           | <b>6</b>                       | <b>39</b>              |  |                         |
| 2.1. Теплопроводность  | 15                  | 6                              | 13                     | Контроль-                                  | ОПК-2                   |

|  |            |           |            |  |                         |
|--|------------|-----------|------------|--|-------------------------|
| 2.2. Конвективный теплообмен   | 15         |           | 13         | ная работа<br>Тест<br>Устный опрос                       | ОПК-3<br>ПК-12          |
| 2.3. Теплообмен излучением. Сложный теплообмен. Теплообменные аппараты | 15         |           | 13         |  |                         |
| <b>Раздел 3. Термодинамические циклы и тепловые машины</b>             | <b>45</b>  | <b>6</b>  | <b>39</b>  |  | ОПК-2<br>ОПК-3<br>ПК-12 |
| 3.1. Термодинамический анализ прямых циклов                            | 15         | 2         | 13         | Индивидуальное расчетное задание<br>Тест<br>Устный опрос |                         |
| 3.2. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания                   | 15         | 2         | 13         |  |                         |
| 3.3. Циклы компрессорных и холодильных машин                           | 15         | 2         | 13         |  |                         |
| <b>Контроль</b>  | <b>9</b>   |           |            |  |                         |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b>   | <b>144</b> | <b>18</b> | <b>117</b> |  |                         |

## 4.2 Содержание дисциплины по темам

### Раздел 1. Термодинамика.

**Цель** - приобретение необходимых теоретических, инженерных и практических знаний, связанных с протеканием механических и тепловых процессов в машинах и механизмах эксплуатации, ремонте и сервисном обслуживании транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения в современных условиях и с перспективами их развития.

**Задачи** - изучение основных понятий термодинамики, уравнений состояния, обратимых и необратимых термодинамических процессов; методов определения количества теплоты, изменения внутренней энергии, работы термодинамических процессов, определения изменения энтальпии и энтропии; фазовых переходов при использовании пара в энергетических установках.

#### Перечень учебных элементов раздела:

- 1.1 Термические параметры, теплоемкость, термодинамические функции. Законы термодинамики.**
1. Предмет технической термодинамики и ее методы.
  2. Термодинамическая система.
  3. Основные параметры состояния.
  4. Равновесное и неравновесное состояние.
  5. Уравнение состояния.
  6. Термическое и калориметрическое уравнения состояния.
  7. Теплота и работа, как формы передачи энергии.
  8. Смеси рабочих тел.

9. Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми и объемными долями.
10. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение давлений компонентов.
11. Теплоемкость. Массовая, объемная и молярная теплоемкости.
12. Теплоемкость при постоянном объеме и давлении.
13. Зависимость теплоемкости от температуры и давления.
14. Средняя и истинная теплоемкости.
15. Формулы и таблицы для определения теплоемкости.
16. Теплоемкость смеси рабочих тел.
17. Первый закон термодинамики.
18. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния.
19. Внутренняя энергия.
20. Энтальпия.
21. Энтропия. PV и TS диаграммы.
22. Второй закон термодинамики.
23. Термодинамические циклы тепловых машин.
- 1.2. Термодинамический анализ обратимых процессов**
1. Термодинамический процесс.
2. Равновесные и неравновесные процессы.
3. Обратимые и необратимые процессы.
4. Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел.
5. Политропные процессы.
6. Основные характеристики политропных процессов.
7. Изображение в координатах PV и TS.
8. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный - частные случаи политропного процесса.
9. Изменение энтропии и работоспособность изолированной термодинамической системы
- 1.3 Фазовые переходы. Процессы производства водяного пара.**
1. Термодинамические процессы в реальных газах и парах.
2. Свойства реальных газов.
3. Пары. Основные определения.
4. Процессы парообразования в PV и TS координатах. Водяной пар.
5. Понятие об уравнении Вукаловича - Новикова. Уравнение Боголюбова - Майера.
6. Термодинамические таблицы воды и водяного пара, PV, TS, HS, диаграммы водяного пара.
7. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и HS - диаграммы.

## **Раздел 2. Тепломассообмен**

**Цель** - приобретение необходимых теоретических, инженерных и практических знаний, связанных с расчетами тепломассообменных процессов в машинах и механизмах, используемых при эксплуатации, ремонте и сервисном обслуживании транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения в современных условиях и с перспективами их развития.

**Задачи** - изучение основных законов движения и преобразования тепловой энергии; изучение основных законов и процессов различных видов теплообмена: теплопередача; конвективный теплообмен, излучение; изучение конструкций и основ проектного и поверочного расчёта теплообменных аппаратов.

## **Перечень учебных элементов раздела:**

### **2.1 Теплопроводность**

1. Предмет и задачи теории теплообмена.
2. Основные понятия и определения.
3. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение.
4. Сложный теплообмен.
5. Закон Фурье.
6. Коэффициент теплопроводности.
7. Механизмы передачи теплоты в металлах, диэлектриках, полупроводниках, жидкостях и газах.
8. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
9. Условия однозначности.
10. Теплопроводность при стационарном режиме.
11. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской, цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода.
12. Нестационарный процесс теплопроводности.
13. Общие понятия о методах решения задач нестационарной теплопроводности.

### **2.2 Конвективный теплообмен**

1. Основные понятия и определения.
2. Уравнение Ньютона - Рихмана.
3. Коэффициент теплоотдачи.
4. Основы теории подобия. Основные определения.
5. Определяющие критерии.
6. Метод моделирования.
7. Физический смысл основных критериев подобия.
8. Понятие о математическом моделировании.
9. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости.
10. Теплообмен при движении жидкости вдоль плоской поверхности; теплоотдача при ламинарном и турбулентном пограничном слое.
11. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы.
12. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб, коридорно и шахматно расположенных.
13. Критериальные уравнения.

### **2.3 Теплообмен излучением. Сложный теплообмен. Теплообменные аппараты**

1. Общие понятия и определения; тепловой баланс лучистого теплообмена.
2. Законы теплового излучения.
3. Излучение газов.
4. Теплообмен излучением в топках и камерах сгорания.
5. Сложный теплообмен.
6. Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую, и ребренную стенки.
7. Коэффициент теплопередачи.
8. Пути интенсификации процесса теплопередачи.
9. Тепловая изоляция.

## **Раздел 3. Термодинамические циклы и тепловые машины.**

**Цель** - приобретение необходимых теоретических, инженерных и практических знаний, связанных с протеканием механических и тепловых процессов в машинах и механизмах, с защитой окружающей среды от вредных выбросов тепловых двигателей при эксплуатации, ремонте и сервисном обслуживании транспортных и транспортно-



технологических машин и оборудования различного назначения в современных условиях и с перспективами их развития.

**Задачи** – изучение теоретических основ термодинамических расчётов прямых и обратных циклов тепловых машин; изучение основ термодинамического расчёта циклов двигателей внутреннего сгорания и их энергетических характеристик; изучение циклов паросиловых и холодильных установок, видов топлива и основных положений теории горения.

#### **Перечень учебных элементов раздела:**

##### **3.1. Термодинамический анализ прямых циклов**

1. Прямые и обратные циклы.
2. Термодинамический КПД и холодильный коэффициент.
3. Циклы Карно и анализ их свойств.
4. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.
5. Философское и статистическое толкования второго закона термодинамики.
6. Третье начало термодинамики.

##### **3.2. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания**

1. Принцип действия поршневых ДВС.
2. Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты.
3. Цикл со смешанным подводом теплоты.
4. Изображение циклов в  $PV$  и  $TS$  диаграммах.
5. Термодинамические и эксергетические КПД циклов ДВС.
6. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС.
7. Среднее теоретическое давление цикла ДВС.
8. Расчет теоретической мощности двигателя.

##### **3.3. Циклы компрессорных и холодильных машин**

1. Классификация компрессоров и принцип действия.
2. Индикаторная диаграмма.
3. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатия.
4. Полная работа, затраченная на привод компрессора.
5. Многоступенчатое сжатие.
6. Изображение в  $PV$  и  $TS$  диаграммах циклов компрессоров.
7. Необратимое сжатие.
8. Относительный внутренний КПД компрессора.
9. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора.
10. Классификация холодильных установок.
11. Рабочие тела.
12. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность.
13. Цикл воздушной холодильной установки.
14. Циклы паровых компрессорных холодильных установок.
15. Понятие об абсорбционных и парожеторных холодильных установках.
16. Получение сжиженных газов.
17. Общие принципы и способы достижения сверхнизких температур.
18. Термотрансформаторы.
19. Сущность термотрансформации, коэффициент преобразования теплоты.
20. Циклы понижающего и повышающего термотрансформатора.
21. Циклы совместного получения теплоты и холода.

## **5. Оценочные материалы по дисциплине**

Оценочные материалы по дисциплине представлены в виде фонда оценочных средств.

## 6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 6.1 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

| № п/п | Автор, название, место издания, издательство, год издания, количество страниц, режим доступа   |
|-------|--|
| 1     | Теплотехника: Методические указания по изучению дисциплины и задания для контрольной работы /Рос. гос. аграр. заоч. ун-т; Сост. Ю.Б. Юдин. М., 2021. – 36 с.<br>Режим доступа: <a href="http://edu.rgazu.ru/course/view.php?id=4180">http://edu.rgazu.ru/course/view.php?id=4180</a> |

### 6.2 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

Электронные учебные издания в электронно-библиотечных системах (ЭБС):

| № п/п                 | Автор, название, место издания, год издания, количество страниц  | Ссылка на учебное издание в ЭБС   |
|-----------------------|--|---|
| <b>Основная:</b>      |  |   |
| 1                     | Теплотехника. Практический курс : учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова, М.В. Андреева. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-2575-4.   | — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/96253">https://e.lanbook.com/book/96253</a> (дата обращения: 30.07.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 2                     | Круглов, Г.А. Теплотехника : учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1017-0. —   | Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/3900">https://e.lanbook.com/book/3900</a> (дата обращения: 30.07.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.     |
| <b>Дополнительная</b> |  |   |
| 1                     | Логинов, В.С. Практикум по основам теплотехники : учебное пособие / В.С. Логинов, В.Е. Юхнов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-3377-3. —  | Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/112679">https://e.lanbook.com/book/112679</a> (дата обращения: 30.07.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 2                     | 2. Замалеев, З.Х. Основы гидравлики и теплотехники : учебное пособие / З.Х. Замалеев, В.Н. Посохин, В.М. Чефанов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1531-1. —<br>Текст : электронный // | Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/100922">https://e.lanbook.com/book/100922</a> (дата обращения: 30.07.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                        |

|   |  |   |
|---|--|---|
| 3 | 3. Дзюзер, В.Я. Теплотехника и тепловая работа печей : учебное пособие / В.Я. Дзюзер. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1949-4. — | Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/93750">https://e.lanbook.com/book/93750</a> (дата обращения: 30.07.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
|---|--|---|

### 6.3 Перечень электронных образовательных ресурсов \*

| № п/п | Электронный образовательный ресурс                   | Доступ в ЭОР (сеть Интернет, локальная сеть, авторизованный/свободный доступ)   |
|-------|--|---|
| 1     | Теплотехника. Практический курс : учебное пособие    | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=BvgJcFeUezw&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=48">https://www.youtube.com/watch?v=BvgJcFeUezw&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=48</a> |
| 2     | Теплотехника : учебное пособие                       | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=AXxTIT17Eg&amp;index=58&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=AXxTIT17Eg&amp;index=58&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>   |
| 3     | Логика: теоретический и эмпирический уровни познания | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=hEPthEg1STc&amp;index=52&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=hEPthEg1STc&amp;index=52&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a> |
| 4     | Логика: критерии научности, научная теория           | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=06P46d3KhA&amp;index=57&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=06P46d3KhA&amp;index=57&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>   |

### 6.4 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы и лицензионное программное обеспечение

#### Современные профессиональные базы данных

<https://cyberleninka.ru/> - научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access).

<http://link.springer.com/> - полнотекстовая коллекция (база данных) электронных книг издательства Springer Nature.

<http://fcior.edu.ru/> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов.

<https://agris.fao.org/agris-search/index.do> - Международная информационная система по сельскохозяйственным наукам и технологиям.

<http://window.edu.ru/> - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

#### Информационные справочные системы

1. Информационно-справочная система «Гарант». — URL: <https://www.garant.ru/>

2. Информационно-справочная система «Консультант Плюс». — URL: <http://www.consultant.ru/>

#### Лицензионное программное обеспечение

Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д),

OpenOffice, Люникс (бесплатное программное обеспечение широкого класса),

система дистанционного обучения Moodle ([www.edu.rgazu.ru](http://www.edu.rgazu.ru)),  
 Вебинар (Adobe Connect v.8, Zomm, Google Meet, Skype, Мираполис), программное обеспечение электронного ресурса сайта, включая ЭБС AgriLib и видеоканал РГА-ЗУ(<http://www.youtube.com/rgazu>),  
 антивирусное программное обеспечение Dr. WEB Desktop Security Suite.

### 6.5 Перечень учебных аудиторий, оборудования и технических средств обучения\*\*

| Предназначение помещения (аудитории)  | Наименование корпуса, № помещения (аудитории)  | Перечень оборудования (в т.ч. виртуальные аналоги) и технических средств обучения*   |
|---|--|--|
| Для занятий семинарского типа, групповых консультаций, промежуточной аттестации | Инженерный корпус. Каб. 405. Учебная аудитория для занятий лекционного типа, семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), для проведения групповых консультаций и индивидуальной работы обучающихся с педагогическими работниками, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации. | Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования, проектор NEC V260X, экран настенный рулонный SimSCREEN  |
|   | Инженерный корпус Каб. 205. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий (поточная).  | Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, проектор EPSON EB-1880, экран настенный моторизированный SimSCREEN   |
| Для самостоятельной работы  | Учебно-административный корпус. Помещение для самостоятельной работы. Читальный зал библиотеки:  | персональные компьютеры 11 шт. Выход в интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.  |
|   | Учебно-лабораторный корпус. Помещение для самостоятельной работы. Каб. 320.  | Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования, персональные компьютеры 11 шт. Выход в интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета  |
|   | Учебно-административный корпус. Каб. 105. Учебная аудитория для учебных занятий обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ. Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования.   | Автоматизированное рабочее место для инвалидов-колясочников с коррекционной техникой и индукционной системой ЭлСис 290; Автоматизированное рабочее место для слабовидящих и незрячих пользователей со стационарным видеоувеличителем ЭлСис 29 ON; Автоматизированное рабочее место для слабовидящих и незрячих пользователей с портативным видеоувеличителем ЭлСис 207 CF; Автоматизированное рабочее место для слабовидящих и незрячих пользователей с читающей машиной ЭлСис 207 CN; Аппаратный комплекс с функцией видеоувеличения и чтения для слабовидящих и незрячих пользователей ЭлСис 207 OS. |

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**  
(Университет Вернадского)

**Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине Теплотехника**

Направление подготовки (специальность): **23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов**

Направленность (профиль) программы: **Автомобильный сервис**

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная, очно-заочная, заочная**

Балашиха 2024 г.

### 1. Описание показателей и критериев оценивания планируемых результатов обучения по учебной дисциплине

| Компетенций   | Индикатор сформированности компетенций   | Уровень освоения*                               | Планируемые результаты обучения   | Наименование оценочного средства   |
|---|--|---|---|--|
| <p>владение научными основами технологических процессов в области эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов (ОПК-2)</p> | <p><b>Знать (З):</b> основы расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основные законы термодинамики газовых потоков; основные соотношения для расчета процессов передачи тепла; методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> | <p><b>Пороговый<br/>(удовлетворительно)</b></p> | <p><b>Знает:</b> современные технологии решения инженерных задач с использованием основных законов теплотехники; теплофизические свойства газов и пара; анализ термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методы расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основы расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основные законы термодинамики газовых потоков; основные соотношения для расчета процессов передачи тепла; методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> <p><b>Умеет:</b> применять современные технологии решения инженерных задач с использованием: основных законов теплотехники; основных теплофизических свойств газов и пара; анализа термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методов расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основ расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основных законов термодинамики газовых потоков; использовать основные соотношения для расчета процессов передачи тепла; применять методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> | <p>Контрольная работа<br/>Тест<br/>Индивидуальное расчетное задание<br/>Устный опрос</p> |

|  |  |                                    |   |  |
|--|--|------------------------------------|---|--|
|  |  |                                    | <p><b>Владеет:</b> способами применения современных технологий решения инженерных задач с использованием: основных законов теплотехники; основных теплофизических свойств газов и пара, анализа термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методов расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основ расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основных законов термодинамики газовых потоков; основных соотношений для расчета процессов передачи тепла; методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p>  |  |
|  | <p><b>Уметь (У):</b> осуществлять анализ термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методы расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС).</p> | <p><b>Продвинутый (хорошо)</b></p> | <p><b>Твердо знает:</b> современные технологии решения инженерных задач с использованием основных законов теплотехники; теплофизические свойства газов и пара; основы расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основные законы термодинамики газовых потоков; основные соотношения для расчета процессов передачи тепла; методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> <p><b>Уверенно умеет:</b> применять современные технологии решения инженерных задач с использованием основных законов теплотехники; основных теплофизических свойств газов и пара; анализировать термодинамические процессы и циклы тепловых машин; использовать методы расчета иде-</p> | <p>Контрольная работа<br/>Тест<br/>Индивидуальное расчетное задание<br/>Устный опрос</p> |

|  |   |                                 |  |  |
|--|---|---------------------------------|--|--|
|  |   |                                 | <p>альных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); использовать основы расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; использовать основные законы термодинамики газовых потоков; применять основные соотношения для расчета процессов передачи тепла; применять методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> <p><b>Уверенно владеет:</b> способами применения современных технологий решения инженерных задач с использованием: основных законов теплотехники; основных теплофизических свойств газов и пара; анализом термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методами расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основами расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основными законами термодинамики газовых потоков; основных соотношений для расчета процессов передачи тепла; методиками теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> |  |
|  | <p><b>Владеть (В):</b> системным подходом при анализе современных технологий решения инженерных задач с использованием: основных законов теплотехники; теплофизиче-</p> | <p><b>Высокий (отлично)</b></p> | <p><b>Сформировавшееся систематическое знание:</b> современных технологий решения инженерных задач с использованием: основных законов теплотехники; теплофизических свойств газов и пара; анализа термодинамических процессов и циклов тепловых машин; методов расчета идеальных</p>   | <p>Контрольная работа<br/>Тест<br/>Индивидуальное расчетное задание<br/>Устный опрос</p> |



|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  | <p>ских свойств газов и пара; анализа термодинамических процессов и циклов тепловых машин;</p> |  | <p>циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основ расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основных законов термодинамики газовых потоков; основных соотношений для расчета процессов передачи тепла; методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> <p><b>Сформировавшееся систематическое умение:</b> применять современные технологии решения инженерных задач с использованием:</p> <p>основных законов теплотехники; анализа основных теплофизических свойств газов и пара; анализа термодинамических процессов и циклов тепловых машин; применения методов расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); использования основ расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; использования основных законов термодинамики газовых потоков; применения основных соотношений для расчета процессов передачи тепла; использования методики теплового расчета теплообменных аппаратов.</p> <p><b>Сформировавшееся систематическое владение:</b> способами применения современных технологий решения инженерных задач с использованием основных законов теплотехники; основными теплофизическими свойствами газов и пара; анализом термодинамических процессов и циклов</p> |  |
|--|--|--|---|--|

|  |   |                                      |   |  |
|--|---|--------------------------------------|---|--|
|  |   |                                      | тепловых машин; методами расчета идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); основами расчета газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных машин; основными законами термодинамики газовых потоков; основными соотношениями для расчета процессов передачи тепла; методами теплового расчета теплообменных аппаратов.  |  |
| готовностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественно-научных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов (ОПК-3) | <b>Знать (З):</b> закономерности использования тепловой энергии в технологических процессах, связанных с работой гидроприводов, | <b>Пороговый (удовлетворительно)</b> | <b>Знает:</b> - закономерности использования тепловой энергии в технологических процессах, связанных с работой гидроприводов, компрессорных установок, двигателей внутреннего сгорания и технологического оборудования используемого в транспортных и технологических машинах, и оборудовании<br><b>Умеет:</b> - совершенствовать тепловые технологические процессы с целью повышения эффективности производства;<br><b>Владеет:</b> понятием об основах энергосбережения; представлением о теплообеспечении предприятий автомобильного транспорта; | Контрольная работа<br>Тест<br>Индивидуальное расчетное задание<br>Устный опрос |
|  | <b>Уметь (У):</b> оценивать тепловые технологические процессы с целью повышения эффективности производства;                     |                                      | <b>Продвинутый (хорошо)</b>   |  |

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
|   |   |   | <p><b>Уверенно умеет:</b> - совершенствовать тепловые технологические процессы с целью повышения эффективности производства;</p> <p><b>Уверенно владеет:</b> - понятием об основах энергосбережения; представлением о теплообеспечении предприятий автомобильного транспорта;</p>   |  |
|   | <p><b>Владеть (В):</b> понятием об основах энергосбережения; представлением о теплообеспечении предприятий автомобильного транспорта;</p>   | <p><b>Высокий (отлично)</b></p>             | <p><b>Сформировавшееся систематическое знание:</b> закономерностей использования тепловой энергии в технологических процессах, связанных с работой гидроприводов, компрессорных установок, двигателей внутреннего сгорания и технологического оборудования используемого в транспортных и технологических машинах, и оборудовании</p> <p><b>Сформировавшееся систематическое умение:</b> совершенствовать тепловые технологические процессы с целью повышения эффективности производства;</p> <p><b>Сформировавшееся систематическое владение:</b> понятием об основах энергосбережения; представлением о теплообеспечении предприятий автомобильного транспорта;</p> | <p>Контрольная работа<br/>Тест<br/>Индивидуальное расчетное задание<br/>Устный опрос</p> |
| <p>владением знаниями направлений полезного использования природных ресурсов, энергии и материалов при эксплуатации, ремонте и сервисном обслужи-</p> | <p><b>Знать (З):</b> принципы работы и конструкции различных аппаратов, служащих для целей преобразования энергии топлива в тепловую и тепловую энергию в механическую; теплогенерирую-</p> | <p><b>Пороговый (удовлетворительно)</b></p> | <p><b>Знает:</b> - принципы работы и конструкции различных аппаратов, служащих для целей преобразования энергии топлива в тепловую и тепловую энергию в механическую; теплогенерирующие устройства, холодильную и криогенную технику</p> <p><b>Умеет:</b> - формулировать задачи для разработки теплотехнических устройств.</p>   | <p>Контрольная работа<br/>Тест<br/>Индивидуальное расчетное задание<br/>Устный опрос</p> |

|  |   |                                    |  |  |
|--|---|------------------------------------|--|--|
| <p>вании транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения, их агрегатов, систем и элементов (ПК-12)</p> | <p>щие устройства, холодильную и криогенную технику</p>   |                                    | <p><b>Владеет:</b> - способами экономии тепловой энергии применительно к технологическому оборудованию сервисных предприятий, транспортных и технологических машин;</p>  |  |
|  | <p><b>Уметь (У):</b> формулировать задачи для разработки теплотехнических устройств.</p>  | <p><b>Продвинутый (хорошо)</b></p> | <p><b>Твердо знает:</b> - принципы работы и конструкции различных аппаратов, служащих для целей преобразования энергии топлива в тепловую и тепловой энергии в механическую; теплогенерирующие устройства, холодильную и криогенную технику<br/> <b>Уверенно умеет:</b> - формулировать задачи для разработки теплотехнических устройств.<br/> <b>Уверенно владеет:</b> - способами экономии тепловой энергии применительно к технологическому оборудованию сервисных предприятий, транспортных и технологических машин;</p>                     | <p>Контрольная работа<br/>Тест<br/>Индивидуальное расчетное задание<br/>Устный опрос</p> |
|  | <p><b>Владеть (В):</b> способами экономии тепловой энергии применительно к технологическому оборудованию сервисных предприятий, транспортных и технологических машин;</p> | <p><b>Высокий (отлично)</b></p>    | <p><b>Сформировавшееся систематическое знание:</b> - принципы работы и конструкции различных аппаратов, служащих для целей преобразования энергии топлива в тепловую и тепловой энергии в механическую; теплогенерирующие устройства, холодильную и криогенную технику<br/> <b>Сформировавшееся систематическое умение:</b> формулировать задачи для разработки теплотехнических устройств.<br/> <b>Сформировавшееся систематическое владение:</b> способами экономии тепловой энергии применительно к технологическому оборудованию сервис-</p> | <p>Контрольная работа<br/>Тест<br/>Индивидуальное расчетное задание<br/>Устный опрос</p> |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  | ных предприятий, транспортных и технологических машин; |  |
|--|--|--|--|--|

## 2. Описание шкал оценивания

### 2.1 Шкала оценивания на этапе текущего контроля

| Форма текущего контроля                               | Отсутствие усвоения (ниже порогового)*          | Пороговый (удовлетворительно)          | Продвинутый (хорошо)                     | Высокий (отлично)   |
|---|---|--|--|---|
| Выполнение индивидуальной расчетной работы            | не выполнена или все задания решены неправильно | Решено более 50% задания, но менее 70% | Решено более 70% задания, но есть ошибки | Весь объем задания выполнен без ошибок                          |
| Выполнение контрольных работ                          | не выполнена или все задачи решены неправильно  | Решена 1 задача                        | Решено 2 задачи, есть ошибки в расчетах  | Решено 3 задачи без ошибок                                      |
| Выполнение тестов (правильных ответов из 20 вопросов) | 10 и менее                                      | 11-14                                  | 15-18                                    | 19 - 20   |
| Устный опрос  | отсутствие участия                              | единичное высказывание                 | активное участие в обсуждении            | высказывание нестандартных суждений с обоснованием точки зрения |

### 2.2 Шкала оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет и экзамен)

| Форма промежуточной аттестации   | Отсутствие усвоения (ниже порогового)   | Пороговый (удовлетворительно)   | Продвинутый (хорошо)   | Высокий (отлично)   |
|--|---|---|--|---|
| Выполнение итогового теста (из 30 возможных вопросов варианта) и решение практического задания | имеет только отдельные представления об изучаемом материале, правильных ответов на предложенный тест менее 15, практическое | испытывает затруднения при самостоятельном воспроизведении материала, практическое задание решено с ошибками, правильных ответов на предложенный тест | умеет применять полученные знания на практике, в ответах и при решении практического задания не допускает серьезных ошибок, правильных | свободно применяет знания на практике, в ответах и при решении практического задания не допускает ошибок, правильных ответов на |

|  |   |       |                                       |                         |
|--|---|-------|---------------------------------------|-------------------------|
|  | задание решено не<br>правильно или не ре-<br>шено | 16-20 | ответов на предложенный<br>тест 21-25 | предложенный тест 26-30 |
|--|---|-------|---------------------------------------|-------------------------|

### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения материала будет проводиться по каждому из модулей дисциплины в виде компьютерного тестирования по тестовым заданиям. Кроме этого, оценивается активность магистров на аудиторных занятиях, качество и своевременность выполнения контрольной работы и реферата с использованием балльно-рейтинговой системы оценки по Методическим указаниям, разработанным на кафедре.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов включает Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине, представленный на платформе дистанционного обучения. Контроль самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины проводится в виде промежуточного тестирования и с помощью вопросов для самоконтроля, представленных на платформе дистанционного обучения и в методических указаниях: Теплотехника: Методические указания по изучению дисциплины и задания для контрольной работы /Рос. гос. аграр. заоч. ун-т; Сост. Ю.Б. Юдин. Б., 2021. – 36 с.

Режим доступа: <http://edu.rgazu.ru/course/view.php?id=4180>

#### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

##### **КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ для текущего контроля по дисциплине**

##### **Раздел 1. Термодинамика.**

Студенту предлагаются варианты контрольных работ, включающие пять заданий. Номер варианта контрольной работы определяется преподавателем. Тематика контрольных работ сформирована по принципу сочетания тем дисциплины. Написанию контрольной работы должно предшествовать изучение лекционного материала, решение заданий на практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. Для успешного выполнения контрольной работы необходимо ознакомиться с литературой, список которой дан в разделе 6 рабочей программы «Перечень основной и дополнительной литературы».

Для выполнения контрольной работы отводится 2 академических часа.

##### **Задание 1.1**

В баллоне емкостью  $V_1$  находится воздух с параметрами  $p_1$  и  $t_1$ , параметры взять из таблицы. Давление окружающей среды 750 мм рт. ст.

Определить работу расширения и полезную работу, которая может быть произведена содержащимся в баллоне воздухом при расширении его до давления окружающей среды по изотерме и по адиабате. Определить также минимальную температуру, которую будет иметь воздух в баллоне, если открыть вентиль и выпускать воздух из баллона до тех пор, пока давление в нем не станет равным давлению окружающей среды. Теплообменом воздуха с окружающей средой пренебречь. Построить графики процессов в  $p$ - $v$  координатах и показать работу процесса.

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| № вари- | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

|                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| анта               |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| $V_1, \text{м}^3$  | 1                | 5                | 2                | 6                | 1,2              | 14               | 0,5              | 0,6              | 3                | 0,9              |
| $p_1, \text{бар}$  | 50               | 32               | 67               | 42               | 87               | 55               | 92               | 21               | 10               | 77               |
| $t_1, \text{°C}$   | 21               | 25               | 23               | 31               | 26               | 22               | 29               | 18               | 15               | 19               |
| № вари-<br>анта    | 11               | 12               | 13               | 14               | 15               | 16               | 17               | 18               | 19               | 20               |
| $V_1, \text{л}$    | 100              | 150              | 200              | 350              | 210              | 180              | 230              | 560              | 300              | 420              |
| $p_1, \text{МПа}$  | 3                | 6,4              | 2,7              | 11               | 1,2              | 0,9              | 2                | 0,7              | 1,1              | 3,2              |
| $t_1, \text{°C}$   | 21               | 25               | 23               | 31               | 26               | 22               | 29               | 18               | 15               | 19               |
| № вари-<br>анта    | 21               | 22               | 23               | 24               | 25               | 26               | 27               | 28               | 29               | 30               |
| $V_1, \text{см}^3$ | $1 \cdot 10^5$   | $1,6 \cdot 10^5$ | $0,9 \cdot 10^6$ | $7 \cdot 10^5$   | $4,1 \cdot 10^5$ | $5 \cdot 10^5$   | $2,5 \cdot 10^6$ | $7,2 \cdot 10^5$ | $9,4 \cdot 10^5$ | $8,4 \cdot 10^5$ |
| $p_1, \text{Па}$   | $1,5 \cdot 10^6$ | $6,2 \cdot 10^6$ | $4,6 \cdot 10^6$ | $3,3 \cdot 10^6$ | $8,7 \cdot 10^6$ | $5,0 \cdot 10^6$ | $2,9 \cdot 10^6$ | $3,1 \cdot 10^6$ | $7,8 \cdot 10^6$ | $1,0 \cdot 10^6$ |
| $t_1, \text{°C}$   | 21               | 25               | 23               | 31               | 26               | 22               | 29               | 18               | 15               | 19               |
| № вари-<br>анта    | 31               |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| $V_1, \text{м}^3$  | 0,3              |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| $p_1, \text{Па}$   | $6,8 \cdot 10^6$ |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| $t_1, \text{°C}$   | 21               |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |

### Задание 1.2.

Рассчитать соотношения изменения внутренней энергии, теплоты и работы в политропных процессах расширения, показатели политропы  $m$  взять из таблицы 1.2. ( $k$  принять равным 1,4).

Таблица 1.2.

|                      |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |     |
|----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| № ва-<br>ри-<br>анта | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  |
| $m_1$                | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 0,95 | 1,5 |
| $m_2$                | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,23 | 1,34 | 1,21 | 1,35 | 1,11 | 1,19 | 1,35 | 0,9 |
| № ва-<br>ри-<br>анта | 12  | 13  | 14  | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22  |
| $m_1$                | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9  | 2,0  | 2,1  | 2,2  | 2,3  | 2,4  | 2,5  | 2,6 |
| $m_2$                | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 0,95 | 1,5 |
| № ва-<br>ри-<br>анта | 23  | 24  | 25  | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   | 31   |      |     |
| $m_1$                | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0  | 3,1  | 3,2  | 3,3  | 3,4  | 3,5  |      |     |
| $m_2$                | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 0,95 | 1,5  | 2    |      |     |

### Задание 1.3.



Сосуд разделен перегородкой на две части, объемы которых  $V_1 = 1,5 \text{ м}^3$  и  $V_2 = 1,0 \text{ м}^3$ . В части объемом  $V_1$  содержится газ 1 при  $p_1 = 0,5 \text{ МПа}$  и  $t_1 = 30,0^\circ\text{C}$ , а в части объемом  $V_2$  содержится газ 2 при  $p_2 = 0,2 \text{ МПа}$  и  $t_1 = 60,0^\circ\text{C}$ . Типы газов см. таблицу.

Определить массовые и объемные доли каждого газа, кажущуюся молекулярную массу смеси и ее газовую постоянную после того, как перегородка будет убрана и процесс смешения закончится.

Химической реакцией пренебречь.

Таблица 1.3.

|            |                  |                  |                  |                 |                               |                               |                  |                               |                  |                  |                               |
|------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| № варианта | 1                | 2                | 3                | 4               | 5                             | 6                             | 7                | 8                             | 9                | 10               | 11                            |
| газ 1      | O <sub>2</sub>   | Cl <sub>2</sub>  | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub> | NH <sub>3</sub>               | CS <sub>2</sub>               | Ar               | CH <sub>4</sub>               | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> S | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> |
| газ 2      | CO <sub>2</sub>  | CH <sub>4</sub>  | SO <sub>2</sub>  | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | H <sub>2</sub> S              | H <sub>2</sub>   | N <sub>2</sub>                | Ar               | Cl <sub>2</sub>  | CO                            |
| № варианта | 12               | 13               | 14               | 15              | 16                            | 17                            | 18               | 19                            | 20               | 21               | 22                            |
| газ 1      | H <sub>2</sub>   | CS <sub>2</sub>  | CS <sub>2</sub>  | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub>               | H <sub>2</sub> S              | CS <sub>2</sub>  | H <sub>2</sub>                | NH <sub>3</sub>  | NH <sub>3</sub>  | H <sub>2</sub> O              |
| газ 2      | NH <sub>3</sub>  | H <sub>2</sub> O | NH <sub>3</sub>  | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub>                | NH <sub>3</sub>               | H <sub>2</sub> S | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | N <sub>2</sub>   | O <sub>2</sub>   | Cl <sub>2</sub>               |
| № варианта | 23               | 24               | 25               | 26              | 27                            | 28                            | 29               | 30                            | 31               |                  |                               |
| газ 1      | CO               | Ar               | CO               | N <sub>2</sub>  | Cl <sub>2</sub>               | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | N <sub>2</sub>   | CO                            | CS <sub>2</sub>  |                  |                               |
| газ 2      | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub>  | NH <sub>3</sub>  | CS <sub>2</sub> | NH <sub>3</sub>               | CH <sub>4</sub>               | Cl <sub>2</sub>  | H <sub>2</sub> S              | Ar               |                  |                               |

#### Задание 1.4.

В баллоне емкостью  $V_1$  находится воздух с параметрами  $p_1$  и  $t_1$ , значения которых взять из таблицы. Давление окружающей среды 750 мм рт. ст.

Определить работу расширения и полезную работу, которая может быть произведена содержащимся в баллоне воздухом при расширении его до давления окружающей среды по изотерме и по адиабате. Определить также минимальную температуру, которую будет иметь воздух в баллоне, если открыть вентиль и выпускать воздух из баллона до тех пор, пока давление в нем не станет равным давлению окружающей среды. Теплообменом воздуха с окружающей средой пренебречь. Построить графики процессов в  $p$ - $v$  координатах и показать работу процесса.

|                       |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| № варианта            | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 10               |
| $V_1, \text{ м}^3$    | 1                | 5                | 2                | 6                | 1,2              | 14               | 0,5              | 0,6              | 3                | 0,9              |
| $p_1, \text{ бар}$    | 50               | 32               | 67               | 42               | 87               | 55               | 92               | 21               | 10               | 77               |
| $t_1, ^\circ\text{C}$ | 21               | 25               | 23               | 31               | 26               | 22               | 29               | 18               | 15               | 19               |
| № варианта            | 11               | 12               | 13               | 14               | 15               | 16               | 17               | 18               | 19               | 20               |
| $V_1, \text{ л}$      | 100              | 150              | 200              | 350              | 210              | 180              | 230              | 560              | 300              | 420              |
| $p_1, \text{ МПа}$    | 3                | 6,4              | 2,7              | 11               | 1,2              | 0,9              | 2                | 0,7              | 1,1              | 3,2              |
| $t_1, ^\circ\text{C}$ | 21               | 25               | 23               | 31               | 26               | 22               | 29               | 18               | 15               | 19               |
| № варианта            | 21               | 22               | 23               | 24               | 25               | 26               | 27               | 28               | 29               | 30               |
| $V_1, \text{ см}^3$   | $1 \cdot 10^5$   | $1,6 \cdot 10^5$ | $0,9 \cdot 10^6$ | $7 \cdot 10^5$   | $4,1 \cdot 10^5$ | $5 \cdot 10^5$   | $2,5 \cdot 10^6$ | $7,2 \cdot 10^5$ | $9,4 \cdot 10^5$ | $8,4 \cdot 10^5$ |
| $p_1, \text{ Па}$     | $1,5 \cdot 10^6$ | $6,2 \cdot 10^6$ | $4,6 \cdot 10^6$ | $3,3 \cdot 10^6$ | $8,7 \cdot 10^6$ | $5,0 \cdot 10^6$ | $2,9 \cdot 10^6$ | $3,1 \cdot 10^6$ | $7,8 \cdot 10^6$ | $1,0 \cdot 10^6$ |
| $t_1, ^\circ\text{C}$ | 21               | 25               | 23               | 31               | 26               | 22               | 29               | 18               | 15               | 19               |

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| № варианта                    | 31               |
| $V_1, \text{ м}^3$            | 0,3              |
| $p_1, \text{ Па}$             | $6,8 \cdot 10^6$ |
| $t_1, \text{ }^\circ\text{C}$ | 21               |

### Задание 1.5

Сосуд разделен перегородкой на две части, объемы которых  $V_1 = 1,5 \text{ м}^3$  и  $V_2 = 1,0 \text{ м}^3$ . В части объемом  $V_1$  содержится газ 1 при  $p_1 = 0,5 \text{ МПа}$  и  $t_1 = 30,0^\circ\text{C}$ , а в части объемом  $V_2$  содержится газ 2 при  $p_2 = 0,2 \text{ МПа}$  и  $t_1 = 60,0^\circ\text{C}$ . Типы газов см. таблицу 1.3.

Определить массовые и объемные доли каждого газа, кажущуюся молекулярную массу смеси и ее газовую постоянную после того, как перегородка будет убрана и процесс смешения закончится. Химической реакцией пренебречь.

|            |                  |                  |                  |                 |                               |                               |                  |                               |                  |                  |                               |
|------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| № варианта | 1                | 2                | 3                | 4               | 5                             | 6                             | 7                | 8                             | 9                | 10               | 11                            |
| газ 1      | O <sub>2</sub>   | Cl <sub>2</sub>  | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub> | NH <sub>3</sub>               | CS <sub>2</sub>               | Ar               | CH <sub>4</sub>               | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> S | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> |
| газ 2      | CO <sub>2</sub>  | CH <sub>4</sub>  | SO <sub>2</sub>  | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | H <sub>2</sub> S              | H <sub>2</sub>   | N <sub>2</sub>                | Ar               | Cl <sub>2</sub>  | CO                            |
| № варианта | 12               | 13               | 14               | 15              | 16                            | 17                            | 18               | 19                            | 20               | 21               | 22                            |
| газ 1      | H <sub>2</sub>   | CS <sub>2</sub>  | CS <sub>2</sub>  | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub>               | H <sub>2</sub> S              | CS <sub>2</sub>  | H <sub>2</sub>                | NH <sub>3</sub>  | NH <sub>3</sub>  | H <sub>2</sub> O              |
| газ 2      | NH <sub>3</sub>  | H <sub>2</sub> O | NH <sub>3</sub>  | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub>                | NH <sub>3</sub>               | H <sub>2</sub> S | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | N <sub>2</sub>   | O <sub>2</sub>   | Cl <sub>2</sub>               |
| № варианта | 23               | 24               | 25               | 26              | 27                            | 28                            | 29               | 30                            | 31               |                  |                               |
| газ 1      | CO               | Ar               | CO               | N <sub>2</sub>  | Cl <sub>2</sub>               | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | N <sub>2</sub>   | CO                            | CS <sub>2</sub>  |                  |                               |
| газ 2      | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub>  | NH <sub>3</sub>  | CS <sub>2</sub> | NH <sub>3</sub>               | CH <sub>4</sub>               | Cl <sub>2</sub>  | H <sub>2</sub> S              | Ar               |                  |                               |

## Раздел 2. Теплообмен

Студенту предлагаются варианты контрольных работ, включающие два задания. Номер варианта контрольной работы определяется преподавателем. Тематика контрольных работ сформирована по принципу сочетания тем дисциплины. Написанию контрольной работы должно предшествовать изучение лекционного материала, решение заданий на практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. Для успешного выполнения контрольной работы необходимо ознакомиться с литературой, список которой дан в разделе 6 рабочей программы «Перечень основной и дополнительной литературы».

Для выполнения контрольной работы отводится 2 академических часа.

### Задание 2.1.

Определить количество переданного тепла через  $1 \text{ м}^2$  стенки толщиной  $\delta = 10 \text{ мм}$ . Коэффициент теплопроводности материала  $\lambda$ . Одна из стенок оребрена ( $F_1$  – площадь поверхности горячей стенки,  $F_2$  – площадь поверхности холодной стенки). Коэффициент теплопроводности, и площади взять из таблицы 4.1. Коэффициенты теплоотдачи для горячей стенки  $\alpha_1 = 200 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$ , для холодной стенки  $\alpha_2 = 150 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$ . Температуры  $t_{f1} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_{f2} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить количество переданного тепла при отсутствии оребрения.

|            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|

|                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup> | 10 | 10 | 10 | 12 | 9  | 15 | 15 | 11 | 17 | 9  | 14 |
| F <sub>2</sub> , м <sup>2</sup> | 21 | 12 | 14 | 9  | 13 | 10 | 19 | 14 | 20 | 7  | 17 |
| λ, кДж/м*ч*°С                   | 25 | 52 | 82 | 31 | 40 | 60 | 32 | 44 | 68 | 56 | 66 |
| № варианта                      | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup> | 13 | 12 | 14 | 19 | 19 | 12 | 21 | 14 | 15 | 20 | 7  |
| F <sub>2</sub> , м <sup>2</sup> | 9  | 15 | 11 | 22 | 15 | 16 | 18 | 18 | 13 | 17 | 9  |
| λ, кДж/м*ч*°С                   | 30 | 70 | 48 | 34 | 54 | 80 | 76 | 62 | 38 | 36 | 58 |
| № варианта                      | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |    |    |
| F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup> | 19 | 9  | 17 | 12 | 22 | 9  | 16 | 14 | 18 |    |    |
| F <sub>2</sub> , м <sup>2</sup> | 15 | 11 | 14 | 15 | 19 | 12 | 13 | 10 | 14 |    |    |
| λ, кДж/м*ч*°С                   | 42 | 78 | 74 | 64 | 50 | 72 | 46 | 27 | 29 |    |    |

### Задание 2.3.

Пар расширяется по адиабате от начального состояния  $p_1, t_1$  до давления  $p_2$ . Найти энтальпию и удельный объем в начальном и конечном состояниях и работу пара.

|                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| № варианта     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
| $p_1$ , бар    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
| $t_1$ °С       | 200 | 220 | 220 | 240 | 240 | 250 | 250 | 260 | 270 | 280 | 300 |
| $p_2$ мм.рт.ст | 70  | 80  | 90  | 100 | 120 | 150 | 70  | 80  | 90  | 100 | 120 |
| № варианта     | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  |
| $p_1$ , бар    | 20  | 25  | 30  | 40  | 45  | 50  | 55  | 60  | 65  | 70  | 75  |
| $t_1$ °С       | 350 | 350 | 420 | 430 | 450 | 450 | 460 | 460 | 470 | 480 | 500 |
| $p_2$ мм.рт.ст | 400 | 350 | 450 | 500 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 600 |
| № варианта     | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |     |     |
| $p_1$ , бар    | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  |     |     |
| $t_1$ °С       | 300 | 300 | 310 | 310 | 320 | 320 | 340 | 380 | 400 |     |     |
| $p_2$ мм.рт.ст | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  |     |     |

## Раздел 3. Термодинамические циклы и тепловые машины

Варианты заданий для индивидуальной расчетной работы

Рассчитать термодинамический цикл поршневого ДВС, показанный на рис. 3.1, с заданными значениями  $p_1$ ,  $v_1$ ,  $T_1$ , состав рабочего тела и параметры цикла взять из табл. 3.1.

Произвести расчет молярной массы, газовой постоянной и теплоемкостей рабочего тела с учетом изменения температуры процессов.

Рассчитать параметры рабочего тела  $p$ ,  $v$ ,  $T$  во всех характерных точках цикла и полученные данные свести в таблицу.

Рассчитать значение теплоты  $q$ , работы  $l$ , изменения внутренней энергии  $\Delta u$ , энтальпии  $\Delta h$ , энтропии  $\Delta s$  для всех процессов цикла и полученные данные свести в таблицу.

Рассчитать термический КПД  $\eta_t$  и среднее теоретическое давление цикла  $p_t$ .

Определить термический КПД цикла Карно в том же интервале температур, что и заданный цикл.

Построить в масштабе по результатам вычислений цикл в  $p-v$  и  $T-s$  координатах.

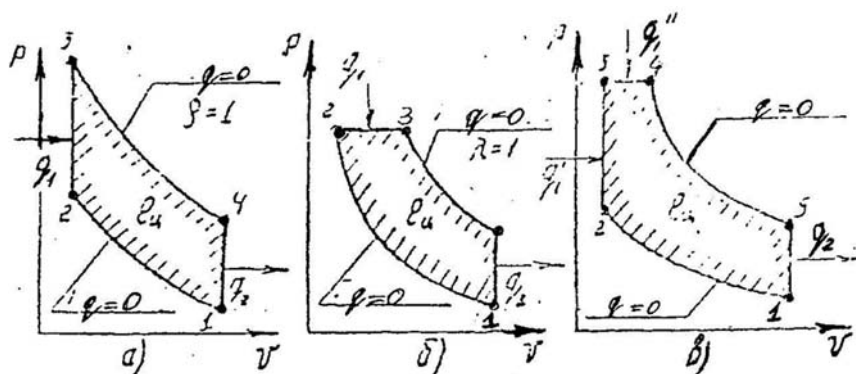


Рис. 3.1 Варианты термодинамических циклов поршневых ДВС

Параметры, характеризующие цикл

|  | Символ          | Размерность |
|--|-----------------|-------------|
| Степень сжатия                                   | $\epsilon$      |             |
| Показатель политропы сжатия                      | $n_1$           |             |
| Степень повышения давления                       | $\lambda$       |             |
| Степень изобарного (предварительного) расширения | $\rho$          |             |
| Степень последующего расширения                  | $\epsilon/\rho$ |             |
| Показатель политропы расширения                  | $n_2$           |             |
| Подводимая теплота                               | $q_1$           | кДж/кг      |
| Отводимая теплота                                | $q_2$           | -//-        |
| Работа цикла                                     | $l_{ц}$         | -//-        |
| Среднее давление цикла                           | $p_t$           | бар         |
| Термический КПД цикла                            | $\eta_t$        |             |

Таблица 3.1

| № задания | $p_1$ , бар | $T_1$ , К | $v_1$ , м <sup>3</sup> /кг | Рабочее тело, % |    | Вариант цикла по рис. 3.1 | $\epsilon$ | $\lambda$ | $\rho$ |
|-----------|-------------|-----------|----------------------------|-----------------|----|---------------------------|------------|-----------|--------|
|           |             |           |                            | Воздух          | Гв |                           |            |           |        |
| 1.        | 1,0         | 300       | -                          | 80              | 20 | А                         | 8          | 2,5       | -      |
| 2.        | 1,0         | 310       |                            | 70              | 30 | Б                         | 15         | -         | 1,6    |
| 3.        | 1,0         | 330       |                            | 100             |    | В                         | 18         | 1,6       | 1,2    |
| 4.        | 1,1         | 273       | -                          | 90              | 10 | Б                         | 15         | -         | 1,6    |

|     |      |     |      |     |    |   |    |     |      |
|-----|------|-----|------|-----|----|---|----|-----|------|
| 5.  | 1,1  | 293 |      | 100 |    | В | 25 | 1,6 | 1,2  |
| 6.  | 1,1  | 310 |      | 100 |    | А | 9  | 2,0 | -    |
| 7.  | 1,0  | -   | 0,8  | 50  | 50 | В | 18 | 1,6 | 1,2  |
| 8.  | 1,0  | -   | 0,8  | 60  | 40 | А | 9  | 2,5 | -    |
| 9.  | 1,0  | -   | 0,8  | 70  | 30 | Б | 12 | -   | 1,8  |
| 10. | 0,9  | -   | 1,0  | 80  | 20 | А | 9  | 1,9 | -    |
| 11. | 0,9  | -   | 1,0  | 90  | 10 | Б | 14 | -   | 1,65 |
| 12. | 0,9  | -   | 1,0  | 20  | 80 | В | 19 | 1,7 | 1,15 |
| 13. | -    | 350 | 0,8  | 30  | 70 | Б | 12 | -   | 1,8  |
| 14. | -    | 350 | 0,8  | 40  | 60 | В | 19 | 1,7 | 1,15 |
| 15. | -    | 350 | 0,8  | 100 |    | А | 10 | 2,2 | -    |
| 16. | -    | 330 | 0,85 | 100 |    | В | 22 | 1,7 | 1,15 |
| 17. | -    | 330 | 0,85 | 50  | 50 | А | 8  | 2,8 | -    |
| 18. | -    | 330 | 0,85 | 60  | 40 | Б | 19 | -   | 1,65 |
| 19. | 1,1  | 350 | -    | 70  | 30 | А | 8  | 3,2 | -    |
| 20. | 1,1  | 350 | -    | 80  | 20 | Б | 22 | -   | 1,6  |
| 21. | 1,1  | 350 | -    | 90  | 10 | В | 18 | 1,6 | 1,2  |
| 22. | 1,1  | -   | 0,75 | 20  | 80 | Б | 14 | -   | 1,65 |
| 23. | 1,1  | -   | 0,75 | 30  | 70 | А | 9  | 2,4 | -    |
| 24. | 1,1  | -   | 0,75 | 40  | 60 | В | 18 | 1,6 | 1,2  |
| 25. | 0,85 | 290 | -    | 100 |    | В | 17 | 1,7 | 1,25 |
| 26. | 0,85 | 290 | -    | 100 |    | А | 9  | 3,0 | -    |
| 27. | 0,85 | 290 | -    | 50  | 50 | Б | 18 | -   | 1,8  |
| 28. | 0,8  | 300 | -    | 60  | 40 | А | 10 | 3,2 | -    |
| 29. | 0,8  | 300 | -    | 70  | 30 | Б | 12 | -   | 1,8  |
| 30. | 0,8  | 300 | -    | 80  | 20 | В | 19 | 1,7 | 1,15 |
| 31. | -    | 280 | 0,8  | 90  | 10 | Б | 19 | -   | 1,7  |
| 32. | -    | 280 | 0,8  | 20  | 80 | А | 10 | 2,2 | -    |
| 33. | -    | 280 | 0,8  | 30  | 70 | В | 19 | 1,7 | 1,15 |
| 34. | -    | 310 | 0,75 | 40  | 60 | В | 21 | 1,7 | 1,15 |
| 35. | -    | 310 | 0,75 | 100 |    | А | 8  | 1,8 | -    |
| 36. | -    | 310 | 0,75 | 100 |    | Б | 18 | -   | 1,65 |

В качестве продуктов сгорания использовать для вариантов: 1- 18 – бензин АИ-93 ( $\mu = 28,79$ ) кг/кмоль; 19-36 – использовать дизельное топливо ( $\mu = 29,1$  кг/кмоль).

### КОМПЛЕКТ ТЕСТОВ для текущего контроля

Тесты по дисциплине содержат основные вопросы по всем темам, включенным в рабочую программу дисциплины.

Каждому студенту при тестировании по разделам дисциплины предоставляется 20 вопросов, на каждый из которых даны варианты ответов. Студенту необходимо выбрать правильный ответ из предложенных ему вариантов ответов.

Для выполнения теста отводится 45 минут.

#### Раздел 1

**1.Термодинамическую систему, которая не обменивается с окружающей средой теплотой:**

- 1) называют гомогенной
- 2) называют закрытой
- 3) называют адиабатной
- 4) называют гетерогенной

**2. В двигателе внутреннего сгорания рабочим телом:**

- 1) являются отработавшие газы
- 2) является топливо
- 3) является смесь воздуха с парами топлива
- 4) является смесь кислорода с парами топлива

**3. Уравнение состояния идеального газа:**

- 1) справедливо для обратной термодинамической системы
- 2) справедливо для равновесной термодинамической системы
- 3) справедливо для равновероятной термодинамической системы
- 4) справедливо для равновесной термодинамической системы

**4. Первый закон термодинамики выражается уравнением:**

- 1)  $dQ=dU+dH$
- 2)  $dQ=dH+dL$
- 3)  $dQ=dS+dH$
- 4)  $dQ=dU+dL$

**5. Работа расширения, совершаемая системой в адиабатном процессе:**

- 1) равна увеличению внутренней энергии данной системы
- 2) равна увеличению энтропии данной системы
- 3) равна уменьшению внутренней энергии данной системы
- 4) равна увеличению энтропии данной системы

**6. При адиабатном сжатии рабочего тела затрачиваемая извне работа:**

- 1) целиком идет на уменьшение внутренней энергии системы
- 2) целиком идет на увеличение энтропии системы
- 3) целиком идет на увеличение внутренней энергии системы
- 4) целиком идет на уменьшение энтропии системы

**7. Изменение внутренней энергии в термодинамическом процессе:**

- 1) определяется только начальным и конечным состоянием рабочего тела
- 2) определяется только начальным и законченным состоянием рабочего тела
- 3) определяется только начальным и конечным путями проведения процесса
- 4) определяется только начальным и законченным путями проведения процесса

**8. Механическую работу расширения можно выразить в виде уравнения:**

- 1)  $dL=pV$
- 2)  $dL=dpV$
- 3)  $dL=dVdp$
- 4)  $dL=pdV$

**9. Работа:**

- 1) является функцией исходного и конечного состояний системы
- 2) зависит от характера термодинамического процесса
- 3) не является функцией исходного и конечного состояний системы
- 4) не зависит от характера термодинамического процесса

**10. Связь теплоемкости с теплотой и температурой описывается уравнением:**

- 1)  $C=dQ/T$
- 2)  $C=dQ/dT$
- 3)  $C=Q/dT$
- 4)  $C=Q/T$

**11. Изменение энтальпии в любом процессе:**

- 1) определяется только начальным и конечным состоянием рабочего тела
- 2) определяется только начальным состоянием рабочего тела

- 3) определяется только начальным и конечным путями проведения процесса
- 4) определяется только начальным и законченным путями проведения процесса

**12. Зависимость изменения энтальпии описывается уравнением:**

- 1)  $dh=C_vdT$
- 2)  $dh=RdT$
- 3)  $dh=C_pdT$
- 4)  $dh=(R+C_p)dT$

**13. Зависимость изменения внутренней энергии описывается уравнением:**

- 1)  $du=C_vdT$
- 2)  $du=RdT$
- 3)  $du=C_pdT$
- 4)  $du=pdv$

**14. К функции состояния относится:**

- 1) давление
- 2) энтальпия
- 3) температура
- 4) теплота

**15. К термическим параметрам относится:**

- 1) энтальпия
- 2) энтропия
- 3) температура
- 4) работа

**16. Количество теплоты подводимое в процессе:**

- 1)  $dq=dTds$
- 2)  $dq=Tds$
- 3)  $dq=dTs$
- 4)  $dq=Ts$

**17. При отводе теплоты от тела:**

- 1)  $dq<0, ds>0$
- 2)  $dq<0, ds>0$
- 3)  $dq<0, ds<0$
- 4)  $dq>0, ds>0$

**18. Для того чтобы двигатель непрерывно производил механическую работу:**

- 1) работа сжатия должна быть такой же, как и работа расширения
- 2) работа расширения должна быть меньше работы сжатия
- 3) работа расширения должна быть больше работы сжатия
- 4) работа сжатия должна быть больше работы расширения

**19. Единицей измерения универсальной газовой постоянной является:**

- 1) Дж/кг
- 2) Дж/К
- 3) Дж/м<sup>3</sup>
- 4) Дж/(кг К)

**20. Для процесса, протекающего при постоянном объеме:**

- 1) показатель политропы равен 1
- 2) показатель политропы равен 0
- 3) показатель политропы равен k
- 4) показатель политропы равен бесконечности

## Раздел 2

**1. Если температура во всех точках тела:**

- 1) зависит от времени, то можно считать температурное поле изотермическим
- 2) не зависит от времени, то можно считать температурное поле изотермическим
- 3) зависит от времени, то можно считать температурное поле стационарным
- 4) не зависит от времени, то можно считать температурное поле стационарным

**2. Изотермическая поверхность- это:**

- 1) геометрическое место точек, температура в которых не одинакова
- 2) геометрическое место точек, температура в которых стационарна
- 3) геометрическое место точек, температура в которых одинакова
- 4) геометрическое место точек, температура в которых не стационарна

**3. В законе Фурье вектор теплового потока:**

- 1) направлен также как и вектор градиента температур
- 2) направлен также как и вектор коэффициента теплопроводности
- 3) направлен противоположно вектору температур
- 4) направлен противоположно вектору градиента температур

**4. Коэффициент пропорциональности  $\lambda$  в уравнении Фурье:**

- 1) характеризует способность данного вещества отводить теплоту
- 2) характеризует способность данного вещества нагреваться
- 3) характеризует способность данного вещества охлаждаться
- 4) характеризует способность данного вещества проводить теплоту

**5. Коэффициент теплопроводности  $\lambda$  для газов:**

- 1) зависит от температуры
- 2) не зависит от массы молекул газа
- 3) не зависит от скорости движения молекул газа
- 4) не зависит от температуры

**6. В отличие от газов теплопроводность металлов:**

- 1) обеспечивается главным образом за счет теплового движения атомов
- 2) обеспечивается главным образом за счет теплового движения молекул
- 3) обеспечивается главным образом за счет теплового движения ионов металла
- 4) обеспечивается главным образом за счет теплового движения электронов

**7. Мощность теплового потока через стенку:**

- 1) прямо пропорциональна температурам
- 2) прямо пропорциональна разности температур
- 3) обратно пропорциональна разности температур
- 4) обратно пропорциональна температурам

**8. Мощность теплового потока через стенку:**

- 1) прямо пропорциональна коэффициенту теплопроводности
- 2) прямо пропорциональна температурам
- 3) обратно пропорциональна коэффициенту теплопроводности
- 4) обратно пропорциональна температурам

**9. Тепловой поток через цилиндрическую стенку:**

- 1) прямо пропорционален температурам
- 2) прямо пропорционален разности температур
- 3) обратно пропорционален разности температур
- 4) обратно пропорционален температурам

**10. Процесс теплообмена между поверхностью твердого тела и жидкостью (газом):**

- 1) называется теплопередачей
- 2) называется теплоотдачей
- 3) называется теплопроводностью
- 4) называется теплоемкостью

**11. В уравнении Ньютона-Рихмана тепловой поток:**

- 1) прямо пропорционален разности температур
- 2) прямо пропорционален температурам



- 3) прямо пропорционален коэффициенту теплопередачи
- 4) обратно пропорционален коэффициенту теплопроводности

**12. Коэффициент теплоотдачи  $a$ :**

- 1) рассчитывается из критериального уравнения Рейнольдса
- 2) рассчитывается из критериального уравнения Прандтля
- 3) рассчитывается из критериального уравнения Нуссельта
- 4) рассчитывается из критериального уравнения Грасгофа

**13. Режим движения жидкости в системе охлаждения автомобиля:**

- 1) ламинарный
- 2) турбированный
- 3) турбулентный
- 4) ламинированный

**14. Для интенсификации процесса теплообмена:**

- 1) используют шахматное и распределенное расположение труб
- 2) используют шахтное и распределенное расположение труб
- 3) используют шахматное и коридорное расположение труб
- 4) используют шахматное и коридорное расположение труб

**15. Тела, поглощающая способность которых не зависит от длины волны:**

- 1) называются абсолютно черными телами
- 2) называются абсолютно серыми телами
- 3) называются серыми телами
- 4) называются абсолютно черными газами

**16. В законе Стефана-Больцмана лучеиспускательная способность тела  $E$ :**

- 1) прямо пропорциональна температуре во второй степени
- 2) прямо пропорциональна температуре в четвертой степени
- 3) обратно пропорциональна температуре во второй степени
- 4) прямо пропорциональна температуре в четвертой степени

**17. В уравнении теплопередачи тепловой поток:**

- 1) прямо пропорционален коэффициенту теплопроводности
- 2) прямо пропорционален разности температур
- 3) обратно пропорционален коэффициенту теплопроводности
- 4) обратно пропорционален температурам

**18. Теплообменником называют аппарат, предназначенный:**

- 1) для отвода теплоты от теплоносителей
- 2) для подвода теплоты к теплоносителям
- 3) для сообщения теплоты одному из теплоносителей в результате его отвода от другого теплоносителя
- 4) для сообщения теплоты одному из теплоносителей в результате его сообщения к другому теплоносителю

**19. Для охлаждения автомобильного двигателя внутреннего сгорания:**

- 1) используют регенеративные теплообменники
- 2) используют рекуперативные теплообменники
- 3) используют смесительные теплообменники
- 4) используют аккумуляторные теплообменники

**20. Для противотока:**

- 1) конечная температура холодной жидкости всегда выше конечной температуры горячей жидкости
- 2) конечная температура холодной жидкости всегда равна конечной температуры горячей жидкости
- 3) конечная температура холодной жидкости всегда ниже конечной температуры горячей жидкости

4) конечная температура холодной жидкости всегда выше начальной температуры горячей жидкости

### **КОМПЛЕКТ ПРИМЕРНЫХ ЗАДАНИЙ** для промежуточной аттестации (экзамен) по дисциплине

Экзамен проводится в виде итогового теста и решения практического задания. Для выполнения отводится 90 минут.

**1. Определите полезную работу в процессе, если изменение внутренней энергии 300 кДж/кг, а количество отведенного тепла 300 кДж/кг:**

-----

**2. Определите коэффициент теплопередачи через плоскую однослойную стенку, если  $\alpha_1 = 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ С})$ ,  $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ С})$ ,  $\lambda = 1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ С})$ , толщина стенки 200 мм:**

-----

**3. Определите значение термического КПД цикла Карно, если  $p_1 = 13 \text{ МПа}$ ,  $v_1 = 0,01 \text{ м}^3/\text{кг}$ ,  $p_2 = 11 \text{ МПа}$ ,  $v_2 = 0,18 \text{ м}^3/\text{кг}$ :**

-----

**4. Определите величину плотности теплового потока от стенки к жидкости, если  $\alpha = 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ С})$  град;  $t_{\text{ст}} = 80 \text{ }^\circ\text{С}$ ;  $t_{\text{жид}} = 293 \text{ К}$ :**

-----

**5. Определите значение термического КПД цикла ДВС с изохорным подводом теплоты, если  $c_v = 0,24 \text{ кДж}/\text{кг град}$ ,  $c_p = 0,3 \text{ кДж}/\text{кг град}$ ,  $v_1 = 0,01 \text{ м}^3/\text{кг}$ ,  $t_2 = 27 \text{ }^\circ\text{С}$ ,  $p_2 = 8 \text{ бар}$ :**

-----

**6. В законе Стефана-Больцмана лучеиспускательная способность тела E:**

- 1) прямо пропорциональна температуре во второй степени
- 2) прямо пропорциональна температуре в четвертой степени
- 3) обратно пропорциональна температуре во второй степени
- 4) обратно пропорциональна температуре в четвертой степени

**7. Теплопередача- это:**

- 1) процесс переноса теплоты от горячей жидкости к холодной
- 2) процесс переноса теплоты от горячей жидкости к холодной через разделяющую их стенку
- 3) процесс переноса теплоты от холодной жидкости к горячей через разделяющую их стенку
- 4) процесс переноса теплоты от холодной жидкости к горячей

**8. В уравнении теплопередачи тепловой поток:**

- 1) прямо пропорционален коэффициенту теплопроводности
- 2) прямо пропорционален разности температур
- 3) обратно пропорционален коэффициенту теплопроводности
- 4) обратно пропорционален температурам

**9. Рекуперативным называется теплообменник, у которого:**

- 1) происходит передача теплоты от одного теплоносителя к другому
- 2) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их границу раздела

- 3) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку
- 4) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их жидкость

**10. В автомобильных двигателях внутреннего сгорания рекуперативные теплообменники:**

- 1) используют для охлаждения тормозной системы
- 2) используют для охлаждения мотора
- 3) используют для охлаждения подвески автомобиля
- 4) используют для охлаждения системы зажигания

**11. Для охлаждения автомобильного двигателя внутреннего сгорания:**

- 1) используют регенеративные теплообменники
- 2) используют рекуперативные теплообменники
- 3) используют смесительные теплообменники
- 4) используют аккумуляторные теплообменники

**12. Регенеративным называется теплообменник, у которого:**

- 1) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку
- 2) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется при непосредственном их контакте
- 3) горячий теплоноситель соприкасается с твердым телом и отдает ему теплоту, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом
- 4) горячий теплоноситель взаимодействует с твердым телом и реагирует с теплотой, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом

**13. Для прямотока:**

- 1) конечная температура холодной жидкости всегда выше конечной температуры горячей жидкости
- 2) конечная температура холодной жидкости всегда равна конечной температуры горячей жидкости
- 3) конечная температура холодной жидкости всегда ниже конечной температуры горячей жидкости
- 4) конечная температура холодной жидкости всегда выше начальной температуры горячей жидкости

**14. Для противотока:**

- 1) конечная температура холодной жидкости всегда выше конечной температуры горячей жидкости
- 2) конечная температура холодной жидкости всегда равна конечной температуры горячей жидкости
- 3) конечная температура холодной жидкости всегда ниже конечной температуры горячей жидкости
- 4) конечная температура холодной жидкости всегда выше начальной температуры горячей жидкости

**15. В процессе сжатия ДВС работа:**

- 1) равна  $dl=pdv$
- 2) равна  $dl=pdT$
- 3) равна  $dl=dpdv$
- 4) равна  $dl=vdp$

**16. Какой цикл реализуется в дизельных ДВС:**

- 1) цикл со смешанным подводом теплоты
- 2) цикл при  $p=const$

3) цикл при  $v=\text{const}$

4) цикл Карно

**17. Подвод теплоты в бензиновом двигателе:**

1) проходит при  $p=\text{const}$

2) проходит при  $p v^k=\text{const}$

3) проходит при  $v=\text{const}$

4) проходит при  $dq=0$

**18. Подвод теплоты в цикле современного дизеля:**

1) проходит при  $p=\text{const}$  и  $v=\text{const}$

2) проходит при  $p v^k=\text{const}$  и  $v=\text{const}$

3) проходит при  $v=\text{const}$  и  $p=\text{const}$

4) проходит при  $dq=0$  и  $v=\text{const}$

**19. Отвод теплоты в бензиновом двигателе:**

1) проходит при  $p=\text{const}$

2) проходит при  $p v^k=\text{const}$

3) проходит при  $v=\text{const}$

4) проходит при  $dq=0$

**20. Отвод теплоты в цикле современного дизеля:**

1) проходит при  $p=\text{const}$

2) проходит при  $p v^k=\text{const}$

3) проходит при  $v=\text{const}$

4) проходит при  $dq=0$

**21. При сжатии:**

1) температура рабочего тела падает

2) температура рабочего тела не изменяется

3) температура рабочего тела не возрастает

4) температура рабочего тела возрастает

**22. При расширении:**

1) температура рабочего тела падает

2) температура рабочего тела не изменяется

3) температура рабочего тела не возрастает

4) температура рабочего тела возрастает

**23. Удельная работа расширения  $l$  в изохорном процессе:**

1) не равна 0

2) равна 0

3) равна 1

4) равна бесконечности

**23. В изобарном процессе работа расширения:**

1) равна  $dl=pdv$

2) равна  $dl=pdT$

3) равна  $dl=dpdv$

4) равна  $dl=vdp$

**24. В изотермическом процессе работа расширения:**

1) равна  $l=RT \ln(v_2 + v_1)$

2) равна  $l=RT \ln \ln(v_2 - v_1)$

3) равна  $l= pv \ln(v_2 / v_1)$

4) равна  $l=RT \ln(p_2 - p_1)$

**25. В адиабатном процессе:**

1)  $(pv)^k=\text{const}$

2)  $p v^k=\text{const}$

3)  $p^k v=\text{const}$

4)  $p v^{1/k}=\text{const}$

**26. В политропном процессе:**

- 1)  $(pv)^n = \text{const}$
- 2)  $pv^n = \text{const}$
- 3)  $p^n v = \text{const}$
- 4)  $pv^{1/n} = \text{const}$

**27. Для изохорного процесса:**

- 1) показатель политропы равен 1
- 2) показатель политропы равен 0
- 3) показатель политропы равен  $k$
- 4) показатель политропы равен бесконечности

**28. Для изотермического процесса:**

- 1) показатель политропы равен 1
- 2) показатель политропы равен 0
- 3) показатель политропы равен  $k$
- 4) показатель политропы равен  $n$

**29. Степенью сжатия ДВС называется:**

- 1) отношение объема камеры сгорания к объему цилиндра
- 2) отношение длины камеры сгорания к длине цилиндра
- 3) отношение объема цилиндра к объему камеры сгорания
- 4) отношение объема, занимаемого поршнем, к объему камеры сгорания

**30. Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме:**

- 1) реализуется в дизелях
- 2) реализуется в дизелях и бензиновых двигателях
- 3) реализуется в бензиновых двигателях
- 4) реализуется в бензиновых и газовых двигателях

**Примерные варианты практического задания  
для промежуточной аттестации (экзамен)**

1. К газу, заключенному в цилиндре с подвижным поршнем, подводится извне 100 кДж тепла. Величина произведенной работы при этом составляет 115 кДж. Определить изменение полной и удельной внутренней энергии газа, если количество его равно 0,8 кг.
2. Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть 2 м<sup>3</sup> воздуха от 100°C до 500°C при избыточном постоянном давлении 0,2 МПа? Какую работу совершит при этом воздух? Давление атмосферы принять равным 101235 Па. Объемная средняя изобарная теплоемкость равна 1,3 кДж/(м<sup>3</sup>·К).
3. В цилиндре находится воздух при давлении  $p=0,5$  МПа и температуре  $t_1=400$  °С. От воздуха отнимается теплота при постоянном давлении таким образом, что в конце процесса устанавливается температура  $t_2=0$  °С. Объем цилиндра, в котором находится воздух, равен 400 л. Определить количество отнятой теплоты, конечный объем, изменение внутренней энергии и совершенную работу сжатия. Зависимость теплоемкости от температуры считать нелинейной.
4. 8 м<sup>3</sup> воздуха при  $p_1=0,09$  МПа и  $t_1=20$ °С сжимаются при постоянной температуре до 0,81 МПа. Определить конечный объем, затраченную работу и количество теплоты, которое необходимо отвести от газа.

5. 0,5 м<sup>3</sup> кислорода при давлении  $p_1=1$  МПа и температуре  $t_1=30$  °С сжимаются изотермически до объема в 5 раз меньше начального. Определить объем и давление кислорода после сжатия, работу сжатия и количество теплоты, отнятой у газа.
6. 1 кг воздуха совершает цикл Карно в пределах температур  $t_1=250$ °С и  $t_2=30$ °С. Наивысшее давление  $p_1=1$  МПа, наинизшее —  $p_3=0,12$  МПа. Определить параметры состояния воздуха в характерных точках, количества подведенной и отведенной теплоты, работу и термический к.п.д. цикла.
7. Для идеального цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при  $v=\text{const}$  определить параметры в характерных точках, полученную работу, термический к.п.д., количество подведенной и отведенной теплоты, если дано:  $p_1=0,1$  МПа;  $t_1=20$ °С;  $\epsilon=3,6$ ;  $\lambda=3,33$ ;  $k=1,4$ . Рабочее тело — воздух. Теплоемкость принять постоянной.
8. В цикле поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при  $v=\text{const}$  степень сжатия  $\epsilon=5$ , степень увеличения давления  $\lambda=1,5$ . Определить термический к.п.д. этого цикла, а также цикла Карно, совершающегося при тех же предельных температурах. Рабочее тело — воздух. Теплоемкость принять постоянной.
9. Построить график зависимости термического к.п.д. от степени сжатия для цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при  $v=\text{const}$  для значений  $\epsilon$  от 2 до 10 при  $k=1,37$ .
10. Температура воспламенения топлива, подаваемого в цилиндр двигателя с изобарным подводом теплоты, равна 800°С. Определить минимально необходимое значение степени сжатия  $\epsilon$ , если начальная температура воздуха  $t_1=77$ °С. Сжатие считать адиабатным,  $k=1,4$ .
11. При испытании двигателей внутреннего сгорания широким распространением пользуются так называемые гидротормоза. Работа двигателя при торможении превращается в теплоту трения, и для уменьшения нагрева тормозного устройства применяют водяное охлаждение. Определить часовой расход воды на охлаждение тормоза, если мощность двигателя равна  $N=33$  кВт, начальная температура воды  $t'_в=15$  °С, конечная —  $t''_в=60$  °С; принять, что вся теплота трения передается охлаждающей воде.
12. При испытании бензинового двигателя было найдено, что удельный расход топлива равен 231 г/(кВт·ч). Определить эффективный к.п.д. этого двигателя, если теплота сгорания топлива  $Q_{н^p}=41000$  кДж/кг (9800 ккал/кг).
13. Автомобиль массой 1,5 т останавливается под действием тормозов при скорости 40 км/ч. Вычислить конечную температуру тормозов  $t_2$ , если их масса равна 15 кг, начальная температура  $t_1=10$  °С, а теплоемкость стали, из которой изготовлены тормозные части, равна 0,46 кДж/(кг·К). Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

## Примерные вопросы для подготовки к устному опросу для текущего контроля по дисциплине

### Раздел 1

1. Что такое термодинамическая система?
2. Чем отличается реальный газ от идеального?
3. Что характеризует температура?
4. Какие температурные шкалы приняты в настоящее время и как они связаны между собой?
5. Что такое давление газа?
6. Перечислите единицы измерения давления и приведите связи между ними?
7. Что такое внутренняя энергия?
8. Что такое энтальпия?
9. Что такое энтропия?
10. Напишите уравнение Клайперона для 1 кг газа.
11. Напишите уравнение Менделеева-Клапейрона для произвольного количества газа, выраженного в кмольях.
12. Напишите уравнение Менделеева-Клапейрона для произвольного количества газа, выраженного массой.
13. Напишите уравнение Ван-дер-Ваальса и поясните смысл составляющих.
14. Напишите выражение первого закона термодинамики в дифференциальной форме через внутреннюю энергию.
15. Напишите выражение первого закона термодинамики в дифференциальной форме через энтальпию.
16. Дайте определения механической работы, работы проталкивания и внешней полезной работы.
17. Напишите выражение первого закона термодинамики в интегральной форме.
18. Что такое теплоёмкость?
19. Какие виды удельной теплоёмкости вы знаете? Приведите их размерность.
20. Какой из факторов оказывает наибольшее влияние на теплоёмкость газов?
21. Какими соотношениями связана изобарная и изохорная теплоёмкости?
22. Как определяется количество теплоты в процессе с использованием теплоёмкости?
23. Как в общем случае определяется механическая работа, совершаемая в процессе?
24. Как определяется изменение внутренней энергии в любом процессе?
25. Как определяется изменение энтальпии в любом процессе?
26. Как в общем случае определяется изменение энтропии в процессе?
27. Что называется парциальным давлением газа, входящего в смесь?
28. Как связана универсальная газовая постоянная и газовая постоянная определенного газа?
29. Что такое удельные массовые и объемные доли газовой смеси?
30. Как определить значение газовой постоянной смеси по значениям газовых постоянных компонентов?
31. Что такое термодинамический процесс?
32. Напишите уравнение политропного процесса.
33. Напишите соотношения между параметрами состояния в начале и в конце политропного процесса.
34. Как определяется работа в политропном процессе с использованием параметров  $p$  и  $v$ ?
35. Как определяется работа в изобарном процессе?
36. Как определяется работа в изотермном процессе?
37. Как определяется работа в адиабатном процессе?

38. Чему равно изменение энтальпии изобарного процесса?
39. Чему равно изменение внутренней энергии адиабатного процесса?
40. Каково значение показателя политропы для изохорного процесса?
41. Значение показателя политропы для изобарного процесса?
42. Значение показателя политропы для изотермического процесса?
43. Значение показателя политропы для адиабатного процесса?
44. Что такое характеристика политропного процесса?
45. Как определяется теплоемкость политропного процесса с использованием его характеристики?
46. Как определяется теплоемкость политропного процесса с использованием его показателя?
47. Как определяется показатель политропы по его характеристике?
48. Как определяется характеристика политропного процесса по его показателю?
49. Изобразите изохорный процесс в координатах  $p-v$  и  $T-s$ .
50. Изобразите изобарный процесс в координатах  $p-v$  и  $T-s$ .
51. Изобразите изотермический процесс в координатах  $p-v$  и  $T-s$ .
52. Изобразите адиабатный процесс в координатах  $p-v$  и  $T-s$ .
53. Нарисуйте изобарный и изохорный процессы в  $T-s$  координатах и обоснуйте соотношение их взаимного положения.
54. Нарисуйте адиабатный и изотермический процессы в  $p-v$  координатах и обоснуйте соотношение их взаимного положения.

## Раздел 2.

1. Какие существуют виды теплообмена и физическая сущность преобразования в них энергии.
2. Что такое температурное поле и температурный градиент?
3. Дайте определение теплового потока при теплообмене.
4. Уравнение Фурье для теплопроводности.
5. От чего зависит коэффициент теплопроводности?
6. Получите выражение коэффициента теплопроводности многослойной плоской стенки.
7. Закон Ньютона-Рихмана для конвективной теплоотдачи.
8. Перечислите основные факторы определяющие теплоотдачу.
9. Что такое критериальные уравнения теплоотдачи?
10. Закон Стефана-Больцмана лучистого теплообмена.
11. Что такое отражательная и поглощательная способность тела?
12. Что такое теплопередача?
13. Какие существуют способы интенсификации теплопередачи?
14. Что такое термическое сопротивление?
15. Получите выражение коэффициента теплопередачи для плоской стенки.
16. Дайте определение критическому диаметру изоляции трубопроводов.
17. Что называется теплообменным аппаратом?
18. Перечислите основные конструкции теплообменных аппаратов?
19. Какие существуют схемы движения в теплообменных аппаратах?
20. Что такое условные (водяные) эквиваленты горячей и холодной жидкостей?
21. Что такое температурный напор в теплообменном аппарате?
22. Запишите уравнение теплового баланса теплообменного аппарата.
23. Как определить конечные температуры жидкостей в теплообменном аппарате с прямотоком?



### Раздел 3

1. Что такое прямой и обратный цикл тепловой машины?
2. Выведите выражение для расчета термического КПД прямого цикла.
3. Выведите обобщенное выражение для определения холодильного коэффициента
4. Изобразите цикл Карно в координатах  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  с указанием процессов, составляющих цикл.
5. Выведите  $\eta_T$  цикла Отто.
6. Выведите  $r_T$  цикла Отто.
7. Выведите  $\eta_T$  цикла Дизеля.
8. Выведите  $r_T$  цикла Дизеля.
9. Выведите  $\eta_T$  цикла Тринклера.
10. Выведите  $r_T$  цикла Тринклера.
11. Изобразите цикл Отто в координатах  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  с указанием процессов, составляющих цикл.
12. Изобразите цикл Дизеля в координатах  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  с указанием процессов, составляющих цикл.
13. Изобразите цикл Тринклера в координатах  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  с указанием процессов, составляющих цикл.
14. Напишите уравнение состояния Ван-дер-Ваальса и поясните смысл составляющих.
15. Напишите выражение правила фаз Гиббса.
16. Что такое сублимация?
17. Что называется тройной точкой вещества?
18. Что собой представляет степень сухости водяного пара?
19. Что называется теплотой парообразования?
20. Как определяется энтальпия влажного пара?
21. Что собой представляет сухой насыщенный пар?
22. Что собой представляет влажный пар?
23. Что собой представляет перегретый пар?
24. Изобразите на диаграмме  $T$ - $s$  процесс перехода воды в перегретый пар при постоянном давлении, указав характерные точки, и дайте графическое представление теплоты парообразования.
25. Изобразите на диаграмме  $h$ - $s$  изобарный процесс перехода воды в перегретый пар с указанием характерных точек и дайте графическое представление теплоты парообразования.
26. Что такое абсолютная влажность воздуха и каковы её измерения?
27. Что такое относительная влажность воздуха и в каких единицах она измеряется?
28. Что такое влагосодержание воздуха и каковы единицы ее измерения?
29. Что такое влагоемкость воздуха и каковы единицы ее измерения?
30. Как можно рассчитать влагосодержание по парциальному давлению пара?
31. Почему различаются показания «сухого» и «мокрого» термометров, помещенных в ненасыщенный воздух?
32. При каком условии показания «сухого» и «мокрого» термометров во влажном воздухе совпадают?
33. По какой формуле определяется удельная энтальпия влажного воздуха, и в каких единицах она измеряется?
34. Напишите выражение первого закона термодинамики для потока газа в дифференциальной форме.
35. Что понимается под располагаемой работой при истечении газов и как определяется её значение при адиабатном истечении?
36. Что такое критическая скорость при истечении через суживающееся сопло, и как определяется ее значение?

37. Изобразите сопло Лавалья и укажите, с какой целью оно применяется.
38. Что такое дросселирование?
39. При каком условии температура газа в процессе дросселирования растет?
40. При каком условии температура газа в процессе дросселирования падает?
41. При каком условии температура газа в процессе дросселирования остается постоянной?
42. Что такое инверсия при дросселировании?
43. Изобразите теоретическую индикаторную диаграмму поршневого компрессора с указанием процессов, составляющих цикл.
44. Что такое идеальный компрессор?
45. Напишите выражение работы за цикл в идеальном компрессоре при изотермическом сжатии.
46. Напишите выражение работы за цикл в идеальном компрессоре при адиабатном сжатии.
47. С какой целью применяется многоступенчатое сжатие в компрессорах?
48. Изобразите цикл Ренкина в координатах  $T-s$  с указанием процессов, составляющих цикл.
49. Изобразите цикл Ренкина в координатах  $h-s$  с указанием процессов, составляющих цикл.
50. Напишите выражение для КПД цикла Ренкина.
51. Какие существуют способы повышения эффективности цикла Ренкина?
52. Что такое теплофикация?
53. Изобразите цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты с указанием процессов, составляющих цикл.
54. Нарисуйте принципиальную схему ГТУ и дайте расшифровку обозначений на схеме.
55. Нарисуйте принципиальную схему паросиловой установки и дайте расшифровку обозначений на схеме.
56. Нарисуйте принципиальную схему паровой компрессорной холодильной установки и дайте расшифровку обозначений на схеме.
57. Нарисуйте принципиальную схему воздушной компрессорной холодильной установки и дайте расшифровку обозначений на схеме.
58. Нарисуйте принципиальную схему абсорбционной холодильной установки и дайте расшифровку обозначений на схеме.
59. Что такое высшая и низшая теплота сгорания топлива?
60. Что такое условное топливо?
61. Какие продукты сгорания относятся к вредным?
62. Перечислите основные парниковые газы, образующие в процессе сгорания.
63. Дайте определение коэффициента избытка воздуха в процессе сгорания?