

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гнатюк Максим Александрович  
Должность: Первый проректор  
Дата подписания: 11.07.2022 09:51:21  
Уникальный программный ключ:  
8873f497f100e798ae8c92c0d33e105c818d5410

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

Приложение  
к рабочей программе дисциплины

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

**«Термодинамика и теплопередача»**

Направление подготовки / специальность

**23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**

---

*(код и наименование)*

Направленность (профиль)/специализация

**Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и  
оборудование**

---

*(наименование)*

# О г л а в л е н и е

1. Пояснительная записка.
2. Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций.
3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации.

## 1. Пояснительная записка

Цель промежуточной аттестации – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Формы промежуточной аттестации: *зачет (4 семестр – очное обучение, 2 курс – заочное обучение).*

### Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

| Код и наименование компетенции   |
|--|
| ПК-11: способностью осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования |
| ОПК-6: способностью самостоятельно или в составе группы осуществлять научную деятельность, реализуя специальные средства и методы получения нового знания                                      |

### Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование компетенции   | Результаты обучения по дисциплине  | Оценочные материалы (семестр <u>1,2,3</u> ) |
|--|--|---|
| ПК-11: способностью осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования | Обучающийся знает:<br>основные понятия, законы и методы термодинамики и теплопередачи, необходимые для осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования                         | Тесты п. 2.1.1<br>Вопросы п. 2.1.2          |
|  | Обучающийся умеет:<br>применять основные понятия, законы и методы термодинамики и теплопередачи, необходимые для осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования               | Задания п. 2.2.1                            |
|  | Обучающийся владеет:<br>навыками применения основных понятий, законов и методов термодинамики и теплопередачи, необходимых для осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования | Задания п. 2.3.1                            |
| ОПК-6: способностью самостоятельно или в составе группы осуществлять научную деятельность, реализуя специальные средства и методы получения нового знания                                      | Обучающийся знает:<br>методы теоретического и экспериментального исследования и получения новых знаний в области термодинамики и теплопередачи   | Тесты п. 2.1.3<br>Вопросы п. 2.1.4          |
|  | Обучающийся умеет:<br>использовать методы теоретического и экспериментального исследования и получения новых знаний в области термодинамики и теплопередачи  | Задания п. 2.2.2                            |
|  | Обучающийся владеет:<br>навыками применения методы теоретического и экспериментального исследования и получения новых знаний в области термодинамики и теплопередачи   | Задания п.2.3.2                             |

Промежуточная аттестация (зачет) проводится в одной из следующих форм:

- 1) собеседование;
- 2) выполнение заданий в ЭИОС СамГУПС.

## 2. Типовые<sup>1</sup> контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций

### 2.1 Типовые вопросы (задания) для оценки знаний в качестве образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Образовательный результат   |
|--|---|
| ПК-11: способностью осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования | Обучающийся знает: основные понятия, законы и методы термодинамики и теплопередачи, необходимые для осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования |

#### 2.1.1 Примеры тестовых заданий

1. Предметом технической термодинамики являются ...

- a) закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и свойства тел, участвующих в этих превращениях
- b) закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и масса тел, участвующих в этих превращениях
- c) закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и объем тел, участвующих в этих превращениях
- d) закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и сила притяжения тел, участвующих в этих превращениях

2. Если  $T_1 = 1000 \text{ K}$ ,  $v_1 = 3 \text{ м}^3/\text{кг}$ ,  $T_2 = 10 \text{ K}$ , то  $v_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}^3/\text{кг}$ .

- a) 0,3
- b) 300
- c) 0,03
- d) 30

3. Найдите работу, совершаемую двумя молями идеального газа при его изобарном нагревании на  $100^\circ\text{C}$  (Дж).  $R=8,3 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$ :

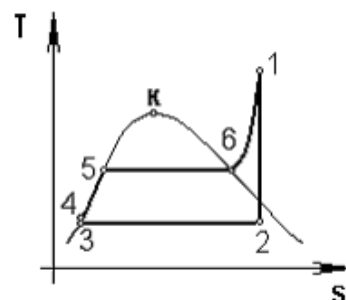
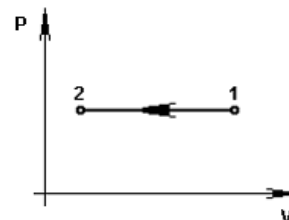
- a) 166
- b) 1660
- c) 830
- d) 0,166

4. Теплота в цикле Ренкина, представленном на графике, отводится в процессе ...

- a) 1–2
- b) 2–3
- c) 6–1
- d) 5–6

5. Отношение массы водяного пара  $m_{\text{п}}$ , содержащегося во влажном воздухе, к массе сухого воздуха  $m_{\text{в}}$  называется ...

- a) влагосодержанием
- b) относительной влажностью
- c) абсолютной влажностью
- d) точкой росы



<sup>1</sup> Приводятся типовые вопросы и задания. Оценочные средства, предназначенные для проведения аттестационного мероприятия, хранятся на кафедре в достаточном для проведения оценочных процедур количестве вариантов. Оценочные средства подлежат актуализации с учетом развития науки, образования, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы. Ответственность за нераспространение содержания оценочных средств среди обучающихся университета несут заведующий кафедрой и преподаватель – разработчик оценочных средств.

6. Тепловой двигатель за один цикл получает от нагревателя 100 кДж теплоты и отдает холодильнику 60 кДж. Чему равен КПД этого двигателя (%):

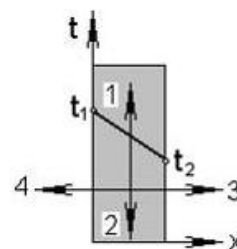
- a) 25
- b) 40
- c) 60
- d) 0,4

7. Коэффициент температуропроводности вычисляется по формуле ...

- a)  $a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$
- b)  $a = \frac{c \cdot \rho}{\lambda}$
- c)  $a = \frac{\lambda}{c \cdot \nu}$
- d)  $a = -\frac{\lambda}{c \cdot \rho}$

8. Направление вектора теплового потока на рисунке обозначено цифрой ...

- a) 4
- b) 1
- c) 2
- d) 3

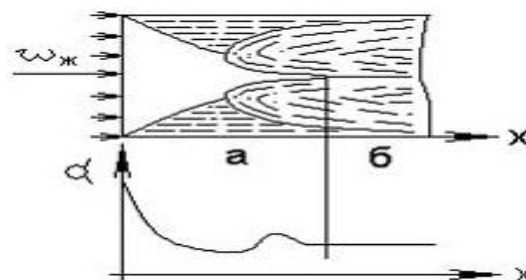


9. Конвективный теплообмен - это сложный вид теплообмена, при котором совместно протекают процессы:

- a) теплообмена и массообмена
- b) конвекции и теплоотдачи
- c) теплопроводности и конвекции
- d) теплопередачи и конвекции

10. В качестве определяющей температуры при расчете средней теплоотдачи внутри трубы применительно к рисунку принимается ...

- a) средняя арифметическая температура жидкости на входе и выходе из трубы
- b) температура жидкости на входе в трубу
- c) температура жидкости на выходе из трубы
- d) средняя арифметическая температура жидкости и стенки трубы



11. Тепловой поток, излучаемый на всех длинах волн с единицы поверхности тела по всем направлениям, называется:

- a) тепловым излучением
- b) излучательной способностью
- c) интенсивностью излучения
- d) интегральным лучистым потоком

12. Если излучательная способность серого тела  $E = 5670 \text{ Вт/м}^2$ , то интегральный коэффициент излучения (степень черноты) равен ...

- a) 0,01
- b) 1
- c) 0,1
- d) 22



$T = 1000 \text{ K}$   
 $C_0 = 5,67 \text{ Вт/(м}^2\text{K}^4)$

13. Если  $d_{нар} = 1 \text{ м}$ ,  $d_{кр} = 0,9 \text{ м}$  то утолщение теплоизоляции на трубе приводит к \_\_\_\_\_ суммарного термического сопротивления теплопередачи.

- a) уменьшению
- b) увеличению
- c) увеличению во второй степени
- d) увеличению в геометрической прогрессии

14. Самопроизвольный процесс проникновения одного вещества в другое в направлении установления внутри них равновесного распределения концентраций называют:

- a) потоком массы
- b) конвекцией
- c) диффузией
- d) массообменом

15. В каких теплообменных аппаратах передача теплоты от нагревающей жидкости к нагреваемой происходит сквозь твердую разделительную стенку:

- a) рекуперативных
- b) смешивающих
- c) регенеративных
- d) смесительных

### 2.1.2 Примеры вопросов

1. Параметры состояния. Уравнение МКТ, уравнение состояния.
2. Законы идеальных газов.
3. Энергетика термодинамической системы.
4. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.
5. Термодинамические процессы. Политропный процесс. Уравнение политропного процесса.
6. Энтальпия. Изменение энтальпии в термодинамических процессах.
7. Энтропия. Изменение энтропии в термодинамических процессах.
8. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно. Необратимый цикл Карно.
9. Реальные газы Уравнение Ван-Дер-Ваальса.
10. Изотермические поверхности. Температурный градиент.
11. Теплопроводность в газах, жидкостях, металлах.
12. Основной закон теплопроводности.
13. Свободная и вынужденная конвекция.
14. Основное уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи
15. Горение топлива. Физический процесс горения топлива.
16. Вопросы экологии при использовании теплоты.
17. Последствия парникового эффекта.

ОПК-6: способностью самостоятельно или в составе группы осуществлять научную деятельность, реализуя специальные средства и методы получения нового знания

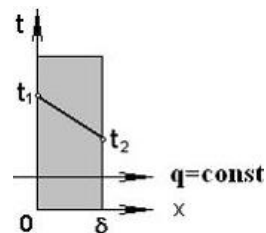
Обучающийся знает: методы теоретического и экспериментального исследования и получения новых знаний в области термодинамики и теплопередачи

### 2.1.3 Примеры тестовых заданий

1. Сколько льда (кг) растает, если лед массой 5 кг и температурой  $0^{\circ}\text{C}$  опустить в воду массой 10 кг и температурой  $0^{\circ}\text{C}$ :
  - a) 1
  - b) 10
  - c) 0
  - d) 5
2. Найдите работу, совершаемую двумя молями идеального газа при его изобарном нагревании на  $100^{\circ}\text{C}$  (Дж).  
 $R=8,3\text{Дж/моль}\cdot\text{K}$ :
  - a) 166
  - b) 1660
  - c) 830
  - d) 83
3. Какой должна быть температура холодильника тепловой машины ( $^{\circ}\text{C}$ ), чтобы максимальное значение КПД равнялось 50%? Температура нагревателя  $327^{\circ}\text{C}$ :
  - a) 260
  - b) 27
  - c) 327
  - d) 300
4. Тепловой двигатель с КПД 50% за один цикл отдает холодильнику 56 кДж теплоты. Какая работа им (кДж) совершается за один цикл:
  - a) 40
  - b) 27
  - c) 56
  - d) 17

5. Если  $\varepsilon = 16$ ,  $k = 1,5$  то термический КПД карбюраторного ДВС (с подводом теплоты при  $v = \text{const}$ ) равен ...
- 0,75
  - 0,5
  - 0,25
  - 0

6. Если  $q = 1 \text{ кВт/м}^2$ ,  $\lambda = 50 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ,  $\delta = 100 \text{ мм}$ ,  $t_1 = 500^\circ\text{C}$ , то для стенки, показанной на графике, температура  $t_2$  равна \_\_\_\_  $^\circ\text{C}$ .



- 498
- 500
- 502
- 102

7. Если  $\lambda_1 = 50 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ,  $\lambda_2 = 30 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , то плотность теплового потока  $q$  в  $\text{кВт/м}^2$  равна ...

- 377
- 37700
- 37,7
- 3770

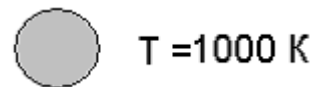
8. Если определяющая температура  $20^\circ\text{C}$ ,  $\alpha = 60 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ ,  $d = 0,1 \text{ м}$  то критерий подобия (число) Нуссельта, согласно таблице, равен ...

- 10
- 0,1
- 100
- 0,01

| $t, ^\circ\text{C}$ | $\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$ |
|---------------------|---------------------------------------|
| 0                   | 0,55                                  |
| 20                  | 0,6                                   |
| 40                  | 0,63                                  |
| 60                  | 0,66                                  |

9. Если излучательная способность серого тела  $E = 5000 \text{ Вт/м}^2$  то коэффициент излучения тела в  $\text{Вт/(м}^2\cdot\text{К}^4)$  равен ...

- 4
- 2
- 5,67
- 0,5



10. Если  $G_1 = 10 \text{ кг/с}$ ,  $c'_{p1} = c''_{p1} = 4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ ,  $t''_1 = 70^\circ\text{C}$ ,  $t'_1 = 80^\circ\text{C}$ , то , то тепловой поток, отдаваемый горячим теплоносителем, в  $\text{кВт}$  равен ...

- 42
- 4,2
- 420
- 0,42

#### 2.1.4 Примеры вопросов

- Смеси идеальных газов. Способы задания смеси.
- Первое, второе начала термодинамики и его применение.
- Уравнение энергии газового процесса и его применение.
- Методики расчета циклов двигателей внутреннего сгорания.
- Методики расчета циклов двигателей внешнего подвода теплоты.
- Методики расчета циклов газотурбинных установок.
- Водяной пар, методы расчета.
- Влажный воздух, методы расчета.
- Методики расчета циклов паросиловых установок.
- Условия однозначности в процессах теплопроводности.
- Стационарная теплопроводность плоской однослойной стенки при граничных условиях I рода.
- Стационарная теплопроводность плоской многослойной стенки при граничных условиях I рода.
- Стационарная теплопроводность цилиндрической однослойной стенки при граничных условиях I рода.
- Стационарная теплопроводность цилиндрической многослойной стенки при граничных условиях I рода.
- Теория подобия. Критерии подобия.
- Теплопередача через плоскую однослойную стенку.
- Теплопередача через плоскую многослойную стенку.
- Теплопередача через цилиндрическую однослойную стенку.
- Теплопередача через цилиндрическую многослойную стенку.

11. Методы расчета теплообменных аппаратов.
12. Холодильная установка. Принцип работы.
13. Тепловой насос. Принцип работы
14. Термотрансформатор. Принцип работы

## 2.2 Типовые задания для оценки умений в качестве образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Образовательный результат  |
|--|--|
| ПК-11: способностью осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования | Обучающийся умеет:<br>применять основные понятия, законы и методы термодинамики и теплопередачи, необходимые для осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования |

### 2.2.1 Примеры задач

1. Манометр, установленный на паровом котле, показывает давление 1,8 МПа. Каково абсолютное давление пара в котле, если атмосферное давление равно 0,099 МПа.
2. Вакуумметр показывает разрежение 80 кПа. Каково абсолютное давление в сосуде, если атмосферное давление по барометру составляет 0,1 МПа?
3. В баллоне содержится 2 килограмма кислорода при давлении 8,3 МПа и температуре 15° С. Вычислить вместимость (емкость) баллона. Величину удельной газовой постоянной для кислорода принять равной  $R = 259,8 \text{ Дж}/(\text{кг}\times\text{К})$ .
2. Резервуар вместимостью 4 м<sup>3</sup> заполнен углекислым газом. Найти массу этого газа и его вес, если избыточное давление, показываемое манометром, присоединенным к резервуару, равно 40 кПа, температура газа - 80° С, а атмосферное (барометрическое) давление равно 102,4 кПа. Удельная газовая постоянная для углекислого газа равна  $R = 188,9 \text{ Дж}/(\text{кг}\times\text{К})$ .
3. Компрессор качает воздух в воздухохоборник объемом  $V = 100 \text{ л}$ . Перед подкачиванием в воздухохоборнике было атмосферное давление 750 мм рт. ст. и температура  $t_1 = -10^\circ\text{C}$ . После подкачивания давление в воздухохоборнике стало  $p_2 = 8 \text{ бар}$  по манометру, а температура  $t_2 = 25^\circ\text{C}$ . Определить массу подкачанного воздуха.
4. Задан объемный состав смеси газов ( $r_{CO_2} = 10\%$ ,  $r_{CO} = 2\%$ ,  $r_{N_2} = 60\%$ ,  $r_{O_2} = 28\%$ ). Определить до какого давления по манометру нужно сжать эту смесь, чтобы при температуре  $t = 100^\circ\text{C}$  масса  $m = 20 \text{ кг}$  имела объем  $V = 1,2 \text{ м}^3$ . Барометрическое давление 750 мм рт. ст.
5. 2 кг кислорода с начальным абсолютным давлением 6 МПа и начальной температурой 17 °С расширяются изотермически до конечного давления 0,1 МПа. Определить объем кислорода в начале и в конце расширения и работу расширения.
6. 4 кг воздуха с начальным абсолютным давлением 1,2 МПа и начальной температурой -10°С сжимаются адиабатно до конечного давления 0,2 МПа. Определить объем и температуру воздуха в конце сжатия, работу сжатия и изменение внутренней энергии, если показатель адиабаты 1,4.
7. 2 кг воздуха с начальным абсолютным давлением 0,12 МПа и начальной температурой 20 °С сжимаются при постоянном давлении до удельного объема 0,05 м<sup>3</sup>/кг. Определить работу сжатия, изменение внутренней энергии и количество отведенной теплоты от воздуха.
8. До какого давления надо сжать воздух в политропном процессе со средним показателем  $n = 1,3$  в цилиндре двигателя внутреннего сгорания (дизеля) при начальном абсолютном давлении 100 кПа и температуре 125°С, чтобы достигнуть температуры воспламенения топлива 650°С? Определить также работу, затрачиваемую на сжатие, и количество отводимой теплоты, отнесенных к 1кг воздуха. Теплоёмкость воздуха считать не зависящей от температуры.
9. Воздух, имея начальную температуру  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  и абсолютное давление  $p_1 = 1 \text{ МПа}$ , изотермически расширяется до давления  $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$ , а затем нагревается в изохорном процессе до тех пор, пока давление не станет равным  $p_1$ . Требуется определить удельный объем воздуха в конце изохорного подвода теплоты, а также изменения удельных значений внутренней энергии, энтальпии и энтропии в изохорном процессе. Теплоемкость воздуха считать не зависящей от температуры. Изобразить процессы в  $p$ - $v$   $T$ - $S$  диаграммах.
10. Вычислить плотности теплового потока  $q$  через плоскую стенку толщиной  $\delta = 110 \text{ мм}$ , выполненную из указанных ниже изоляционных материалов (применяемых в вагоностроении), коэффициенты теплопроводности которых  $\lambda$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , связанных с температурой следующими зависимостями: шевелин  $\lambda = 0,060 + 0,002 \cdot t$ ; мипора  $\lambda = 0,035 + 0,002 \cdot t$ ; полистинол ПСБ-С  $\lambda = 0,038 + 0,0036 \cdot t$ ; полиуретан ППУ-3С  $\lambda = 0,004 + 0,0035 \cdot t$ . Температуры поверхностей стенки соответственно равны  $t_1^{cm} = 21^\circ\text{C}$  и  $t_2^{cm} = -1^\circ\text{C}$ .



11. Определить коэффициент теплопроводности кирпичной стенки толщиной 390 мм, если температура на внутренней поверхности  $300^{\circ}\text{C}$  и на наружной  $60^{\circ}\text{C}$ . Потери тепла через стенку  $q = 178 \text{ Вт/м}^2$ .
12. Слой льда на поверхности воды имеет толщину 400 мм, а температура на верхней и нижней поверхностях равны  $0^{\circ}\text{C}$  и  $-15^{\circ}\text{C}$  соответственно. Определить тепловой поток через  $1 \text{ м}^2$  поверхности льда, если коэффициент теплопроводности льда равен  $\lambda_{\text{л}} = 2,25 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$ . Как изменится тепловой поток, если лед покроется слоем снега толщиной 250 мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{с}} = 0,465 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$ , а температура на поверхности снега  $-20^{\circ}\text{C}$ .

|   |  |
|---|--|
| ОПК-6: способностью самостоятельно или в составе группы осуществлять научную деятельность, реализуя специальные средства и методы получения нового знания | Обучающийся умеет: использовать методы теоретического и экспериментального исследования и получения новых знаний в области термодинамики и теплопередачи |
|---|--|

### 2.2.2 Примеры задач

1. Анализ продуктов сгорания показал следующий объёмный состав, %:  $\text{CO}_2 - 12,2$ ;  $\text{O}_2 - 7,1$ ;  $\text{CO} - 0,4$ ;  $\text{N}_2 - 80,3$ . Определить массовый состав входящих в смесь газов, газовую постоянную, удельный объём плотность смеси при абсолютном давлении  $p = 1 \text{ МПа}$  и температуре  $t = 250^{\circ}\text{C}$ . Определить также парциальные давления компонентов смеси.
2. Воздух, имея начальную температуру  $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$  и абсолютное давление  $p_1 = 0,5 \text{ МПа}$ , изотермически расширяется до давления  $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$ , а затем нагревается в изохорном процессе до тех пор, пока давление не станет равным  $p_1$ . Требуется определить удельный объём воздуха в конце изохорного подвода теплоты, а также изменения удельных значений внутренней энергии, энтальпии и энтропии в изохорном процессе. Теплоёмкость воздуха считать не зависящей от температуры. Изобразить процессы в  $p$ - $v$   $T$ - $S$  диаграммах.
3. Определить степень сжатия, давление и температуру в переходных точках идеального цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объёме, а также термический КПД, удельные значения (на 1 кг рабочего тела) полезной работы, подведённой и отведённой теплоты, если известно, что абсолютное давление рабочего тела в начале сжатия  $p_1 = 95 \text{ кПа}$ , а в конце сжатия –  $p_2 = 0,65 \text{ МПа}$ . Отношение давлений рабочего тела в процессе подведения теплоты 3,3. Температура в начале процесса сжатия  $50^{\circ}\text{C}$ . Рабочим телом считать сухой воздух.
4. Для теоретического одноступенчатого воздушного компрессора определить секундную работу, затрачиваемую на его привод, если подача компрессора при начальных параметрах воздуха ( $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$  и  $t_1 = 17^{\circ}\text{C}$ ) составляет  $V = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$ . Сжатие газа до конечного абсолютного давления  $p_2 = 0,5 \text{ МПа}$  протекает по политропе с показателем  $n = 1,2$ .
5. Пассажирский вагон имеет площадь ограждения кузова  $F = 225 \text{ м}^2$ . Приведённый коэффициент теплопередачи через ограждение вагона с учётом инфильтрации воздуха  $k = 2,5 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$ . Какова будет средняя температура воздуха в вагоне при температуре наружного воздуха  $t_{\text{н}} = 5^{\circ}\text{C}$ , если отопительная система вагона имеет суммарную площадь теплообменной поверхности  $F = 25 \text{ м}^2$ , её температура  $t_{\text{ст}} = 40^{\circ}\text{C}$ ? Средний коэффициент теплоотдачи от теплообменной поверхности системы отопления к воздуху  $\alpha = 12 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$ . Суммарная мощность дополнительных источников внутреннего тепловыделения в вагоне  $Q_{\text{вн.в}} = 2,8 \text{ кВт}$ .
6. Стальная стенка теплообменной поверхности парового котла толщиной  $\delta = 20 \text{ мм}$  омывается с одной стороны кипящей водой при абсолютном давлении  $p = 0,6 \text{ МПа}$ , а с другой стороны – дымовыми газами с температурой  $t_1 = 900^{\circ}\text{C}$ . Удельная паропроизводительность поверхности нагрева  $g = 21 \text{ кг/(м}^2\cdot\text{ч)}$ , сухого насыщенного пара. Определить коэффициент теплопередачи  $k$  и перепад температур в стенке  $\Delta_{\text{ст}}$ , если коэффициент теплопроводности стали  $\lambda = 40 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$ .
7. Определить требуемую площадь теплообменной поверхности охладителя наддувочного воздуха дизеля на основании следующих данных: температура воздуха на входе в охладитель  $t'_6 = 115^{\circ}\text{C}$ ; температура воздуха на выходе из охладителя  $t''_6 = 65^{\circ}\text{C}$ ; расход воздуха  $G_a$ ; температура охлаждающей воды на входе в охладитель  $t'_w$ ; расход охлаждающей воды  $G_w = 1,25 \text{ кг/с}$ ; коэффициент теплопередачи  $k = 100 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$ . Схемы движения теплоносителей: а) противоточная; б) прямоточная.

### 2.3 Типовые задания для оценки навыков в качестве образовательного результата

|  |   |
|--|---|
| ПК-11: способностью осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования | Обучающийся владеет: навыками применения основных понятий, законов и методов термодинамики и теплопередачи, необходимых для осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования |
|--|---|

### 2.3.1 Примеры заданий

1. Как зависит давление насыщенного пара от температуры? Опишите методику определения давления насыщенного пара в лабораторной работе 1. Определите давление насыщенного водяного пара при температуре  $45^{\circ}\text{C}$ , показания пьезометра 4,2 см, если начальная температура  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $h_0 = 3,3$  см.
2. Как определить коэффициент поверхностного натяжения, опишите методику определения коэффициента поверхностного натяжения воды в лабораторной работе №2. Определить коэффициент поверхностного натяжения при температуре  $38^{\circ}\text{C}$ , если показания пьезометра 42 мм.
3. Как зависит вязкость жидкости от температуры, опишите методику определения вязкости в лабораторной работе №3. Определить вязкость жидкости при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ , если  $h_0 = 103$  мм,  $h_1 = 20$  мм,  $h_2 = 70$  мм,  $\Delta t = 15,7$  с.
4. В пароперегревателе котельного агрегата за счёт подведённой теплоты  $q = 240$  кДж/кг к 1 кг водяного пара при постоянном давлении  $p = 2$  МПа температура пара повысилась до значения  $t = 300^{\circ}\text{C}$ . Определить постоянные пара и его параметры до пароперегревателя (температуру, удельный объём, энтальпию, внутреннюю энергию и энтропию). Решение задачи иллюстрировать  $i$ - $S$  диаграммой.
5. Какое количество воздуха необходимо пропустить через сушильную камеру, чтобы от материала, помещенного в нее, отвести 1 т воды? Наружный воздух при барометрическом давлении  $B = 745$  мм рт.ст., имея температуру  $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$  и относительную влажность  $\varphi = 50\%$ , в калорифере подогревается до температуры  $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$ , а затем воздух поступает в сушильную камеру и выходит из нее при относительной влажности  $\varphi = 90\%$ . Решение задачи иллюстрировать в  $i$ - $d$  диаграмме.
6. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с начальными параметрами  $p_1 = 15$  бар и  $t_1 = 450^{\circ}\text{C}$ . Давление в конденсаторе  $p_2 = 4$  кПа. Определить термический КПД цикла Ренкина и сравнить его с термическим КПД цикла Карно в том же интервале температур.
7. Воздух, имея давление по манометру  $p_1 = 0,4$  МПа и температуру  $t_1 = 130^{\circ}\text{C}$ , вытекает в атмосферу через сопло Лаваля. Массовый расход воздуха –  $G = 0,4$  кг/с. Определить теоретическую скорость истечения и основные размеры сопла (изобразить схему сопла в масштабе). Угол конуса расширяющейся части сопла принять равным  $10^{\circ}$ . Барометрическое давление  $B = 750$  мм рт. ст. Определить также располагаемую мощность струи при истечении. Истечение считать адиабатным, скорость воздуха перед соплом и потери на трение не учитывать.
8. Вычислить и показать графически зависимость термического КПД цикла Ренкина паросиловой установки от начальной температуры пара, приняв ее равной 400, 450, 500, 550 и 600  $^{\circ}\text{C}$  при одинаковых значениях начального абсолютного давления  $p_1 = 20$  бар и конечного давления  $p_2 = 5$  кПа. Показать также влияние повышения начальной температуры пара в цикле на изменение степени влажности пара, выходящего из парового двигателя. Решение задачи иллюстрировать в  $i$ - $S$  диаграмме.
9. По данным тепловых измерений тепломером средней удельный тепловой поток через ограждения изотермического вагона при температуре наружного воздуха  $t_n = 1^{\circ}\text{C}$  и температуре воздуха в вагоне  $t_w = 1^{\circ}\text{C}$  составил  $q = 8,5$  Вт/м<sup>2</sup>. На сколько процентов изменится количество тепла, поступающего в вагон за счёт теплопередачи через ограждения, если при прочих равных условиях на его поверхность наложить дополнительный слой изоляции из пиаатерма толщиной  $\delta = 30$  мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 0,036$  Вт/(м·К)?
10. Определить требуемую минимальную толщину обмуровки газохода котла, чтобы температура её наружной поверхности не превышала  $50^{\circ}\text{C}$  при температуре газов в газоходе  $t_1 = 300^{\circ}\text{C}$ . Эквивалентный коэффициент теплопроводности обмуровки  $\lambda = 0,6$  Вт/(м·К). Суммарный коэффициент теплоотдачи со стороны газов –  $\alpha_1 = 65$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), со стороны воздуха  $\alpha_2 = 16$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), а температура воздуха  $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ .

ОПК-6: способностью самостоятельно или в составе группы осуществлять научную деятельность, реализуя специальные средства и методы получения нового знания

Обучающийся владеет: навыками применения методы теоретического и экспериментального исследования и получения новых знаний в области термодинамики и теплопередачи

### 2.3.2 Примеры заданий

1. Как (и во сколько раз) изменится коэффициент теплоотдачи при турбулентном течении газа в трубе (лабораторная работа №7), если при прочих равных условиях за счет шероховатости поверхности трубы коэффициент гидравлического сопротивления  $\xi$  уменьшится 1,5 раза?
2. При турбулентном течении жидкости в трубе (лабораторная работа №7) теплообмен на стабилизированном участке описывается формулой  $Nu = cRe^{0,8}$ . Как (и во сколько раз) изменится средний температурный напор между стенкой и жидкостью  $\Delta T = T_w - T_f$ , если при постоянных плотностях теплового потока  $q_w$  и температуре жидкости на входе  $T_f$  увеличить ее скорость в 2 раза, а диаметр трубы увеличить в 2 раза?
3. Что нужно сделать в лабораторной работе №9, чтобы увеличить расход газа при истечении через сужающееся сопло неизменной геометрии в сверхкритической области истечения?
4. Сравните плотности потока излучения латунной пластины  $\varepsilon = 0,06$  (с прокатанной поверхностью) и пластины  $\varepsilon = 0,2$  (обработанной грубым наждаком) при температуре  $22^{\circ}\text{C}$ .

5. Определите плотность потока излучения абсолютно черного тела при температуре, для которой длина волны соответствует максимальной спектральной плотности излучения  $\lambda_{\max} = 0,48 \cdot 10^{-6}$  м.
6. Определите температуру  $T_2$  поверхности наименьшего диаметра стенки калориметра ( $F_2 = 18,84 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ), выполненного из обыкновенного стекла толщиной  $\delta = 0,3$  мм (коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,74$  Вт/(м·К)), если средняя температура охлаждающей воды  $t_2$  и поток излучения  $Q_{1-2}$ , передаваемого в воду, равны экспериментальным данным. Коэффициент теплоотдачи от стенки к воде  $\alpha = 1000$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Стенку для расчета принять за плоскую. Оцените расхождение между указанными температурами, если допустить замену  $T_2$  на  $t_2$ .
7. Какую минимальную тепловую мощность  $Q_{\min}$ , кВт, должен иметь встроенный в цистерну подогреватель нефтепродукта, чтобы обеспечить среднюю температуру поверхности цистерны  $t_{\text{ст}}$ ? Котёл цистерны диаметром  $d = 2,8$  м, имеющий расчетную площадь поверхности  $F = 110$  м<sup>2</sup>, расположен горизонтально и защищён от ветра. Температура воздуха –  $t_{\text{в}}$ . Для определения среднего коэффициента теплоотдачи от поверхности цистерны воспользоваться критериальной формулой для расчёта теплообмена около горизонтальной трубы в условиях естественной конвекции.
8. Какой должна быть теоретическая холодопроизводительность рефрижераторной установки для поддержания в холодильной камере постоянной температуры воздуха  $t_2$  при температуре наружного воздуха  $t_1$ , если средний приведенный коэффициент теплопередачи ограждения камеры  $k = 0,32$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), а тепловая мощность источников внутреннего тепловыделения  $Q_{\text{в}} = 12$  кВт? Расчётная площадь поверхности ограждения камеры  $F = 220$  м<sup>2</sup>. Определить среднюю температуру внутренней поверхности стенок  $t_2^{\text{ст}}$  камеры, если коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны  $\alpha_2 = 2,65 \cdot (t_2^{\text{ст}} - t_2)^{0,25}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К).
9. В противоточном водяном маслоохладителе двигателя внутреннего сгорания масло охлаждается от 65 до 55 °С. Температура охлаждающей воды на входе и выходе соответственно равны  $t'_w$ ,  $t''_w$ . Расход масла 0,8 кг/с. Определить необходимую поверхность теплообмена и расход охлаждающей воды, если коэффициент теплопередачи  $k$ , а теплоемкость масла 2,45 кДж/(кг·К).
10. Определить температуру масла  $t''_m$  на выходе из масляного холодильника на основании следующих данных: площадь теплообменной поверхности холодильника  $F = 80$  м<sup>2</sup>, расход охлаждаемого масла  $G_m = 20$  кг/с; расход охлаждающей воды  $G_w = 30$  кг/с; температура воды на входе в холодильник  $t'_w$ , температура масла на входе в холодильник  $t'_m = 85$  °С; коэффициент теплопередачи  $k$ ; удельная теплоемкость масла  $c_m = 2,2$  кДж/(кг·К). Схема движения теплоносителей противоточная.

## 2.4 Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации

1. Основные понятия термодинамики. Уравнение МКТ, уравнение состояния.
2. Параметры состояния.
3. Законы идеальных газов.
4. Смеси идеальных газов. Способы задания смеси.
5. Энергетика термодинамической системы.
6. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.
7. Термодинамические процессы.
8. Политропный процесс. Уравнение политропного процесса.
9. Первое и второе начала термодинамики.
10. Уравнение энергии газового процесса.
11. Энтальпия. Изменение энтальпии в термодинамических процессах.
12. Энтропия. Изменение энтропии в термодинамических процессах.
13. Термодинамические циклы. Термический КПД цикла.
14. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно. Необратимый цикл Карно.
15. Обратный цикл Карно.
16. Теорема Карно.
17. Течение газов Закон обращения воздействия. Сопла, диффузоры.
18. Определение скорости истечения газа из сопла. Критические параметры.
19. Определение работы идеального одноступенчатого компрессора.
20. Многоступенчатый компрессор.
21. Реальный компрессор.
22. Циклы двигателей внутреннего сгорания.
23. Циклы двигателей внешнего подвода теплоты.

24. Регенеративные циклы.
25. Реальные газы Уравнение Ван-Дер-Ваальса.
26. Водяной пар. I-S диаграмма водяного пара.
27. Влажный воздух. I-d диаграмма влажного воздуха.
28. Химическая термодинамика. Первое начало термодинамики применительно к химическим процессам.
29. Циклы газотурбинных установок.
30. Циклы паросиловых установок.
31. Изотермические поверхности. Температурный градиент.
32. Теплопроводность в газах, жидкостях, металлах.
33. Основной закон теплопроводности.
34. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
35. Частные случаи дифференциального уравнения теплопроводности.
36. Условия однозначности в процессах теплопроводности.
37. Физические свойства жидкости (газа).
38. Стационарная теплопроводность плоской однослойной стенки при граничных условиях I рода.
39. Стационарная теплопроводность плоской многослойной стенки при граничных условиях I рода.
40. Стационарная теплопроводность цилиндрической однослойной стенки при граничных условиях I рода.
41. Стационарная теплопроводность цилиндрической многослойной стенки при граничных условиях I рода.
42. Свободная и вынужденная конвекция.
43. Основное уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи
44. Теория подобия. Критерии подобия.
45. Теплопередача через плоскую однослойную стенку.
46. Теплопередача через плоскую многослойную стенку.
47. Теплопередача через цилиндрическую однослойную стенку.
48. Теплопередача через цилиндрическую многослойную стенку.
49. Основное уравнение теплопередачи.
50. Интенсификация теплопередачи путем увеличения коэффициента теплоотдачи.
51. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок.
52. Дифференциальное уравнение теплоотдачи.
53. Теплообмен излучением. Законы теплового излучения.
54. Тепломассообменные устройства.
55. Уравнение теплового баланса теплообменного аппарата.
56. Что называют топливом. Его состав. Какие виды топлива вы знаете?
57. Какие используются моторные топлива для поршневых ДВС.
58. Сжигание топлива.
59. Горение топлива. Физический процесс горения топлива.
60. Вопросы экологии при использовании теплоты.
61. Токсичные газы продуктов сгорания.
62. Последствия парникового эффекта.
63. Холодильная установка. Принцип работы. Виды холодильных установок.
64. Эжектор. Принцип работы
65. Тепловой насос. Принцип работы
66. Термотрансформатор. Принцип работы.
67. Криогенная техника.

### 3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

#### Критерии формирования оценок по ответам на вопросы, выполнению тестовых заданий

- оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы составляет 100 – 90% от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы – 89 – 76% от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на тестовые вопросы – 75–60 % от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов – менее 60% от общего объёма заданных вопросов.

#### Критерии формирования оценок по результатам выполнения заданий

**«Отлично/зачтено»** – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

**«Хорошо/зачтено»** – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.

**«Удовлетворительно/зачтено»** – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и двух недочетов.

**«Неудовлетворительно/не зачтено»** – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «удовлетворительно» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

#### Критерии формирования оценок по зачету

**«Зачтено»** – обучающийся приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний, не допустил логических и фактических ошибок или незначительные ошибки и неточности.

**«Не зачтено»** – обучающийся демонстрирует фрагментарные знания изучаемого курса; отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены существенные или грубые ошибки.

#### *Виды ошибок:*

- *грубые ошибки: незнание основных понятий, правил, норм; незнание приемов решения задач; ошибки, показывающие неправильное понимание условия предложенного задания.*

- *негрубые ошибки: неточности формулировок, определений; нерациональный выбор хода решения.*

- *недочеты: нерациональные приемы выполнения задания; отдельные погрешности в формулировке выводов; небрежное выполнение задания.*