



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»  
(ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)

**АРКТИЧЕСКИЙ МОРСКОЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ В.И. ВОРОНИНА**  
– филиал ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

Является приложением к рабочей программе

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации  
по учебной дисциплине  
**ОП.07 ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**  
общепрофессионального учебного цикла  
программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности  
**26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок**  
базовой подготовки

Архангельск  
2020

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	3
2. Результаты освоения дисциплины.....	7
3. Фонд оценочных средств.....	8

## 1. Общие положения

### 1.1. Паспорт фонда оценочных средств

Назначение:

Фонд оценочных средств предназначен для контроля и оценки результатов освоения учебной дисциплины ОП.07 Техническая термодинамика и теплопередача, сформированности профессиональных (далее – ПК) и общих (далее – ОК) компетенций.

<b>Предметы оценивания</b>	<b>Объекты оценивания</b>	<b>Показатели оценки</b>
ПК 1.1. Обеспечивать техническую эксплуатацию главных энергетических установок судна, вспомогательных механизмов и связанных с ним систем управления	Знание 1 - Основных параметров состояния теплоносителей Знание 2 - Общих законов статики и динамики жидкостей и газов Умение 1 - Измерять основные параметры рабочих тел Умение 2 - Выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей	- демонстрация умения определять и измерять основные параметры рабочих тел, выполнять термодинамический расчет устройств и двигателей
ПК 1.2. Осуществлять контроль выполнения национальных и международных требований по эксплуатации судна	Знание 3 - Законов термодинамики и характеристик топлив Умение 3 - Пользоваться технической документацией и справочной литературой	- демонстрация умения использовать техническую документацию и справочную литературу
ПК 1.3. Выполнять техническое обслуживание и ремонт судового оборудования	Умение 2 - Выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей Знание 4 - Устройства и принципа действия гидравлических устройств	- демонстрация умения использовать показатели работы, связанные с выполнением технического обслуживания и ремонта судового оборудования.
ПК 1.4. Осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов	Знание 4 - Устройства и принципа действия гидравлических устройств	- демонстрация умения использовать показатели работы, связанные с осуществлением выбора оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов.
ПК 1.5. Осуществлять	Умение 1 - Измерять	- демонстрация умения

<b>Предметы оценивания</b>	<b>Объекты оценивания</b>	<b>Показатели оценки</b>
эксплуатацию судовых технических средств в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды	основные параметры рабочих тел Умение 4 - Выполнять расчеты гидравлических устройств Умение 5 - Исследовать термодинамические циклы и определять к.п.д. энергетических установок Знание 4 - Устройства и принципа действия гидравлических устройств Знание 5 - Основных понятий теории теплообмена	использовать показатели работы, связанные с осуществлением эксплуатации судовых технических средств в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды.
ПК 3.1. Планировать работу структурного подразделения.	Умение 6 - организовать работу по эксплуатации судовых технических средств с использованием знаний технической термодинамики и теплопередачи	- демонстрация умения использовать показатели работы, связанные с планированием работы структурного подразделения.
ПК 3.2. Руководить работой структурного подразделения	Умение 7 - слушать и считаться с мнением коллег	- демонстрация умения использовать показатели работы, связанные с руководством работы структурного подразделения.
ПК 3.3. Анализировать процесс и результаты деятельности структурного подразделения	Умение 8 - анализировать свою работу и ее результат	- демонстрация умения использовать показатели работы, связанные с анализом процесса и результаты деятельности структурного подразделения.
ПК 1.9. (К 4). Эксплуатация главных и вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления	Знание 1 - Основных параметров состояния теплоносителей Знание 2 - Общих законов статики и динамики жидкостей и газов Умение 1 - Измерять основные параметры рабочих тел Умение 2 - Выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей Знание 4 - Устройства и принципа действия	- демонстрация знания основных принципов конструкции и работы механических систем, включая: судовой дизель; судовая паровая турбина; судовая газовая турбина; судовой котел; насосы, компрессор, теплообменник, холодильная установка; расход жидкостей

<b>Предметы оценивания</b>	<b>Объекты оценивания</b>	<b>Показатели оценки</b>
	гидравлических устройств	
ПК 1.10. (К 5). Эксплуатация топливной системы, смазочного масла, балластной и других насосных систем и связанных с ними систем управления	Умение 5 - Исследовать термодинамические циклы и определять к.п.д. энергетических установок Знание 1 - Основных параметров состояния теплоносителей Знание 2 - Общих законов статики и динамики жидкостей и газов Знание 5 - Основных понятий теории теплообмена	- демонстрация знания характеристик насосов и трубопроводов
ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	Умение 9 - самостоятельное изучение дополнительного материала профессиональной направленности	- демонстрация интереса к будущей профессии.
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	Умение 10 - активность, инициативность в процессе освоения профессиональной деятельности	- обоснование выбора и применения методов и способов решения профессиональных задач в области разработки технологических процессов; - демонстрация эффективности и качества выполнения профессиональных задач.
ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	Умение 11 - решать профессиональные задачи с использованием профессиональных знаний, умений, навыков в стандартных и нестандартных ситуациях	- демонстрация способности принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	Умение 12- нахождение и поиск необходимой информации с использованием различных источников, в том числе электронных.	- нахождение и использование информации для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии	Умение 13 - использовать информационно-коммуникационные	- демонстрация навыков использования информационно-

<b>Предметы оценивания</b>	<b>Объекты оценивания</b>	<b>Показатели оценки</b>
в профессиональной деятельности.	технологии при выполнении практических заданий	коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	Умение 14 - работать в группе, искать и находить компромиссы, обладать лидерскими качествами	- взаимодействие с обучающимися, преподавателями и мастерами в ходе обучения.
ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий	Умение 15- рационально организовать деятельность, проявлять инициативу в выполнении заданий в условиях командной работы	- проявление ответственности за работу подчиненных, результат выполнения заданий.
ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	Умение 16 – анализировать и корректировать действия при подведении результатов собственной работы	- планирование обучающимся повышения личностного и квалификационного уровня.
ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	Умение 17 – объективно и обоснованно оценивать возможности новых технологий в профессиональной деятельности	- проявление интереса к инновациям в области профессиональной деятельности.
ОК 10. Владеть письменной и устной коммуникацией на государственном и иностранном языке.	Умение 18 - аргументировано и правильно говорить	- способность вести общение с членами экипажа по вопросам, касающимся выполнения обязанностей на судне и безопасности мореплавания

## **2. Результаты освоения дисциплины**

Результатом освоения учебной дисциплины ОП.07 Техническая термодинамика и теплопередача является приобретение обучающимися знаний и умений, сформированность профессиональных и общих компетенций в соответствии с ФГОС СПО.

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
1.	Раздел 1. Основные	ПК 1.1, ПК 1.9. (К 4), ПК	Устный опрос

	параметры состояния. Общие законы статики и динамики идеальных газов	1.10. (К 5), ОК 1 - 4	Практическая работа №№ 1, 2,
2.	Раздел 2. Законы термодинамики	ПК 1.1 - 1.5, ПК 1.9 (К 4), ПК 1.10. (К 5), ОК 1 - 10	Устный опрос Тест № 2 Практическая работа №№ 3,4,5,6
3.	Раздел 3. Водяной пар	ПК 1.1, ПК1.2, ПК 1.4, ПК 1.9. (К 4), ПК 1.10. (К 5), ОК 1 - 10	Устный опрос Практическая работа №№ 7,8,9 Проверочные работы (решение задач)
4.	Основы теплопередачи	ПК 1.1 - 1.5, ПК 3.1 - 3.3, ПК 1.10. (К 5), ОК 1 - 4	Устный опрос Тест № 1 Практическая работа № 10
5.	Общие законы статики и динамики жидкостей	ПК 1.1 - 1.5, ПК 1.9. (К 4), ОК 1 - 4	Устный опрос Тест № 3 Практическая работа №№ 11,12

### **3. Фонд оценочных средств**

Контроль качества освоения учебной дисциплины включает текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Видами текущего контроля являются: устный опрос, выполнение практических работ, тестирование, проверочные работы (решение задач).

Формой промежуточной аттестации по учебной дисциплине является дифференцированный зачет.

#### **3.1. Задания для проведения текущего контроля**

##### **3.1.1. Вопросы для устного опроса**

#### **Раздел 1. Основные параметры состояния. Общие законы статики и динамики идеальных газов**

1. Рабочее тело и его термодинамические параметры.
2. Закон Бойля-Мариотта. Закон Гей-Люссака. Закон Шарля.
3. Уравнение состояния идеальных газов.
4. Уравнение Менделеева.
5. Теплоемкость.
6. Внутренняя энергия. Закон Джоуля.

7. Закон Дальтона.
8. Чистые вещества и газовые смеси.
9. Давление, температура. Единицы измерения.
10. Удельная газовая постоянная.
11. Количество вещества.
12. Молярная масса, молярный объем.

## **Раздел 2. Законы термодинамики**

13. Первый закон термодинамики.
14. Цикл Карно. Термический КПД.
15. Изохорный процесс.
16. Изобарный процесс.
17. Изотермический процесс.
18. Адиабатный процесс.
19. Схема ПСУ, принцип действия.
20. Политропный процесс.
21. Цикл со смешанным подводом теплоты.
22. Цикл с изобарным подводом теплоты.
23. Цикл с изохорным подводом теплоты.
24. Второй закон термодинамики.
25. Принцип работы ДВС.
26.  $PV$ - диаграмма.
27. Работа изменения объема и давления.
28. Графическое построение изотермы.
29. Принцип работы ГТУ.
30. Идеальные циклы ДВС. Параметры циклов.
31. Цикл Карно холодильной установки. КПД цикла.

## **Раздел 3. Водяной пар**

32. Водяной пар. Параметры.
33. Истечение газов и паров.
34. Перегретый пар и его свойства.



35. Энтропия.
36. Термический КПД круговых процессов.
37. Процесс дросселирования.
38. Энтальпия.
39. ПСУ цикла Ренкина, термический КПД цикла.
40. Параметры влажного насыщенного пара.
41. Процесс парообразования в осях  $PV$ -диаграммы.
42. Состояния водяного пара.
43.  $HS$ - диаграмма.
44. Термодинамические процессы в осях  $TS$  и  $HS$ - диаграмм
45. Изобарный процесс водяного пара.
46. Изохорный процесс водяного пара.
47. Изотермический процесс водяного пара.
48. Адиабатный процесс водяного пара.
49. Таблицы водяного пара.
50. Процесс парообразования в осях  $TS$  и  $HS$ .
51. Критические параметры для водяного пара.

#### **Раздел 4. Основы теплопередачи**

52. Теплообмен, теплопроводность, основные понятия.
53. Компрессоры. Основные типы. Принцип действия.
54. Топливо. Основные понятия.
55. Теплота сгорания. Процессы горения топлива.

#### **Раздел 5. Общие законы статики и динамики жидкостей**

56. Гидростатика. Рабочее тело и его параметры.
57. Гидростатическое давление. Закон Паскаля.
58. Гидродинамика. Основные понятия.
59. Режимы течения жидкости. Число Рейнольдса.
60. Уравнение Бернулли.

#### **Критерии оценивания:**

– полнота и правильность ответа;

- степень осознанности, понимания изученного;
- языковое оформление ответа.

### Показатели и шкала оценивания:

Оценка	Показатель
<b>отлично</b>	ставится, если обучающийся: 1) полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; 3) излагает материал последовательно и правильно.
<b>хорошо</b>	ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет.
<b>удовлетворительно</b>	ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но: 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.
<b>неудовлетворительно</b>	ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

### 3.1.2. Проверочные работы (решение задач)

#### Задание № 1

Влажный пар при давлении  $P = 5$  МПа имеет паросодержание  $x_1 = 0,85$ . Определить, какое количество теплоты надо сообщить 2 кг данного пара, чтобы довести его паросодержание при постоянном давлении до  $x_2 = 0,95$  и начальную внутреннюю энергию.

- Для решения задания необходима  $h-s$  диаграмма и таблицы влажного пара.

#### Задание № 2

Пар от начальных параметров  $P_1 = 2$  МПа,  $t_1 = 350$  °С адиабатно расширяется до  $P_2 = 60$  кПа. Найти конечное состояние пара.

- Для решения задания необходима  $h-s$  диаграмма и таблицы влажного пара.

### Задание № 3

Найти по h-s диаграмме адиабатный перепад теплоты и конечное состояние при расширении пара от  $P_1 = 1,4$  МПа и  $t_1 = 300$  °С до  $P_2 = 0,006$  МПа.

- Для решения задания необходима h-s диаграмма и таблицы водяного пара.

### Задание № 4

Два килограмма влажного пара с паросодержанием  $x = 0,95$  расширяется адиабатно от давления 0,5 МПа до давления 0,1 МПа. Определить паросодержание, объем пара в конце процесса и произведенную паром работу.

- Для решения задания необходима h-s диаграмма и таблицы водяного пара.

## 3.1.3. Тестирование

### Тест № 1

1. Перенос теплоты теплопроводностью происходит

- 1) в жидкостях
- 2) в твердых телах
- 3) в газах

2. Распространение теплоты конвекцией происходит

- 1) в твердых телах
- 2) в жидкостях
- 3) в газах

3. Тепловой поток измеряют

- 1) Дж
- 2) Вт
- 3)  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{к})}$

4. Теплообмен излучением свойственен телам

- 1) твердым
- 2) жидким
- 3) газообразным
- 4) всем телам

5. Если поверхность поглощает весь падающий на неё поток излучения, она называется

- 1) белой
- 2) черной
- 3) прозрачной

6. Передача теплоты от нагревающей жидкости к нагреваемой происходит через твердую разделительную стенку в аппаратах

- 1) смешивающих
- 2) рекуперативных
- 3) регенеративных

7. Коэффициент теплоотдачи обозначают

- 1)  $\alpha$
- 2)  $q$
- 3)  $\lambda$

8. Интенсивность теплообмена зависит от

- 1) скорости теплообмена
- 2) разности температур
- 3) теплопроводности материала

9. Коэффициент теплоотдачи измеряют

- 1)  $\frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$
- 2) Вт
- 3)  $\frac{Вт}{(м \cdot К)}$

10. Число Нуссельта (Nu) определяет

- 1) интенсивность теплообмена

- 2) температуру теплообмена
- 3) теплопроводность материала

### Тест № 2

1. При подводе теплоты к рабочему телу из внешней среды внутренняя энергия рабочего тела

- 1) уменьшается
- 2) увеличивается
- 3) не изменяется

2. Изменение внутренней энергии будет положительной величиной, если она

- 1) уменьшается
- 2) увеличивается
- 3) не изменяется

3. Работа изменения объема будет положительной, если она

- 1) совершается внешней средой над рабочим телом
- 2) совершается рабочим телом
- 3) не совершается

4. Внутренняя энергия идеального газа зависит от

- 1) давления
- 2) температуры
- 3) объема

5. Работа изменения давления измеряется

- 1) Дж
- 2)  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
- 3) Вт

6. Изохорный процесс

- 1)  $v = \text{const}$
- 2)  $P = \text{const}$
- 3)  $T = \text{const}$

7. Изобарный процесс

- 1)  $T = \text{const}$
- 2)  $v = \text{const}$
- 3)  $P = \text{const}$

8. Изотермический процесс

- 1)  $P = \text{const}$
- 2)  $T = \text{const}$
- 3)  $v = \text{const}$

9. Адиабатный процесс протекает

- 1) с подводом теплоты
- 2) с отводом теплоты
- 3) без подвода и отвода теплоты

10. Средняя удельная изохорная теплоемкость обозначается

- 1)  $\overline{C_p}$
- 2)  $\overline{C_v}$
- 3)  $\overline{C_{m,v}}$

**Тест № 3**

1. Давление в единицах системы СИ измеряют

- 1) Па
- 2) кгс/см<sup>2</sup>
- 3) бар

2. Турбулентному режиму движения жидкости характерны

- 1) большая скорость жидкости
- 2) большая вязкость жидкости
- 3) малая плотность жидкости

3. Расход жидкости измеряют

- 1)  $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$
- 2) кг

- 3) литрах
4. Давление жидкости измеряют
  - 1) барометром
  - 2) манометром
  - 3) вакууметром
5. Класс точности образцового манометра
  - 1)  $< 1$
  - 2) 0,4
  - 3) 0,5
6. Работа насоса характеризуется
  - 1) скоростью
  - 2) производительностью
  - 3) давлением
7. К лопастным насосам относятся
  - 1) шестеренные
  - 2) центробежные
  - 3) плунжерные
8. Критическое число Рейнольдса
  - 1) 2000
  - 2) 2300
  - 3) 2320
9. Гидравлический удар происходит
  - 1) резкое повышение температуры жидкости
  - 2) резкое повышение давления жидкости
  - 3) резкое уменьшение объема жидкости
10. Центробежные насосы классифицируются
  - 1) по числу лопастей
  - 2) по числу рабочих колёс
  - 3) по создаваемому давлению

### **Критерии оценивания**

- «отлично» - ответил на 9 и более вопросов;
- «хорошо» - ответил на 8 или 7 вопросов;
- «удовлетворительно» - ответил на 6 или 5 вопросов;
- «неудовлетворительно» - ответил менее чем на 5 вопросов.

### 3.1.4. Выполнение практических работ

#### Практическая работа № 1

Тема: Рабочее тело и его параметры.

Цель занятия: Определение параметров состояния идеального газа.

Пример решения задачи.

В пусковом баллоне дизеля вместимостью  $0,3 \text{ м}^3$  содержится воздух, плотность которого  $2,86 \text{ кг/м}^3$ . Определить массу воздуха в баллоне.

<p>Дано:</p> <p><math>v = 0,3 \text{ м}^3</math></p> <p><math>\rho = 2,86</math></p> <p><math>\text{кг/м}^3</math></p>	<p>Решение:</p> <p>Массу воздуха определили из уравнения <math>\rho = \frac{m}{v}</math></p> <p><math>m = \rho \cdot v = 2,86 \cdot 0,3 = 0,86 \text{ кг.}</math></p> <p>Ответ: <math>0,86 \text{ кг.}</math></p>
<p><math>m - ?</math></p>	

#### Задание 1.

Для автогенной сварки привезен баллон кислорода вместимостью 100 кг. Найти массу кислорода, если его давление 10,8 МПа при температуре 17 °С.

#### Задание 2.

Давление кислорода в баллоне вместимостью 100 кг равно 883 кПа при температуре 20 °С. Определить массу кислорода, который нужно подкачать в баллон, чтобы повысить давление в нем до 10,2 МПа при температуре 70 °С. Наружное давление 101 кПа.



### Задание 3.

В цилиндре при некоторых давлении и температуре содержится воздух объемом  $0,6 \text{ м}^3$  и массой  $0,72 \text{ кг}$ . Найти его плотность.

### Задание 4.

Найти объем газа, если его масса  $3 \text{ кг}$ , а плотность  $0,95 \text{ кг/ м}^3$ .

## **Практическая работа №2**

Тема: Теплоемкость газов.

Цель занятия: Определение теплоемкости газов.

### Пример решения задачи.

Найти среднюю удельную теплоемкость кислорода при постоянном давлении при повышении его температуры от  $600 \text{ °C}$  до  $2000 \text{ °C}$ .

Решение:

Искомую теплоемкость принимаем равной истинной удельной изобарной теплоемкости при среднеарифметической температуре  $t$ .

$$\text{Температура } \bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{600 + 2000}{2} = 1300 \text{ °C}.$$

Находим в приложении 4 истинную удельную изобарную теплоемкость кислорода при температуре  $1300 \text{ °C}$ :  $C_p = 1,1476 \text{ кДж/(кг·K)}$ . Это значение теплоемкости равно средней удельной изобарной теплоемкости кислорода в интервале температур  $600 \div 2000 \text{ °C}$

Ответ:  $1,1476 \text{ кДж/(кг·K)}$

### Задание 1.

Найти среднюю удельную изохорную и изобарную теплоемкости кислорода в интервале температур  $1300 \div 1200 \text{ °C}$ .

### Задание 2.

Найти среднюю молярную изохорную теплоемкость кислорода при нагревании его от  $0$  до  $1000 \text{ °C}$ .

### Практическая работа № 3

Тема: Уравнение первого начала термодинамики.

Цель занятия: Определение количества теплоты.

Пример решения задачи.

Воздух, содержащийся в баллоне вместимостью  $12,5 \text{ м}^3$  при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $1 \text{ МПа}$ , подогревается до температуры  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ . Найти подведенную теплоту  $Q_{1,2}$ .

Дано:

$$V = 12,5 \text{ м}^3$$

$$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P = 1 \text{ МПа}$$

$$t_2 = 180 \text{ }^\circ\text{C}$$

Решение:

Массу воздуха  $m$  найдем по уравнению состояния

$$P \cdot V_1 = m \cdot R_0 \cdot T_1$$

$$m = \frac{P \cdot V_1}{R_0 \cdot T_1}$$

В приложении 3 находим, что удельная газовая постоянная воздуха  $R_0 = 287,1 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , поэтому масса воздуха

$Q_{1,2} - ?$

$$m = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 1,25}{287,1 \cdot 293} = 148,6 \text{ кг.}$$

Среднюю удельную изохорную теплоемкость принимаем равной истинной при температуре  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  (см. предыдущий пример). Из приложения 4 видно, что  $C_v = 0,7226 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) = 722,6 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , а значит  $C_v = 722,6 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ .

Теперь можем найти искомую теплоту:

$$Q_{1,2} = 148,6 \cdot 722,6 \cdot 160 = 17 \text{ МДж.}$$

Ответ:  $17 \text{ МДж}$ .

#### Задание 1.

Найти количество теплоты, необходимое для нагревания при постоянном объеме  $10 \text{ кг}$  азота от  $200$  до  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## Задание 2.

Температура смеси, состоящей из азота массой 3 кг и кислорода массой 2 кг, в результате подвода к ней теплоты при постоянном объеме повышается от 100 до 1100 °С. Подсчитать количество подведенной теплоты.

### **Практическая работа № 4**

Тема: Термодинамические процессы газов.

Цель занятия: Определение параметров состояния идеального газа в термодинамических процессах.

Пример решения задачи.

Азот массой 0,5 кг расширяется по изобаре при давлении 0,3 МПа так, что температура его повышается от 100 до 300 °С. Найти конечный объем азота, совершенную им работу и подведенную теплоту.

Дано:

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$P = 0,3 \text{ МПа}$$

$$t_1 = 100 \text{ °С}$$

$$t_2 = 300 \text{ °С}$$

Решение:

1) Предварительно по приложению 3 находим для азота  $R_0 = 296,8 \text{ Дж/(кг·К)}$ . Находим начальный объем азота из уравнения состояния

$$V_1 = m \cdot R_0 \cdot \frac{T_1}{P_1} = 0,5 \cdot 296,8 \cdot \frac{373}{0,3 \cdot 10^6} = 0,184 \text{ м}^3.$$

Находим конечный объем:  $V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{0,184 \cdot 573}{373} = 0,284 \text{ м}^3.$

$V_2; L_{1,2}; Q_{1,2} - ?$

2) Определим работу изменения объема:

$$L_{1,2} = P \cdot (V_2 - V_1) = 0,3 \cdot 10^6 \cdot (0,284 - 0,184) = 30 \text{ кДж.}$$

Работа изменения давления  $W_{1,2} = 0$

3) Определим теплоту, подведенную к газу, по формуле

$$Q_{1,2} = m \cdot \bar{C}_p (t_2 - t_1)$$

Из приложения 4 находим, что средняя удельная изобарная теплоемкость при средней температуре

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{300 + 100}{2} = 200 \text{ }^\circ\text{C} \text{ равна } 1,052 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К}).$$

Следовательно,  $Q_{1,2} = 0,5 \cdot 1,052 \cdot 10^3 \cdot (300 - 100) = 105,2 \text{ кДж}$ .

Ответ:  $0,284 \text{ м}^3$ ;  $30 \text{ кДж}$ ;  $105,2 \text{ кДж}$ .

### Задание 1.

Воздух объемом  $3 \text{ м}^3$  при температуре  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  расширяется по изобарно с увеличением объема в 1,5 раза вследствие подвода к нему  $630 \text{ кДж}$  теплоты. Найти давление, при котором происходит процесс расширения, и совершенную при этом работу, если  $C_p = 1,008 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ .

### Задание 2.

Воздух с начальным объемом  $8 \text{ м}^3$  при давлении  $90 \text{ кПа}$  и температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  изотермически сжимается до давления  $0,8 \text{ МПа}$ . Найти конечный объем и работу изменения объема.

## **Практическая работа № 5**

Тема: Цикл Карно теплового двигателя.

Цель: Исследование цикла Карно.

Пример решения задачи.

Исследовать цикл Карно, совершаемый воздухом, если параметры точки 1 следующие:  $P_1 = 2 \text{ МПа}$  и  $T_1 = 600 \text{ К}$ , а параметры точки 3:  $P_3 = 120 \text{ кПа}$  и  $T_3 = 300 \text{ К}$ .

Решение:

1. Параметры рабочего тела в характерных точках цикла: точка 1  $P_1 = 2 \text{ МПа}$ ;  $T_1 = 600 \text{ К}$ . Удельный объем воздуха определим из уравнения состояния

$$\text{идеального газа } v_1 = \frac{R_0 \cdot T_1}{P_1} = \frac{287,1 \cdot 600}{2 \cdot 10^6} = 0,086 \text{ м}^3/\text{кг};$$

Точки 2 и 3. Для этих точек, принадлежащих адиабате 2-3:  $T_2 = 600 \text{ К}$ ;  $P_3 = 120 \text{ кПа}$ ;  $T_3 = 300 \text{ К}$ .

Удельный объем находим из уравнения состояния  $v_3 = \frac{R_0 \cdot T_3}{P_3} = \frac{287,1 \cdot 300}{120 \cdot 10^3} = 0,718$  м<sup>3</sup>/кг.

Из уравнения адиабаты 2-3 находим  $v_2$ :

$$\frac{T_2}{T_3} = \left( \frac{v_3}{v_2} \right)^{k-1}, \text{ откуда } v_2 = v_3 \cdot \left( \frac{T_3}{T_2} \right)^{\frac{1}{k-1}} = 0,718 \cdot \left( \frac{300}{600} \right)^{\frac{1}{1,4-1}} = 0,127 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

По уравнению изотермы 1-2 находим  $P_2$ :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{v_2}{v_1}; P_2 = P_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 2 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,086}{0,127} = 1,35 \text{ МПа}.$$

Точка 4.  $T_4 = 300$  К, так как  $\frac{v_2}{v_1} = \frac{v_3}{v_4}$ , то  $v_4 = v_3 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 0,718 \cdot \frac{0,086}{0,127} = 0,486$  м<sup>3</sup>/кг.

По уравнению состояния находим  $P_4$ :  $P_4 = \frac{R_0 \cdot T_4}{v_4} = \frac{287,1 \cdot 300}{0,486} = 177$  кПа.

2. Определим удельную работу цикла. Найдем предварительно значения удельных работ изменения объема на отдельных участках цикла:

а) по изотерме расширения 1-2

$$|l_{1,2}| = 2,3 \cdot R_0 \cdot T_1 \cdot \lg \left( \frac{v_2}{v_1} \right) = 2,3 \cdot 287,1 \cdot 600 \cdot \lg \left( \frac{0,127}{0,086} \right) = 67,4 \text{ кДж/кг};$$

б) по адиабате расширения 2-3:

$$|l_{2,3}| = \frac{R_0}{k-1} \cdot (T_2 - T_3) = \frac{287,1}{1,4-1} \cdot (600 - 300) = 215 \text{ кДж/кг};$$

в) по изотерме сжатия 3-4:

$$|l_{3,4}| = 2,3 \cdot R_0 \cdot T_3 \cdot \lg \left( \frac{v_3}{v_4} \right) = 2,3 \cdot 287,1 \cdot 300 \cdot \lg \left( \frac{0,718}{0,486} \right) = 33,7 \text{ кДж/кг};$$

г) по адиабате сжатия 4-1:

$$|l_{4,1}| = \frac{R_0}{k-1} \cdot (T_1 - T_4) = \frac{287,1}{1,4-1} \cdot (600 - 300) = 215 \text{ кДж/кг}.$$

Удельная работа цикла:

$$|l_0| = |l_{1,2}| + |l_{2,3}| - |l_{3,4}| - |l_{4,1}| = (67,4 + 215 - 33,7 - 215) \cdot 10^3 = 33,7 \text{ кДж/кг}.$$

3. Термический КПД цикла можно найти по уравнению:

$$\eta_i = 1 - \frac{T_3}{T_1} = 1 - \frac{300}{600} = 0,5$$

Этот К.П.Д. можно найти и по более общей формуле  $\eta_i = \frac{p_2 - p_1}{p_2}$ ; где  $p_2 = 1 \text{ МПа}$ ,  $p_1 = 120 \text{ кПа}$ . Следовательно,  $\eta_i = \frac{1 - 0,12}{1} = 0,88$

Ответ:  $\eta_i = 0,88$ ;  $\eta_i = 0,5$  (50%)

### Задание 1.

Воздух совершает прямой цикл Карно в интервале температур 250 – 30°С. Максимальное давление в цикле 1 МПа, а минимальное 120 кПа. Исследовать цикл.

### Задание 2.

Воздух совершает прямой цикл Карно. Исследовать цикл, если известно, что  $p_2 = 1 \text{ МПа}$ ,  $T_2 = 227^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ ,  $v_1 = 0,178 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

## **Практическая работа № 6**

Тема: Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок.

Цель занятия: Исследовать цикл двигателя внутреннего сгорания.

### **Пример решения задачи.**

Исследовать термодинамический цикл со смешанным подводом теплоты по следующим данным:  $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$ ;  $T_2 = 27^\circ\text{C}$ ;  $c_v = 0,72 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$ ;  $c_p = 1,340 \text{ кДж/кг}$ ;  $k = 1,4$ ;  $p_1 = 5,5 \text{ МПа}$  и  $\varepsilon = 15$ . Рабочее тело – воздух, рассматриваемый как идеальный газ. Масса воздуха 1 кг.

Решение:

Находим параметры в характерных точках цикла:

в точке  $a$  – начале сжатия  $p_a = 5,5 \text{ МПа}$ ;  $T_a = 287,1 \text{ К}$ ;

$$v_a = \frac{p_1}{p_a}^{1/k} v_1 = \frac{1}{5,5}^{1/1,4} \cdot 0,178 \text{ м}^3/\text{кг} = 0,861 \text{ м}^3/\text{кг};$$

в точке  $c$  – конце сжатия – пользуемся уравнением (10.1) (степень сжатия  $\varepsilon = 15$ )

$$- \quad /15 \text{ м}^3/\text{кг} = 0,0573 \text{ м}^3/\text{кг}; \quad /$$

$$, 43 \quad 287, 1 \text{ К} = 883 \text{ К или } = 610^\circ\text{С};$$

в точке - конце подвода теплоты при постоянном объеме – пользуемся уравнением

$$(10.2) \text{ (степень повышения давления } \lambda = = 5, 5 / 4, 43 \approx 1, 242):$$

$$= \lambda = 883 \cdot 1, 242 \text{ К} = 1097 \text{ К или } ^\circ\text{С}; \quad \text{м}^3/\text{кг};$$

в точке z – конец подвода теплоты при постоянном давлении – предварительно вычисляем  $= 1340 \text{ кДж / кг}$ , то сначала подсчитаем :

$$(1097 - 883) \text{ кДж/кг} = 154 \text{ кДж/кг, поэтому}$$

$$= (1340 - 154) \text{ кДж/кг} = 1186 \text{ кДж/кг.}$$

Температуру в точке z определяем из уравнения – = ,

отсюда

Находим предварительно

$$= 1, 4 \cdot 0,72 \text{ Дж / (кг} = 1, 01 \text{ кДж / (кг} .$$

Подставляя значение

$$= (1186 / 1,01 + 1097) \text{ К} = 2274\text{К или } ^\circ\text{С} = 2001^\circ\text{С.}$$

Находим . Сначала подсчитаем степень предварительного расширения  $1097 = 2, 07$ .

Теперь вычисляем  $= \text{м}^3/\text{кг} \approx 0, 118 \text{ м}^3/\text{кг}$ ; в точке b – конце адиабатного расширения -  $b = a - 0,861 \text{ м}^3/\text{кг}$ ;

находим

$$= 300$$

$$^\circ\text{С} = 761^\circ\text{С.}$$

Давление

$$287, 1 \cdot 1034 / 0, 861 \text{ Па} = 0,345 \text{ МПа.}$$

Определим термический К.П.Д. цикла по уравнению (10. 4):

$$\eta_t = 1 - \frac{t_2}{t_1} \times \frac{p_2}{p_1} \times \frac{p_3}{p_4} \times \frac{t_4}{t_3}$$

Проверка.

Удельная работа цикла:

$$= 337,9 \text{ кДж/кг};$$

$$l^{(k-1)} = 287,1 (2274 - 1034) / (1,4 - 1) \text{ Дж/кг} = 890 \text{ кДж/кг};$$

$$287,1 (883 - 300) / (1,4 - 1) \text{ кДж/кг} = 418$$

кДж/кг.

Удельная работа цикла

$$\text{кДж/кг} = 809,9$$

кДж/кг.

Термический К.П.Д. цикла

$$\eta_t = \frac{809,9}{1340} = 0,604 \text{ (или } 60,4\%)$$

что отличается от ранее найденного значения  $\eta_t$  (60,5%) на 0,1%.

### Задание 1.

Известны следующие параметры цикла со смешанным подводом теплоты и его характеристики:  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ; степень сжатия  $\varepsilon =$

7; степень повышения давления  $\lambda = 2$ ; степень предварительного расширения

$\rho = 1,2$ ; рабочее тело – воздух. Найти параметры характерных точек

диаграммы цикла, количество подведенной теплоты, удельную работу цикла

и его термический К.П.Д.

### Задание 2.

Для цикла со смешанным подводом теплоты дано: рабочее тело воздух;  $m =$

1 кг;

$$\text{кДж/(кг К)}; \lambda = 1,5; \rho = 1,7; \varepsilon = 14.$$

Найти:

$$\eta_t$$



Тема: Термодинамические процессы водяного пара.

Цель занятия: Определение параметров состояния водяного пара с использованием таблиц и диаграмм.

Пример решения задачи.

Найти удельную энтальпию, удельный объем и удельную энтропию водяного пара при давлении 2МПа и температуре 400°С.

Решение:

Поскольку заданная температура выше температуры насыщения пара при том же давлении (она даже выше критической температуры), то заданный пар является перегретым. В приложении 6 находим, что для пара, имеющего давление 2МПа, при температуре 400°С  $h = 3, 246$  МДж/кг;  $v = 0, 1511$  м<sup>3</sup>/кг и  $S = 7, 122$  кДж/(кг К).

Задание 1.

Найти удельную энтальпию и удельный объем перегретого пара при давлении 1,6 МПа и температуре 300°С.

Задание 2.

Найти удельную энтропию перегретого пара давлением 2 МПа и при температуре 300°С.

Задание 3.

Найти удельную энтальпию перегретого пара, давление которого равно 3МПа, а температура 400°С.

### Практическая работа № 8

Тема: Истечение газов и паров.

Цель занятия: Исследовать процессы дросселирования с помощью  $h - s$  диаграммы.

Пример решения задачи.

Определить изменение состояния перегретого водяного пара, давление которого дросселированием понижается до 0,3 МПа, если начальные параметры пара:  $p_1 = 2$  МПа и                    °С.

Решение:

Найдя на  $h - s$  диаграмме в пересечении изобары  $h_1$  °С начальную точку 1 линии процесса и проведя через нее горизонтальную линию вправо, параллельно оси энтальпии, до пересечения с изобарой

Следовательно, температура пара в процессе дросселирования понизилась от  $t_1$  °С до  $t_2$  °С. Выясним теперь, как отразилось дросселирование на степени перегрева пара. Температура кипения при давлении  $p_2$  °С, поэтому в начальном состоянии степень перегрева  $\Delta t_1$  °С. При давлении  $p_1$  °С температура кипения  $t_{к1}$  °С, поэтому в конце дросселирования степень перегрева  $\Delta t_2$  °С., т.е. степень перегрева пара увеличилась на  $\Delta t$  °С.

#### Задание 1.

До какого давления нужно дросселировать влажный пар, что бы он стал сухим, если начальное давление пара 2МПа, а паросодержание 0,95.

#### Задание 2.

Перегретый пар при начальном давлении 7МПа и температуре 390°С дросселируется до давления 0,5МПа. Найти температуру пара после дросселирования.

### **Практическая работа № 9**

Тема: Идеальные циклы пароэнергетических установок.

Цель занятия: Определение термического К.П.Д. цикла Ренкина с использованием  $h - s$  диаграммы.

Пример решения задачи.

Найти удельный расход водяного пара и термический К.П.Д. идеального парового двигателя, работающего по циклу Ренкина, если начальные параметры пара

Решение:

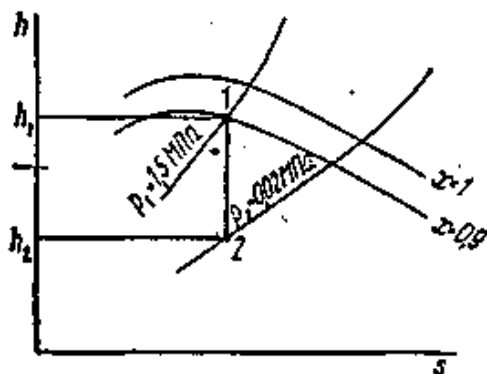
1. Для нахождения удельного расхода пара и термического К.П.Д. необходимо предварительно установить адиабатный перепад удельной энтальпии

Для этого находим на  $h - s$  диаграмме для водяного пара (рис15.8) точку 1 на пересечении изобары и линии постоянного паросодержания.

Для этой точки находим значение  $h_1$  /кг. Проведя из этой точки линию, параллельную оси ординат, в пересечении с изобарой получим точку 2. Устанавливаем, что в этой точке  $h_2$  /кг.

Находим, что  $h_1 - h_2 = \Delta h_{ад} = 620$  кДж/кг.

Следовательно,  $\Delta h_{ад} = 620$  кДж/кг,



$$\eta_{т} = \frac{\Delta h_{ад}}{h_1 - h_2} = \frac{620}{3600} = 0,172 \text{ кВТ ч/кг} = 0,172 \text{ кВТ ч/кг}.$$

2. По уравнению (15.3) находим удельный расход пара.

$$D = \frac{1}{\eta_{т}} \text{ кг/Дж}.$$

По уравнению (15.4) находим удельный расход  $D = 1 / 0,172 = 5,8$  кг/(кВт ч).

Для вычисления значения  $\eta_t$  предварительно найдем в приложении 5 удельную энтальпию воды при  $t = 2600$  К. Получаем  $\eta_t = 620 / (2600 - 251,4) = 0,264$  (26,4%).

#### Задание 1.

Вычислить изменение термического К.П.Д. идеального парового двигателя, работающего по циклу Ренкина, при переводе его на работу с сухого насыщенного на перегретый пар с температурой  $t = 400^\circ\text{C}$ . В обоих случаях

#### Задание 2.

Подсчитать относительное повышение экономичности идеального парового двигателя, работающего по циклу Ренкина, при повышении начального давления водяного пара от 1,2 до 4 МПа, если в обоих случаях  $t = 400^\circ\text{C}$ ,

### **Практическая работа № 10**

Тема: Топливо и его сгорание.

Цель занятия: Расчет необходимого количества воздуха для процесса сгорания.

Пример решения задачи.

Определить массовый заряд воздуха среднеоборотного 4-х тактного двигателя. Исходные данные: Барометрическое давление  $p_b = 0,103$  МПа; перепад давления на воздушных фильтрах  $\Delta p_{\text{ф}} = 40$  Па; перепад давления на воздухоохладителях  $\Delta p_{\text{в}} = 40$  Па; температура надувочного воздуха  $t_{\text{н}} = 40^\circ\text{C}$ .

Решение:

Давление воздуха на входе компрессора  $p_{\text{вх}} = p_b - \Delta p_{\text{ф}} - \Delta p_{\text{в}} = 0,103 - 0,04 - 0,04 = 0,023$  МПа.

$p_{\text{к}} = p_{\text{вх}} \cdot \epsilon^{\kappa} = 0,023 \cdot 1,4^{1,4} = 0,045$  МПа. Давление воздуха после компрессора

Степень повышения давления воздуха в компрессоре  $k = \frac{P_2}{P_1} = 0,257 / 0,1026 = 2,41$ . Давление в цилиндре в конце процесса наполнения  $P_2 = (0,9 - 0,96) \cdot 0,255 = 0,230$  МПа. Температура воздуха в рабочем цилиндре с учетом подогрева ( $\Delta t = 8^\circ\text{C}$ ) от стенок камеры сгорания

$\Delta$

Температура смеси воздуха и остаточных газов в конце процесса наполнения

$$T_2 = (1 + \alpha) \cdot T_1 = (1 + 0,02) \cdot 321 = 330 \text{ К, где } \alpha = 0,02;$$

(принято).

Коэффициент наполнения

$$\eta_n = \frac{\varepsilon \cdot P_a \cdot T_s}{\varepsilon - 1 \cdot P_s \cdot T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} = \frac{14 \cdot 0,23 \cdot 321}{13 \cdot 0,255 \cdot 330} \cdot \frac{1}{1 + 0,02} = 0,92$$

Рабочий объем цилиндра

$$V_2 = \frac{S \cdot d}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,062^3}{4} = 0,158$$

Плотность наддувочного воздуха

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} = \frac{0,255}{0,287 \cdot 313} = 2,78 \text{ кг/м}^3$$

Массовый заряд воздуха

$d = 0,015$  принято по таблице.

Ответ: 0,2 кг/цикл.

Задание 1.

Определить заряд воздуха четырехтактного двигателя.

Исходные данные: Барометрическое давление

$$P_a = 0,1013 \text{ МПа}$$

перепад давления на воздухоохладителях  $\Delta P = 0,002$  МПа;

температура наддувочного воздуха  $T_s = 321$  °С.

Задание 2.

Определить заряд воздуха четырехтактного двигателя.

Исходные данные: Барометрическое давление

43                      перепад давления на воздухоохладителях  $\Delta p = 0,001$  МПа;  
температура наддувочного воздуха                      °С.

### Практическая работа № 11

Тема: Гидростатика.

Цель занятия: Определение гидростатического давления.

Пример решения задачи.

Определить абсолютное и избыточное давление на глубине  $h = 5$  м в морской и пресной воде при атмосферном давлении                      МПа.

Плотность морской воды  $\rho_{\text{м}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>; пресной воды  $\rho_{\text{п}} = 995$  кг/м<sup>3</sup>.

Решение:

Избыточное давление на глубине  $h = 5$  м найдем по уравнению  $p_{\text{изб}} = \rho g h$   
 $p_{\text{абс}} = p_{\text{атм}} + p_{\text{изб}}$  абсолютное давление                      =                       $\rho g h$

1. В морской воде:

$$\begin{aligned} p_{\text{изб}} &= 1000 \cdot 9,81 \cdot 5 \\ &= 49050 + 0,099 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 5 = 148 \text{ кПа} \end{aligned}$$

2. В пресной воде:

$$\begin{aligned} p_{\text{изб}} &= 995 \cdot 9,81 \cdot 5 \\ &= 49050 + 0,099 \cdot 995 \cdot 9,81 \cdot 5 = 147,8 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Задание 1.

Определить давление воды на корпус подводной лодки при погружении на глубину 50 м.

Задание 2.

Определить давление на внутреннюю стенку открытого канала, заполненного водой, на глубине  $h = 0,5$  м от поверхности, если известно, что барометрическое давление равно 750 мм.рт.ст.

## Практическая работа № 12

Тема: Гидродинамика.

Цель занятия: Решение задач на законы гидродинамики.

Пример решения задачи.

Определить массовый расход горячей воды в трубопроводе с внутренним диаметром  $d = 412$  мм, если известно, что средняя скорость воды  $v = 0,4$  м/с, а плотность  $\rho = 917$  кг/м<sup>3</sup>.

Решение: Так как через любое сечение трубопровода за 1с протекает воды  $V = v \cdot S$ , то массовый расход воды можно вычислить как  $G = \rho \cdot V = \rho \cdot v \cdot S = 0,4 \cdot 917 = 366,8$  кг/с.

Ответ: 366 кг/с.

### Задание 1.

По трубопроводу подается 0,314 м<sup>3</sup>/с воды. Определить диаметр трубопровода, если скорость воды равна 2 м/с.

### Задание 2.

Определить максимальную скорость воды ( $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>) в трубопроводе, если разность полного и пьезометрического напоров по ртутному дифманометру равна 20 мм.рт.ст.

### **Критерии оценивания**

- рациональность поиска правильного решения задания;
- использование основных методов и приемов решения задания;
- умение провести контроль и самоконтроль результатов;
- правильное оформление выполнения задания;
- полнота, правильность и точность решения задания;
- словарный запас профессиональных терминов;
- умение пользоваться таблицами и диаграммами;

- степень самостоятельности выполнения задания;
- аккуратность оформления задания.

### **3.2. Задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **3.2.1. Задания для проведения дифференцированного зачета**

##### **Условия выполнения задания**

1. Место выполнения задания: кабинет термодинамики и теплопередачи.
2. Максимальное время выполнения задания: 45 минут.
3. Источники информации, разрешенные к использованию на дифференцированном зачете, оборудование: таблицы, графики, диаграммы, учебные стенды.

##### **Задание 1**

1. Что является единицей количества вещества?
2. Перевести 20 °С в градусы Кельвина.
3. Найти  $P_{\text{абс}}$  разрежения, если  $P_0 = 100$  Па,  $P_{\text{в}} = 20$  Па.
4. Единица измерения плотности.
5. Написать уравнение состояния идеального газа.
6. Что такое  $\bar{C}_{\text{р,м}}$ , единица измерения?
7. Когда работа изменения объема будет «+»?
8. Что такое обратимый процесс?
9. Определение изобарного процесса.
10. Показать на  $PV$ -диаграмме изобару.
11. Что такое  $k$ , как определяется?
12. В каком процессе применяют закон Шарля?
13. Когда КПД цикла Карно будет равен нулю?
14. Что такое удельный объём?
15. По какому циклу работают ГТУ?



## Задание 2

1. В чем измеряется молярный объём?
2. Перевести 30 °С в градусы Кельвина.
3. Найти  $P_{\text{абс}}$ , если  $P_0 = 16$  Па,  $P_{\text{изб}} = 50$  Па.
4. Перечислить единицы измерения давления.
5. В чем измеряется универсальная газовая постоянная?
6. Что такое  $\overline{C_p}$ , единица измерения?
7. Когда внутренняя энергия будет «+»?
8. Что такое необратимый процесс?
9. Определение изотермического процесса.
10. Показать на  $PV$ -диаграмме изотерму.
11. Написать уравнение адиабатного процесса.
12. В каком процессе применяют закон Гей-Люссака?
13. Как понизить КПД цикла Карно?
14. Что такое давление?
15. По какому циклу работают карбюраторные ДВС?

## Задание 3

1. В чем измеряется молярная масса?
2. Перевести 10 °С в градусы Кельвина.
3.  $P_0 = 45$  Па,  $P_{\text{изб}} = 35$  Па. Найти  $P_{\text{абс}}$
4. Единица измерения удельного объема.
5. Что такое  $R_0$ ?
6. Что такое  $\overline{C_v}$ , единица измерения?
7. Когда теплота будет со знаком «+»?
8. Что называется термодинамическим процессом?
9. Определение изохорного процесса.
10. Показать на  $PV$ -диаграмме изохору.
11. Чем отличается изотерма от адиабаты на  $PV$ -диаграмме?

12. В каком процессе применяют закон Бойля-Мариотта?
13. Как повысить термический КПД цикла Карно?
14. Что такое плотность?
15. По какому циклу работают дизеля?

**Критерии оценивания:**

- «отлично» выставляется, если проверяемый ответил на 14 и более вопросов;
- «хорошо» выставляется, если проверяемый ответил на 12 или 13 вопросов;
- «удовлетворительно» выставляется, если проверяемый ответил на 8 или 11 вопросов;
- «неудовлетворительно» выставляется, если проверяемый ответил менее чем на 8 вопросов.