**Практическое занятие № 1**

**Тема: *Решение задач на газовые законы.***

**Цель занятия: *Закрепление знаний учащихся по теме «Основные определения и законы идеальных газов».***

***Методические указания:***

Удельный объём есть объём единицы количества вещества:



где *V* – объём тела, *m* – масса тела, *ρ* – плотность вещества.

Законы идеальных газов:

 – **закон Клапейрона**, газы, подчиняющиеся данному закону, называются идеальными.

*R* – газовая постоянная данного газа, вычисляется по формуле: , где  – универсальная газовая постоянная, *µ* (*кмоль*) – количество вещества в килограммах, численно равное его молекулярной массе.

**Закон Бойля – Мариотта** (*Т* – *const*, изотермический процесс):  для двух различных состояний газа: 

**Закон Гей-Люссака** (*р* – *const*, изобарический процесс):  – расширение идеальных газов прямо пропорционально повышению температуры, если давление газа не изменяется, . Закон Клапейрона при этом принимает вид: для двух различных состояний газа: 

**Закон Шарля** (*v* – *const*, изохорный процесс):  двух различных состояний газа: .

***Практическая часть.***

**Задача № 1:**

Определить плотность окиси углерода (СО) при давлении Р (МПа) и температуре t (0С).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| **Р (МПа)** | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,12 | 0,12 |
| **t (0С)** | 15 | 20 | 25 | 30 | 25 | 20 | 15 | 30 | 25 | 15 | 35 |

**Задача № 2:**

Определите удельный объём кислорода при давлении Р (МПа) и температуре t (0С).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| **Р (МПа)** | 2,3 | 2,1 | 2,2 | 2,15 | 2,25 | 2,1 | 2,15 | 2,2 | 2,25 | 2,3 | 2,2 |
| **t (0С)** | 280 | 285 | 290 | 295 | 300 | 295 | 280 | 285 | 300 | 305 | 310 |

**Задача № 3:**

В цилиндре под подвижным поршнем находится V (м3) воздуха при давлении Р1 (МПа). Как должен измениться объём, чтобы при повышении давления до Р2 (МПа) температура воздуха не изменилась?

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| **V (м3)** | 0,8 | 0,83 | 0,88 | 0,7 | 0,75 | 0,77 | 0,9 | 0,95 | 0,85 | 0,93 | 0,72 |
| **Р1 (МПа)** | 0,5 | 0,45 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,4 | 0,42 | 0,58 | 0,63 | 0,52 | 0,93 |
| **Р2 (МПа)** | 0,8 | 0,7 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 0,75 | 0,5 | 0,78 | 0,9 | 0,85 | 1,5 |

**Практическая работа № 2**

**Тема:** Решение задач на определение теплоемкости газов и их смесей.

**Цель занятия:** Закрепление знаний студентов по теме «Смеси газов и теплоемкость вещества».

***Методические указания:***

Формулы для расчёта газовых смесей:

Массовая концентрация компонента смеси определяется по формуле: , где *М* – полная масса смеси, *Mi* – масса компонента смеси.

Молярная (объёмная) концентрация компонента смеси определяется по формуле: , где υI - количество молей данного компонента,υ - полное количество молей смеси.

Уравнение проверки: 

 - молекулярные массы компонента и смеси соответственно.

Молекулярную массу смеси  в расчётах называют кажущейся молекулярной массой смеси.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Задание состава смеси | Перевод из одного состояния в другое | Плотность и удельный объём смеси | Кажущая молекулярная масса смеси | Газовая постоянная смеси | Парциальное давление |
| Массовыми долями |  |  |  |  |  |
| Объёмными долями |  |  |  |  |  |

Формулы для расчёта теплоемкостей смесей:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **массовая** | **объёмная** | **мольная** |
|  |  |  |

Формулы для расчёта количества теплоты, затрачиваемой в процессе при постоянном давлении и процессе при постоянном объёме:

, где  средние теплоемкости газа при постоянном давлении и объёме, – средняя температура газа.

Если в процессе участвует *М* кг и *V*н м3 газа, то:



***Практическая часть.***

**Задача № 1**

Смесь газов состоит из водорода *H*2 и окиси углерода *CO*.Массовая доля водорода . Найти газовую постоянную смеси и её удельный объём при нормальных условиях.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
|  | 0,067 | 0,052 | 0,15 | 0,036 | 0,071 | 0,18 | 0,095 | 0,12 | 0,057 | 0,032 | 0,046 |

**Примечание:** Нормальные условия 

**Задача № 2**

Объёмный состав сухих продуктов сгорания следующий: . Найти кажущуюся массовую и газовую постоянную смеси, а также плотность и удельный объём продуктов сгорания.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***CO*2 %** | 12,3 | 16,1 | 10,5 | 18,8 | 6,6 | 15,7 | 11,1 | 19,8 | 8,9 | 14,3 | 12,3 |
| ***O*2 %** | 7,2 | 8,4 | 6,1 | 7,8 | 6,7 | 7,7 | 7,4 | 8,7 | 6,7 | 8,1 | 8,2 |
| ***N*2 %** | 80,5 | 75,5 | 83,4 | 73,4 | 86,7 | 76,6 | 81,5 | 71,5 | 84,4 | 77,6 | 79,5 |
| ***P* кПа** | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 | 100 | 100 | 150 | 150 | 160 |
| ***t* 0*C*** | 800 | 700 | 850 | 750 | 810 | 710 | 800 | 700 | 850 | 750 | 810 |

**Практическая работа № 3**

**Тема:** Расчёт термодинамических процессов.

**Цель занятия:** Закрепление знаний студентов по теме «Термодинамические процессы».

***Методические указания:***

Формулы для расчёта газовых процессов:

1. **Изохорный процесс:**

*v* – удельный объём газа в таком процессе не меняется. Уравнение состояния газа для данного процесса принимает вид:  Для двух различных состояний вещества имеем: 

Удельная термодинамическая работа равна нулю: 

Удельная потенциальная работа равна: 

Количество тепла подводимого к системе идет на изменение её внутренней энергии: 

1. **Изобарный процесс:**

*p* – давление газа в таком процессе не меняется. Уравнение состояния газа для данного процесса принимает вид:  Для двух различных состояний вещества имеем: 

Удельная термодинамическая работа равна: 

Удельная потенциальная работа равна: 

Количество тепла подводимого к системе идет на изменение её энтальпии: 

1. **Изотермический процесс:**

*Т* – температура газа в таком процессе не меняется. Уравнение состояния газа для данного процесса принимает вид: 

Удельная термодинамическая работа равна: 

Удельная потенциальная работа равна удельной термодинамической работе: 

Количество тепла подводимого к системе идет на изменение её внутренней энергии: 

1. **Адиабатный процесс:**

*q* = *const* , к телу в данном процессе не подводится тепло и не отводится от него - уравнение адиабаты Пуассона.

Зависимость между термодинамическими параметрами *T*, *p* и *v* при данном процессе:

, где *k* – коэффициент адиабаты.

Удельная термодинамическая работа равна: 

Удельная потенциальная работа равна: 

1. **Политропный процесс:**

Политропным считают термодинамический процесс подчиняющийся уравнению: , или уравнению: , где *n* – показатель политропы.

Зависимость между термодинамическими параметрами *T*, *p* и *v* при данном процессе аналогична зависимостям между данными величинами при адиабатном процессе, только коэффициент адиабаты *k* необходимо заменить, коэффициентом политропы *n*.

**Практическая часть:**

**Задача №1**

1 кг воздуха при температуре *t*1 0С и начальном давлении *p*1 МПа сжимают изотермически до конечного давления *p*2 МПа. Определить конечный объём и затрачиваемую работу.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***t*1 0С** | 34 | 30 | 32 | 36 | 38 | 30 | 32 | 36 | 34 | 30 | 33 |
| ***p*1 МПа** | 0,12 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,20 | 0,12 | 0,16 | 0,20 | 0,14 | 0,18 | 0,12 |
| ***p*2 МПа** | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 1,6 | 1,8 | 1,6 | 1,7 | 2,1 | 1,8 | 1,4 | 1.6 |

**Задача № 2**

Азот массой *m* кг расширяется по изобаре при абсолютном давлении *p* МПа, так что температура его повышается от *t*1 0С до *t*2 0С. Определить конечный объём азота, совершенную работу и подведённую теплоту.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***m* кг** | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 0,52 | 0,4 | 0,7 | 0,36 | 0,63 | 0,44 | 0,77 | 0,58 |
| ***p* МПа** | 0,3 | 0,36 | 0,4 | 0,34 | 0,41 | 0,52 | 0,38 | 0,42 | 0.46 | 0,5 | 0,28 |
| ***t*1 0С** | 100 | 110 | 160 | 140 | 150 | 120 | 180 | 110 | 170 | 120 | 100 |
| ***t*2 0С** | 300 | 380 | 420 | 360 | 300 | 480 | 410 | 360 | 400 | 420 | 360 |

**Практическая работа 5**

**Тема: Решение задач на определение скорости истечения газа и пара из сопла.**

**Цель: Научиться решать задачи по определению скорости истечения газа и пара из сопла при дросселировании.**

**Теория:**

Режим истечения докритический: :

Линейная скорость истечения: ;

Массовая скорость истечения: ;

Секундный расход газа: .

Режим истечения критический: :

Линейная скорость истечения: ;

Массовая скорость истечения: ;

Секундный расход газа: .

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели истечения | Показатель адиабаты, k | | | | | | |
| 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,667 |
|  | 0,6065 | 0,5847 | 0,5645 | 0,5457 | 0,5283 | 0,5120 | 0,4871 |
|  | 0,4289 | 0,4443 | 0,4586 | 0,4718 | 0,4842 | 0,4957 | 0,5135 |

**Практическая часть:**

**Задача 1:**

В баллоне при постоянном давлении *Р1* МПа находится кислород поступающий из баллона через сужающее сопло в среду с давлением *РНАР*  МПа. Найти скорость истечения и массовый расход кислорода, если площадь выходного сечения *F* мм2. Начальная температура *t1 0C.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***Р1* МПа** | 5 | 5,7 | 6,1 | 5,2 | 5,4 | 5,1 | 5,2 | 5,7 | 5,3 | 5,5 | 6,2 |
| ***РНАР* МПа** | 4 | 4,7 | 4,9 | 4,3 | 4,6 | 4,2 | 4,1 | 4,6 | 4,4 | 4,7 | 5,1 |
| ***F* мм2** | 20 | 27 | 28 | 22 | 24 | 23 | 21 | 27 | 24 | 23 | 25 |
| ***t1* 0C** | 100 | 110 | 100 | 120 | 115 | 120 | 110 | 100 | 115 | 120 | 100 |

**Задача 2:**

Для условия предыдущей задачи найти скорость истечения, массовый расход и конечное давление кислорода через сужающее сопло в атмосферу с давлением *РНАР*  МПа.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***РНАР* МПа** | 0,1 | 0,6 | 0,8 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |

**Практическая работа № 7**

**Тема: Расчёт топлива и процесса горения.**

**Цель: Закрепить знания по разделу «Основы теплотехники» и научиться определять расчёт топлива.**

**Теория:**

**Низшая теплота сгорания топлива:** , где *CP*, *HP*, *OP*, *WP* – составляющие рабочей массы топлива в %.

**Условное топливо и его теплота сгорания: ;**

**Пересчет расхода натурального топлива *ВН* в условное топливо *ВУ*:** .

**Расчёт количества воздуха необходимого для процесса горения:**

Теоретическое количество воздуха: ; где ,

Действительное количество воздуха: ; где *α* - коэффициент избытка воздуха.

Часовой объёмный расход воздуха: , с учётом температуры воздуха: .

**Коэффициент *k* пересчёта элементарного состава топлива**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Заданная масса топлива** | **Искомая масса топлива** | | |
| **рабочая** | **сухая** | **горючая** |
| **Рабочая** | 1 |  |  |
| **Сухая** |  | 1 |  |
| **горючая** |  |  | 1 |

**Практическая часть:**

**Задача 1:**

Определить низшую теплоту сгорания и объём воздуха поступающего в топку для сжигания угля данного состава рабочей массе. Коэффициент избытка воздуха *α*, температура воздуха *t 0С*, массовый часовой расход воздуха *В*, *кг/ч*.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***CP %*** | 70,4 | 41,4 | 52 | 50 | 64 | 60 | 58 | 50 | 42 | 32,8 | 38 |
| ***HP %*** | 5,02 | 2,9 | 3,1 | 2,88 | 4,2 | 4,6 | 5,2 | 2,8 | 6 | 2,4 | 3,5 |
| ***OP %*** | 11,7 | 10,5 | 9,2 | 9 | 9,5 | 9,8 | 12,5 | 10 | 8,4 | 9,9 | 10,2 |
| ***NP %*** | 0,88 | 1 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,6 | 2,9 | 0,9 |
| ***SЛР %*** | 2 | 0,9 | 2 | 1,9 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | 1,8 | 1,6 | 2,9 | 0,9 |
| ***AP %*** | 5 | 2,2 | 8,3 | 12 | 10,8 | 5,8 | 11,6 | 16,2 | 15,1 | 18,4 | 7,5 |
| ***WP %*** | 5 | 6 | 24,7 | 23,7 | 9,7 | 17,5 | 9,6 | 17,4 | 24,9 | 33 | 37,8 |
| ***α*** | 1,5 | 4,7 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,2 |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***B кг/ч*** | 300 | 320 | 330 | 340 | 350 | 360 | 370 | 380 | 390 | 400 | 410 |
| ***t 0C*** | 15 | 20 | 25 | 28 | 22 | 13 | 15 | 25 | 22 | 20 | 23 |

**Задача 2:**

Определить расход условного топлива, если в топке котельного агрегата сжигается  газа с удельной низшей теплотой сгорания .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***B м3/ч*** | 540 | 560 | 580 | 550 | 570 | 530 | 560 | 540 | 520 | 570 | 550 |
|  | 67,8 | 73,4 | 75,3 | 65,8 | 69,7 | 68,2 | 64,6 | 68,1 | 63,9 | 58,2 | 67,9 |

**Задача 3:**

Определить низшую теплоту сгорания топлива, количество воздуха для сжигания 1 кг топлива следующего элементарного состава.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Данные** | **Варианты** | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| ***CГ %*** | 79 | 87,7 | 74 | 56,6 | 85,5 | 81 | 84,2 | 67 | 71,5 | 80 | 83 |
| ***HГ %*** | 5,6 | 10,1 | 9,5 | 6 | 5,6 | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 5,2 | 5,3 | 6,4 |
| ***OГ %*** | 12,7 | 1,0 | 11,3 | 34,7 | 5,8 | 7,8 | 7,6 | 20,4 | 18,9 | 11,6 | 6,6 |
| ***NГ %*** | 2,3 | 1,0 | 0,3 | 2,5 | 2,4 | 1,5 | 1,8 | 1,3 | 1,7 | 1,5 | 2,3 |
| ***SЛГ %*** | 0,4 | 0,2 | 4,9 | 0,2 | 0,7 | 4,3 | 1,1 | 6,1 | 2,7 | 1,6 | 1,7 |
| ***AС %*** | 0,53 | 0,15 | 60 | 12,5 | 18,5 | 19,5 | 18 | 34 | 34 | 39 | 25 |
| ***WP %*** | 10 | 2 | 13 | 48,5 | 6 | 7 | 5 | 33 | 17 | 8 | 4 |
| ***α*** | 1,2 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,4 |