**Термодинамика и теплопередача**

**Контрольные задания**

К решению задач контрольного задания следует приступать только после изучения соответствующего раздела курса. Задачи составлены по вариантной системе, в которой исходные данные выбираются из соответствующих таблиц по  **последней и предпоследней цифрам** номера студента-заочника по списку в журнале группы. **Работы, выполненные не по своему варианту, не рассматриваются.**

При выполнении контрольных задач необходимо соблюдать следующие условия:

а) выписывать условие задачи и исходные данные;

б) решение задач сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором указывать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда они берутся (из условия, из справочника или были определены выше и т.д.);

в) вычисления проводить в единицах СИ, показывать ход решения;

г) постановки задач и основные результаты решения сопровождать графическими иллюстрациями.

После решения задачи нужно дать краткий анализ полученных результатов и сделать выводы. Всегда, если это возможно, нужно осуществлять контроль своих действий и оценивать достоверность полученных численных данных.

**Контрольная работа №1**

(к разделу "Техническая термодинамика")

**Задача 1.** Произвести расчет термодинамических параметров газовой смеси, совершающей изобарное расширение до объема ***V2***, если известны начальная температура ***t1****,*начальное  давление***P1*** и массасмеси***m***.

            Определить: газовую постоянную и кажущуюся молекулярную массу, начальный объем ***V1***, основные параметры в конечном состоянии, изменение внутренней энергии, энтальпии, энтропии, теплоту и работу расширения в процессе *1-2*.         Исходные данные для решения задачи приведены в **таблицах 1, 2.**

*При определении молярной массы и газовой постоянной обратить внимание на способ задания смеси.*

*Теплоемкости компонентов смеси рассчитать с использованием закона Майера.*

*Для расчета параметров состояния использовать уравнение состояния идеального газа.*

*Правильность вычисления энергетических параметров контролировать по выполнению первого закона термодинамики.*

**Таблица 1**

Средняя характеристика природного газа из магистральных газопроводов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Последняя цифра** номера по списку | Состав газа **по объему, %**   (остальное H2O) | | | | | | |
| СН4 | С2Н6 | С3Н8 | С4Н10 | С5Н | N2 | CO2 |
| 0 | 68,5 | 14,5 | 7,6 | 3,5 | 1,0 | 3,5 | 1,4 |
| 1 | 93,5 | 2,0 | 0,3 | 0,01 | 0,1 | 2,4 | 0,4 |
| 2 | 96,6 | 0,2 | 0,1 | 0,01 | 0,1 | 1,0 | 0,1 |
| 3 | 95,9 | 0,3 | 0,1 | 0,01 | 0,1 | 0,6 | 0,1 |
| 4 | 94,2 | 3,0 | 0,9 | 0,17 | 0,22 | 0,9 | 0,3 |
| 5 | 94,1 | 2,8 | 0,7 | 0,17 | 0,10 | 1,0 | 1,0 |
| 6 | 90,3 | 2,8 | 1,1 | 0,30 | 0,65 | 4,2 | 0,3 |
| 7 | 96,6 | 1,4 | 0,4 | 0,08 | 0,60 | 0,3 | 0,2 |
| 8 | 86,4 | 3,9 | 1,7 | 0,30 | 0,24 | 0,1 | 0,1 |
| 9 | 94,0 | 2,8 | 0,4 | 0,3 | 0,10 | 2,0 | 0,4 |

**Таблица 2**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Последняя цифра** номера по списку | *P1* , МПа | *t1 ,*С | **Предпоследняя цифра** номера по списку | *m*, кг | * = V2/V1* |
| 0 | 1 | 30 | 0 | 2 | 3,5 |
| 1 | 2 | 40 | 1 | 3 | 4 |
| 2 | 3 | 50 | 2 | 4 | 4,5 |
| 3 | 4 | 60 | 3 | 5 | 5 |
| 4 | 5 | 70 | 4 | 6 | 5,5 |
| 5 | 6 | 80 | 5 | 7 | 6 |
| 6 | 7 | 90 | 6 | 8 | 6,5 |
| 7 | 8 | 100 | 7 | 9 | 7 |
| 8 | 9 | 110 | 8 | 10 | 7,5 |
| 9 | 10 | 120 | 9 | 11 | 8 |

**Задача 2.**  Для технологических целей необходимо иметь ***G*** килограммов в секунду **воздуха** при давлении ***Pk*.**

Рассчитать идеальный многоступенчатый поршневой компрессор.

**Определить:**

**-** количество ступеней компрессора и степень повышения давления в каждой ступени;

**-**количество теплоты отведенной от воздуха в цилиндрах компрессора и в промежуточном холодильнике;

**-** конечную температуру и объемную производительность компрессора.

**-** изобразить цикл на рабочей диаграмме.

Давление воздуха на входе в первую ступень компрессора  ***P1***  = 0,1 МПа и температура  ***t1***  = 27 С. Допустимое повышение температуры воздуха в каждой ступени ***t*** , показатель политропы сжатия ***n***, конечное давление  ***Pk*** и массовый расход воздуха ***G***выбрать из **таблицы 3.**

*При решении задачи трение и* ***вредное пространство***

***не учитывать.***

*Степень повышения давления в каждой ступени компрессора считать одинаковыми и привести в соответствие с допустимым повышением температуры****t****.*

*Процесс в промежуточном холодильнике считать* ***изобарным*** *охлаждением до начальной температуры****t1****.*

**Таблица 3**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Последняя цифра** номера по списку | *t ,*С | *Pк* , МПа | **Предпоследняя цифра** номера по списку | *n* | *G,*кг/с |
| 0 | 165 | 15 | 0 | 1,23 | 0,2 |
| 1 | 170 | 16 | 1 | 1,24 | 0,3 |
| 2 | 175 | 17 | 2 | 1,25 | 0,4 |
| 3 | 180 | 18 | 3 | 1,26 | 0,5 |
| 4 | 185 | 19 | 4 | 1,27 | 0,6 |
| 5 | 190 | 20 | 5 | 1,28 | 0,7 |
| 6 | 195 | 21 | 6 | 1,29 | 0,8 |
| 7 | 200 | 22 | 7 | 1,30 | 0,9 |
| 8 | 205 | 23 | 8 | 1,31 | 1,0 |
| 9 | 210 | 24 | 9 | 1,32 | 1,1 |

**Задача 3.** Рассчитать теоретический цикл двигателя внутреннего сгорания для привода компрессора из задачи 2, если известны степень сжатия  ****** *,* максимальная температура цикла  ***t3***  и механический КПД привода  ***м***. Определить:

      параметры рабочего тела в характерных точках цикла;

      подведенную и отведенную теплоту, работу и термический КПД цикла;

      мощность двигателя и массовый расход рабочего тела;

      построить цикл на рабочей диаграмме.

Тип двигателя и данные для расчета приведены в **таблице 4.**

*При решении задачи в качестве рабочего тела взять* ***воздух.******Начальное состояние*** *соответствует нормальным условиям. Теплоемкость воздуха принять не зависящей от температуры.*

*Расчет цикла произвести на 1 кг рабочего тела.* ***Процессы*** *сжатия* ***1-2*** *и расширения* ***3-4*** *считать* ***адиабатными.***

*Мощность привода определить с учетом механического КПД.*

**Таблица 4**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Последняя цифра** номера по списку | **Вид цикла** | Степень сжатия **(степень повышения давления**) | **Предпоследняя цифра** номера по списку | ***t3*,С** | **м** |
| 0 | Отто | **= 9 | 0 | 1000 | 0,82 |
| 1 | Дизель | **= 13 | 1 | 1250 | 0,84 |
| 2 | Сабатэ-Тринклера | **=9  (*** =4)*** | 2 | 750 | 0,85 |
| 3 | Сабатэ-Тринклера | **=11  (*** =6)*** | 3 | 775 | 0,86 |
| 4 | Отто | **= 10 | 4 | 1100 | 0,84 |
| 5 | Дизель | **= 14 | 5 | 1300 | 0,81 |
| 6 | Сабатэ-Тринклера | **=15  (*** =8)*** | 6 | 850 | 0,79 |
| 7 | Сабатэ-Тринклера) | **=14  (*** =7)*** | 7 | 750 | 0,77 |
| 8 | Отто | **= 11 | 8 | 1200 | 0,80 |
| 9 | Дизель | **= 15 | 9 | 1350 | 0,82 |

**Контрольная работа №2**

(к разделу "Основы тепло- и массообмена")

**Задача 4.** По трубопроводу с внешним диаметром ***dн***  и толщиной стенки ****** течет газ со средней температурой ***tГ*** . Коэффициент теплоотдачи от газа к стенке ***1***. Снаружи трубопровод охлаждается водой со средней температурой  ***tВ*** . Коэффициент теплоотдачи от стенки к воде ***2***.

           Определить коэффициент теплопередачи от газа к воде, погонный тепловой поток и температуры внутренней и наружной поверхностей трубы. Данные для решения задачи выбрать из **таблицы 6.**

*Тепловой режим считать стационарным. Решение задачи базируется на теме «Теплопередача через цилиндрическую стенку».*

*Лучистым теплообменом пренебречь.*

**Таблица 6**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра номера по списку | *tГ ,*С | *dн* , мм | ** , мм | Предпоследняя цифра номера по списку | *tВ ,*С | *1* | *2* |
| 0 | 700 | 100 | 4 | 0 | 60 | 60 | 4000 |
| 1 | 800 | 110 | 5 | 1 | 70 | 54 | 4200 |
| 2 | 900 | 120 | 6 | 2 | 80 | 52 | 4400 |
| 3 | 1000 | 130 | 7 | 3 | 90 | 50 | 4600 |
| 4 | 1100 | 140 | 8 | 4 | 100 | 44 | 4800 |
| 5 | 1200 | 150 | 9 | 5 | 110 | 42 | 5000 |
| 6 | 1100 | 160 | 10 | 6 | 120 | 40 | 5200 |
| 7 | 1000 | 170 | 9 | 7 | 130 | 36 | 5400 |
| 8 | 900 | 180 | 8 | 8 | 140 | 32 | 5600 |
| 9 | 800 | 190 | 7 | 9 | 150 | 30 | 5800 |

**Задача 5.** Определить потери теплоты в единицу времени с одного погонного метра горизонтально расположенной цилиндрической трубы диаметром ***d*** в окружающую среду, если температура стенки трубы ***tс*** , а температура воздуха ***tв***.

Данные для решения приведены в **таблице 7.**

*Коэффициент теплоотдачи определять из критериальных уравнений теплоотдачи при поперечном обтекании. Особое внимание обратить на вид конвекции, режим течения и определяющую температуру. Теплофизические параметры воздуха рассчитывать с использованием линейной интерполяции по температуре.*

*Лучистым теплообменом пренебречь.*

**Таблица 7**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра номера по списку | *tС ,*С | *tВ ,*С | Предпоследняя цифра номера по списку | *dн* , мм | Вид  конвекции |
| 0 | 250 | 15 | 0 | 250 | свободная |
| 1 | 240 | 20 | 1 | 260 | вынужденная (1 м/с) |
| 2 | 230 | 25 | 2 | 270 | смешанная (0,1 м/с) |
| 3 | 220 | 30 | 3 | 280 | свободная |
| 4 | 210 | 25 | 4 | 290 | вынужденная (3 м/с) |
| 5 | 200 | 10 | 5 | 300 | смешанная (0,05 м/с) |
| 6 | 190 | 5 | 6 | 310 | свободная |
| 7 | 180 | 0 | 7 | 320 | вынужденная (5 м/с) |
| 8 | 170 | -10 | 8 | 330 | вынужденная (10 м/с) |
| 9 | 160 | -20 | 9 | 340 | вынужденная (15 м/с) |

**Задача 6.** Определить плотность лучистого теплового потока между двумя параллельно расположенными плоскими стенками, имеющими температуру ***t1*** и ***t2*** и степени черноты ***1*** и  ***2***. Как изменится интенсивность теплообмена при установке экрана со степенью черноты ***э***.

Исходные данные для решения задачи приведены в **таблице 8.**

*Условия теплообмена считать стационарными. Теплопроводностью и конвективным теплообменом в зазоре между пластинами пренебречь.*

*В качестве экрана взять тонкий металлический лист.*

**Таблица 8**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра номера по списку | *1* | *2* | *э* | Предпоследняя цифра номера по списку | *t1 ,*С | *t2 ,*С |
| 0 | 0,50 | 0,42 | 0,060 | 0 | 200 | 15 |
| 1 | 0,55 | 0,44 | 0,055 | 1 | 250 | 20 |
| 2 | 0,60 | 0,46 | 0,050 | 2 | 300 | 25 |
| 3 | 0,65 | 0,48 | 0,045 | 3 | 350 | 30 |
| 4 | 0,70 | 0,50 | 0,040 | 4 | 400 | 35 |
| 5 | 0,75 | 0,52 | 0,035 | 5 | 450 | 40 |
| 6 | 0,80 | 0,54 | 0,030 | 6 | 500 | 45 |
| 7 | 0,85 | 0,56 | 0,025 | 7 | 550 | 50 |
| 8 | 0,90 | 0,58 | 0,020 | 8 | 600 | 55 |
| 9 | 0,95 | 0,60 | 0,015 | 9 | 650 | 60 |

Литература

Основная:

1. Теплотехника: Учебник для вузов/В.Н.Луканин, М.Г.Шатров и др.

М., Высшая школа, 2000г.

2. Теплотехника: Конспект лекций /И.Е.Иванов, В.Е.Ерещенко/ М.,МАДИ, 2003г.

3. Теплотехника: Сборник задач / И.Е.Иванов, С.А.Пришвин и др.

М.,МАДИ, 2008г.

Дополнительная:

1. Нащекин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача.

М., Высшая школа, 1980г.

2. Теплотехника: Учебник для втузов /Под ред. А.П.Баскакова.

М., Энергоиздат, 1999г.

3.Техническая термодинамика и теплотехника: Учебное пособие для вузов

/Под ред. А.А.Захаровой.- М., Академия, 2008 г.