

ВОСПОМИНАНИЯ О ТЕРМОДИНАМИКЕ

Расчет газовой смеси.

Газовая смесь состоит из нескольких компонентов, содержание которых в смеси задано в процентах по объему (табл. 1).

Определить: 1) кажущуюся молекулярную массу смеси; 2) газовую постоянную смеси; 3) средние мольную, объемную и массовую теплоемкости смеси при постоянном давлении в пределах температур от t_1 до t_2 (табл.2).

При решении этой задачи и последующих задач для всех исходных и итоговых величин, кроме относительных, безразмерных величин, должны быть указаны единицы измерения.

В конце задачи следует ответить письменно на следующие вопросы:

1. Что называется удельной газовой постоянной? Единица ее измерения в системе СИ. Чем она отличается от универсальной газовой постоянной?

2. Что представляют собой массовая, объемная и мольная теплоемкости. Каковы единицы их измерения в системе СИ. Какова связь между указанными теплоемкостями.

3. Какие факторы влияют на величину теплоемкости.

Таблица 1.

Последняя цифра шифра	Компоненты смеси, % по объему или массе (по указанию преподавателя)			
	CO ₂	O ₂	N ₂	CO
1	20	5	75	-
2	18	4	78	-
3	14	3	83	-
4	8	10	82	-
5	18	-	72	10
6	12	-	74	14
7	10	-	60	30
8	24	-	50	26
9	20	-	52	28
0	32	-	50	18

Таблица 2.

Показатели	Предпоследняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура Смеси:										
Начальная $t_1, ^\circ\text{C}$	126	366	592	818	286	456	626	918	742	1342
Конечная $t_2, ^\circ\text{C}$	528	926	1492	1217	1183	813	1342	1566	1643	2143

Расчет политропного процесса сжатия газовой смеси в компрессоре.

Рабочее тело – газовая смесь, имеющая тот же состав, что и в задаче №1 (в процентах по объему). Первоначальный объем, занимаемый газовой смесью, - V_1 (табл. 3). Начальные параметры состояния: давление $p_1 = 0,1$ Мпа, температура $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$. Процесс сжатия происходит при показателе политропы n . Давление смеси в конце сжатия P_2 , Мпа. (Табл. 3).

Определить: 1) массу газовой смеси; 2) уд. объемы смеси в начале и в конце процесса; 3) объем, занимаемый смесью в конце процесса; 4) температуру газовой смеси в конце процесса; 5) работу сжатия в процессе; 6) работу, затрачиваемую на привод компрессора; 7) изменение внутренней энергии газовой смеси; 8) массовую теплоемкость рабочего тела в данном процессе; 9) количество теплоты, участвующего в процессе; 10) изменение энтропии в процессе.

Таблица 3.

Показатели	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Объем смеси V_1 , м ³	5	10	15	25	40	50	70	90	100	120
Показатель политропы n	1,1	1,2	1,17	1,16	1,22	1,18	1,15	1,17	1,13	1,14
Давление P_2 , Мпа	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

Построить (в масштабе) рассмотренный процесс в координатах $p-v$ и $T-s$.

Необходимые для решения задачи теплоемкости компонентов газовой смеси принять независимыми от температуры. Значения теплоемкостей газов можно принять при температуре равной 0°C из приложения данного методического указания.

Газовую постоянную смеси взять из решения задачи №1.

Ответить в письменном виде на следующие вопросы:

1. В каких пределах может изменяться показатель политропного процесса?
2. В каких пределах может изменяться теплоемкость рабочего тела в политропном процессе?
3. Как выглядит уравнение 1-го закона термодинамики применительно к рассмотренному в задаче процессу?
4. Как зависит работа, затрачиваемая на привод компрессора, от показателя политропы n , почему?

Определение скорости истечения газа из сопловых устройств.

Определить теоретическую скорость истечения газа из суживающегося сопла и из сопла Лавалья (предлагается преподавателем). Начальные давление и температура пара: p_1 и t_1 (табл. 8). Давление среды, в которую происходит истечение пара, p_2 (табл. 8).

Таблица 8.

Показатели	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Давление (абс.) p_1 , Мпа	0,8	1,6	3	3,5	5	8	10	7	6	4
Температура t_1 , °С	220	350	375	390	400	420	450	370	350	325
Давление p_2 , Мпа	Предпоследняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	0,005	0,01	0,05	0,02	0,04	0,003	0,03	0,04	0,008	0,01

Дать эскизы профилей суживающегося сопла и сопла Лавалья и ответить:

1. При каких условиях возникает критическая скорость истечения газа (пара)?
2. Дать характеристику скорости истечения из суживающегося сопла при $p_2 > p_{2КР}$
3. Дать характеристику скорости истечения из суживающегося сопла при $p_2 \leq p_{2КР}$
4. Дать характеристику скорости истечения газа (пара) из сопла Лавалья при $p_2 < p_{2КР}$

ПРИЛОЖЕНИЯ

Средняя массовая теплоемкость газов при постоянном давлении
 C_p , кДж/(кг·К)

t , °С	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Воздух (абсолютно сухой)
0	0,9148	1,0304	1,0396	0,8148	1,8594	0,607	1,0036
100	0,9232	1,0316	1,0417	0,8658	1,8728	0,636	1,0061
200	0,9353	1,0346	1,0463	0,9102	1,8937	0,662	1,0115
300	0,9500	1,0400	1,0538	0,9487	1,9192	0,687	1,0191
400	0,9651	1,0475	1,0634	0,9826	1,9477	0,708	1,0283
500	0,9793	1,0567	1,0748	1,0128	1,9778	0,724	1,0387
600	0,9927	1,0668	1,0861	1,0396	2,0092	0,737	1,0496
700	1,0048	1,0777	1,0978	1,0639	2,0419	0,754	1,0605
800	1,0157	1,0881	1,1091	1,0852	2,0754	0,762	1,0710
900	1,0258	1,0982	1,1200	1,1045	2,1097	0,775	1,0815
1000	1,0350	1,1078	1,1304	1,1225	2,1436	0,783	1,0907
1100	1,0434	1,1170	1,1401	1,1384	2,1771	0,791	1,0999
1200	1,0509	1,1258	1,4493	1,1530	2,2106	0,795	1,1082
1300	1,0580	1,1342	1,1577	1,1660	2,2429	-	1,1166
1400	1,0647	1,1422	1,1656	1,1782	2,2743	-	1,1242
1500	1,0714	1,1497	1,1731	1,1895	2,3048	-	1,1313
1600	1,0773	1,1564	1,1798	1,1995	2,3346	-	1,1380
1700	1,0831	1,1631	1,1865	1,2091	2,3630	-	1,1443
1800	1,0886	1,1690	1,1924	1,2179	2,3907	-	1,1501
1900	1,0940	1,1748	1,1983	1,2259	2,4166	-	1,1560
2000	1,0990	1,1803	1,2033	1,2334	2,4422	-	1,1610

Основной характеристикой газа является сухой состав, но т.к. используемый газ бывает влажным, может возникнуть необходимость пересчета Q_P^H , ρ^c , S^c на рабочий состав (с учетом влажности газа):

$$\rho^p = (\rho^c + d)K \text{ кг/м}^3; \quad Q_P^H = Q_H^c K,$$

где $K = \frac{0,804}{0,804 + d}$; d - влагосодержание газа (кг/м сухого газа при н.у.).

1.

Определить парциальные давления компонентов, входящих в состав воздуха, находящегося при нормальном давлении. Объемный состав воздуха: O_2 - 21%, N_2 - 79%.

2.

Определить парциальные давления компонентов, входящих в газовую смесь следующего массового состава - CH_4 - 90%, C_2H_6 - 5%, C_3H_8 - 5%. Смесь находится под давлением 10 атм.=1 МПа

3.

Баллон с газом, имеющим $P=0,1$ МПа и $t=20^{\circ}C$, нагрели до $t=50^{\circ}C$. Определить давление в баллоне после нагревания.

4.

Продукты сгорания газа охлаждаются от $926^{\circ}C$ до $327^{\circ}C$. Определить во сколько раз уменьшится их объем.

5.

По газопроводу в течение часа подается 1000 м^3 природного газа при абсолютном давлении 0,2МПа и $t=20^{\circ}C$. Выразить этот объем газа при н.у.

6.

Определить плотность газа рабочего состава примера 2.

7.

Определить ρ^p по рабочему составу газа считая, что $d=0,005$ кг/м³
Рабочий состав газа будет следующий: $CH_4=95,993$; $C_2H_6=0,795$;
 $C_3H_8=0,298$; $C_4H_{10}=0,795$; $CO_2=0,497$; $N_2=0,994$; $H_2O=0,628$.

8.

Определить плотность CH_4 при $t=20^{\circ}C$ и $P=750$ мм. рт. ст.(при $t=20^{\circ}$ и $P=1$ МПа), если ρ н.у.=0,7168 кг/м³.

9.

Определить объем паров при н.у., получающихся при испарении 1000 кг смеси следующего весового состава:

C_4H_{10} - 50%;; C_3H_8 - 50%.

10.

100 м^3 - CH_4 , находящегося при давлении 10 ата, смешаны с 40 м^3 - C_3H_8 , находящегося при давлении 5 ата, и помещены в газгольдер емкостью 200 м^3 . Определить парциальные давления компонентов в газгольдере, общее давление газа в газгольдере и объемный состав смеси.

11.

Вычислить плотность смешанного газа, состоящего из 50% C_3H_8 и 50% Н-бутана по объему при $P=760$ мм. рт. ст. и $t=0^\circ\text{C}$.