

Контрольная по теплотехнике с решением

«Расчет термодинамического цикла в газовой смеси»

Задана газовая смесь определенного химического состава (см. контрольное задание №1).

В этой газовой смеси реализуется прямой круговой процесс, состоящий из пяти последовательных процессов, проходящих между характерными точками цикла 1, 2, 3, 4, 5: 1 – 2 – адиабатный; 2 – 3 – изохорный; 3 – 4 – изобарный; 4 – 5 – адиабатный; 5 – 1 – изохорный.

Температура и давление в точке 1 цикла соответствует н.у., т.е. $T_1 = 273,15 \text{ К}$ и $p_1 = 101325 \text{ Па}$.

Исходные данные:

$$T_1 = 273,15 \text{ К}; p_1 = 101325 \text{ Па}; k = 1,32;$$

$$\varepsilon = 13; \lambda = 1,6; \rho = 1,4; R_{см} = 309 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

В задании требуется рассчитать следующие величины:

1) значения параметров состояния (p , v , T) в характерных точках цикла (точки 1, 2, 3, 4, 5) и заполнить таблицу;

2) изменение удельной внутренней энергии Δu , Дж/кг; удельной энтальпии Δh , Дж/кг; удельной энтропии Δs , Дж/(кг · К); удельную работу l , Дж/кг, и удельную теплоту q , Дж/кг в каждом процессе цикла, заполнить таблицу;

3) удельные подведенную q_1 , Дж/кг, и отведенную q_2 , Дж/кг, теплоты в цикле; удельную работу цикла $l_{ц}$, Дж/кг, заполнить таблицу;

4) термический КПД цикла η_t . Показать, как η_t зависит от характеристик цикла: степень сжатия $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$; степень повышения давления

$\lambda = \frac{p_3}{p_2}$; степень предварительного расширения $\rho = \frac{v_4}{v_3}$, (т.е. вывести из

определения формулу для η_t). Расчеты свести в таблицы.

5) термический КПД цикла Карно η_k , который осуществляется в том же интервале температур и сравнить его с η_t цикла.

6) на основании определенных параметров построить цикл в координатах $p - v$. Указать название каждого термодинамического процесса.

Решение:

1. Определим параметры состояния в точках цикла.

Параметры точки 1:

Давление: $p_1 = 101325 \text{ Па}$

Температура: $T_1 = 273,15 \text{ К}$

Удельный объем:

$$v_1 = \frac{R_{cm} \cdot T_1}{p_1} = \frac{370 \cdot 273,15}{101325} = 0,997 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Параметры точки 2:

Удельный объем:

$$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{\varepsilon} = \frac{0,997}{13} = 0,077 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Температура:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} = T_1 \cdot \varepsilon^{k-1} = 273,15 \cdot 13^{1,32-1} = 620,7 \text{ К}$$

Давление:

$$p_2 = \frac{R_{cm} \cdot T_2}{v_2} = \frac{370 \cdot 620,7}{0,077} = 2982584 \text{ Па}$$

Параметры точки 3:

Давление:

$$\lambda = \frac{p_3}{p_2} \Rightarrow p_3 = \lambda \cdot p_2 = 1,6 \cdot 2982584 = 4772135 \text{ Па}$$

Удельный объем:

$$v_2 = v_3 = 0,077 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Температура:

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow T_3 = T_2 \cdot \frac{p_3}{p_2} = T_2 \cdot \lambda = 620,7 \cdot 1,6 = 933,1 \text{ К}$$

Параметры в точке 4:

Давление:

$$p_3 = p_4 = 4772135 \text{ Па}$$

Удельный объем:

$$\rho = \frac{v_4}{v_3} \Rightarrow v_4 = \rho \cdot v_3 = 1,4 \cdot 0,077 = 0,11 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Температура:

$$\frac{v_3}{v_4} = \frac{T_3}{T_4} \Rightarrow T_4 = T_3 \cdot \rho = 933,1 \cdot 1,4 = 1306,3 \text{ К}$$

Параметры в точке 5:

Удельный объем:

$$v_1 = v_5 = 0,997 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Давление:

$$\frac{p_5}{p_4} = \left(\frac{v_4}{v_5} \right)^k \Rightarrow p_5 = \left(\frac{v_4}{v_5} \right)^k \cdot p_4 = \left(\frac{0,11}{0,997} \right)^{1,32} \cdot 4772135 = 260060 \text{ Па}$$

Температура:

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_5} \right)^{k-1} \Rightarrow T_5 = \left(\frac{v_4}{v_5} \right)^{k-1} \cdot T_4 = \left(\frac{0,11}{0,997} \right)^{1,32-1} \cdot 1306,3 = 645,2 \text{ К}$$

Полученные результаты сводим в таблицу 1.

Таблица 1. Параметры состояния рабочего тела в характерных точках цикла.

Номер точки	p, кПа	v, м ³ /кг	T, К
1	101,325	0,977	273,15
2	2982,584	0,077	620,7
3	4772,135	0,077	933,1
4	4772,135	0,11	1306,3

5	260,06	0,997	645,2
---	--------	-------	-------

2. Определим изменение удельной внутренней энергии, удельной энтальпии, удельной энтропии, удельную работу, и удельную теплоту в каждом процессе цикла.

Процесс 1-2 – адиабатный:

Удельная работа:

$$l = \frac{1}{k-1} \cdot (p_1 \cdot v_1 - p_2 \cdot v_2) = \frac{1}{1,32-1} \cdot (101325 \cdot 0,997 - 2982584 \cdot 0,077) = -401,993 \text{ кДж/кг}$$

Удельная внутренняя энергия:

$$\Delta u = C_{vm} \cdot (T_2 - T_1) = 0,9537 \cdot (620,7 - 273,15) = 332,15 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтальпия:

$$\Delta h = C_{pm} \cdot (T_2 - T_1) = 1,2627 \cdot (620,7 - 273,15) = 438,85 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтропия:

$$\Delta s = 0$$

Удельная теплота:

$$q = 0$$

Процесс 2-3 – изохорный:

Удельная работа:

$$l = 0$$

Удельная внутренняя энергия:

$$\Delta u = C_{vm} \cdot (T_3 - T_2) = 0,9537 \cdot (933,1 - 620,7) = 298,56 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтальпия:

$$\Delta h = C_{pm} \cdot (T_3 - T_2) = 1,2627 \cdot (933,1 - 620,7) = 394,47 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтропия:

$$\Delta s = C_{vm} \cdot \ln \frac{T_3}{T_2} = 0,9537 \cdot \ln \frac{933,1}{620,7} = 0,39 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}$$

Удельная теплота:

$$q = C_{vm} \cdot (T_3 - T_2) = 0,9557 \cdot (933,1 - 620,7) = 298,56 \text{ кДж/кг}$$

Процесс 3-4 – изобарный:

Удельная работа:

$$l = R_{cm} \cdot (T_4 - T_3) = 0,309 \cdot (1306,3 - 933,1) = 138,08 \text{ кДж/кг}$$

Удельная внутренняя энергия:

$$\Delta u = C_{vm} \cdot (T_4 - T_3) = 0,9557 \cdot (1306,3 - 933,1) = 356,67 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтальпия:

$$\Delta h = C_{pm} \cdot (T_4 - T_3) = 1,2627 \cdot (1306,3 - 933,1) = 471,24 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтропия:

$$\Delta s = C_{vm} \cdot \ln \frac{T_4}{T_3} = 0,9537 \cdot \ln \frac{1306,3}{933,1} = 0,32 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}$$

Удельная теплота:

$$q = C_{pp} \cdot (T_4 - T_3) = 1,2627 \cdot (1306,3 - 933,1) = 471,24 \text{ кДж/кг}$$

Процесс 4-5 – адиабатный:

Удельная работа:

$$l = \frac{1}{k-1} \cdot (p_4 \cdot v_4 - p_5 \cdot v_5) = \frac{1}{1,32-1} \cdot (4772135 \cdot 0,11 - 260060 \cdot 0,997) = 830,17 \text{ кДж/кг}$$

Удельная внутренняя энергия:

$$\Delta u = C_{vm} \cdot (T_5 - T_4) = 0,9537 \cdot (645,2 - 1306,3) = -631,81 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтальпия:

$$\Delta h = C_{pm} \cdot (T_5 - T_1) = 1,2627 \cdot (645,2 - 1306,3) = -834,77 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтропия:

$$\Delta s = 0$$

Удельная теплота:

$$q = 0$$

Процесс 5-1 – изохорный:

Удельная работа:

$$l = 0$$

Удельная внутренняя энергия:

$$\Delta u = C_{vm} \cdot (T_1 - T_5) = 0,9537 \cdot (273,15 - 645,2) = -355,57 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтальпия:

$$\Delta h = C_{pm} \cdot (T_1 - T_5) = 1,2627 \cdot (273,15 - 645,2) = -469,79 \text{ кДж/кг}$$

Удельная энтропия:

$$\Delta s = C_{vm} \cdot \ln \frac{T_1}{T_5} = 0,9537 \cdot \ln \frac{933,1}{620,7} = -0,82 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Удельная теплота:

$$q = C_{vm} \cdot (T_1 - T_5) = 0,9537 \cdot (273,15 - 645,2) = -355,57 \text{ кДж/кг}$$

Полученные данные сведем в таблицу 2.

3. Определим удельные подведенную и отведенную теплоту в цикле; удельную работу цикла.

Удельно подведенная теплота:

$$q_1 = q_{2-3} + q_{3-4} = 298,56 + 471,24 = 769,8 \text{ кДж/кг}$$

Удельно отведенная теплота:

$$q_2 = q_{5-1} = 355,57 \text{ кДж/кг}$$

Удельная работа цикла:

$$l_y = l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-4} + l_{4-5} + l_{5-1} = -401,993 + 0 + 138,08 + 830,17 + 0 = 566,26 \text{ кДж/кг}$$

Полученные данные сведем в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты расчетов характеристик процессов цикла.

№ п/п	Процессы	Δu , кДж/кг	Δh , кДж/кг	Δs , кДж/кг·К	l , кДж/кг	q , кДж/кг
1	1-2	332,15	438,85	0	-401,993	0
2	2-3	298,56	394,47	0,39	0	298,56
3	3-4	356,67	471,24	0,32	138,08	471,24
4	4-5	-631,81	-834,77	0	830,17	0
5	5-1	-355,57	-469,79	-0,82	0	-355,57
6	Итого	0	0	-0,11	566,26	414,23

4. Определим термический КПД цикла.

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{769,8 - 355,57}{769,8} = 0,538$$

Покажем, как η_t зависит от характеристик цикла.

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \cdot \rho^{k-1}}{(\lambda - 1) + k \cdot \lambda \cdot (\rho - 1)}$$

На основании выведенной формулы термического КПД цикла построим графики зависимости η_t от характеристик цикла ε , λ , ρ . Расчеты сведем в таблицы 3,4 и 5.

Таблица 3. Зависимость термического КПД от степени сжатия $\varepsilon = 10 \dots 14$ с шагом 0,5.

ε	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14
η_t	0,23	0,24	0,253	0,264	0,274	0,283	0,292	0,3	0,308

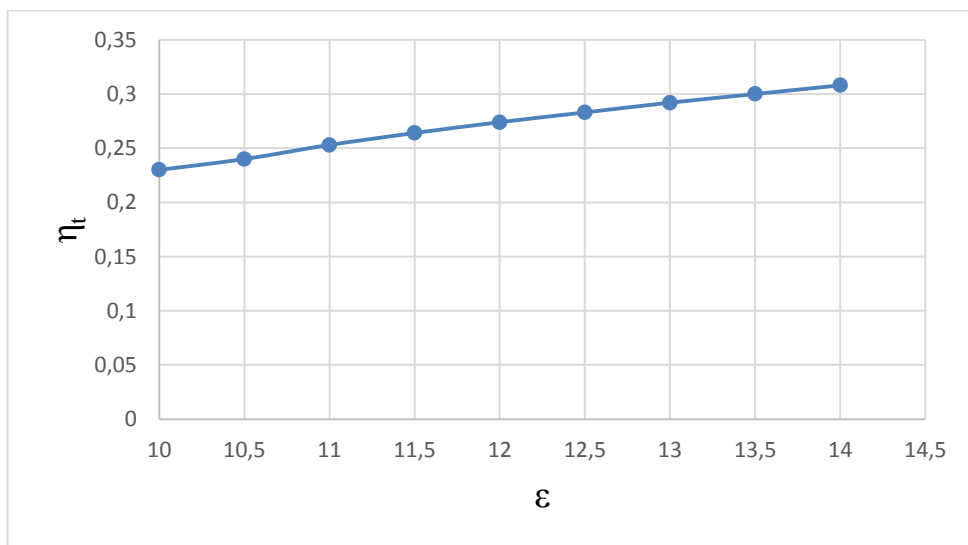


Рис.1. График зависимости термического КПД от степени сжатия ε .

Таблица 4. Зависимость термического КПД от степени сжатия $\varepsilon = 1,2 \dots 1,7$ с шагом 0,1.

λ	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
η_t	0,294	0,354	0,398	0,431	0,457	0,478

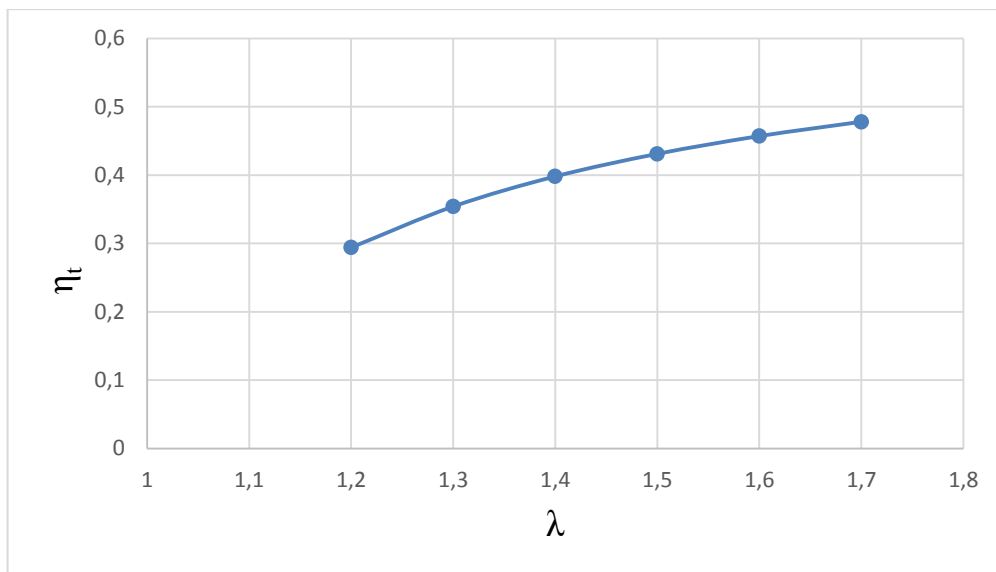


Рис.2. График зависимости термического КПД от степени сжатия λ .

Таблица 5. Зависимость термического КПД от степени сжатия $\rho = 1,1 \dots 1,5$ с шагом 0,1.

ρ	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
η_t	0,105	0,27	0,379	0,457	0,513

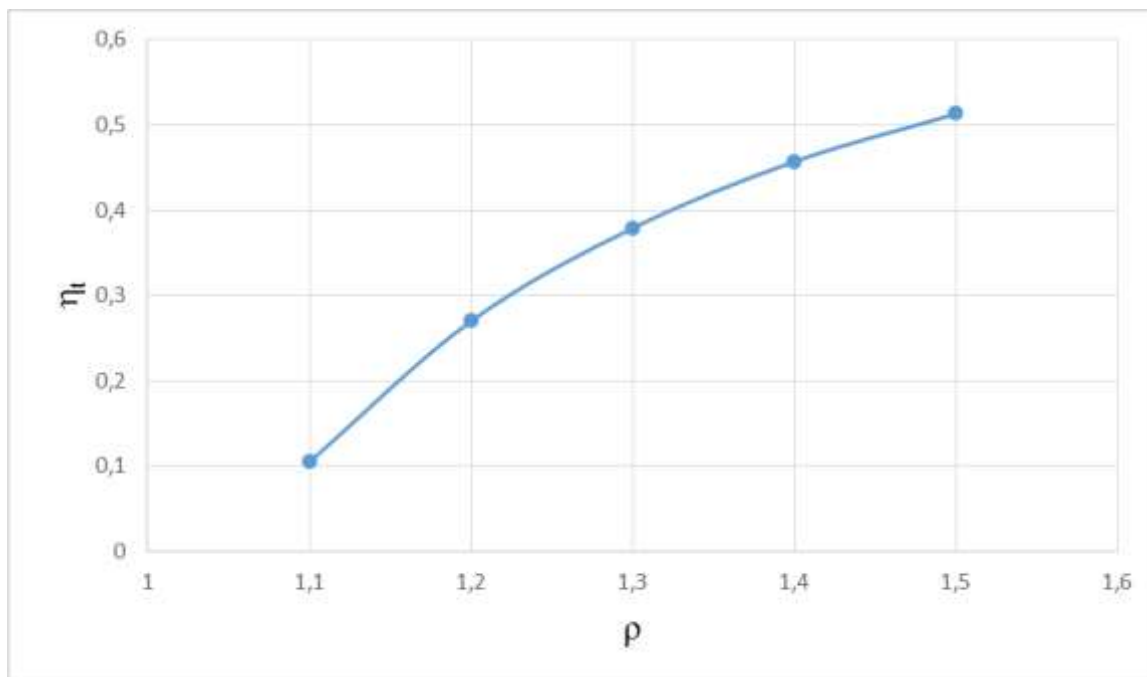


Рис.3. График зависимости термического КПД от степени сжатия ρ .

5. Определим термический КПД цикла Карно η_k .

В этом файле выложены ознакомительные фрагменты работы. Вы можете заказать решение задач, контрольную или курсовую работу по своей теме и требованиям на [сайте МатБюро](http://www.matburo.ru).

$$\eta_k = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} = 1 - \frac{273,15}{1306,3} = 0,791$$

6. На основании определенных параметров построим цикл в координатах $p - v$.

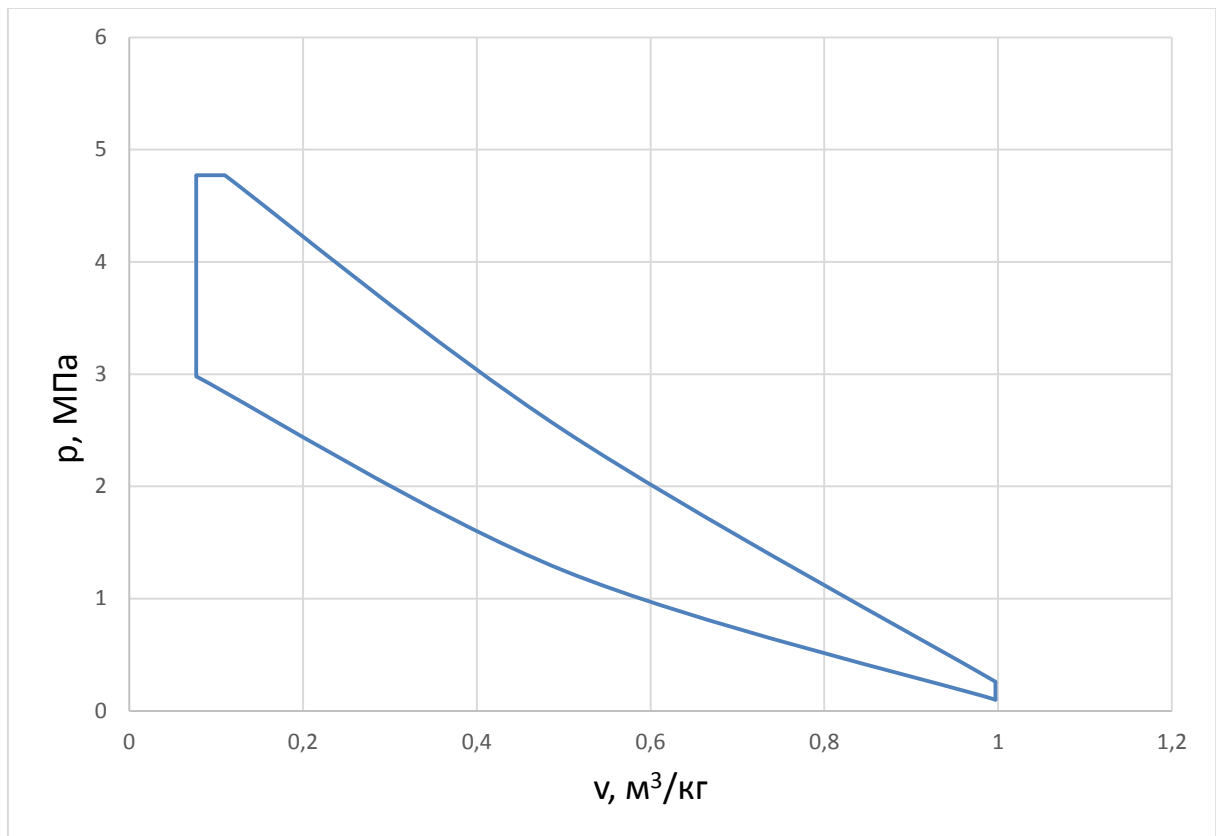


Рис.4. Диаграмма цикла в $p-v$ координатах.