

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Выполнение расчетно – графического задания по  
дисциплине Теплотехника**

**Процессы изменения состояния идеального газа.  
Расчет газового цикла**

Выполнила студентка факультета  
Ф.И.О.  
Вариант 1

Москва 2010

$p_1=0.8$  МПа  
 $\rho_1=0.12$  м<sup>3</sup>/кг  
 $p_2=2$  МПа  
 $p_3=1.2$  МПа

$C_v=0.71$  кДж/кг К  
 $R=0.287$  кДж/кг К  
 $K=1.4$

Таблица 1.

Точка	P, МПа	V, м <sup>3</sup> /кг	T, К	Lg 10p	Lg 100V
1.	0.8	0.12	334.5	6.9	1.08
2.	2	0.06	434.6	7.3	0.77
3.	1.2	0.1	434.6	7.07	1
4.	0.92	0.12	384	6.96	1.08

Расчеты:

$$P_1 V_1 = R T_1 \rightarrow T_1 = \frac{P_1 V_1}{R} = \frac{0.8 \cdot 10^6 \cdot 0.12}{0.287 \cdot 10^3} = 334.5 \text{ (K)}$$

$$K = \frac{C_p}{C_v} = \frac{1.0}{0.71} = 1.4$$

$$1-2 \text{ адиабата : } p_1 V_1^K = p_2 V_2^K$$

$$0.8 \cdot 10^6 \cdot 0.12^{1.4} = 2 \cdot 10^6 \cdot V_2^{1.4} \rightarrow V_2 = \sqrt[1.4]{0.02} = (\text{м}^3/\text{кг})$$

$$P_2 V_2 = R T_2 \rightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{R} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 0.06}{0.287 \cdot 10^3} = 434.6 \text{ (K)}$$

$$P_3 V_3 = R T_3, T_3 = T_2 \text{ (2-3 изотерма)}$$

$$V_3 = \frac{R T_3}{P_3} = \frac{0.287 \cdot 10^3 \cdot 434.6}{1.2 \cdot 10^6} = 0.1 \text{ (м}^3/\text{кг)}$$

$$3-4 \text{ адиабата : } P_3 V_3^K = P_4 V_4^K$$

$$P_4 = \frac{P_3 V_3^K \cdot 0.12}{V_4^K} = \frac{1.2 \cdot 10^6 \cdot 0.1^{1.4}}{0.12 \cdot 1.4} = 0.92 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

$$P_4 V_4 = R T_4$$

$$T_4 = \frac{P_4 V_4}{R} = \frac{0.92 \cdot 10^6 \cdot 0.12}{0.287 \cdot 10^3} = 384.6 \text{ (K)}$$

Таблица 2

Процессы	n	C кДж/кг*К	$\Delta U$ кДж/кг	$\Delta i$ кДж/кг	$\Delta S$ кДж/кг*К	l кДж/кг	q кДж/кг	a	б
1-2	1.4	0	71.071	102.6	0	-71.071	0	$\infty$	$\infty$
2-3	1	$\infty$	0	0	0.145	63	63	0	1
3-4	1.4	0	-35.926	-51.865	0	35.926	0	$\infty$	$\infty$
4-1	$\infty$	0.71	-35.145	-50.738	-0.144	0	-35.145	1	0
Сумма	-	-	0	0	0.001	27.855	27.855	$\infty$	$\infty$

Расчеты :

1-2 – адиабатный процесс

$$\Delta U = C_v (T_2 - T_1) = 0.71 (434.6 - 334.5) = 71.071 \text{ (кДж/кг)}$$

$$C = 0$$

$$\Delta S = 0$$

$$q = 0$$

$$\Delta i = C_p(T_2 - T_1) = 1.025 (434.6 - 334.5) = 102.6 \text{ (кДж/кг)}$$

$$l = \frac{R}{k-1} (T_1 - T_2) = C_v (T_1 - T_2)$$

$$h = 1.4$$

$$a = \frac{\Delta U}{q} = \infty$$

$$b = \frac{l}{q} = \infty$$

2-3 – изотермический процесс

$$\Delta U = 0$$

$$C = \infty$$

$$\Delta S = R \ln \frac{V_3}{V_2} = 0.287 * 10^3 \ln \frac{0.1}{0.66} = 0.145 \text{ (кДж / кг * K)}$$

$$q = T \Delta S = 434.6 * 0.145 \text{ (кДж / кг)}$$

$$l = RT \ln \frac{V_3}{V_2} = 0.287 * 10^3 * 434.6 \ln \frac{0.1}{0.66} = 63 \text{ (кДж / кг)}$$

$$n = 1$$

$$a = \frac{\Delta U}{q} = 0$$

$$8 = \frac{l}{q} = 1$$

3-4 – адиабатный процесс

$$C = 0$$

$$\Delta S = 0$$

$$q = 0$$

$$\Delta U = C_v (T_4 - T_3) = 0.71 (384 - 434.6) = -35.926 \text{ (кДж / кг)}$$

$$\Delta i = C_p (T_4 - T_3) = 1.02571 (384 - 434.6) = -51.865 \text{ (кДж / кг)}$$

$$l = \frac{R}{k-1} (T_3 - T_4) = C_v (T_3 - T_4) = 35.926 \text{ (кДж / кг)}$$

$$h = 1.4$$

$$a = \frac{\Delta U}{q} = \infty$$

$$b = \frac{l}{q} = \infty$$

4-1 - изотропный процесс

$$\Delta U = C_v (T_1 - T_4) = 0.71 (334.5 - 384) = - 35.145 \text{ (кДж / кг)}$$

$$\Delta i = C_p (T_1 - T_4) = 1.025 (334.5 - 384) = - 50.738 \text{ (кДж / кг)}$$

$$l=0$$

$$q=\Delta U = - 35.145 \text{ (кДж/кг)}$$

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_1}{T_4} + R \ln \frac{P_i}{P_u} = 1.025 \ln \frac{334.5}{384} + 0.287 \ln \frac{0.8}{0.92} = - 0.14 + (- 0.04) = - 0.144 \text{ (кДж / кг * К)}$$

$$a = \frac{\Delta U}{q} = 1$$

$$b = \frac{l}{q} = 0$$

$$C = C_v = 0.71 \text{ (кДж / кг * К)}$$

$$q_1 = \sum q_{\text{подв}} = 63 \text{ (кДж/кг)}$$

$$q_2 = \sum q_{\text{отв}} = 35.145 \text{ (кДж/кг)}$$

$$q_u = l_u = q_1 - q_2 = 63 - 35.145 = 27.855 \text{ (кДж/кг)}$$

$$l_{\text{расш}} = 35.926 \text{ (кДж/кг)}$$

$$l_{\text{ст}} = 71.071 \text{ (кДж/кг)}$$

$$\dot{\eta}_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{27.855}{63} = 0.44$$

$$\dot{\eta}_t^k = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} = 1 - \frac{334.5}{434.6} = 0.61$$

$$0.44 \leq 0.61 \rightarrow \dot{\eta}_t \leq \dot{\eta}_t^k$$

На графике в  $\lg 10P$  ;  $\lg 100V$  выбираем 7 точек определим их координаты и определяем значения  $P$  и  $V$  этих точек и переносим их на график  $PV$

$$a) \lg 100v = 1 \quad \lg 10p = 7$$

$$V = 0.1 \text{ (м}^3\text{/кг)} \quad p = 1 \text{ (МПа)}$$

$$б) \lg 100v = 0.9 \quad \lg 10p = 7.13$$

$$V = 0.08 \text{ (м}^3\text{/кг)} \quad p = 1.35 \text{ (МПа)}$$

$$в) \lg 100v = 0.8 \quad \lg 10p = 7.26$$

$$V = 0.063 \text{ (м}^3\text{/кг)} \quad p = 1.81 \text{ (МПа)}$$

$$\text{г)} \lg 100v = 0.82 \quad \lg 10p = 7.25$$

$$V = 0.066 \text{ (м}^3\text{/кг)} \quad p = 1.78 \text{ (МПа)}$$

$$\text{д)} \lg 100v = 0.945 \quad \lg 10p = 7.125$$

$$V = 0.088 \text{ (м}^3\text{/кг)} \quad p = 1.33 \text{ (МПа)}$$

$$\text{ж)} \lg 100v = 1.12 \quad \lg 10p = 7.05$$

$$V = 0.11 \text{ (м}^3\text{/кг)} \quad p = 1.12 \text{ (МПа)}$$

$$\text{з)} \lg 100v = 1.05 \quad \lg 10p = 7$$

$$V = 0.117 \text{ (м}^3\text{/кг)} \quad p = 1 \text{ (МПа)}$$

Выбираем произвольные 3 точки для построения (1-4) а,б,в.

$$\text{а)} T_{\text{кон.}} = 350 \text{ К}$$

$$T_{\text{нач}} = 334.5 \text{ К} \quad \Delta S = C_p \ln \frac{T_{\text{кон}}}{T_{\text{нач}}} = 0.046 \text{ (кДж/кг)}$$

$$\text{б)} T_{\text{кон.}} = 360 \text{ К}$$

$$T_{\text{нач}} = 334.5 \text{ К} \quad \Delta S = C_p \ln \frac{T_{\text{кон}}}{T_{\text{нач}}} = 0.075 \text{ (кДж/кг)}$$

$$\text{б)} T_{\text{кон.}} = 370 \text{ К}$$

$$T_{\text{нач}} = 334.5 \text{ К} \quad \Delta S = C_p \ln \frac{T_{\text{кон}}}{T_{\text{нач}}} = 0.1 \text{ (кДж/кг)}$$

Графическое значение:  $l_{\text{ц}}$  по  $pV$  – диаграмме:  $l_{\text{ц}} = 27.38 \text{ (кДж/кг)}$ .

Аналитическое значение :  $l_{\text{ц}} = 27.38 \text{ (кДж/кг)}$   $l_{\text{ц}} = 500 * 54.26 = 273800 \text{ (кДж/кг)}$ .

$$\frac{27.855 - 27.38}{27.855} * 100 \% = 1.7 \% \leq 2 \%$$

Среднее циркуляционное давление :

$$P_i = \frac{0.001 \ln}{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}} = \frac{0.001 * 27.855 * 10^6}{0.12 - 0.06} = 0.45 \text{ (МПа)}$$

Графический  $P_i = 0.5 \text{ (МПа)}$

$$\frac{0.5 * 0.45}{0.5} * 100 \% = 1 \%$$

Графическое значение  $q_u$  в TS – диагр

$$q_u = 0.01 * 10 * 269 * 10^3 = 26.9 \text{ (кДж/кг)}$$

$$\Delta \text{ значение } q_u = 27.855 \text{ (кДж/кг)}$$

$$\frac{27.855 - 26.9}{27.855} * 100 \% = 3 \%$$

Таблица 3

Процесс	$\Delta U$ , кДж/кг			$\Delta i$ , кДж/кг			$q$ , кДж/кг			$l$ , кДж/кг		
	Аналит.	Граф.	%,расх.	Аналит.	Граф.	%,расх.	Аналит.	Граф.	%,расх.	Аналит.	Граф.	%,расх.
2-3	0	-	-	0	-	-	63.0	61.9	1.7	63.0	63.9	1.4

$$q_{гр} = 618 * 100 = 61.9 \text{ кДж/кг}$$

$$l_{гр} = 127.8 * 500 = 63.9 \text{ кДж/кг}$$









