

$$Q_I = Q_{II} = GC_V \frac{n-k}{n-1} (T_1 - T_2) =$$

$$= 0,032 \frac{20,8}{29} \cdot \frac{1,2 - 1,4}{1,2 - 1} \cdot (300 - 424) = 2,85 \text{ кДж/с.}$$

Теплота, отводимая в промежуточном охладителе:

$$Q_{\text{охл}} = G \cdot C_p (T_2 - T_1) = 0,032 \frac{29,1}{29} (424 - 300) = 3,98 \text{ кДж/с.}$$

Расход охлаждающей воды:

$$G_{\text{в}} = \frac{mQ_I + (m-1)Q_{\text{охл}}}{C_{\text{рв}} \Delta t} = \frac{2 \cdot 2,85 + 3,98}{4,19 \cdot 13} = 9,68 \text{ кг/с,}$$

где $C_{\text{рв}} = 4,19 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ – теплоемкость воды.

Задача № 3

Цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания имеет следующие характеристики:

n_1 – показатель политропы в процессе сжатия рабочего тела, (процесс 1- 2);

n_2 – показатель политропы в процессе расширения рабочего тела, (процесс 3- 4);

$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$ – степень сжатия; $\lambda = \frac{P_3}{P_2}$ – степень повышения давления;

$\rho = \frac{v_3}{v_2}$ – степень предварительного расширения.

Начальные параметры p_1 и t_1 . Принимая за рабочее тело воздух, требуется:

1. Определить тип цикла ДВС;
2. Определить параметры p, v, T для основных точек (1, 2, 3, 4) цикла;
3. Найти теплоту q и работу w для каждого процесса, из которых состоит цикл;
4. Найти работу цикла l_0 , термический КПД η_t и среднееиндикаторное давление;
5. Изобразить цикл в $T-S$ – диаграмме;
6. Показать на $p-v$ и $T-S$ – диаграммах процессы, в которых осуществляется подвод тепла и в которых тепло отводится.

Теплоемкость рабочего тела, обладающего свойствами воздуха, принять постоянной (приложение, таблица 1).

Исходные данные, необходимые для решения задачи, приведены в таблице 5 по вариантам индивидуальных заданий.

Результаты расчетов поместить в таблице 6.

Таблица 5

Последняя цифра шифра	Цикл	n_1	n_2	ϵ	λ	ρ	Пред-последняя цифра шифра	T_1 , К	P_1 , МПа
0		1,4	1,35	5	4,6	-	0	273	0,10
1		1,34	1,3	5,5	4,3	-	1	283	0,11
2		1,3	1,23	6	4,0	-	2	303	0,12
3		1,32	1,25	6,5	3,8	-	3	323	0,09
4		1,36	1,25	7	3,4	-	4	343	0,13
5		1,4	1,36	12		2,2	5	263	0,08
6		1,38	1,33	13	-	2,0	6	273	0,09
7		1,36	1,3	14	-	1,8	7	283	0,10
8		1,34	1,28	15	-	1,7	8	303	0,11
9		1,32	1,36	16	-	1,7	9	323	0,12

Таблица 6

Параметры основных точек				Процесс	q , кДж/кг	w , кДж/кг	$\eta_i =$ $l_0 =$, кДж/кг $p_i =$, МПа
Точка	T , К	p , МПа	v , м ³ /кг				
1				1-2			
2				2-3			
3				3-4			
4				4-1			
4				Σ			

Методические указания

При термодинамическом исследовании циклов ДВС делается допущение о применимости в качестве рабочего тела идеального газа с постоянной теплоемкостью, а также допущение о термодинамической обратимости процессов, составляющих цикл. В двигателях внутреннего сгорания осуществляются циклы с подводом теплоты при постоянном объеме (карбюраторные или газовые двигатели), с подводом теплоты при постоянном давлении (компрессорные дизели) и цикл со смешанным подводом теплоты (бескомпрессорные дизели).

Найти параметры рабочего тела в основных точках цикла, а также рассчитать теплоту и работу каждого процесса, из которых состоит цикл, можно по соотношениям, приведенным в таблице 3.

Работа цикла

$$l_0 = \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n w_i ,$$

где q_i, l_i – теплота и работа i -го процесса, из которых состоит цикл, n – число процессов, из которых состоит цикл.

Термический КПД

$$\eta_t = \frac{l_0}{q_1} ,$$

где q_1 – подведенная теплота, кДж/кг.

Подведенная теплота равна сумме теплоты процессов, в которых теплота имеет положительное значение.

Среднее индикаторное давление

$$p_i = \frac{l_0}{v_1 - v_2} .$$

Пример:

Цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты (см. рис. 4) имеет следующие характеристики (показатель политропы сжатия, показатель адиабаты, степень сжатия, степень повышения давления, степень предварительного расширения):

$$n_1 = 1,2; \quad n_2 = k; \quad \epsilon = 12; \quad \lambda = 3,0; \quad \rho = 1,3.$$

Начальные параметры:

$$T_1 = 350 \text{ К}, \quad p_1 = 0,08 \text{ МПа}.$$

Рабочее тело обладает свойствами воздуха.

Требуется:

1. определить параметры p, v, T в основных точках;
2. рассчитать теплоту и работу каждого процесса, из которых состоит цикл;

3. найти работу цикла ДВС l_0 , термический КПД, η_t и среднеиндикаторное давление p_i ;

1. изобразить цикл на $T-S$ – диаграмме.

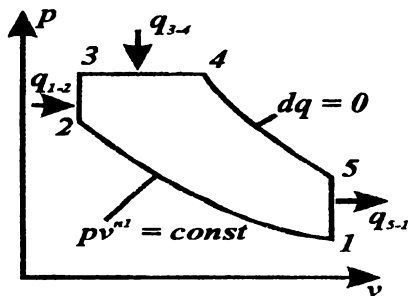


Рис. 4

Обозначения: 1-2 – политропное сжатие воздуха в цилиндре, 2-3, 3-4 – сгорание топлива (подвод теплоты к рабочему телу), 4-5 – расширение продуктов сгорания в цилиндре, 5-1 – выхлоп продуктов сгорания (отвод теплоты от рабочего тела).

Решение:

Расчет параметров в узловых точках.

Удельный объем для точки 1

$$v_1 = \frac{RT_1}{p_1} = \frac{287 \cdot 350}{10^5} = 1 \text{ м}^3/\text{кг},$$

где $R = \frac{8314}{29} = 287 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Рассчитываем параметры для точки 2

$$v_2 = \frac{v_1}{\varepsilon} = \frac{1,0}{12} = 0,084 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Рассматриваем политропный процесс 1-2, находим температуру

$$T_2 = T_1 \varepsilon^{n-1} = 350 \cdot 12^{1,2-1} = 575 \text{ К},$$

давление

$$p_2 = \frac{RT_2}{v_2} = \frac{287 \cdot 575}{0,084} = 1,96 \cdot 10^6 \text{ Па} ,$$

Рассчитываем параметры для точки 3

давление: $p_3 = p_2 \lambda = 1,96 \cdot 3,0 = 5,89 \text{ МПа}$,

температуру $T_3 = T_2 \frac{p_3}{p_2} = 575 \cdot 3,0 = 1725 \text{ К}$;

удельный объем

$$v_3 = v_2 = 0,084 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Рассчитываем параметры для точки 4.

давление

$$p_4 = p_3 = 5,89 \text{ МПа},$$

удельный объем

$$v_4 = v_2 \rho = 0,084 \cdot 1,3 = 0,11 \text{ м}^3/\text{кг},$$

температуру

$$T_4 = \frac{p_4 v_4}{R} = \frac{5,89 \cdot 10^6 \cdot 0,11}{287} = 2257 \text{ К}.$$

Рассчитываем параметры точки 5. Учítывая, что процесс 1–5 изохорный,

$$v_5 = v_1 = 1,0 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Рассматривая адиабатный процесс 4–5, находим

$$p_5 = p_4 \left(\frac{v_4}{v_5} \right)^k = 5,89 \left(\frac{0,11}{1,0} \right)^{1,4} = 0,27 \text{ МПа},$$

здесь $k = 1,4$ (Приложение, таблица 1),

$$T_5 = \frac{p_5 v_5}{R} = \frac{0,27 \cdot 10^6 \cdot 1,0}{287} = 934 \text{ К}.$$

Расчет теплоты и работы для процессов:

а) процесс 1–2 – политропный процесс, с показателем политропы $n_1 = 1,2$.

$$q_{1-2} = C_V \frac{n_1 - k}{n_1 - 1} (T_2 - T_1) = \frac{20,8}{29} \cdot \frac{1,2 - 1,4}{1,2 - 1} \cdot (575 - 350) = -161 \text{ кДж/кг},$$

$$w_{1-2} = \frac{R}{n_1 - 1} (T_1 - T_2) = \frac{0,287}{0,2} \cdot (350 - 575) = -323 \text{ кДж/кг},$$

б) процесс 2–3 – изохорный

$$q_{2-3} = C_V (T_3 - T_2) = \frac{20,8}{29} (1725 - 575) = 825 \text{ кДж/кг},$$

$$w_{2-3} = 0;$$

в) процесс 3–4 – изобарный

$$q_{3-4} = C_p (T_4 - T_3) = \frac{29,1}{29} (2257 - 1725) = 532 \text{ кДж/кг},$$

$$w_{3-4} = p_3 (v_4 - v_3) = 5,89 \cdot 10^6 \cdot (0,11 - 0,084) \cdot 10^{-3} = 153 \text{ кДж/кг},$$

г) процесс 4–5 – адиабатный

$$q_{4-5} = 0,$$

$$w_{4-5} = \frac{R}{k-1} (T_4 - T_5) = \frac{0,287}{1,4-1} (2257 - 937) = 949 \text{ кДж/кг},$$

д) процесс 5–1 – изохорный

$$q_{5-1} = C_v (T_1 - T_5) = \frac{20,8}{29} (350 - 934) = -418 \text{ кДж/кг}.$$

$$w_{5-1} = 0.$$

Работа цикла.

$$w_0 = \sum q_i = -161 + 825 + 532 - 418 = 778 \text{ кДж/кг}.$$

Термический КПД цикла:

$$\eta_t = \frac{l_0}{q_1} = \frac{778}{825 + 532} = 0,57.$$

Среднеиндикаторное давление:

$$p_i = \frac{l_0}{v_1 - v_2} = \frac{778 \cdot 10^3}{1 - 0,084} = 0,85 \cdot 10^3 \text{ кПа} = 0,85 \text{ МПа}.$$

Таблица 7

Параметры основных точек				Процессы	q кДж/кг	w кДж/кг	η _t =0,57 l ₀ =778 кДж/кг p _r =0,85 МПа
Точка	T, К	p, МПа	v, м ³ /кг				
1	350	0,1	1,0	1-2	-161	-323	
2	575	1,96	0,084	2-3	825	0	
3	1725	5,89	0,084	3-4	532	153	
4	2257	5,89	0,11	4-5	0	949	
5	934	0,27	1,0	5-1	-418	0	

Изображение цикла ДВС со смешанным подводом теплоты в T-S – диаграмме приведено на рисунке 5.

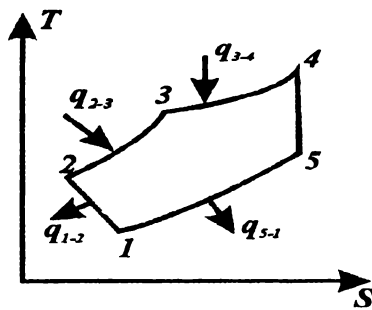


Рис. 5

Обозначения: 1-2 – политропное сжатие воздуха в цилиндре, 2-3, 3-4 – сгорание топлива (подвод теплоты к рабочему телу), 4-5 – расширение продуктов сгорания в цилиндре, 5-1 – выхлоп продуктов сгорания (отвод теплоты от рабочего тела).

Задача № 4

В резервуаре диаметром d и высотой h хранится нефть при температуре $t_{ж1}$, снаружи резервуар омывается воздухом с температурой $t_{ж2}$. Резервуар выполнен из стали толщиной стен $\delta_c = 25$ мм, коэффициент теплопроводности стали $\lambda_c = 45,4$ Вт/(м · К). Со стороны нефти на стенке и на крышке резервуара имеется слой парафина толщиной δ_n , коэффициент теплопроводности парафина $\lambda_n = 0,12$ Вт/(м · К).

Определить количество теплоты, которое передается от нефти к воздуху за сутки через боковую поверхность и крышку резервуара, и температуры наружной и внутренней поверхностей резервуара, а также на поверхности парафина.

Построить график изменения температуры в стенке резервуара и в слое парафина.

Данные, необходимые для решения, выбрать из таблицы 8.

Таблица 8

Последняя цифра шифра	δ_n	d	h	$t_{ж1}$	$t_{ж2}$	Предпоследняя цифра шифра	α_1	α_2
	мм	м	м	°С	°С		Вт/(м ² · К)	
0	40	15	10	75	-40	0	1000	30
1	35	16	9	70	-35	1	900	25
2	30	17	8	60	-20	2	800	20
3	35	18	7	65	-15	3	700	15
4	40	19	6	70	-10	4	600	20
5	30	20	5	75	-0	5	500	25