

Chương 1. TÍNH TOÁN CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CƠ

Mục đích phần tính toán nhiệt động cơ giúp cho sinh viên vận dụng kiến thức đã học trong môn nguyên lý động cơ đốt trong để tính toán các quá trình nhiệt trong động cơ qua đó hiểu rõ được các quan hệ giữa các thông số nhiệt động của chu trình, xác định được các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và kiểm nghiệm lại các kích thước cơ bản của động cơ. Từ kết quả tính toán nhiệt sinh viên có thể xây dựng được đồ thị công lý thuyết của động cơ. Từ các số liệu về kết cấu và chỉ tiêu kỹ thuật của động cơ cho trước, sinh viên lựa chọn các thông số khác đặc trưng cho điều kiện vận hành để xác định các thông số nhiệt động của từng quá trình. Các thông số chọn dựa trên cơ sở loại động cơ, đặc điểm kết cấu. Các thông số được ký hiệu như trong tài liệu "Nguyên lý động cơ đốt trong" của GS Nguyễn Tất Tiến (NXB Giáo dục, 2000).

1.1 Thông số cho trước của động cơ:

Tên thông số	Ký hiệu	Thứ nguyên	Giá trị
Công suất có ích	N_e	Kw	
Tỷ số nén			
Số vòng quay	n	Vòng/ phút	
Đường kính xi lanh	D	mm	
Hành trình piston	S	mm	
Số xi lanh	i		
Số kỳ			
Góc mở sớm xupáp nạp	α_1	ĐỘ	
Góc đóng muộn xupáp nạp	β_2	ĐỘ	
Góc mở sớm xupáp thải	α_3	ĐỘ	
Góc đóng muộn xupáp thải	β_4	ĐỘ	
Loại buồng cháy			
Kiểu xu páp			

1.2 Thông số chọn của động cơ:

Tên thông số	Ký hiệu	Thứ nguyên	Giá trị
Áp suất khí nạp	P_k	MN/m ²	
Nhiệt độ khí nạp	T_k	K	
Hệ số dư lượng không khí			
Áp suất cuối kỳ nạp	P_a	MN/m ²	
Áp suất khí sót	P_r	MN/m ²	
Nhiệt độ khí sót	T_r	K	
Độ sấy nóng khí nạp mới	T		
Chỉ số đoạn nhiệt	m		
Hệ số lợi dụng nhiệt tại z	z		

Hệ số lợi dụng nhiệt tại b	b		
Tỷ số tăng áp			
Hệ số nạp thêm	1		
Hệ số quét buồng cháy	2		
Hệ số hiệu đính tỷ nhiệt	t		
Hệ số điền đầy đồ thị	d		

Các số liệu tham khảo để chọn:

Loại động cơ	Hệ số dư lượng không khí	Tỷ số tăng áp
Động cơ xăng	0,85 - 1,15	
Động cơ Diesel		
- Tốc độ thấp	1,6 - 2,0	1,7 - 2,2
- Cao tốc buồng cháy thống nhất	1,5 - 1,9	1,5 - 1,8
- Cao tốc buồng cháy ngăn cách	1,2 - 1,7	
- Tăng áp	1,7 - 2,2	

Loại động cơ	b	z	p _r [MN/m ²]	T _r [K]	T
Động cơ Diesel	0,80 - 0,90	0,65 - 0,85	0,104 - 0,118	700 - 900	0 - 20
Động cơ Xăng	0,85 - 0,95	0,85 - 0,92	0,101 - 0,118	900 - 1000	20 - 40
Súng c- Ga		0,8 - 0,85			

Chọn t theo bảng

	0,8	0,9	1,2	1,4
t	1,13	1,17	1,14	1,11

1.3 Tính toán các thông số của chu trình:

1.3.1. Tính quá trình nạp:

1. Tính hệ số khí sót r:

$$r = \frac{1}{\left(\frac{T_k}{T} \right)^{\frac{1}{m}} \left(\frac{p_r}{p_a} \right)^{\frac{1}{m}}} \quad (1-1)$$

2. Tính hệ số nạp v:

$$v = \frac{1}{\left(\frac{T_k}{T} \right)^{\frac{1}{m}} \left(\frac{p_r}{p_a} \right)^{\frac{1}{m}}} \quad (1-2)$$

3. Tính nhiệt độ cuối quá trình nạp T_a (K):

$$T_a = \frac{T_k \cdot T_t \cdot r \cdot T_r \cdot \frac{p_a}{p_r}^{\frac{m-1}{m}}}{(1-r)} \quad (1-3)$$

Loại động cơ	v	r	T_a [K]
Động cơ xăng	0,75 - 0,85	0,07 - 0,12	340 - 400
Động cơ Diesel	0,75 - 0,95	0,03 - 0,06	310 - 340

4. Tính số mol không khí để đốt cháy một kg nhiên liệu M_0 (kmolKK/kgnl):

Nhiên liệu	Thành phần trong 1 kg nhiên liệu [kg]			Khối lượng phân tử n_l [kg/kmol]	Nhiệt trị thấp Q_H [kJ/kg]
	C	H	O		
Xăng	0,855	0,145	0	110 - 120	43.995
Diesel	0,87	0,126	0,004	180 - 200	42.530

$$M_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{O_{nl}}{32} \right) \quad (1-4)$$

5. Tính số mol khí nạp mới M_1 : (1-5)

$$M_1 = M_0 \text{ (động cơ Diesel, động cơ phun xăng)}$$

$$M_1 = M_0 \cdot \frac{1}{n_l} \text{ (động cơ xăng dùng bộ chế hoà khí)}$$

1. . 3. 2. Tính quá trình nén

6. Tỷ nhiệt của không khí \overline{mC}_{vkk} (kJ/kmol.K):

$$\overline{mC}_{vkk} = a_v \cdot \frac{b_v}{2} T + 19,806 + \frac{0,00419}{2} \cdot T \quad (1-6)$$

7. Tỷ nhiệt mol của sản phẩm cháy \overline{mC}_v (kJ/kmol.K):

$$\overline{mC}_v = a_v \cdot \frac{b_v}{2} T \quad (1-7)$$

Nếu $0,7 < r < 1$ thì: $a''_v = 17,997 + 3,504 \cdot r$
 $b''_v = 360,34 + 252,4 \cdot r \cdot 10^{-5}$

Nếu $r = 1$ thì: $a''_v = 19,867 + \frac{1,634}{r}$
 $b''_v = 427,38 + \frac{184,36}{r} \cdot 10^{-5}$

8. Tỷ nhiệt của hỗn hợp cháy \overline{mC}_v (kJ/kmol.K):

$$\overline{mC}_v = \frac{\overline{mC}_{vkk} + r \cdot \overline{mC}_v}{1+r} \quad (1-8)$$

Có thể viết dưới dạng: $\overline{mC}_v = a_v \cdot \frac{b_v}{2} T$

Trong đó:

$$a_v = \frac{a_v}{1} \cdot \frac{r \cdot a_v}{r}; \quad b_v = \frac{b_v}{1} \cdot \frac{r \cdot b_v}{r}$$

9. Tính chỉ số nén đa biến trung bình n_1 :

Chọn trước n_1 , thế vào phương trình sau, xác định n_1 bằng phương pháp gần đúng.

$$n_1 = 1 + \frac{8,314}{a_v \cdot \frac{b_v}{2} T_a (n_1 - 1)} \quad (1-9)$$

Khi sai số hai vế nhỏ hơn 0,001 thì lấy giá trị n_1 đã chọn.

10. Tính nhiệt độ cuối kỳ nén T_c (K):

$$T_c = T_a \cdot n_1 \quad (1-10)$$

11. Tính áp suất cuối kỳ nén p_c (MN/m²):

$$p_c = p_a \cdot n_1 \quad (1-11)$$

Loại động cơ	n_1	p_c [MN/m ²]	T_c [K]
Xăng	1,34 - 1,38	0,9 - 1,5	600 - 750
Diesel			
- Buồng cháy ngăn cách	1,34 - 1,38	3,5 - 6,0	700 - 1050
- Buồng cháy thống nhất	1,34 - 1,42	3,5 - 6,0	

1.3.3. Tính quá trình cháy

12. Tính M :

$$\text{Động cơ Diesel} \quad M = \frac{H}{4} \cdot \frac{O}{32} \quad (1-12)$$

$$\text{Động cơ xăng khi } 1 \text{ thì } M = \frac{H}{4} \cdot \frac{O}{32} \cdot \frac{1}{n_1} \quad (1-13)$$

$$\text{khi } 0,7 < 1 \text{ thì } M = \frac{C}{12} \cdot \frac{H}{2} \cdot 0,79 \cdot M_0 \cdot M_0 \cdot \frac{1}{n_1}$$

13. Tính số mol sản phẩm cháy M_2 (kmol/kgnl):

$$M_2 = M_1 \cdot M \quad (1-14)$$

14. Hệ số biến đổi phân tử lý thuyết.

$$\frac{M_2}{M_1} \quad (1-15)$$

15. Hệ số biến đổi phân tử thực tế.

$$\frac{o}{1} \cdot \frac{r}{r} \quad (1-16)$$

16. Hệ số biến đổi phân tử tại z .

$$z = 1 + \frac{o}{1} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{z}{b} \quad (1-17)$$

17. Tính hệ số tỏa nhiệt x_z tại z :

$$x_z = \frac{z}{b} \quad (1-18)$$

18. Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn: (1-19)

1 thì $Q_H = 0$ (động cơ Diesel)

<1 thì $Q_H = 120.10^3 \cdot (1 -)M_0$ (động cơ đánh lửa cưỡng bức)

19. Tỷ nhiệt mol đẳng tích trung bình môi chất tại z.

$$\bar{m}C_{vz} = a_{vz} \frac{b_{vz}}{2} T_z \quad (1-20)$$

$$a_{vz} = \frac{a_v \cdot M_2 x_z + a_v \cdot M_1 (1 - x_z)}{M_2 x_z + \frac{r}{o} M_1 (1 - x_z)}$$

$$b_{vz} = \frac{b_v \cdot M_2 x_z + b_v \cdot M_1 (1 - x_z)}{M_2 x_z + \frac{r}{o} M_1 (1 - x_z)}$$

20. Nhiệt độ cực đại của chu trình T_z (K):

Nhiệt độ cực đại tính theo phương trình cháy: (1-21)

$$\frac{z \cdot Q_H}{M_1 \cdot (1 - r)} = \bar{m}C_{vc} \cdot T_c + z \cdot \bar{m} \cdot C''_{vz} \cdot T_z \text{ (động cơ đánh lửa cưỡng bức)}$$

$$\frac{z \cdot Q_H}{M_1 \cdot (1 - r)} = (\bar{m}C_{vc} + 8,314 \cdot) \cdot T_c + z \cdot \bar{m} \cdot C''_{pz} \cdot T_z \text{ (động cơ Diesel)}$$

Đưa về dạng phương trình bậc hai: $AT_z^2 + BT_z + C = 0$

Các hệ số A, B, C của phương trình xác định theo bảng:

Động cơ	A	B	C
Động cơ đánh lửa cưỡng bức	$z \cdot \frac{b_{vz}}{2}$	$z \cdot a_{vz}$	$\frac{z \cdot (Q_H - Q_H)}{M_1 \cdot (1 - r)} + (a_v + \frac{b_v}{2} \cdot T_c) \cdot T_c$
Động cơ Diesel	$z \cdot \frac{b_{vz}}{2}$	$z \cdot (a_{vz} + 8,314)$	$\frac{z \cdot Q_H}{M_1 \cdot (1 - r)} + (a_v + \frac{b_v}{2} \cdot T_c + 8,314 \cdot) \cdot T_c$

21. Xác định tỷ số nén tối ưu

Trình bày ảnh hưởng của ảnh hưởng các yếu tố:

$$\frac{T_z}{T_c} \quad (1-22)$$

Trường hợp động cơ Diesel thì chọn theo bảng.

22. Áp suất cực đại chu trình p_z .

$$p_z = p_c \cdot \quad (1-23)$$

Loại động cơ	p_z [MN/m ²]	T_z [K]
Xăng	2,8 - 6,0	2500 - 2800
Diesel	4,8 - 9,6	1900 - 2200

1.3.4. Tính quá trình giãn nở:

23. Tỷ số giãn nở sớm: (1-24)

$$= 1 \quad (\text{động cơ đánh lửa cưỡng bức})$$

$$= \frac{1}{\epsilon} \frac{T_z}{T_c} \quad (\text{động cơ Diesel})$$

24. Tỷ số giãn nở sau: (1-25)

$$= \frac{1}{\epsilon} \quad (\text{động cơ đánh lửa cưỡng bức})$$

$$= \frac{1}{\epsilon} \quad (\text{động cơ Diesel})$$

25. Kiểm nghiệm lại trị số n_2 :

Chọn trước n_2 thế vào phương trình sau, xác định n_2 bằng phương pháp gần đúng.

$$n_2 = 1 + \frac{8,314}{M_1 \cdot \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{Q_H}{r \cdot T_z} \cdot \frac{Q_H}{T_b}} \cdot a_{vz} \cdot \frac{b_z}{2} \cdot \frac{T_z}{T_b} \quad (1-26)$$

Trong đó: $T_b = \frac{T_z}{n_2 - 1}$

Khi sai số hai vế nhỏ hơn 0,001 thì lấy giá trị n_2 đã chọn.

26. Nhiệt độ cuối quá trình giãn nở T_b (K):

$$T_b = \frac{T_z}{n_2 - 1} \quad (1-27)$$

27. Áp suất cuối quá trình giãn nở p_b (MN/m²):

$$p_b = \frac{p_z}{n_2} \quad (1-28)$$

28. Kiểm nghiệm lại nhiệt độ khí sót:

$$T_{\text{rtên}} = T_b \cdot \frac{p_r}{p_b}^{\frac{m-1}{m}} \quad (1-29)$$

$$\text{Sai số} = \frac{T_{\text{rtên}} - T_{\text{rchoün}}}{T_r} \cdot 100\%$$

Loại động cơ	n_2	p_b [MN/m ²]	T_b [K]
Động cơ xăng	1,23 - 1,34	0,34 - 0,49	1200 - 1500
Động cơ Diesel	1,15 - 1,28	0,2 - 0,6	1000 - 1200

1. . 3. 5. Các thông số chỉ thị:

29. Áp suất chỉ thị trung bình lý thuyết (MN/m²):

Trường hợp động cơ đánh lửa cưỡng bức: (1-30)

$$p'_i = \frac{p_c}{1} \cdot \frac{1}{n_2 - 1} \cdot \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{n_2 - 1} \cdot \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{n_1 - 1}$$

Trường hợp động cơ Diesel:

$$p'_i = \frac{p_c}{1} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon} \right) \cdot \frac{1}{n_2 - 1} \cdot \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{n_2 - 1} \cdot \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{n_1 - 1}$$

30. Áp suất chỉ thị trung bình (MN/m²):

$$p_i = p_i \cdot a \quad (1-31)$$

31. Hiệu suất chỉ thị động cơ η_i :

$$i = \frac{8,314 \cdot M_1 \cdot p_i \cdot T_k}{Q_{H \cdot v} \cdot p_k} \quad (1-32)$$

32. Suất tiêu hao nhiên liệu chỉ thị g_i (g/kw.h):

$$g_i = \frac{3600000}{Q_{H \cdot i}} \quad (1-33)$$

Loại động cơ	p_i [MN/m ²]	g_i [g/kw.h]	i
Động cơ xăng	0,68 - 1,18	210 - 340	0,25 - 0,44
Động cơ Diesel	0,64 - 0,96	150 - 20	0,43 - 0,56

1. . 3. 6. Các thông số có ích:

33. Tổn thất cơ giới p_m (MN/m²):

Theo công thức kinh nghiệm:

$$p_m = a + b \cdot C_m \cdot p_r \cdot p_a \quad (1-34)$$

$$\text{Trong đó: } C_m = \frac{S \cdot n}{30} \quad (\text{m/s})$$

Tùy theo động cơ và tỷ số S/D, loại buồng cháy (động cơ Diesel) tra các giá trị a, b theo bảng sau:

Động cơ		a	b
Động cơ xăng	S/D = 1	0,05	0,0155
	S/D = 1	0,04	0,0135
Động cơ Diesel buồng cháy thống nhất	$i \leq 6$	0,09	0,012
	$i > 6$	0,03	0,012
Động cơ Diesel buồng cháy xoáy lốc		0,09	0,0138
Động cơ Diesel buồng cháy dự bị		0,015	0,0156

34. Áp suất coi êch trung bình (MN/m²):

$$p_e = p_i - p_m \quad (1-35)$$

35. Hiệu suất cơ giới (%):

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} \quad (1-36)$$

36. Suất tiêu hao nhiên liệu có ích (g/kw.h):

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} \quad (1-37)$$

37. Hiệu suất có ích (%):

$$\eta_e = \eta_m \cdot \eta_i \quad (1-38)$$

Loại động cơ	η_m	p_e [MN/m ²]	g_e [g/kw.h]	η_e
Xăng	0,7 - 0,85	0,6 - 1,0	260 - 380	0,22 - 0,33
Diesel	0,7 - 0,9	0,55 - 0,85	200 - 285	0,3 - 0,43

38. Thể tích công tác của động cơ (dm³):

$$V_h = \frac{N_e \cdot 30}{p_e \cdot i \cdot n} \quad (1-39)$$

39. Kiểm nghiệm đường kính xi lanh (mm):

$$D_t = 100 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot V_h}{S}} \quad (1-40)$$

Nếu sai lệch $D = |D_t - D| > 0,1\text{mm}$ thì đạt, nếu không thì phải tính lại.

1.4 Vẽ đồ thị công

Để vẽ được đồ thị công cần phải thực hiện những bước sau:

40. Xác định các điểm trên đường nén với chỉ số nén đa biến n_1

Phương trình đường nén: $pV^{n_1} = \text{const}$, do đó nếu gọi x là điểm bất kỳ trên đường nén thì:

$$p_c V_c^{n_1} = p_{nx} V_{nx}^{n_1}. \text{ Rút ra: } p_{nx} = p_c \frac{1}{\left(\frac{V_{nx}}{V_c}\right)^{n_1}}$$

$$\text{Đặt } \frac{V_{nx}}{V_c} = i \text{ ta có } p_{nx} = \frac{p_c}{i^{n_1}}$$

- n_1 là chỉ số nén đa biến trung bình, xác định thông qua tính toán nhiệt.

41. Xây dựng đường cong áp suất trên đường giãn nở:

Phương trình của đường giãn nở đa biến: $pV^{n_2} = \text{const}$, do đó nếu gọi x là điểm bất kỳ trên đường giãn nở thì:

$$p_z V_z^{n_2} = p_{gnx} V_{gnx}^{n_2}. \text{ Rút ra: } p_{gnx} = p_z \frac{1}{\left(\frac{V_{gnx}}{V_z}\right)^{n_2}}$$

$$\text{Chú ý rằng } V_z = V_c, \text{ đặt } \frac{V_{gnx}}{V_c} = i \text{ do đó } p_{gnx} = \frac{p_z \cdot n_2}{i^{n_2}}$$

- n_2 là chỉ số giãn nở đa biến trung bình, xác định thông qua tính toán nhiệt.

42. Lập bảng xác định đường nén và đường giãn nở:

V_x	i	Đường nén			Đường giãn nở		
		i^{n_1}	$\frac{1}{i^{n_1}}$	$\frac{p_c}{i^{n_1}}$	i^{n_2}	$\frac{1}{i^{n_2}}$	$\frac{p_z \cdot n_2}{i^{n_2}}$
V_c	1						
.....						
V_c							

43. Xác định các điểm đặc biệt:

Chọn các tỷ lệ xích v và p sau đó vẽ hệ trục tọa độ (V, p) .

Các điểm đặc biệt đó là:

$$r(V_c, p_r); a(V_a, p_a); b(V_a, p_b);$$

$$c(V_c, p_c); y(V_c, p_y); z(V_z, p_z).$$

$$\text{Chú ý các quan hệ thể tích: } V_a = V_c + V_h; V_c = \frac{V_h}{1}; V_h = \frac{D^2}{4} S$$

44. Nối các điểm trung gian của đường nén và đường giãn nở với các điểm đặc biệt, sẽ được đồ thị công lý thuyết.

45. Dùng đồ thị Brick xác định các điểm:

Phun sớm (c' - động cơ Diesel), Đánh lửa sớm (c' - động cơ xăng)

Mở sớm (b'), đóng muộn (r') xupáp thải.

Mở sớm (r'), đóng muộn (a') xupáp nạp.

44. Hiệu chỉnh đồ thị công:

Ở động cơ xăng lấy áp suất cực đại bằng $(0,85 - 0,9) p_z$

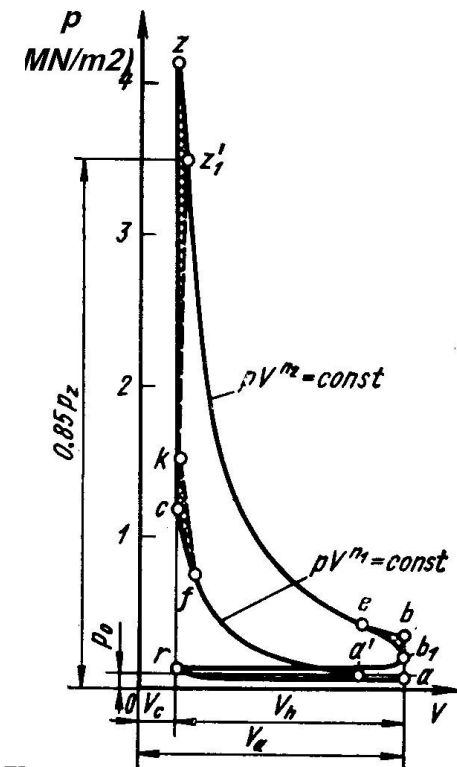
Xác định các điểm trung gian:

Trên đoạn cy lấy điểm c'' với $c''c = 1/3cy$

Trên đoạn yz lấy điểm z'' với $yz'' = 1/2 yz$

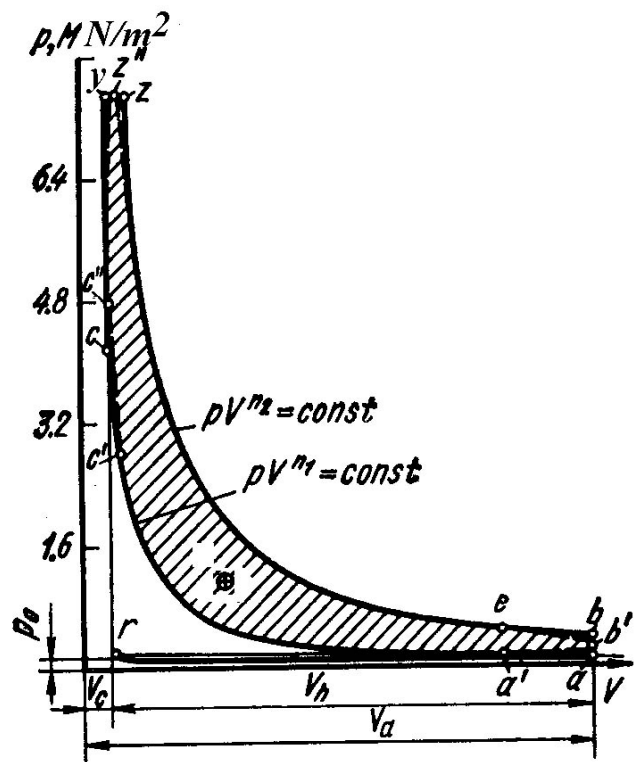
Trên đoạn ba lấy điểm b'' với $bb'' = 1/2ba$.

Nối các điểm $c''z''$ và đường giãn nở thành đường cong liên tục tại ĐCT và ĐCD và tiếp xúc với đường thải. Ta sẽ nhận được đồ thị công đã hiệu chỉnh.



H

xăng



Sử dụng chương trình tính toán nhiệt:

Chương trình được viết bằng ngôn ngữ AUTOLISP, cài đặt trên AUTOCAD.

Chương trình có thể tính từng quá trình hoặc có thể chạy tất cả các quá trình cùng một lúc tùy theo cách lựa chọn.

Để thực hiện chương trình, chạy AUTOCAD.

Trên thanh Menu, nhấp chuột vào "Tính toán nhiệt động cơ".

Nếu tính từng quá trình thì nhấp vào " Tính từng quá trình"

Chúng ta sẽ gặp câu hỏi: Đã có số liệu để chưa

Chọn tính quá trình nạp

Chọn các thông số của quá trình nạp

Ghi file số liệu chọn với cách ghi thống nhất như : de+<số đề> +

chonnap