

ĐỀ TÀI

**“TÍNH TOÁN ĐỘNG CƠ ĐỐT
TRONG”**



Giáo viên hướng dẫn :

Sinh viên thực hiện :

ĐỀ TÀI	1
LỜI NÓI ĐẦU	3
PHẦN I :TÍNH TOÁN CHU TRÌNH CÔNG TÁC ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG	3
I) Trình tự tính toán :	4
II)Tính toán các quá trình công tác :	6
III) Vẽ và hiệu đính đồ thị công :	14
PHẦN II : TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC VÀ ĐỘNG LỰC HỌC	19
I) Vẽ đường biểu diễn các quy luật động học :	19
II)Tính toán động học :	23
PHẦN III TÍNH NGHIỆM BỀN CÁC CHI TIẾT CHÍNH	43
Tài liệu tham khảo	55

LỜI NÓI ĐẦU

Động cơ đốt trong đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế, là nguồn động lực cho các phương tiện vận tải như ô tô, máy kéo, xe máy, tàu thủy, máy bay và các máy công tác như máy phát điện, bơm nước ... Mặt khác động cơ đốt trong đặc biệt là động cơ ô tô là một trong những nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường, nhất là ở thành phố.

Sau khi học xong môn học “ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG”, em đã vận dụng những kiến thức đã học để làm đồ án “TÍNH TOÁN ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG”. Trong quá trình tính toán để hoàn thành đồ án môn học chuyên ngành này, bước đầu đã gặp không ít khó khăn bỡ ngỡ nhưng với sự nỗ lực của chính bản thân cùng với sự hướng dẫn và giúp đỡ hết sức tận tình của các thầy giáo Phạm Hữu Truyền, giờ đây sau một thời gian làm việc hết mình, nghiêm túc trong nghiên cứu và tìm hiểu em đã hoàn thành xong đồ án môn học ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG. Tuy nhiên do đây là lần đầu tiên em vận dụng lý thuyết đã học, vào tính toán một bài tập cụ thể theo thông số cho trước, nên gặp rất nhiều khó khăn và không tránh khỏi những sai sót. Vì vậy em rất mong được sự xem xét, sự giúp đỡ chỉ bảo và đưa ra ý kiến của các thầy để em hoàn thành đồ án một cách tốt nhất, đồng thời cũng qua đó rút ra kinh nghiệm, bài học làm giàu kiến thức chuyên môn và khả năng tự nghiên cứu của mình.

Qua Đồ án này em cảm thấy mình cần phải có nỗ lực cố gắng nhiều hơn nữa, cần phải có một phương pháp nghiên cứu đúng đắn trên con đường mình đã chọn

.Cũng qua đồ án này em xin bày tỏ lòng biết ơn đối với thầy giáo Phạm Hữu Truyền cùng các thầy giao trong khoa đã giúp đỡ, hướng dẫn tận tình và đóng góp ý kiến quý báu giúp em hoàn thành đồ án này một cách tốt nhất và đúng tiến độ..

Rất mong được sự giúp đỡ nhiều hơn nữa của thầy.

Em xin chân thành cảm ơn!

SVTH: Đặng Văn Hoàn

Vinh, ngày 21 tháng 12 năm 2010

PHẦN I : TÍNH TOÁN CHU TRÌNH CÔNG TÁC ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

I) Trình tự tính toán :**1.1)Số liệu ban đầu :**

1- Công suất của động cơ N_e $N_e = 12$ (mã lực) $= 8,83$ (Kw)

2- Số vòng quay của trục khuỷu n $n = 2200$ (vòng/ph)

3- Đường kính xi lanh D $D = 95$ (mm)

4- Hành trình piton S $S = 115$ (mm)

5- Dung tích công tác V_h

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4} = 0,81515 \text{ (dm}^3\text{)}$$

6- Số xi lanh i $i = 1$

7- Tỷ số nén ε $\varepsilon = 1$

8- Suất tiêu hao nhiên liệu g_e $g_e = 180$ (g/ml.h)

9- Góc mở sớm và đóng muộn của xupáp nạp $\alpha_1; \alpha_2$ $\alpha_1 = 10$ (độ) $\alpha_2 = 29$ (độ)

10- Góc mở sớm và đóng muộn của xupáp thải β_1, β_2 $\beta_1 = 32$ (độ) $\beta_2 = 7$ (độ)

11- Chiều dài thanh truyền l_{tt} $l_{tt} = 205$ (mm)

12- Khối lượng nhóm piton m_{pt} $m_{pt} = 1,15$ (kg)

13- Khối lượng nhóm thanh truyền m_{tt} $m_{tt} = 2,262$ (kg)

1.2)Các thông số cần chọn :**1)Áp suất môi trường : p_k**

Áp suất môi trường p_k là áp suất khí quyển trước khi nạp vào động cơ (với động cơ không tăng áp ta có áp suất khí quyển bằng áp suất trước khi nạp nên ta chọn $p_k = p_o$)

Ở nước ta nên chọn $p_k = p_o = 0,1$ (MPa)

2)Nhiệt độ môi trường : T_k

Nhiệt độ môi trường được chọn lựa theo nhiệt độ bình quân của cả năm

Vì đây là động cơ không tăng áp nên ta có nhiệt độ môi trường bằng nhiệt độ trước xupáp nạp nên :

$$T_k = T_0 = 24^\circ\text{C} = 297^\circ\text{K}$$

3)Áp suất cuối quá trình nạp : p_a

Áp suất P_a phụ thuộc vào rất nhiều thông số như chủng loại động cơ, tính năng tốc độ n, hệ số cản trên đường nạp, tiết diện lưu thông... Vì vậy cần xem xét động cơ đang tính thuộc nhóm nào để lựa chọn P_a

Áp suất cuối quá trình nạp p_a có thể chọn trong phạm vi:

$$p_a = (0,8-0,9) \cdot p_k = 0,9 \cdot 0,1 = 0,08-0,09 \text{ (MPa)}$$

Căn cứ vào động cơ D12_3 đang tính ta chọn: $p_a = 0,088 \text{ (Mpa)}$

4) *Áp suất khí thải P_r* :

Áp suất khí thải cũng phụ thuộc giống như p_a

Áp suất khí thải có thể chọn trong phạm vi :

$$p_r = (1,05-1,05) \cdot 0,1 = 0,105-0,105 \text{ (MPa)}$$

chọn $P_r = 0,11 \text{ (MPa)}$

5) *Mức độ sấy nóng của môi chất ΔT*

Mức độ sấy nóng của môi chất ΔT chủ yếu phụ thuộc vào quá trình hình thành hỗn hợp khí ở bên ngoài hay bên trong xy lanh

Với động cơ diesel : $\Delta T = 20^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$

Vì đây là đ/c D12-3 nên chọn $\Delta T = 29,5^\circ\text{C}$

6) *Nhiệt độ khí sót (khí thải) T_r*

Nhiệt độ khí sót T_r phụ thuộc vào chủng loại động cơ. Nếu quá trình giãn nở càng triệt để, Nhiệt độ T_r càng thấp

Thông thường ta có thể chọn : $T_r = 700^\circ\text{K} - 1000^\circ\text{K}$

Thông thường ta có thể chọn : $T_r = 700^\circ\text{K}$

7) *Hệ số hiệu định tỷ nhiệt λ_t* :

Hệ số hiệu định tỷ nhiệt λ_t được chọn theo hệ số dư lượng không khí α để hiệu chỉnh. Thông thường có thể chọn λ_t theo bảng sau :

α	0,8	1,0	1,2	1,4
λ_t	1,13	1,17	1,14	1,11

Đối với động cơ đang tính là động cơ diesel có $\alpha > 1,4$ có thể chọn $\lambda_t = 1,10$

8) *Hệ số quét buồng cháy λ_2* :

Vì đây là động cơ không tăng áp nên ta chọn $\lambda_2 = 1$

9) Hệ số nạp thêm λ_1

Hệ số nạp thêm λ_1 phụ thuộc chủ yếu vào pha phối khí. Thông thường ta có thể chọn $\lambda_1 = 1,02 \div 1,07$; ta chọn $\lambda_1 = 1,0316$

10) Hệ số lợi dụng nhiệt tại điểm z ξ_z :

Hệ số lợi dụng nhiệt tại điểm z, ξ_z phụ thuộc vào chu trình công tác của động cơ. Với các loại đ/c diezen ta thường chọn: $\xi_z = 0,70 - 0,85$

Chọn: $\xi_z = 0,75$

11) Hệ số lợi dụng nhiệt tại điểm b ξ_b :

Hệ số lợi dụng nhiệt tại điểm b ξ_b tùy thuộc vào loại động cơ xăng hay là động cơ diezel. ξ_b bao giờ cũng lớn hơn ξ_z

Với các loại đ/c diezen ta thường chọn: $\xi_b = 0,80 - 0,90$

ta chọn $\xi_b = 0,85$

12) Hệ số hiệu chỉnh đồ thị công φ_d :

Thể hiện sự sai lệch khi tính toán lý thuyết chu trình công tác của động cơ với chu trình công tác thực tế. Sự sai lệch giữa chu trình thực tế với chu trình tính toán của động cơ xăng ít hơn của động cơ diezel vì vậy hệ số φ_d của đ/c xăng thường chọn hệ số lớn.

Có thể chọn φ_d trong phạm vi: $\varphi_d = 0,92 - 0,97$

Nhưng đây là đ/c diezel nên ta chọn $\varphi_d = 0,97$

II) Tính toán các quá trình công tác:

2.1. Tính toán quá trình nạp:

1) Hệ số khí sót γ_r :

Hệ số khí sót γ_r được tính theo công thức:

$$\gamma_r = \frac{\lambda_2(T_k + \Delta T)}{T_r} \cdot \frac{P_r}{P_a} \cdot \frac{1}{\varepsilon \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\frac{P_r}{P_a}\right)^{\frac{1}{m}}}$$

Trong đó m là chỉ số giãn nở đa biến trung bình của khí sót $m = 1,45 \div 1,5$

Chọn $m = 1,5$

$$\gamma_r = \frac{1(297 + 29,5)}{700} \cdot \frac{0,11}{0,088} \cdot \frac{1}{16.1,0316 - 1,1 \cdot \left(\frac{0,11}{0,088}\right)^{\frac{1}{1,5}}} = 0,03823$$

2) Nhiệt độ cuối quá trình nạp T_a

Nhiệt độ cuối quá trình nạp T_a được tính theo công thức:

$$T_a = \left(\frac{(T_k + \Delta T) + \lambda_t \cdot \gamma_r \cdot T_r \left(\frac{P_a}{P_r}\right)^{\left(\frac{m-1}{m}\right)}}{1 + \gamma_r} \right) ^\circ K$$

$$T_a = \frac{(297 + 29,5) + 1,1 \cdot 0,38 \cdot 700 \cdot \left(\frac{0,088}{0,11}\right)^{\left(\frac{1,5-1}{1,5}\right)}}{1 + 0,03823} = 340,8 \text{ (} ^\circ K \text{)}$$

3) Hệ số nạp η_v :

$$\eta_v = \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{T_k}{T_k + \Delta T} \cdot \frac{P_a}{P_k} \cdot \left[\varepsilon \cdot \lambda_1 - \lambda_t \cdot \lambda_2 \cdot \left(\frac{P_r}{P_a}\right)^{\left(\frac{1}{m}\right)} \right]$$

$$\eta_v = \frac{1}{1 - 16} \cdot \frac{297}{297 + 29,5} \cdot \frac{0,088}{0,11} \cdot \left[16.1,0316 - 1,1 \cdot \left(\frac{0,11}{0,088}\right)^{\frac{1}{1,5}} \right] = 0,8139$$

4) Lượng khí nạp mới M_1 :

Lượng khí nạp mới M_1 được xác định theo công thức sau :

$$M_1 = \frac{432 \cdot 10^3 \cdot P_k \cdot \eta_v}{g_e \cdot P_e \cdot T_k} \quad (\text{kmol/kg nhiên liệu})$$

Trong đó p_e là áp suất có ích trung bình được xác định theo công thức sau:

$$p_e = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{V_h \cdot n \cdot i} = \frac{30 \cdot 12,4}{0,81515 \cdot 2200 \cdot 1} = 0,59059 \text{ (MPa)}$$

Vậy :
$$M_1 = \frac{432 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 0,814}{180 \cdot 0,59059 \cdot 297} = 0,8191 \text{ (kmol/kg nhiên liệu)}$$

5) Lượng không khí lý thuyết cần để đốt cháy 1kg nhiên liệu M_o :

Lượng không khí lý thuyết cần để đốt cháy 1kg nhiên liệu M_o được tính theo công thức :

$$M_o = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) \quad (\text{kmol/kg nhiên liệu})$$

Vì đây là đ/c diesel nên ta chọn $C=0,87$; $H=0,126$; $O=0,004$

$$M_o = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) = 0,4946 \text{ (kmol/kg nhiên liệu)}$$

6) Hệ số dư lượng không khí α

Vì đây là động cơ diesel nên :

$$\alpha = \frac{M_1}{M_o} = \frac{0,8191}{0,495} = 1,6560$$

2.2) Tính toán quá trình nén :

1) Nhiệt độ đẳng tích trung bình của không khí :

$$\overline{mc_v} = 19,806 + 0,00209 \cdot T = 19,806 \text{ (kJ/kmol.độ)}$$

2) Nhiệt độ đẳng tích trung bình của sản phẩm cháy :

Khi hệ số dư lượng không khí $\alpha > 1$ tính theo công thức sau :

$$\begin{aligned} \overline{mc''_v} &= \left(19,876 + \frac{1,634}{\alpha} \right) + \frac{1}{2} \cdot \left(427,86 + \frac{187,36}{\alpha} \right) \cdot 10^{-5} T \text{ (kJ/kmol.độ)} \\ &= \left(19,876 + \frac{1,634}{1,656} \right) + \frac{1}{2} \cdot \left(427,86 + \frac{187,36}{1,656} \right) \cdot 10^{-5} = 20,8537 \text{ (kJ/kmol.độ)} \end{aligned}$$

3) Nhiệt độ đẳng tích trung bình của hỗn hợp :

Nhiệt độ đẳng tích trung bình của hỗn hợp trong quá trình nén $\overline{mc'_v}$ tính theo công thức sau :

$$\overline{mc'_v} = \frac{\overline{mc_v} + \gamma_r \cdot \overline{mc''_v}}{1 + \gamma_r} = \frac{19,806 + 0,0382 \cdot 20,8537}{1 + 0,382} = 19,845 \text{ (kJ/kmol.độ)}$$

4) Chỉ số nén đa biến trung bình n_1 :

Chỉ số nén đa biến trung bình phụ thuộc vào thông số kết cấu và thông số vận hành như kích thước xy lanh ,loại buồng cháy,số vòng quay ,phụ tải,trạng thái nhiệt độ của động cơ... Tuy nhiên n_1 tăng hay giảm theo quy luật sau :

Tất cả những nhân tố làm cho môi chất mất nhiệt sẽ khiến cho n_1 tăng. Chỉ số nén đa biến trung bình n_1 được xác bằng cách giải phương trình sau :

$$n_1 - 1 = \frac{8,314}{a'_v + \frac{b'_v}{2} \cdot T_a \cdot (\varepsilon^{n_1 - 1} + 1)}$$

Chú ý : thông thường để xác định được n_1 ta chọn n_1 trong khoảng $1,340 \div 1,390$

Rất hiếm trường hợp đạt n_1 trong khoảng $1,400 \div 1,410$

→ (theo sách Nguyên Lý Động Cơ Đốt Trong - trang 128)

Vì vậy ta chọn n_1 theo điều kiện bài toán cho đến khi nào thỏa mãn điều kiện bài toán : thay n_1 vào VT và VP của phương trình trên và so sánh, nếu sai số giữa 2 vế của phương trình thỏa mãn $< 0,2\%$ thì đạt yêu cầu.

Sau khi chọn các giá trị của n_1 ta thấy $n_1 = 1,3685$ thỏa mãn điều kiện bài toán

5)Áp suất cuối quá trình nén P_c :

Áp suất cuối quá trình nén P_c được xác định theo công thức :

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 0,088 \cdot 16^{1,3685} = 3,9037 \text{ (MPa)}$$

6)Nhiệt độ cuối quá trình nén T_c

Nhiệt độ cuối quá trình nén T_c được xác định theo công thức

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1} = 340,8 \cdot 16^{1,3685 - 1} = 944,9 \text{ (°K)}$$

7)Lượng môi chất công tác của quá trình nén M_c :

Lượng môi chất công tác của quá trình nén M_c được xác định theo công thức :

$$M_c = M_1 + M_r = M_1 \cdot (1 + \gamma_r) = 0,8191 \cdot (1 + 0,03823) = 0,85 \text{ (kmol/kg.1)}$$

2.3)Tính toán quá trình cháy :

1)Hệ số thay đổi phân tử lý thuyết β_0 :

Ta có hệ số thay đổi phân tử lý thuyết β_0 được xác định theo công thức :

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{M_1 + \Delta M}{M_1} = 1 + \frac{\Delta M}{M_1}$$

Trong đó độ tăng mol ΔM của các loại động cơ được xác định theo công thức sau:

$$\Delta M = 0,21 \cdot (1 - \alpha) M_o + \left(\frac{H}{4} + \frac{O}{32} - \frac{1}{\mu_{nl}} \right)$$

$$\text{Đối với động cơ diesel : } \Delta M = \left(\frac{H}{4} + \frac{O}{32} \right)$$

Do đó

$$\beta_0 = 1 + \frac{\frac{H}{4} + \frac{O}{32}}{\alpha \cdot M_o} = 1 + \frac{\frac{0,126}{4} + \frac{0,004}{32}}{1,656 \cdot 0,495} = 1,0386$$

2)Hệ số thay đổi phân tử thực tế β : (Do có khí sót)

Ta có hệ số thay đổi phân tử thực tế β được xác định theo công thức :

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{1,0386 + 0,0382}{1 + 0,0382} = 1,0372$$

3)Hệ số thay đổi phân tử thực tế tại điểm z β_z : (Do cháy chưa hết)

Ta có hệ số thay đổi phân tử thực tế tại điểm z β_z được xác định theo công thức :

$$\beta_z = 1 + \frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_r} \cdot \chi_z$$

Trong đó

$$\chi_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} = \frac{0,75}{0,85} = 0,8824$$

$$\text{Nên: } \beta_z = 1 + \frac{1,0386 - 1}{1 + 0,0382} \cdot 0,8824 = 1,0328$$

4)Lượng sản vật cháy M_2 :

Ta có lượng sản vật cháy M_2 được xác định theo công thức :

$$M_2 = M_1 + \Delta M = \beta_0 \cdot M_1 = 1,0386 \cdot 0,8191 = 0,8507 \quad (\text{kmol/kgn.l})$$

5)Nhiệt độ tại điểm z T_z :

* Đối với động cơ diesel, tính nhiệt độ T_z bằng cách giải pt cháy :

$$\frac{\xi_z \cdot Q_H}{M_1(1 + \gamma_r)} + \left(\overline{mc}'_v + 8,314 \cdot \lambda \right) \cdot T_c = \beta_z \cdot \overline{mc}_{pz}'' \cdot T_z$$

Trong đó :

Q_H : là nhiệt trị của dầu diesel , $Q_H = 42,5 \cdot 10^3$ (kJ/kgn.l)

\overline{mc}_{pz}'' : là tỉ nhiệt mol đẳng áp trung bình của sản vật cháy tại z là :

$$\overline{mc}_{pz}'' = 8,314 + \overline{mc}_{vz}''$$

$\overline{mc_{vz}}$: là tỉ nhiệt mol đẳng tích trung bình của sản vật cháy tại z được

tính theo ct :

$$\overline{mc_{vz}} = \frac{\beta_o \cdot \overline{mc_v} \left(\chi_z + \frac{\gamma_r}{\beta_o} \right) + (1 - \chi_z) \cdot \overline{mc_v}}{\beta_o \cdot \left(\chi_z + \frac{\gamma_r}{\beta_o} \right) + (1 - \chi_z)} = a''_v + b''_v \cdot T_z$$

Chỉnh lý lại ta có :

$$\overline{mc_{pz}} = a''_p + b''_p \cdot T_z$$

Thay (2) vào (1) ta được:

$$\frac{0,75.42500}{0,8191.(1+0,0382)} + (19,845 + 8,314).944,9 = 1,0382. (a''_v + b''_v) \cdot T_z$$

Giải phương trình trên với $a''_p = 29,05697$; $b''_p = 0,00264$ ta được :

$$T_z = 2032,7 \quad ; \quad T_z = -6524,06 \quad (\text{loại})$$

6) Áp suất tại điểm z p_z :

Ta có áp suất tại điểm z p_z được xác định theo công thức :

$$p_z = \lambda \cdot P_c \quad (\text{MPa})$$

Với λ là hệ số tăng áp

$$\lambda = \beta_z \cdot \frac{T_z}{T_c}$$

CHÚ Ý : -Đối với động cơ diesel hệ số tăng áp λ được chọn sơ bộ ở phần thông số chọn. Sau khi tính toán thì hệ số giãn nở ρ (ở quá trình giãn nở) phải đảm bảo $\rho < \lambda$, nếu không thì phải chọn lại λ

- λ được chọn sơ bộ trong khoảng $1,5 \div 2$

Ở đây ta chọn $\lambda = 1,8$

$$\text{Vậy } p_z = 1,8.3,9037 = 7,0267$$

2.4) Tính toán quá trình giãn nở :

1) Hệ số giãn nở sớm ρ :

$$\rho = \frac{\beta_z \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c} = \frac{1,0328.2032,7}{1,8.944,9} = 1,2344$$

Qua quá trình tính toán ta tính được $\rho = 1,2344$ thỏa mãn điều kiện $\rho < \lambda$

2)Hệ số giãn nở sau δ :

Ta có hệ số giãn nở sau δ được xác định theo công thức :

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{16}{1,2344} = 12,9619$$

3)Chỉ số giãn nở đa biến trung bình n_2 :

$$n_2 - 1 = \frac{8.314}{\frac{(\xi_b - \xi_z).Q_H^*}{M_1.(1 + \gamma_r).\beta.(T_z - T_b)} + a''_{vz} + \frac{b''_{vz}}{2} \cdot (T_z + T_b)}$$

Trong đó :

T_b : là nhiệt trị tại điểm b và được xác định theo công thức :

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2 - 1}} \quad (^\circ K)$$

Q_H^* : là nhiệt trị tính toán

Đối với động cơ diesel $Q_H^* = Q_H$ $Q_H = 42.500$ (kJ/kg n.l)

Qua kiểm nghiệm tính toán thì ta chọn được $n_2 = 1,244$. Thay n_2 vào 2 vế của pt trên ta so sánh ,ta thấy sai số giữa 2 vế $< 0,2\%$ nên n_2 chọn là đúng

4)Nhiệt độ cuối quá trình giãn nở T_b :

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2 - 1}} = \frac{2032,7}{12,9619^{1,244 - 1}} = 1088,4 \quad (^\circ K)$$

5)Áp suất cuối quá trình giãn nở p_b :

Áp suất cuối quá trình giãn nở P_b được xác định theo CT :

$$p_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{7,027}{12,9619^{1,244}} = 0,2903 \quad (\text{MPa})$$

6)Tính nhiệt độ khí thải T_{rt} :

$$T_{rt} = T_b \cdot \frac{P_r \left(\frac{m-1}{m} \right)}{P_b} = 1088,4 \cdot \left(\frac{0,11}{0,2903} \right)^{\frac{1,5-1}{1,5}} = 787,65 \quad (^\circ K)$$

Ta tính được $T_{rt} = 787,65$ (°K). So sánh với nhiệt độ khí thải đã chọn ban đầu

thỏa mãn điều kiện không vượt quá 15 %

2.5) Tính toán các thông số chu trình công tác

1)Áp suất chỉ thị trung bình p'_i :

Đây là động cơ diesel áp suất chỉ thị trung bình P'_i được xác định theo CT :

$$p'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[\lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]$$

Qua tính toán thực nghiệm ta tính được $P'_i = 0,75919$ (MPa)

2)Áp suất chỉ thị trung bình thực tế p_i :

Do có sự sai khác giữa tính toán và thực tế do đó ta có áp suất chỉ thị trung bình

Trong thực tế được xác định theo công thức :

$$p_i = p'_i \cdot \varphi_d = 0,75919 \cdot 0,97 = 0,7364 \text{ (MPa)}$$

Trong đó φ_d _hệ số hiệu chỉnh đồ thị công.chọn theo tính năng và chung loại động cơ.

3)Suất tiêu hao nhiên liệu chỉ thị g_i :

Ta có công thức xác định suất tiêu hao nhiên liệu chỉ thị g_i :

$$g_i = \frac{432 \cdot 10^3 \cdot \eta_v \cdot P_k}{M_1 \cdot P_i \cdot T_k} = \frac{432 \cdot 10^3 \cdot 0,8139 \cdot 0,1}{0,8191 \cdot 0,7364 \cdot 297} = 196,27 \text{ (g/kW.h)}$$

4)Hiệu suất chỉ thị η_i :

Ta có công thức xác định hiệu suất chỉ thị η_i :

$$\eta_i = \frac{3,6 \cdot 10^3}{g_i \cdot Q_H} = \frac{3,6 \cdot 10^3}{196,27 \cdot 42500} = 0,4316 \text{ (%)}$$

5)Áp suất tổn thất cơ giới P_m :

Áp suất tổn thất cơ giới được xác định theo nhiều công thức khác nhau và được

biểu diễn bằng quan hệ tuyến tính với tốc độ trung bình của động cơ.Ta có tốc độ trung bình của động cơ là :

$$V_{tb} = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{115 \cdot 10^{-3} \cdot 2200}{30} = 8,433 \text{ (m/s)}$$

Đối với động cơ diesel cao tốc dùng cho ô tô ($V_{tb} > 7$) :

$$P_m = 0,015 + 0,0156 \cdot V_{tb} = 0,015 + 0,0156 \cdot 8,433 = 0,1466 \text{ (MPa)}$$

6) *Áp suất có ích trung bình P_e :*

Ta có công thức xđ áp suất có ích trung bình thực tế được xđ theo CT :

$$P_e = P_i - P_m = 0,7364 - 0,1466 = 0,5898 \text{ (MPa)}$$

Ta có trị số P_e tính quá trình nạp P_e (nạp) = 0,6768 và $P_e = 0,6736$ thì không có sự chênh lệch nhiều nên có thể chấp nhận được

7) *Hiệu suất cơ giới η_m :*

Ta có có thức xác định hiệu suất cơ giới:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{0,5898}{0,7364} = 0,8010 \%$$

8) *Suất tiêu hao nhiên liệu g_e :*

Ta có có thức xác định suất tiêu hao nhiên liệu tính toán là:

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{196,27}{0,8010} = 245,03 \text{ (g/kW.h)}$$

9) *Hiệu suất có ích η_e :*

Ta có có thức xác định hiệu suất cơ có ích η_e được xác định theo công thức:

$$\eta_e = \eta_m \cdot \eta_i = 0,8010 \cdot 0,4316 = 0,3457$$

10) *Kiểm nghiệm đường kính xy lanh D theo công thức :*

$$D_{kn} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot S}} \quad (\text{mm})$$

$$\text{Mặt khác } V_h = \frac{N_e \cdot 30 \cdot \tau}{P_e \cdot i \cdot n} = \frac{14 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 0,7355}{0,59059} = 0,81515 \quad (\text{md}^3)$$

$$D_{kn} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,81515}{3,14 \cdot 115 \cdot 10^{-3}}} = 0,9502419 \text{ (mm)}$$

Ta có sai số so với đề bài là : 0,045 (mm)

III) Vẽ và hiệu đính đồ thị công :

Căn cứ vào các số liệu đã tính $p_r, p_a, p_c, p_z, p_b, n_1, n_2, \varepsilon$ ta lập bảng tính đường nén và đường giãn nở theo biến thiên của dung tích công tác $V_x = i \cdot V_c$

V_c : Dung tích buồng cháy

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} = \frac{0,81515}{16 - 1} = 0,054343 \text{ (dm}^3\text{)}$$

Các thông số ban đầu: $p_r = 0,11 \text{ MPa}$; $p_a = 0,088 \text{ MPa}$; $p_c = 3,9037 \text{ MPa}$

$$p_z = 7,027 \text{ MPa} ; p_b = 0,2903 \text{ MPa}$$

3.1) Xây dựng đường cong áp suất trên đường nén :

- Phương trình đường nén đa biến :

$$P.V^{n_1} = \text{const}$$

Khi đó x là điểm bất kỳ trên đường nén thì :

$$P_c.V_c^{n_1} = P_x.V_x^{n_1}$$

$$P_x = P_c \cdot \frac{1}{\left(\frac{V_x}{V_c}\right)^{n_1}} = P_c \cdot \frac{1}{i^{n_1}} = \frac{P_c}{i^{n_1}}$$

n_1 : Chỉ số nén đa biến trung bình $n_1 = 1,3685$

P_c : Áp suất cuối quá trình nén $P_c = 3,9037 \text{ (MPa)}$

3.2) Xây dựng đường cong áp suất trên quá trình giãn nở :

- Phương trình của đường giãn nở đa biến :

$$P.V^{n_2} = \text{const}$$

Khi đó x là điểm bất kỳ trên đường giãn nở thì :

$$P_z.V_z^{n_2} = P_x.V_x^{n_2} \rightarrow P_x = P_z \cdot \frac{1}{\left(\frac{V_x}{V_z}\right)^{n_2}}$$

Ta có : $\rho = \frac{V_z}{V_c}$: Hệ số giãn nở khi cháy $\rho = (1,2 \div 1,7)$ chọn $\rho = 1,2344$

$$V_z = \rho.V_c \text{ Vậy } P_x = P_z \cdot \frac{1}{\left(\frac{V_x}{\rho.V_c}\right)^{n_2}} = \frac{P_z \cdot \rho^{n_2}}{\left(\frac{V_x}{V_c}\right)^{n_2}} = \frac{P_z \cdot \rho^{n_2}}{i^{n_2}} = P_z \left(\frac{\rho}{i}\right)^{n_2}$$

n_2 : Chỉ số giãn nở đa biến trung bình $n_2 = 1,2438$

P_z : Áp suất tại điểm z : $P_z = 7,027 \text{ (MPa)}$

3.3) Chọn tỷ lệ xích phù hợp và các điểm đặc biệt :

- Vẽ đồ thị P-V theo tỷ lệ xích : $\eta_v = \frac{gttt}{gtbd} = \frac{1}{265} \quad [\text{dm}^3/\text{mm}]$

$$\eta_p = \frac{gttt}{gtbd} = \frac{1}{36} \quad [\text{MPa}/\text{mm}]$$

- Ta có $V_a = V_c + V_h = 0,054334 + 0,81515 = 0,8695 \quad (\text{dm}^3)$

- Mặt khác ta có : $V_z = \rho \cdot V_c = 1,2344 \cdot 0,054334 = 0,6707 \quad (1)$

3.4) Vẽ vòng tròn Brick đặt phía trên đồ thị công :

Ta chọn tỉ lệ xích của hành trình piston S là :

$$\mu_s = \frac{gtt_s}{gtbd_s} = \frac{S}{gtbd_s} = \frac{115}{225-15} = 0,546$$

i	i.V _c	$P_x = \frac{P_c}{i^{n_1}}$	Giá trị biểu diễn	$P_x = P_z$ $\left(\frac{\rho}{i}\right)^{n_2}$	Giá trị biểu diễn :
1	0.05434	3.9037	(14,40; 140,3)		
$\varepsilon = 1,1654$	0.06711533	2.9240317	(17,8; 105,3)	6.94	(17,8; 250)
2	0.10868	1.5118785	(28,8; 54,4)	3.85	(28,8; 138,8)
3	0.16302	0.8680325	(43,2; 31,2)	2.32	(43,2; 83,8)
4	0.21736	0.585541	(57,6; 21,1)	1.62	(57,6; 58,6)
5	0.2717	0.4314555	(72,0; 15,5)	1.23	(72,0; 44,4)
6	0.32604	0.3361835	(86,4; 12,1)	0.98	(86,4; 35,4)
7	0.38038	0.2722449	(100,8; 9,8)	0.81	(100,8; 29,2)
8	0.43472	0.2267764	(115,2; 8,2)	0.68	(115,2; 24,7)
9	0.48906	0.193017	(129,6; 7)	0.59	(129,6; 21,4)
10	0.5434	0.1671	(144; 6)	0.52	(144; 18,7)
11	0.59774	0.1466664	(158,4; 5,3)	0.46	(158,4; 16,6)
12	0.65208	0.1302018	(172,8; 4,7)	0.41	(172,8; 14,9)
13	0.70642	0.116693	(187,2; 4,2)	0.37	(187,2; 13,5)
14	0.76076	0.1054387	(201,6; 3,8)	0.34	(201,6; 12,3)
15	0.8151	0.0959391	(216; 3,5)	0.31	(216; 11,3)
16	0.84944	0.0878291	(225; 3,2)	0.29	(225; 10,5)

Thông số kết cấu động cơ là :

$$\lambda = \frac{R}{L_{tt}} = \frac{S}{2.L_{tt}} = \frac{115}{2.205} = 0,28$$

Khoảng cách OO' là :

$$OO' = \frac{\lambda.R}{2} = \frac{0,28.57,5}{2} = 8,05 \text{ (mm)}$$

Giá trị biểu diễn của OO' trên đồ thị :

$$gtbd_{oo'} = \frac{gtt_{oo'}}{\mu_s} = \frac{8,05}{0,546} = 14,91 \text{ (mm)}$$

Ta có nửa hành trình của piton là :

$$R = \frac{S}{2} = \frac{115}{2} = 57,5 \text{ (mm)}$$

Giá trị biểu diễn của R trên đồ thị :

$$gtbd_R = \frac{gtt_R}{\mu_s} = \frac{57,5}{0,546} = 105,31 \text{ (mm)}$$

3.5) Lần lượt hiệu định các điểm trên đồ thị :

1) *Hiệu định điểm bắt đầu quá trình nạp* : (điểm a)

Từ điểm O' trên đồ thị Brick ta xác định góc đóng muộn xupáp thải β_2 , bán kính này cắt đường tròn tại điểm a' . Từ a' gióng đường thẳng song song với trục tung cắt đường P_a tại điểm a . Nối điểm r trên đường thải (là giao điểm giữa đường P_r và trục tung) với a ta được đường chuyển tiếp từ quá trình thải sang quá trình nạp.

2) *Hiệu định áp suất cuối quá trình nén* : (điểm c')

Áp suất cuối quá trình nén thực tế do hiện tượng phun sớm (động cơ diesel) và hiện tượng đánh lửa sớm (động cơ xăng) nên thường chọn áp suất cuối quá trình nén

lý thuyết P_c đã tính . Theo kinh nghiệm , áp suất cuối quá trình nén thực tế P'_c được xác định theo công thức sau :

Vì đây là động cơ diesel :

$$P'_c = P_c + \frac{1}{3} . (P_z - P_c) = 3,9037 + \frac{1}{3} . (7,027 - 3,9037) = 4,9448 \text{ (MPa)}$$

Từ đó xác định được tung độ điểm c' trên đồ thị công :

$$y_{c'} = \frac{P'_{c'}}{\eta_p} = \frac{4,9448}{0,2778} = 178,0128 \text{ (mm)}$$

3) Hiệu chỉnh điểm phun sớm : (điểm c'')

Do hiện tượng phun sớm nên đường nén trong thực tế tách khỏi đường nén lý thuyết tại điểm c''. Điểm c'' được xác định bằng cách . Từ điểm O' trên đồ thị Brick ta xác định được góc phun sớm hoặc góc đánh lửa sớm θ , bán kính này cắt vòng tròn Brick tại 1 điểm . Từ điểm giống này ta kẻ song song với trục tung cắt đường nén tại điểm c''. Dùng một cung thích hợp nối điểm c'' với điểm c'

4) Hiệu chỉnh điểm đạt P_{zmax} thực tế

Áp suất p_{zmax} thực tế trong quá trình cháy - giãn nở không duy trì hằng số như động cơ diesel (đoạn ứng với $\rho.V_c$) nhưng cũng không đạt được trị số lý thuyết như động cơ xăng. Theo thực nghiệm ,điểm đạt trị số áp suất cao nhất là điểm thuộc miền vào khoảng $372^\circ \div 375^\circ$ (tức là $12^\circ \div 15^\circ$ sau điểm chết trên của quá trình cháy và giãn nở)

Hiệu chỉnh điểm z của động cơ diesel :

- Xác định điểm z từ góc 15° . Từ điểm O' trên đồ thị Brick ta xác định góc tương ứng với 375° góc quay trục khuỷu , bán kính này cắt vòng tròn tại 1 điểm . Từ điểm này ta kẻ song song với trục tung cắt đường P_z tại điểm z .
- Dùng cung thích hợp nối c' với z và lựa sát với đường giãn nở .

5) Hiệu chỉnh điểm bắt đầu quá trình thải thực tế : (điểm b')

Do có hiện tượng mở sớm xupáp thải nên trong thực tế quá trình thải thực sự diễn ra sớm hơn lý thuyết . Ta xác định điểm b bằng cách : Từ điểm O' trên đồ thị Brick ta xác định góc mở sớm xupáp thải β_1 , bán kính này cắt đường tron Brick tại 1 điểm. Từ điểm này ta kẻ đường song song với trục tung cắt đường giãn nở tại điểm b'.

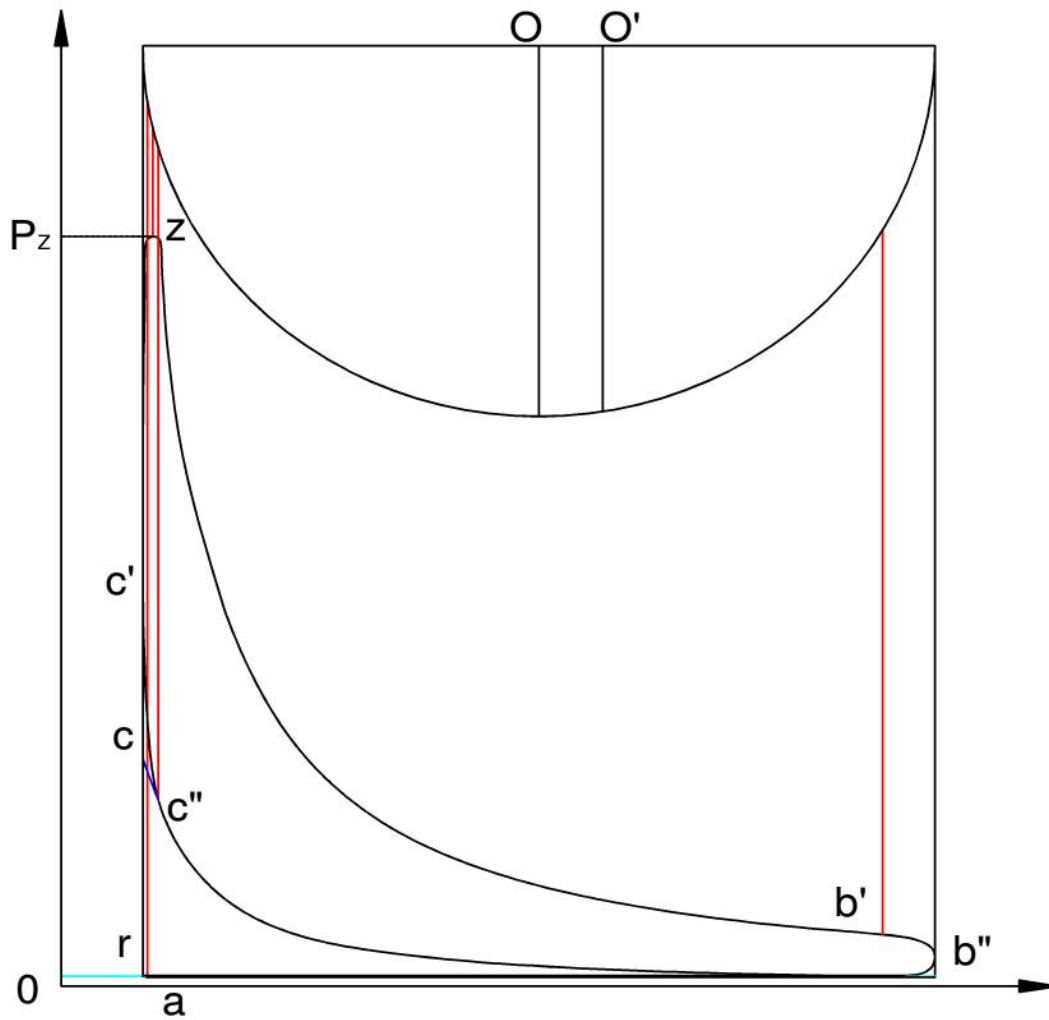
6) Hiệu chỉnh điểm kết thúc quá trình giãn nở : (điểm b'')

Áp suất cuối quá trình giãn nở thực tế $P_{b''}$ thường thấp hơn áp suất cuối quá trình giãn nở lý thuyết do xupáp thải mở sớm . Theo công thức kinh nghiệm ta có thể xác định được :

$$P_{b''} = P_r + \frac{1}{2} \cdot (P_b - P_r) = 0,11 + \frac{1}{2} \cdot (0,2903 - 0,11) = 0,2003 \text{ (MPa)}$$

Từ đó xác định tung độ của điểm b'' là :

$$y_{b''} = \frac{P_{b''}}{\eta_p} = \frac{0,2003}{0,02778} = 7,209 \text{ (mm)}$$



Đồ thị công chi thị

PHẦN II : TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC VÀ ĐỘNG LỰC HỌC

I) Vẽ đường biểu diễn các quy luật động học :

Các đường biểu diễn này đều vẽ trên 1 hoành độ thống nhất ứng với hành trình piston $S = 2R$. Vì vậy độ thị đều lấy hoành độ tương ứng với V_h của độ thị công (từ điểm 1. V_c đến $\varepsilon.V_c$)

1.1) Đường biểu diễn hành trình của piston $x = f(\alpha)$

Ta tiến hành vẽ đường biểu diễn hành trình của piston theo trình tự sau :

- 1 . Chọn tỉ xích góc : thường dùng tỉ lệ xích ($0,6 \div 0,7$) (mm/độ)
ở đây ta chọn tỉ lệ xích 0,7 mm/độ
- 2 . Chọn gốc tọa độ cách gốc cách độ thị công khoảng $15 \div 18$ cm
- 3 . Từ tâm O' của đồ thị Brick kẻ các bán kính ứng với $10^\circ, 20^\circ, \dots, 180^\circ$
- 4 . Gióng các điểm đã chia trên cung Brick xuống các điểm $10^\circ, 20^\circ, \dots, 180^\circ$

tương ứng trên trục tung của đồ thị của $x = f(\alpha)$ ta được các điểm xác định chuyển vị x tương ứng với các góc $10^\circ, 20^\circ, \dots, 180^\circ$

- 5 . nối các điểm xác định chuyển vị x ta được đồ thị biểu diễn quan hệ $x = f(\alpha)$.

1.2) Đường biểu diễn tốc độ của piston $v = f(\alpha)$.

Ta tiến hành vẽ đường biểu diễn tốc độ của piston $v = f(\alpha)$. Theo phương pháp đồ thị vòng .Tiến hành theo các bước cụ thể sau:

- 1.Vẽ nửa vòng tròn tâm O bán kính R ,phía dưới đồ thị $x = f(\alpha)$. Sát mép dưới của bản vẽ

2. Vẽ vòng tròn tâm O bán kính là $R\lambda/2$

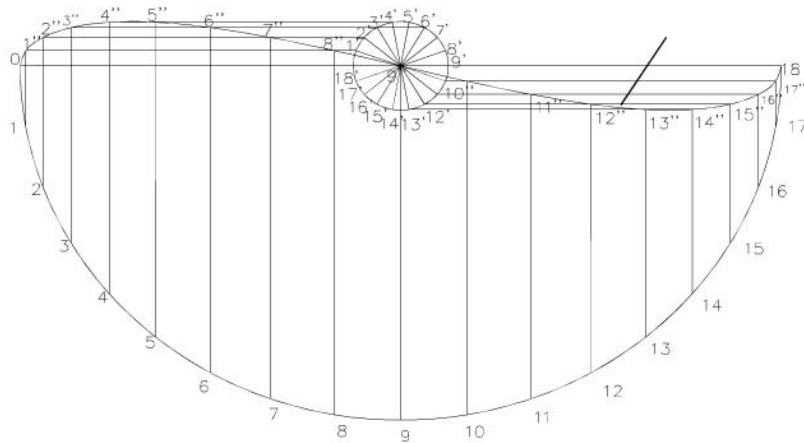
3. Chia nửa vòng tròn tâm O bán kính R và vòng tròn tâm O bán kính là $R\lambda/2$ thành 18 phần theo chiều ngược nhau .

4. Từ các điểm chia trên nửa vòng tròn bán kính là R kẻ các đường song song với trục tung , các đường này sẽ cắt các đường song song với hoành độ xuất phát từ các điểm chia tương ứng trên bán kính là $R\lambda/2$ tại các điểm a, b, c, \dots

5. Nối tại các điểm a, b, c, \dots Tạo thành đường cong giới hạn trị số của tốc độ piston thể hiện bằng các đoạn thẳng song song với trục tung từ các điểm cắt vòng tròn bán kính R tạo với trục hoành góc α đến đường cong a, b, c, \dots

Đồ thị này biểu diễn quan hệ $v = f(\alpha)$ trên tọa độ độ cực :

$$v = f(\alpha)$$



Hình 2.1: Dạng đồ thị $v = f(\alpha)$

1.3 Đường biểu diễn gia tốc của piston $j = f(x)$

Ta tiến hành vẽ đường biểu diễn gia tốc của piston theo phương pháp Tôlê ta vẽ theo các bước sau :

1. Chọn tỉ lệ xích μ_j phù hợp trong khoảng $30 \div 80 \text{ (m/s}^2 \cdot \text{mm)}$

Ở đây ta chọn $\mu_j = 50 \text{ (m/s}^2 \cdot \text{mm)}$

2. Ta tính được các giá trị :

- Ta có góc :

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{2200 \cdot 3,14}{30} = 230,3835 \text{ (rad / s)}$$

- Gia tốc cực đại :

$$j_{\max} = R \cdot \omega^2 \cdot (1 + \lambda) = 57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 230,3835^2 \cdot (1 + 0,28) = 3,906 \cdot 10^3 \text{ (m/ s}^2\text{)}$$

Vậy ta được giá trị biểu diễn j_{\max} là :

$$gtbd_{j_{\max}} = \frac{gtt_{j_{\max}}}{\mu_j} = \frac{3,906.10^3}{50} = 78,129 \text{ (mm)}$$

-Gia tốc cực tiểu :

$$j_{\min} = -R \cdot \omega^2 \cdot (1 - \lambda) = -57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 230,3835^2 \cdot (1 - 0,28) = -2,197 \cdot 10^3 \text{ (m/ s}^2\text{)}$$

Vậy ta được giá trị biểu diễn của j_{\min} là :

$$gtbd_{j_{\min}} = \frac{gtt_{j_{\min}}}{\mu_j} = -\frac{2,197.10^3}{50} = -43,497 \quad (\text{mm})$$

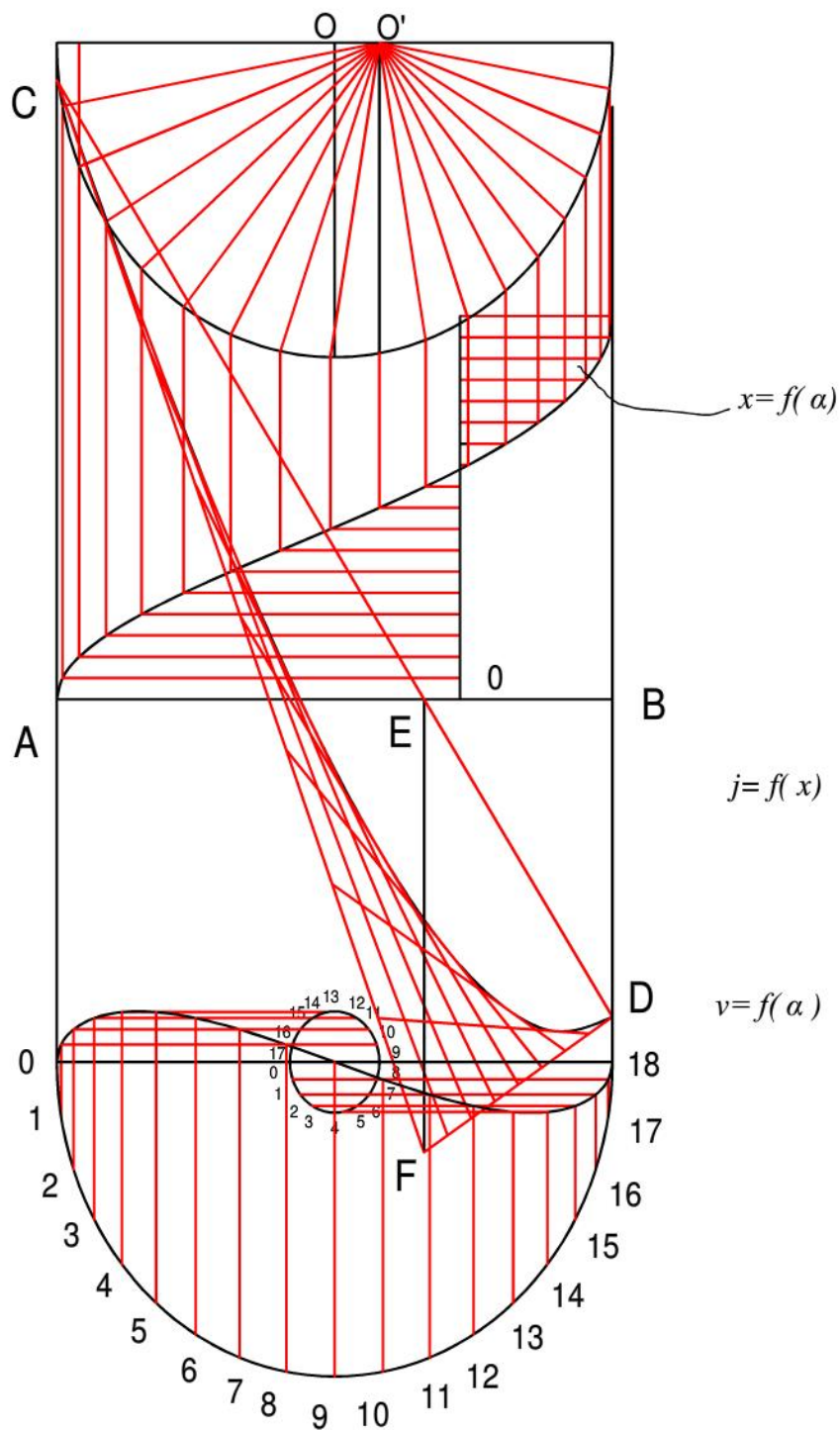
-Xác định vị trí của EF :

$$EF = -3.R.\lambda.\omega^2 = -3.57,5.10^{-3}.0,28.230,3835^2 = -2,563.10^3 \quad (\text{m/s}^2)$$

Vậy giá trị biểu diễn EF là :

$$gtbd_{EF} = \frac{gtt_{EF}}{\mu_j} = -\frac{2,563.10^3}{50} = -51,29 \quad (\text{mm})$$

3. Từ điểm A tương ứng điểm chết trên lấy $AC = j_{\max}$, từ điểm B tương ứng điểm chết dưới lấy $BD = j_{\min}$, nối CD cắt trục hoành ở E ; lấy $EF = -3.R.\lambda.\omega^2$ về phía BD Nối CF với BD ,chia các đoạn này làm 8 phần , nối 11, 22, 33 ...Vẽ đường bao trong tiếp tuyến với 11, 22, 33 ...ta được đường cong biểu diễn quan hệ $j = f(x)$



II)Tính toán động học :

2.1) Các khối lượng chuyển động tịnh tiến :

- Khối lượng nhóm piton $m_{pt} = 3,5 \text{ Kg}$
- Khối lượng thanh truyền phân bố về tâm chốt piston
 - +) Khối lượng thanh truyền phân bố về tâm chốt piston m_1 có thể tra trong các các sổ tay ,có thể cân các chi tiết của nhóm để lấy số liệu hoặc có thể tính gần đúng theo bản vẽ .
 - +) Hoặc có thể tính theo công thức kinh nghiệm sau :

Đối với động cơ diesel ta có :

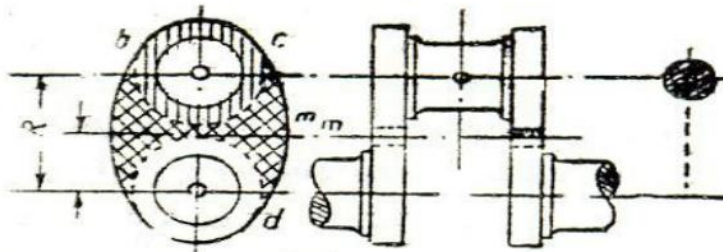
$$m_1 = (0,28 \div 0,29) m_{tt}$$

Trong đó m_{tt} là khối lượng thanh truyền mà đề bài đã cho.

$$\text{Ta chọn } m_1 = 0,28 \cdot m_{tt} = 0,28 \cdot 2,262 = 0,63336 \text{ (Kg)}$$

Vậy ta xác định được khối lượng tịnh tiến mà đề bài cho là :

$$m = m_{pt} + m_1 = 1,15 + 0,63336 = 1,78336 \text{ (Kg)}$$

2.2) Các khối lượng chuyển động quay :

Hình 2.2 : Xác định khối lượng khuỷu trục

Khối lượng chuyển động quay của một trục khuỷu bao gồm :

- Khối lượng của thanh truyền quy dẫn về tâm chốt :

$$m_2 = (m_{tt} - m_1) = 2,262 - 0,63336 = 1,6286 \text{ (Kg)}$$

- Khối lượng của chốt trục khuỷu : m_{ch}

$$m_{ch} = \pi \cdot \frac{(d_{ch}^2 - \delta_{ch}^2) \cdot l_{ch}}{4} \cdot \rho$$

Trong đó ta có :

d_{ch} : Là đường kính ngoài của chốt khuỷu : 65 (mm)

δ_{ch} : Là đường kính trong của chốt khuỷu : 26 (mm)

l_{ch} : Là chiều của chốt khuỷu : 47 (mm)

ρ : Là khối lượng riêng của vật liệu làm chốt khuỷu

$$\rho : 7800 \text{ Kg/ m}^3 = 7,8.10^{-6} \text{ Kg/ mm}^3$$

$$m_{ch} = \pi. \frac{(65^2 - 26^2).47.7,8.10^{-6}}{4} = 1,176 \text{ (Kg)}$$

- Khối lượng của má khuỷu quy dẫn về tâm chốt : m_{om} . Khối lượng này tính gần đúng theo phương trình quy dẫn :

$$m_{om} = \frac{m_m.r_{mk}}{R}$$

Trong đó : m_{om} khối lượng của má khuỷu

r_{mk} bán kính trọng tâm má khuỷu :

R : bán kính quay của khuỷu : $R = S/2 = 115/2 = 57,5 \text{ (mm)}$

2.3) Lực quán tính :

Lực quán tính chuyển động tịnh tiến :

$$P_j = - m.j = -m.R.\omega^2.(\cos \alpha + \lambda.\cos 2\alpha) = -22,9.10^3 (\cos \alpha + \lambda.\cos 2\alpha)$$

Với thông số kết cấu λ ta có bảng tính P_j :

α	radians	$A = \cos \alpha + \lambda.\cos 2\alpha$	$P_j = -22,9.10^3 .(\cos \alpha + \lambda.\cos 2\alpha)$
		$= \cos \alpha + 0,28.\cos 2\alpha$	$= -22,9.10^3 . A$

0	0	0.28	-6966.73547
10	0.174533	1.24795399	-6792.31666
20	0.349066	1.15430926	-6282.63067
30	0.523599	1.00628681	-5476.97968
40	0.698132	0.81508856	-4436.33309
50	0.872665	0.59474896	-3237.07708
60	1.047198	0.36071723	-1963.29808
70	1.22173	0.12833276	-698.484672
80	1.396263	-0.08863287	482.4076196
90	1.570796	-0.27920332	1519.637234
100	1.745329	-0.43605973	2373.369389
110	1.919862	-0.55594777	3025.891459
120	2.094395	-0.63959481	3481.162402
130	2.268928	-0.69116176	3761.829003
140	2.443461	-0.71730942	3904.144536
150	2.617994	-0.72600519	3951.473528
160	2.792527	-0.72522549	3947.229816
170	2.96706	-0.72172079	3928.154576
180	3.141593	-0.72000015	3918.789528

2.4) Vẽ đường biểu diễn lực quán tính :

Ta tiến hành vẽ đường biểu diễn lực quán tính theo pp Tolê nhưng hoành độ đặt trùng với đường p_o ở đồ thị công và vẽ đường - $P_j = f(x)$ (tức cùng chiều với $j = f(x)$)

Ta tiến hành theo bước sau :

- 1) Chọn tỷ lệ xích để của P_j là μ_p (cùng tỉ lệ xích với áp suất p_{kt}) (MPa/mm),
tỉ lệ xích μ_x cùng tỉ lệ xích với hoành độ của $j = f(x)$

Chú ý :

Ở đây lực quán tính p_j sở dĩ có đơn vị là MPa (tính theo đơn vị áp suất) bởi vì được tính theo thành phần lực đơn vị (trên 1 đơn vị diện tích đỉnh piston) để tạo điều kiện cho công việc công tác dụng lực sau này của lực khí thể và lực quán tính.

2) Ta tính được các giá trị :

- Diện tích đỉnh piston :

$$F_{pt} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,95^2}{4} = 7,088 \cdot 10^{-3} \quad (\text{m}^2)$$

- Lực quán tính chuyển động tịnh tiến cực đại :

$$P_{jmax} = \frac{m \cdot R \cdot \omega^2 (1 + \lambda)}{F_{pt}} = \frac{1,784.57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 230,3835^2 \cdot (1 + 0,28)}{7,088 \cdot 10^{-3}} = 0,983 \cdot 10^6 \quad \text{N/m}^2$$

$$P_{jmax} = 0,983 \quad (\text{Mpa})$$

Vậy ta được giá trị biểu diễn là :

$$gtbd_{P_{jmax}} = \frac{gtt_{P_{jmax}}}{\mu_p} = \frac{0,983}{0,02778} = 38,38 \quad (\text{mm})$$

- Lực quán tính chuyển động tịnh tiến cực tiểu :

$$P_{jmin} = \frac{m \cdot R \cdot \omega^2 (1 - \lambda)}{F_{pt}} = \frac{1,784.57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 230,3835^2 \cdot (1 - 0,28)}{7,088} = 0,553 \cdot 10^6 \quad \text{N/m}^2 = 0,553 \quad \text{Mpa}$$

Vậy ta được giá trị biểu diễn P_{jmin} là :

$$gtbd_{P_{jmin}} = \frac{gtt_{P_{jmin}}}{\mu_p} = \frac{0,553}{0,2778} = 19,9 \quad (\text{mm})$$

- Ta xác định giá trị $E'F'$ là :

$$E'F' = \frac{3 \cdot m \cdot R \cdot \lambda \cdot \omega^2}{F_{pt}} = \frac{3 \cdot 1,7836.57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,28 \cdot 230,3835^2}{7,088 \cdot 10^{-3}} = 0,6449 \quad \text{Mpa}$$

Vậy ta được giá trị biểu diễn của $E'F'$ là :

$$gtbd_{E'F'} = \frac{gtt_{E'F'}}{\mu_p} = \frac{0,6449}{0,002778} = 23,22 \quad (\text{mm})$$

3) Từ điểm A' tương ứng điểm chết trên lấy $A'C' = P_{jmax}$ từ điểm B tương ứng với điểm chết dưới lấy $B'D' = P_{jmin}$; nối $C'D'$ cắt trục hoành ở E' ; lấy E'F' về phía B'D'. Nối C'F' và F'D' , chia các đoạn này ra làm 8 phần , nối 11, 22 , 33.. Vẽ đường bao trong tiếp tuyến với 11, 22, 33...Ta được đường cong biểu diễn quan hệ $-P_j = f(x)$

2.5) Đường biểu diễn $v = f(x)$

Ta tiến hành vẽ đường biểu diễn quan hệ $v = f(x)$ dựa trên 2 đồ thị là đồ thị đó là $x = f(x)$ và đồ thị $v = f(x)$ (sử dụng theo pp đồ thị vòng).Ta tiến hành theo đồ thị sau :

- 1) Từ tâm các điểm đã chia độ trên cung của đồ thị Brick ta giống các đường song song với trục tung tương ứng với các giá trị góc quay $\alpha = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ \dots 180^\circ$
- 2) Đặt các giá của vận tốc v này (đoạn thẳng biểu thị giá trị của v có 1 đầu mút thuộc đồ thị $v = f(x)$, 1 đầu thuộc nửa vòng tròn tâm O, bán kính R trên đồ thị) trên các tia song song với các trục tung nhưng xuất phát từ các góc tương ứng trên đồ thị Brick giống xuống hệ trục tọa độ của đồ thị $v = f(x)$.

- 3) Nối các điểm trên đồ thị ta được đường biểu diễn quan hệ $v = f(x)$

Chú ý : nếu vẽ đúng điểm v_{max} sẽ ứng với $j = 0$

2.6) Khai triển đồ thị công P-V thành $p_{kt} = f(\alpha)$

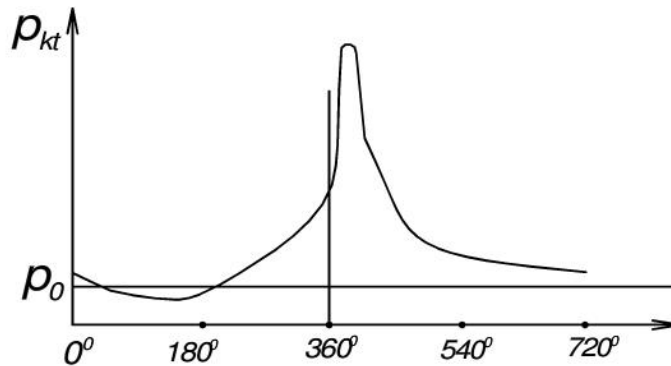
Để thuận tiện cho việc tính toán sau này ta tiến hành khai triển đồ thị công P-V thành đồ thị $p_{kt} = f(\alpha)$. Khai triển đồ thị công theo trình tự sau :

- 1) Chọn tỷ lệ xích $\mu_\alpha = 2^\circ / 1\text{mm}$.Như vậy toàn bộ chu trình 720° sẽ ứng với 360 mm .Đặt hoành độ α này cùng trên đường đậm biểu diễn P_o và cách điểm chết dưới của đồ thị công khoảng $4 \div 5\text{ cm}$
- 2) Chọn tỷ lệ xích μ_p đúng bằng tỷ lệ xích μ_p khi vẽ đồ thị công (MN/mm)
- 3) Từ các điểm chia trên đồ thị Brick ta xác định trị số của P_{kt} tương ứng với các góc α rồi đặt các giá trị này trên đồ thị P- α

Chú ý : +) Cần xác định điểm p_{max} .Theo kinh nghiệm , điểm này thường xuất hiện ở $372^\circ \div 375^\circ$.

+) Khi khai triển cần cần thận 1 đoạn có độ dốc tăng trưởng và đột biến lớn của p từ $330^\circ \div 400^\circ$, nên lấy thêm điểm ở đoạn này để vẽ được chính xác.

4) Nối các điểm xác định theo 1 đường cong trơn ta thu được đồ thị biểu diễn quan hệ $P_{kt} = f(\alpha)$

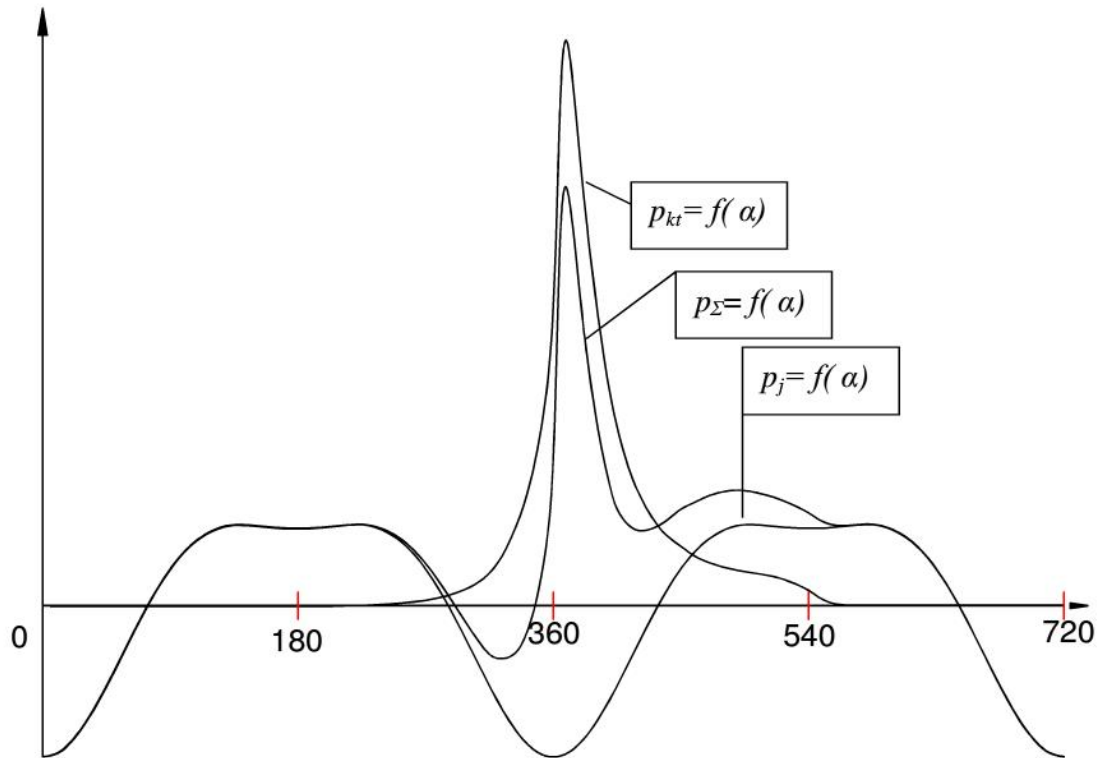


Hình 2.6 : Dạng đồ thị của $p_{kt} = f(\alpha)$

2.7) Khai triển đồ thị $P_j = f(x)$ thành $P_j = f(\alpha)$

Đồ thị $P_j = f(x)$ biểu diễn trên đồ thị công có ý nghĩa kiểm tra tính năng tốc độ của động cơ. Nếu động cơ ở tốc độ cao đương này thế nào cũng cắt đường nén ac . Động cơ tốc độ thấp, đường P_j ít khi cắt đường nén. Ngoài ra đường P_j còn cho ta tìm được giá trị của $P_\Sigma = P_{kt} + P_j$ một cách dễ dàng vì giá trị của đường p_Σ chính là khoảng cách giữa đường nạp P_j với đường biểu diễn P_{kt} của các quá trình nạp, nén, cháy giãn nở và thải của động cơ.

Khai triển đồ thị $P_j = f(x)$ thành đồ thị $P_j = f(\alpha)$ tương tự như cách ta khai triển đồ thị công (thông qua vòng tròn Brick) chỉ có điều cần chú ý là đồ thị trước là ta biểu diễn đồ $-P_j = f(x)$ nên cần lấy lại giá trị P_j cho chính xác.



Hình 2.7 : Đồ thị $p_{kt} = f(\alpha)$, $p_j = f(\alpha)$, $p_z = f(\alpha)$

2.8) Vẽ đồ thị $P_z = f(\alpha)$.

Ta tiến hành vẽ đồ thị $P_z = f(\alpha)$ bằng cách ta cộng 2 đồ thị là đồ thị là đồ thị $p_j = f(\alpha)$ và đồ thị $P = f(\alpha)$.

2.9) Vẽ đồ thị lực tiếp tuyến $T = f(\alpha)$ và đồ thị lực pháp tuyến $Z = f(\alpha)$

Theo kết quả tính toán ở phần động lực học ta có công thức xác định lực tiếp tuyến và lực pháp tuyến như sau :

$$T = P_z \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} ; \quad Z = P_z$$

$$\cdot \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

Trong đó góc lắc của thanh truyền β được xác định theo góc quay α của trục theo công thức sau :

$$\sin \beta = \lambda \cdot \sin \alpha$$

Vẽ 2 đường này theo trình tự sau:

- Bố trí hoành độ α ở dưới đường P_{kt} , tỷ lệ xích $\mu_\alpha = 2^\circ / 1\text{mm}$ sao cho đường biểu diễn nằm ở khoảng giữa tờ giấy kẻ ly A_0 (có thể chọn trùng với đường biểu

diễn hoành độ của đồ thị $j = f(\alpha)$)

- Căn cứ vào thông số kết cấu $\lambda = R/l$, dựa vào các công thức trên và dựa vào đồ thị $P_\Sigma = f(\alpha)$ ta xác định được các giá trị cho trong bảng dưới đây theo góc quay α của trục khuỷu .

- Biểu diễn đường $T = f(\alpha)$ và $Z = f(\alpha)$ trên tọa độ đã chọn

Chú ý : Kiểm tra các mối tương quan nhau :

+) Ở các điểm $\alpha = 0^\circ, 180^\circ, 360^\circ, 540^\circ, 720^\circ$ ta đều có $T = 0$ nên đường T đều cắt trục hoành α .

+) Ở các điểm $p_\Sigma = 0$ thì $T = Z = 0$ nên 2 đường này giao nhau trên trục hoành .

A	$\alpha(\text{rad})$	$\beta(\text{rad})$	$\alpha+\beta$	$\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos(\beta)}$	$\frac{\cos(\alpha+\beta)}{\cos \beta}$	P_Σ	T	Z
0	0	0	0	0	1	-35	0	-35
10	0.1745	0.0486	0.22	0.22	0.97	-34	-7.53	33.197
20	0.3491	0.0958	0.44	0.43	0.90	-32	-13.8	-29.02
30	0.5236	0.1403	0.66	0.62	0.79	-28	-17.4	-22.27
40	0.6981	0.180	0.87	0.78	0.64	-23	-18.0	-14.92
50	0.8727	0.216	1.08	0.90	0.47	-22	-19.95	-10.45
60	1.0472	0.244	1.29	0.99	0.28	-10	-9.908	-2.841
70	1.2217	0.266	1.48	1.03	0.08	-2	-2.065	-0.172

80	1.3963	0.27 9	1.67	1.03	-0.10	3	3.104	-0.324
90	1.5708	0.28 3	1.85	1.00	-0.29	6	6.001	-1.745
100	1.7453	0.27 9	2.02	0.93	-0.45	9	8.418	-4.098
110	1.9199	0.26 6	2.18	0.84	-0.59	12	10.16	-7.170
120	2.0944	0.24 5	2.33	0.74	-0.71	14	10.38	-10.02
130	2.2689	0.21 6	2.48	0.62	-0.81	15	9.385	-12.15
140	2.4435	0.18 1	2.62	0.50	-0.88	16	8.056	-14.13
150	2.618	0.14 0	2.75 7	0.37	-0.93	17	6.434	-15.91
160	2.7925	0.09 6	2.88	0.25	-0.97	17. 8	4.496	-17.30
170	2.9671	0.04 9	3.01	0.12	-0.99	18. 4	2.332	-18.27
180	3.1416	0.00 0	3.14 0	0.00	-0.99	18. 6	0.021	-18.6
190	3.3161	- .048	3.26	-0.12	-0.99	18. 9	-2.35	-18.77
200	3.4907	- .095 4	3.39	-0.25	-0.97	19. 3	-4.83	-18.77
210	3.6652	- 0.14 0	3.52	-0.37	-0.93	19	-7.148	-17.80

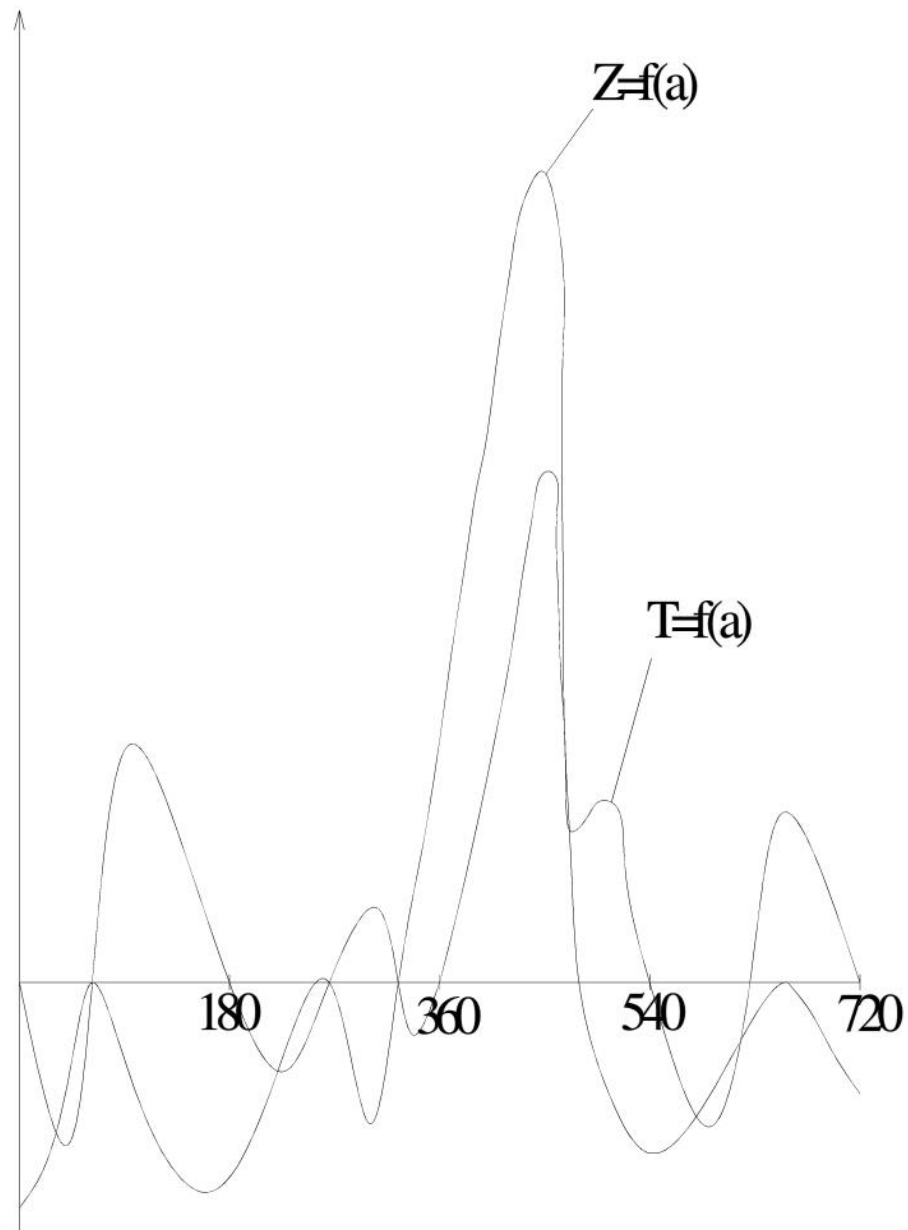
220	3.8397	0.18 0	3.65	-0.50	-0.88	18. 8	-9.42	-16.62
230	4.0143	0.21 5	3.79	-0.62	-0.81	18. 5	-11.5	-15.02
240	4.1888	0.24 4	3.94	-0.73	-0.71	16. 5	-12.2	-11.84
250	4.3633	0.26 6	4.09	-0.84	-0.59	14. 8	-12.5	-8.879
260	4.5379	0.27 9	4.25	-0.93	-0.45	12. 9	-12.04	-5.910
270	4.7124	0.28 3	4.42	-0.99	-0.29	10	-9.99	-2.940
280	4.8869	0.27 9	4.60	-1.03	-0.11	7	-7.246	-0.780
290	5.0615	0.26 6	4.79	-1.03	0.08	4	-4.133	0.331
300	5.236	0.24 5	4.98	-0.99	0.28	0.1 1	-4.31	0.3
310	5.4105	0.21 6	5.19	-0.90	0.47	-5	4.544	-2.358

		–						
		0.18						
320	5.5851	1	5.40	–0.78	0.64	–1	0.78	–0.645
		–						
		0.14	5.61					
330	5.7596	1	5	–0.62	0.79	12	–7.504	9.5177
		–						
		0.09						
340	5.9341	6	5.83	–0.43	0.90	32	–13.94	28.967
		–						
		0.04						
350	6.1087	4	6.05	–0.22	0.97	60	–13.52	58.531
		–						
		0.00						
360	6.2832	0	6.27	–0.00	0.999	104	–0.424	104
		0.04						
370	6.4577	77	6.50	0.21	0.97	171	37.19	167.11
		0.09						
380	6.6323	5	6.72	0.42	0.90	189	80.99	171.71
		0.13						
390	6.8068	9	6.94	0.61	0.79	68	42.08	54.25
		0.18						
400	6.9813	01	7.15	0.78	0.65	51	39.78	33.23
		0.21						
410	7.1558	5	7.36	0.90	0.47	40	36.20	19.13
		0.24						
420	7.3304	4	7.57	0.98	0.28	29	28.69	8.343
		0.26				24.		
430	7.5049	5	7.76	1.03	0.09	9	25.70	2.242
440	7.6794	0.27	7.95	1.03	–0.10	24	24.84	–2.510

		9						
450	7.854	0.28 3	8.13	1.00	-0.28	23. 5	23.52	-6.760
460	8.0285	0.27 9	8.30	0.93	-0.45	23	21.54	-10.40
470	8.203	0.26 6	8.46	0.84	-0.59	24	20.36	-14.28
480	8.3776	0.24 5	8.61	0.74	-0.71	26. 7	19.85	-19.06
490	8.5521	0.21 69	8.76	0.62	-0.80	25	15.69	-20.22
500	8.7266	0.18 19	8.90	0.50	-0.88	26	13.15	-22.93
510	8.9012	0.14 15	9.03	0.38	-0.93	27	10.28	-25.26
520	9.0757	0.09 7	9.16	0.25	-0.97	26. 4	6.730	-25.65
530	9.2502	0.04 99	9.29	0.12	-0.99	25	3.227	-24.82
540	9.4248	0.00	9.42	0.00	-0.99	22	0.075	-22
550	9.5993	– 0.04 7	9.54	–0.12	-0.99	21. 4	-2.61	-21.26
560	9.7738	– 0.09	9.67	–0.24	-0.97	20. 9	-5.184	-20.34
570	9.9484	– 0.13 9	9.80 4	–0.37	-0.93	20. 1	-7.51	-18.85
580	10.123	– 0.17	9.93	–0.49	-0.88	19. 3	-9.63	-17.0

		9						
		–						
		0.21						
590	10.297	5	10.0	–0.62	-0.81	18	-11.1	-14.64
		–						
		0.24	10.2					
600	10.472	4	2	–0.73	-0.71	17	-12.54	-12.23
		–						
		0.26	10.3					
610	10.647	5	7	–0.84	-0.60	14	-11.8	-8.432
		–						
		0.27	10.5					
620	10.821	9	3	–0.93	-0.46	12	-11.19	-5.531
		–	10.7					
630	10.996	0.28	0	–0.99	-0.29	10	-9.986	-2.972
		–						
		0.27	10.8					
640	11.17	9	8	–1.03	-0.11	7	-7.23	-0.805
		–						
		0.26	11.0					
650	11.345	6	7	–1.03	0.07	1	-1.03	0.079
		–						
		0.24	11.2					
660	11.519	5	6	–0.99	0.27	–5	4.965	-1.384
		–						
		0.21	11.4					
670	11.694	7	7	–0.91	0.46	–7	6.375	-3.278
		–						
		0.18	11.6					
680	11.868	2	7	–0.78	0.64	–19	14.96	-12.21

		–						
		0.14	11.8					
690	12.043	1	9	–0.62	0.79	–24	15.08	-18.97
		–						
		0.09	12.1					
700	12.217	7	1	–0.43	0.90	–28	12.30	-25.29
		–	12.3					
710	12.392	0.05	3	–0.23	0.97	–32	7.341	-31.18
			12.5					
720	12.566	0.00	5	–0.00	0.999	–34	0.277	-33.99



Hình 2.9 : Đồ thị các lực: $T = f(\alpha)$, $Z = f(\alpha)$, $\Sigma T = f(\alpha)$.

2.10) Vẽ đường biểu diễn $\Sigma T = f(\alpha)$ của động cơ nhiều xy lanh.

1) Ta xác định chu kỳ của momen tổng phụ thuộc vào số xy lanh và số kỳ , chu kỳ này bằng đúng góc công tác của các khuỷu :

$$\delta_{ct} = \frac{180^\circ \cdot \tau}{i} = \frac{180^\circ \cdot 4}{1} = 720^\circ$$

Trong đó :

τ : Là số kỳ của động cơ : 4 kỳ

i : Số xy lanh của động cơ : 1 xy lanh

Nếu trục khuỷu không phân bố các khuỷu theo đúng góc canh tác (điều kiện đồng đều chu trình) thì chu kỳ của momen tổng cũng thay đổi

Vì động cơ đang xét chỉ có 1 xilanh nên đường biểu diễn $\Sigma T = f(\alpha)$ trùng với đường biểu diễn $T = f(\alpha)$.

2) Vẽ đường ngang xác định ΣT_{tb} (đại diện cho momen cản) trực tiếp trên đồ thị bằng cách đếm diện tích bao bởi đường ΣT với trục hoành α ($F_{\Sigma T}$) rồi chia diện tích này cho chiều dài của trục hoành. Nghĩa là :

$$\Sigma T_{tb} = \frac{F_{(\Sigma T)}}{\mu_T \cdot 360} = \frac{\sum_{i=1}^{18} (\Sigma T)_i}{\mu_T \cdot 360} = \frac{41}{10} = 4,1 \text{ (mm)}$$

Trong đó μ_T là tỷ lệ xích của lực tiếp tuyến.

Tiếp đến ta tính $\sum T_{ibt}$ theo công suất động cơ :

$$\sum T_{ibt} = \frac{30 \cdot N_e \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot F_{pt} \cdot R \cdot n \cdot \eta_m}$$

Trong đó : N_e : Công suất động cơ $N_e = 8,83$ (KW)

F_{pt} : Diện tích đỉnh piston $F_{pt} = 7,084 \cdot 10^{-3}$ (m^2)

R : Bán kính quay trục khuỷu $R = 57,5 \cdot 10^{-3}$ (m)

n : Số vòng quay của động cơ $n = 2200$ (v/ph)

$\eta_m = (0,63 \div 0,93)$ chọn $\eta_m = 0,8012$

$$\Rightarrow \sum T_{ibt} = \frac{30 \cdot 8,83 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 7,088 \cdot 10^{-3} \cdot 57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2200 \cdot 0,8012} = 0,117 \text{ [MN / m}^2\text{]}$$

Giá trị biểu diễn của $\sum T_{ibt}$ là

$$\sum T_{tbtbd} = \frac{\sum T_{tbt}}{\mu_T} = \frac{0,117}{0,02778} = 4,212 \quad (\text{mm})$$

Ta kiểm nghiệm bằng công thức thực nghiệm như sau :

$$\frac{|\sum T_{tbtbd} - \sum T_{tbt}|}{\sum T_{tbtbd}} \cdot 100\% = \frac{|4,1 - 4,212|}{4,1} \cdot 100\% = 2,73 \%$$

So sánh 2 giá trị $\sum T_{tbt}$ và $\sum T_{tbtbd}$ ta thấy $2,73\% < 5\%$. Đạt yêu cầu bài toán

2.11 Đồ thị phụ tải tác dụng lên chốt khuỷu.

Ta tiến hành vẽ đồ thị phụ tải tác dụng lên chốt khuỷu theo các bước:

- Vẽ hệ trục tọa độ $O'TZ$ và dựa vào bảng tính $T = f(\alpha)$ và $Z = f(\alpha)$ đã tính ở bảng trên để xác định được các điểm 0 là điểm có tọa độ T_{0° , Z_{0° ; điểm 1 là các điểm T_{10° , Z_{10° ...điểm 72 là điểm có tọa độ T_{720° , Z_{720° .

Thực chất đây là đồ thị p_{tt} biểu diễn trên đồ thị $T - Z$ do ta thấy tính từ gốc tọa độ tại bất kỳ điểm nào ta đều có : $\vec{p}_{tt} = \vec{T} + \vec{Z}$.

- Tìm gốc của phụ tải tác dụng lên chốt khuỷu bằng cách đặt vec tơ p_{k0} (đại diện cho lực quán tính ly tâm tác dụng lên chốt khuỷu) lên đồ thị. Ta có công thức xác định lực quán tính ly tâm tác dụng lên chốt khuỷu là:

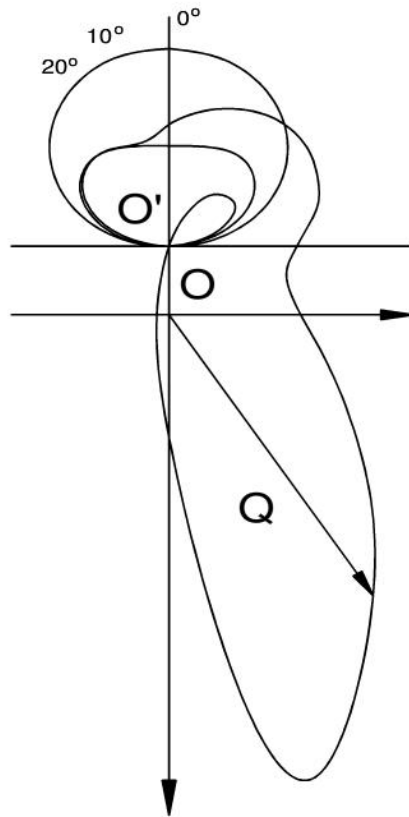
$$p_{k0} = m_2 \cdot R \cdot \omega^2 = 1,629.57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 230,3835^2 = 4971,55 \cdot 10^{-6} \quad (MN)$$

$$\Rightarrow gtbddOO' = \frac{p_{k0}}{F_p \mu_p} = 25,26 \quad (mm)$$

Vậy xác định được gốc O của đồ thị phụ tải tác dụng lên chốt khuỷu. Nối O với bất cứ điểm nào trên đồ thị ta đều có:

$$\vec{Q} = \vec{p}_{k0} + \vec{p}_{tt}$$

Trị số \vec{Q} thể hiện bằng độ dài $|OA|$. Chiều tác dụng là chiều \vec{OA} . Điểm tác dụng là a trên phương kéo dài của AO cắt vòng tròn tượng trưng cho mặt chốt khuỷu.



Hình 2.11 : Đồ thị phụ tải tác dụng lên chốt khuỷu

2.12 Vẽ đường biểu diễn $Q=f(\alpha)$.

Ta tiến hành vẽ đường biểu diễn $Q=f(\alpha)$ theo trình tự sau:

- Chọn hoành độ α gần sát mép dưới của tờ giấy vẽ và đặt cùng μ_a với các đồ thị $p=f(\alpha)$, $T=f(\alpha)$, $Z=f(\alpha)$.
- Từ đồ thị phụ tải tác dụng lên chốt khuỷu ta lập được bảng giá trị của Q theo góc quay α của trục khuỷu:

α (đo)	Q	α (đo)	Q	α (đo)	Q	α (đo)	Q
0	60.26						
10	58.94	190	44.098	370	170.0	550	46.597
20	56.015	200	44.301	380	167.4	560	45.897
30	50.627	210	43.656	390	51.11	570	44.749
40	44.03	220	42.933	400	40.57	580	43.431
50	40.907	230	41.901	410	36.72	590	41.44

60	29.797	240	39.059	420	33.31	600	39.536
70	25.517	250	36.359	430	34.51	610	35.701
80	25.772	260	33.418	440	37.26	620	32.762
90	27.664	270	29.919	450	39.73	630	29.946
100	30.542	280	27.029	460	41.67	640	27.052
110	33.986	290	25.269	470	44.48	650	25.202
120	36.778	300	24.999	480	48.57	660	27.104
130	38.576	310	27.99	490	48.12	670	29.241
140	40.207	320	25.918	500	49.96	680	40.353
150	41.678	330	17.44	510	51.56	690	46.74
160	42.805	340	14.433	520	51.36	700	52.035
170	43.596	350	35.916	530	50.19	710	56.924
180	43.86	360	78.74	540	47.26	720	59.26

- Vẽ $Q = f(\alpha)$ trên đồ thị $Q - \alpha$.

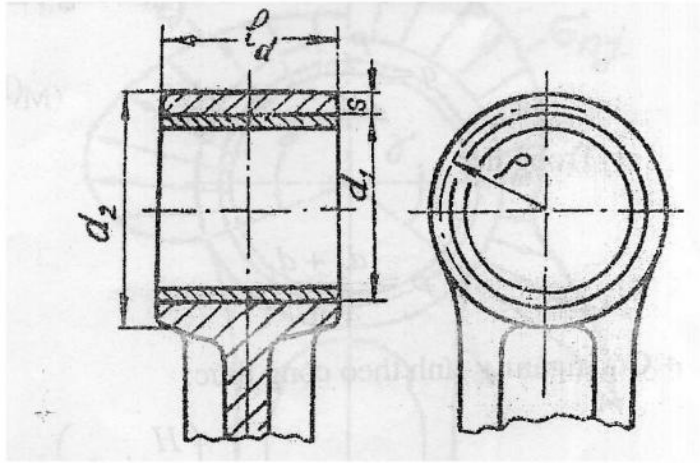
- Xác định Q_{tb} bằng cách đếm diện tích bao bởi $Q = f(\alpha)$ và trục hoành rồi chia cho chiều dài trục hoành ta có Q_{tb} :

$$Q_{tb} = \frac{F_Q}{\mu_Q \cdot 360} = \frac{433}{0,028 \cdot 360} = 43 \quad (mm)$$

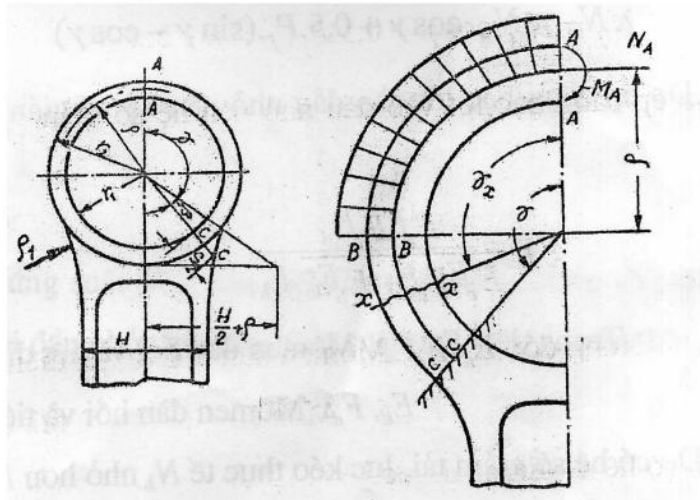
Hệ số va đập χ : $\chi = \frac{Q_{max}}{Q_{tb}} = \frac{170}{43} = 3,95 < 4$

PHẦN III TÍNH NGHIỆM BỀN CÁC CHI TIẾT CHÍNH**3.1.1. Tính kiểm nghiệm đầu nhỏ thanh truyền**

Sơ đồ đầu nhỏ thanh truyền được giới thiệu như hình dưới



Do với loại thanh truyền mỏng $\frac{d_2}{d_1} = \frac{48}{39} = 1,23$ nên ta tính theo lý thuyết thanh cong bị ngàm ở tiết diện chuyển tiếp từ đầu nhỏ đến thân (tiết diện ngàm có góc γ như hình vẽ)

**3.1.1.1. Ứng suất tổng khi thanh truyền chịu kéo**

Kinasotxvili tính với giả thiết sau:

- + Coi lực quán tính phân bố đều trên đường kính trung bình đầu nhỏ:

$$q = \frac{P_j}{2\rho} \quad (\text{MN/m}^2)$$

Trong đó :

$$\rho = \frac{d_2 + d_1}{4} = \frac{48.10^{-3} + 39.10^{-3}}{4} = 21,75.10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$\Rightarrow q = \frac{0,983}{2.21,75.10^{-3}} = 22,6 \quad (\text{MN/m}^2)$$

+ Góc ngàm γ tính theo công thức:

$$\gamma = 90^\circ + \arccos \frac{\left(\frac{H}{2} + \rho\right)}{(r_2 + \rho_1)} = 90^\circ + \arccos \frac{\left(\frac{30.10^{-3}}{2} + 21,75.10^{-3}\right)}{(22,5.10^{-3} + 55.10^{-3})} = 151,7^\circ$$

+ Khi cắt một nửa thanh cong siêu tĩnh, mômen và lực pháp tuyến thay thế xác định theo phương trình sau:

$$M_A = p_j \cdot \rho \cdot (0,00033\gamma - 0,0297)$$

$$\Rightarrow M_A = 0,983.21,75.10^{-3} (0,00033.151,7 - 0,0297) = 4,35.10^{-4} \quad \text{MNm}$$

$$N_A = p_j \cdot (0,572 - 0,0008\gamma)$$

$$\Rightarrow N = 0,983 \cdot (0,572 - 0,0008.151,7) = 0,44 \quad (\text{MN})$$

Với γ : Góc ngàm tính theo độ.

Mô men và lực pháp tuyến trên diện tích ngàm C-C tính theo công thức:

$$M_j = M_A + N_A \cdot \rho \cdot (1 - \cos \gamma) - 0,5 \cdot P_j \cdot \rho \cdot (\sin \gamma - \cos \gamma)$$

$$M_j = 4,4.10^{-4} + 0,44.21,75.10^{-3} \cdot (1 - \cos 151,7^\circ) - 0,5.0,983.21,75.10^{-3} \cdot (\sin 151,7^\circ - \cos 151,7^\circ) = 3,95.10^{-3} \quad (\text{MNm})$$

$$N_j = N_A \cdot \cos \gamma + 0,5 \cdot P_j \cdot (\sin \gamma - \cos \gamma)$$

$$\Rightarrow N_j = 0,44 \cdot \cos 151,7^\circ + 0,5.0,983 (\sin 151,7^\circ - \cos 151,7^\circ) = 0,28 \quad (\text{MN})$$

Do ép căng bậc lót vào đầu nhỏ nên hệ số giảm tải χ tính theo công thức sau:

$$\chi = \frac{E_d \cdot F_d}{E_d \cdot F_d + E_b \cdot F_b}$$

Trong đó: E_d, F_d : Mômen đàn hồi và tiết diện đầu nhỏ

E_b, F_b : Mômen đàn hồi và tiết diện bậc lót

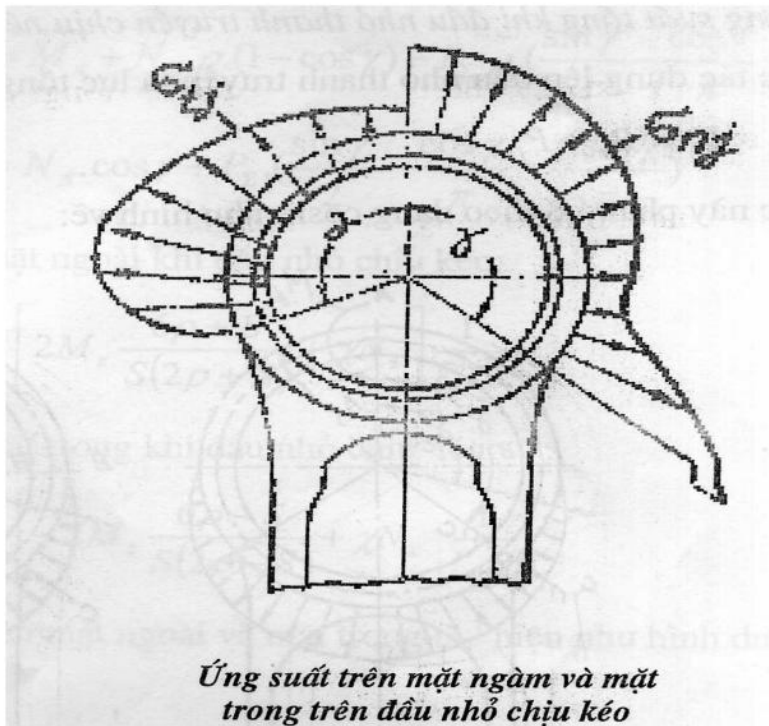
$$F_d = (d_2 - d_1)l_d = (48.10^{-3} - 39.10^{-3}).34.10^{-3} = 306.10^{-6}$$

$$F_b = (d_1 - d_b)l_d = (39.10^{-3} - 35.10^{-3}).34.10^{-3} = 136.10^{-6}$$

Vậy
$$\chi = \frac{2,2.10^5.306.10^{-6}}{2,2.10^5.306.10^{-6} + 1,15.10^5.136.10^{-6}} = 0,81$$

Do có hệ số giảm tải, lực kéo N_k nhỏ hơn N_j

$$N_k = \chi.N_j = 0,81.0,28 = 0,23 \quad (\text{MN})$$



Ứng suất trên mặt trong và mặt ngoài đầu nhỏ trên các tiết diện $\gamma = 0$ đến $\gamma = \gamma$ tính theo công thức sau:

$$\sigma_{ij} = (-2M_j \cdot \frac{6\rho - S}{S(2\rho - S)} + N_k) \cdot \frac{1}{l_d \cdot S}$$

$$\Rightarrow \sigma_{ij} = (-2.3,95.10^{-3} \cdot \frac{6.21,75.10^{-3} - 4,5.10^{-3}}{4,5.10^{-3} (2.21,75.10^{-3} - 4,5.10^{-3})} + 0.23) \cdot \frac{1}{34.10^{-3} \cdot 4,5.10^{-3}} =$$

$$= -3,56.10^4$$

$$\sigma_{nj} = (2M_j \frac{6\rho + S}{S(2\rho + S)} + N_k) \frac{1}{l_d \cdot S}$$

$$\Rightarrow \sigma_{nj} = \left(2,3,95 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{6,21,75 \cdot 10^{-3} + 4,5 \cdot 10^{-3}}{4,5 \cdot 10^{-3} (2,21,75 \cdot 10^{-3} + 4,5 \cdot 10^{-3})} + 0,23 \right) \cdot \frac{1}{34 \cdot 10^{-3} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3}} = 3,38 \cdot 10^4$$

$$\sigma_{nj} < [\sigma_k]$$

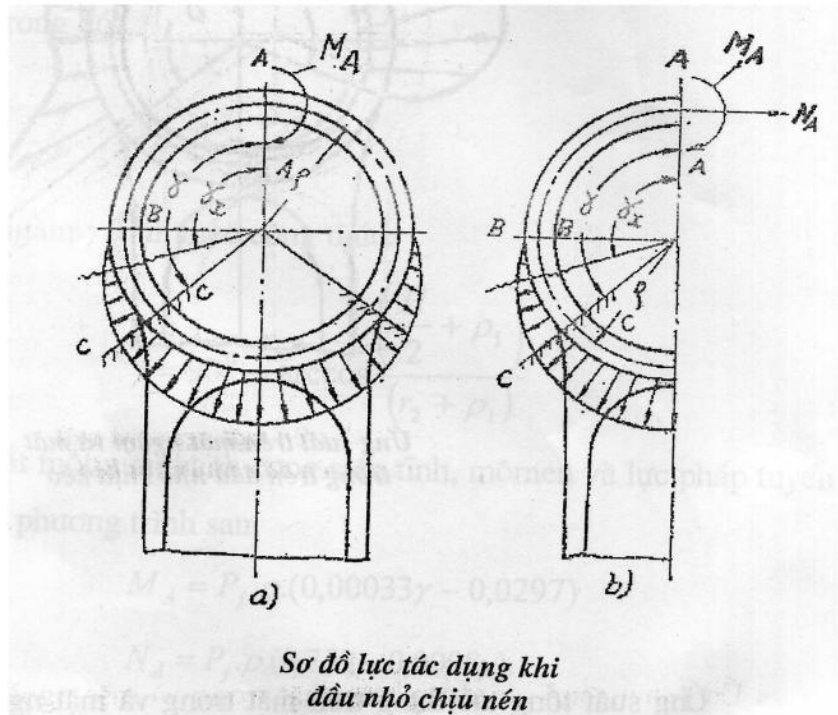
Trong đó: σ_{ij}, σ_{nj} : ứng suất tổng của các điểm trên mặt trong và mặt ngoài đầu nhỏ thanh truyền khi đầu nhỏ chịu kéo, ứng suất này phân bố như trên.

3.1.1.2 ứng suất tổng khi đầu nhỏ thanh truyền chịu nén

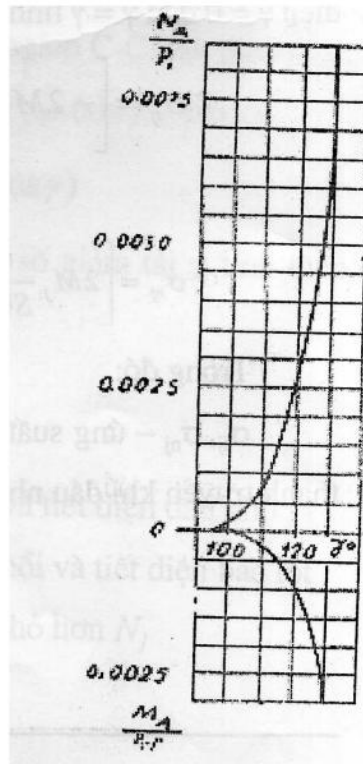
Lực tác dụng lên đầu nhỏ thanh truyền là lực tổng:

$$P_{\Sigma} = P_k + P_j = 6,03$$

Lực này phân bố theo hình dạng cosin như hình vẽ:



Lực và mômen thay thế (M_A và N_A) theo kinasôtvili biến thiên theo góc ngàm γ theo quy luật parabol như hình dưới:



Mômen và lực kéo trên tiết diện ngang xác định theo công thức :

$$M_z = M_A + N_A \cdot \rho \cdot (1 - \cos \gamma) - P_{\Sigma} \cdot \rho \cdot \left(\frac{\sin \gamma}{2} - \frac{\cos \gamma}{\pi} - \frac{\gamma \sin \gamma}{\pi} \right)$$

$$= 4,4 \cdot 10^{-4} + 0,44 \cdot 21,75 \cdot 10^{-3} (1 + 0,88) - 6,03 \cdot 21,75 \cdot 10^{-3} \cdot (0,24 + 0,28 - 0,4)$$

$$= 2,69 \cdot 10^{-3} \text{ MNm}$$

$$N_z = N_A \cdot \cos \gamma + P_{\Sigma} \cdot \left(\frac{\sin \gamma}{2} - \frac{\cos \gamma}{\pi} - \frac{\gamma \sin \gamma}{\pi} \right)$$

$$\Rightarrow N_z = 0,44 \cdot (-0,88) + 6,03 \cdot (0,24 + 0,28 - 0,4) = 0,34 \text{ MN}$$

ứng suất mặt ngoài khi đầu nhỏ chịu kéo:

$$\sigma_{nz} = \left[2M_z \frac{6\rho + S}{S(2\rho + S)} + \chi N_z \right] \frac{1}{l_d \cdot S}$$

$$\Rightarrow \sigma_{nz} = \left[2 \cdot (2,69 \cdot 10^{-3}) \frac{6 \cdot 21,75 \cdot 10^{-3} + 4,5 \cdot 10^{-3}}{4,5 \cdot 10^{-3} (2 \cdot 21,75 \cdot 10^{-3} + 4,5 \cdot 10^{-3})} + 0,81 \cdot 0,34 \right] \frac{1}{34,4 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 23,78 \cdot 10^3 \text{ MN/m}^2$$

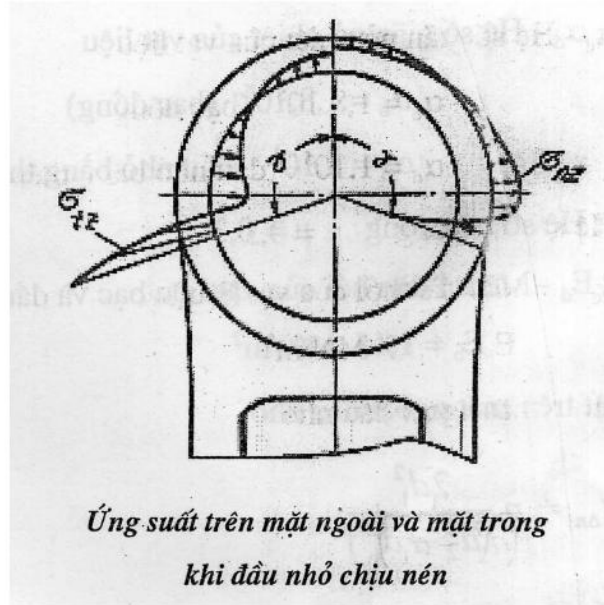
ứng suất mặt trong khi đầu nhỏ chịu nén:

$$\sigma_{tz} = \left[-2M_z \frac{6\rho - S}{S(2\rho - S)} + \chi N_k \right] \frac{1}{l_d \cdot S}$$

$$\Rightarrow \sigma_{nz} = \left[-2 \cdot (2,69 \cdot 10^{-3}) \frac{6 \cdot 21,75 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3}}{4,5 \cdot 10^{-3} (2 \cdot 21,75 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3})} + 0,81 \cdot 0,23 \right] \frac{1}{34,4 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} =$$

$$= -24,03 \cdot 10^3 \text{ MN/m}^2$$

ứng suất trên mặt ngoài và mặt trong thể hiện như hình dưới:



ứng suất trên mặt ngoài và mặt trong khi đầu nhỏ chịu nén

3.4.1.3 ứng suất biến dạng do ép căng bạc lót:

$$p = \frac{\Delta + \Delta_t}{d_1 \left[\frac{\frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} + \mu}{E_d} + \frac{\frac{d_2^2 + d_b^2}{d_2^2 - d_b^2} - \mu}{E_b} \right]} = \frac{4 \cdot 10^{-5} + 4,68 \cdot 10^4}{39 \cdot 10^{-3} \cdot \left[\frac{\frac{48^2 + 39^2}{48^2 - 39^2} + 0,3}{2,2 \cdot 10^5} + \frac{\frac{48^2 + 35^2}{48^2 - 35^2} - 0,3}{1,15 \cdot 10^5} \right]} = 2,43 \cdot 10^{10}$$

Trong đó:

Δ, Δ_t - Độ dôi lắp ghép và độ dôi do giãn nở không đều giữa bạc lót và đầu nhỏ

$$\Delta_t = (\alpha_b - \alpha_d) d_t t^0 = (1,8 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^5) \cdot 39 \cdot 10^{-3} \cdot 150 = 46,8 \cdot 10^4$$

$$\Delta = (0,0004 \div 0,0015) \cdot d_c = (0,0004 \div 0,0015) \cdot 35 \cdot 10^{-3}$$

$$= 1,4 \cdot 10^{-5} \div 5,25 \cdot 10^{-5}$$

Chọn $\Delta = 4.10^{-5}$

t^0 - nhiệt độ làm việc của đầu nhỏ, $t^0 \approx 150^0$

d_1, d_2, d_b - lần lượt là đường kính lỗ đầu nhỏ, đường kính ngoài đầu nhỏ và đường kính trong bạc.

α_b, α_d - Hệ số giãn nở nhiệt của vật liệu

$$\alpha_b = 1,8.10^{-5} \quad (\text{bạc đồng})$$

$$\alpha_d = 1.10^{-5} \quad (\text{đầu nhỏ bằng thép})$$

μ - Hệ số poaxông $\mu = 0,3$

E_b, E_d - Môđul đàn hồi của vật liệu bạc và đầu nhỏ:

$$E_b = 1,15.10^5 \text{ MN/m}^2, \quad E_d = 2,2.10^5 \text{ MN/m}^2$$

ứng suất trên mặt ngoài đầu nhỏ:

$$\sigma_{\Delta n} = p \cdot \frac{2d_1^2}{(d_2^2 - d_1^2)} = 2,43.10^{10} \cdot \frac{2.39^2}{48^2 - 39^2} = 9,4.10^{10} \text{ MN/m}^2$$

ứng suất trên mặt trong đầu nhỏ:

$$\sigma_{\Delta t} = p \cdot \frac{(d_2^2 + d_1^2)}{(d_2^2 - d_1^2)} = 2,43.10^{10} \cdot \frac{(48^2 + 39^2)}{(48^2 - 39^2)} = 11,87.10^{10} \text{ MN/m}^2$$

3.4.1.4 Hệ số an toàn đầu nhỏ

ứng suất cực đại và cực tiểu khi đầu nhỏ chịu kéo và nén xác định theo phương trình sau:

$$\sigma_{\min} = \sigma_{nj} + \sigma_{\Delta n} = 3,38.10^4 + 9,4.10^{10} = 9,40000338.10^{10} \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{nz} + \sigma_{\Delta n} = 77,9.10^4 + 9,4.10^{10} = 9,4000779.10^{10}$$

- Biên độ ứng suất:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{77,9.10^4 - 3,38.10^4}{2} = 37,26.10^4 \text{ MN/m}^2$$

- ứng suất trung bình:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{3,38.10^4 + 77,9.10^4 + 2.9,4.10^{10}}{2} = 9,40004064.10^{10} \text{ MN/m}^2$$

Hệ số an toàn của đầu nhỏ:

$$\sigma_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a + \psi_{\sigma} \sigma_m} = \frac{600}{37,26.10^4 + 0,25.9,40004064.10^{10}} = 2,553.10^{-8}$$

$$\text{Hệ số } \psi_{\delta} = \frac{2\delta_{-1} - \delta_o}{\delta_o} = 2 \cdot \frac{\delta_{-1}}{\delta_o} - 1 = \frac{2}{1,5} - 1 = 0,25$$

3.1.2. Tính kiểm nghiệm thân thanh truyền

Ta có vận tốc trung bình của động cơ là:

$$C_m = S \cdot \frac{n}{30} = 115.10^{-3} \cdot \frac{2200}{30} = 8,43 \quad m/s$$

Suy ra đây là động cơ tốc độ trung bình

Tính nghiệm bền thân thanh truyền động cơ tốc độ cao phải xét đến lực quán tính theo hệ số an toàn.

a. ứng suất nén trên tiết diện nhỏ nhất:

$$\sigma_n = \frac{P_{z \max}}{F_{\min}} \cdot k = \frac{0,05}{99,8.10^{-6}} \cdot 1,15 = 576 \quad MN/m^2$$

Trong đó: $F_{\min} = 0,166H \cdot h = 0,166.30.20,04.10^{-6} = 99,8.10^{-6}$ - tiết diện nhỏ nhất của thân thanh truyền

b. ứng suất tổng trên tiết diện trung bình

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{P_{z \max}}{F_{tb}} \cdot k \quad MN/m^2$$

Trong đó:

F_{tb} - tiết diện trung bình của thân, $F_{tb} = (H-h) \cdot B + h \cdot (B-b)$

$$= (30.10^{-3} - 16.10^{-3}) \cdot 20.10^{-3} + 16.10^{-3} \cdot (20.10^{-3} - 17,52.10^{-3}) = 319,68.10^{-6}$$

k-hệ số tải trọng, $k=1,15$

$$P_{\Sigma \max} = P_{jt} + P_z \quad (Mpa)$$

$$P_{jt} = (m_{np} + \frac{1}{2} m_{tt}) \cdot R \omega^2 (1 + \lambda)$$

$$= (1,15 + \frac{1}{2} 2,262) \cdot 57,5.10^{-3} 230,3835^2 (1 + 0,28) = 8910,6$$

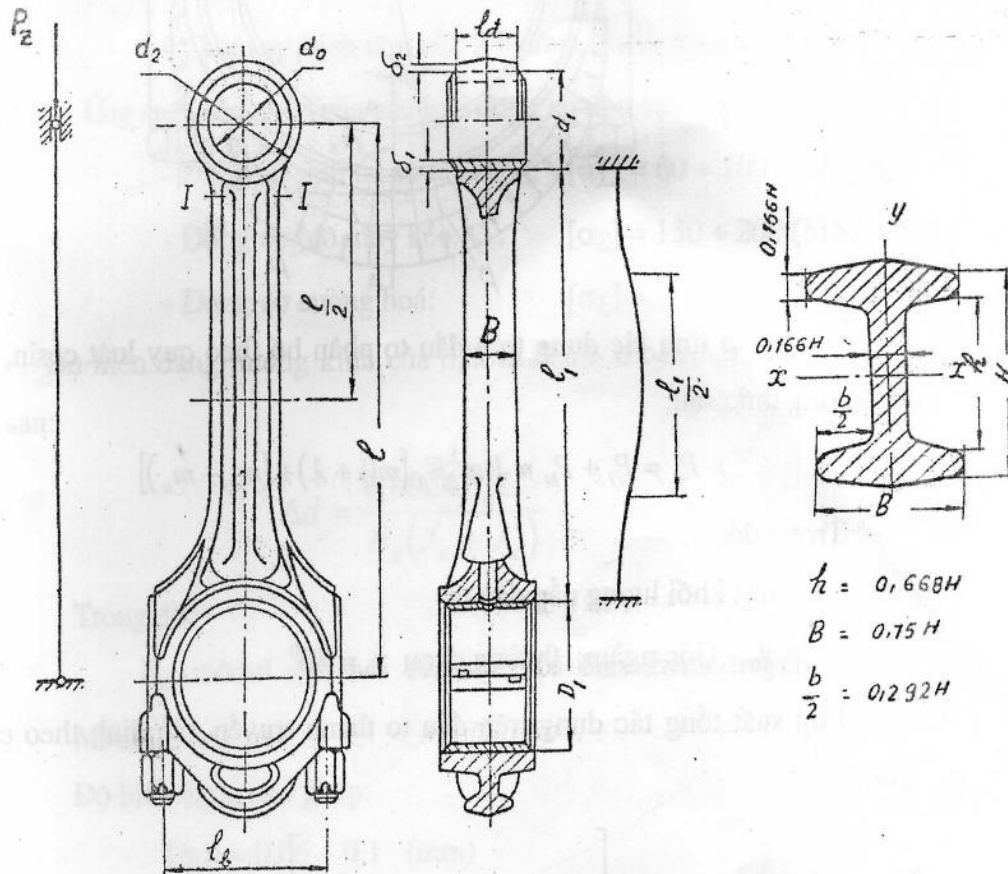
$$P_z = p_z \cdot F_p = 7,027 \cdot \frac{3,14 \cdot (95.10^{-3})^2}{4} = 0,05$$

$$\Rightarrow P_{\Sigma \max} = 8910,6 + 0,05 = 8910,65$$

$$\Rightarrow \sigma_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma \max}}{F_{tb}} \cdot k = \frac{0,05}{319,68 \cdot 10^{-6}} \cdot 1,15 = 179,87 \text{ MN/m}^2$$

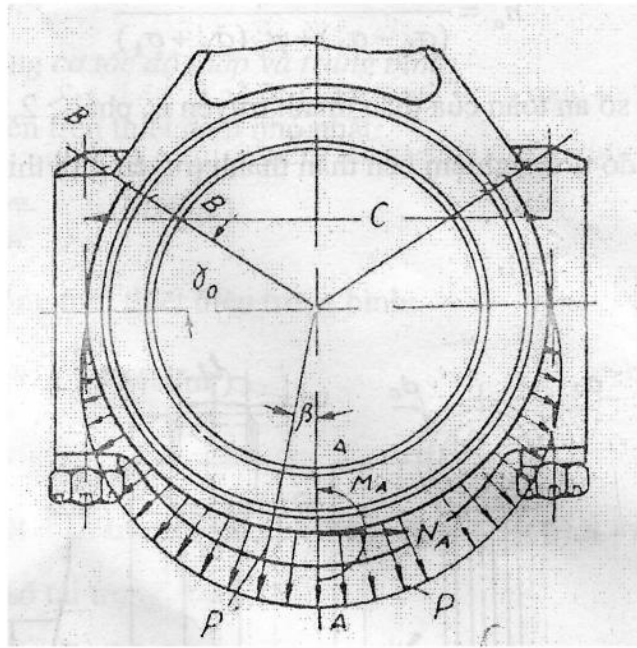
Ứng suất cho phép đối với thanh truyền làm bằng thép cacbon:

$$[\sigma_{\Sigma}] = 80 \div 120 \text{ (MN/m}^2\text{)}$$



3.1.3. Tính kiểm nghiệm đầu to thanh truyền

Đầu to thanh truyền cũng được giả thuyết như một thanh cong bị ngàm ở tiết diện nối tiếp với thân như hình vẽ:



Lực quán tính tác dụng lên đầu to phân bố theo quy luật cosin, xác định theo công thức:

$$P_d = P_j + P_{kt} = R\omega^2 F_p \cdot [m(1+\lambda) + (m_2 - m_n)]$$

$$P_d = 57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 230,3835^2 \cdot 7,084 \cdot 10^{-3} [1,78(1+0,28) + (1,63 - 0,485)] = 74,01 \cdot 10^{-3} \text{ MN}$$

Trong đó: m_n - khối lượng nắp đầu to

γ_0 - Góc ngàm, thường chọn $\gamma_0 = 40^\circ$

ứng suất tổng tác dụng trên đầu to thanh truyền xác định theo công thức sau:

$$\sigma_\Sigma = P_d \left[\frac{0,023C}{W_u \left(1 + \frac{J_b}{J_d} \right)} + \frac{0,4}{(F_b + F_d)} \right] = 74,01 \cdot 10^{-3} \left[\frac{0,023 \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{9,6 \cdot 10^{-7} \left(1 + \frac{0,0495 \cdot 10^{-9}}{5,76 \cdot 10^{-9}} \right)} + \frac{0,4}{95 \cdot 10^{-6} + 480 \cdot 10^{-6}} \right]$$

$$= 209,71 \text{ MN/m}^2$$

Trong đó:

W_u - Mômen chống uốn của tiết diện A-A

$$W_u = \frac{S_d^2 I_d}{6} = \frac{12^2 \cdot 10^{-6} \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{6} = 9,6 \cdot 10^{-7}$$

J_b, J_d - Mômen quán tính của tiết diện bạc lót và nắp đầu to tại A-A

$$J_b = \frac{l_b \cdot s_b^3}{12} = \frac{38 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5^3 \cdot 10^{-9}}{12} = 0,0495 \cdot 10^{-9}$$

$$J_d = \frac{l_d \cdot s_d^3}{12} = \frac{40 \cdot 10^{-3} \cdot 12^3 \cdot 10^{-9}}{12} = 5,76 \cdot 10^{-9}$$

F_b, F_d - Tiết diện bậc lót và nắp đầu to ở A-A

$$F_b = l_b \cdot s_b = 38 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} = 95 \cdot 10^{-6}$$

$$F_d = l_d \cdot s_d = 40 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 480 \cdot 10^{-6}$$

C - Khoảng cách tâm của 2 bulông thanh truyền

Ứng suất cho phép của các loại động cơ như sau:

- Động cơ tĩnh tại và tàu thủy: $[\sigma_\Sigma] = 60 \div 100 \text{ (MN/m}^2\text{)}$

- Động cơ ô tô, máy kéo: $[\sigma_\Sigma] = 150 \div 200 \text{ (MN/m}^2\text{)}$

- Động cơ cường hoá: $[\sigma_\Sigma] = 200 \div 300 \text{ (MN/m}^2\text{)}$

Độ biến dạng hướng kính của đầu to thanh truyền xác định theo công thức sau:

$$\Delta d = \frac{0,0024 p_d C^3}{E_d (J_b + J_d)} = \frac{0,0024 \cdot 74,01 \cdot 10^{-3} \cdot 90^3 \cdot 10^{-9}}{2,2 \cdot 10^5 (0,0495 \cdot 10^{-9} + 5,76 \cdot 10^{-9})} = 0,09$$

Trong đó: E_d - Môđul đàn hồi của vật liệu làm thanh truyền $E_d = 2,2 \cdot 10^5 \text{ MN/m}^2$.

Độ biến dạng cho phép:

$$\Delta d = 0,06 \div 0,1 \text{ (mm)}$$

3.1.4. Tính kiểm nghiệm bền bulông thanh truyền

1. Lực tác dụng lên bulông thanh truyền cũng là lực kéo tác dụng lên đầu to thanh truyền. Nếu số lượng bulông là z thì lực tác dụng trên mỗi bulông sẽ là:

$$\begin{aligned} P_b &= \frac{P_d}{z} = \frac{R \cdot \omega^2}{z} F_p \left[m(1 + \lambda) + (m^2 - m_n) \right] = \\ &= \frac{57,5 \cdot 10^{-3} \cdot 230,3835^2}{2} \cdot 7,08 \cdot 10^{-3} \left[1,78 \cdot (1 + 0,28) + (1,78^2 - 0,485) \right] \\ &= 53,6 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

2. Lực siết chặt ban đầu tính theo công thức kinh nghiệm sau :

$$P_s = (2 \div 3) P_b = (2 \div 3) 53,6 \cdot 10^{-4} = (107,2 \div 160,8) \cdot 10^{-4}$$

Chọn $P_s = 110 \cdot 10^{-4}$

3. Lực tác dụng lên bulong khi động cơ làm việc

$$P_{bl} = P_s + \chi P_b = 110 \cdot 10^{-4} + 0,253,6 \cdot 10^{-4} = 120,7 \cdot 10^{-4}$$

Trong đó : χ - Hệ số giảm tải $\chi = 0,2 \div 0$

4. Ứng suất kéo bulong thanh truyền

$$\sigma_k = \frac{P_{bl}}{F_{bl}} = \frac{120,7 \cdot 10^{-4}}{8,65 \cdot 10^{-5}} = 139,5$$

Trong đó : F_{bl} - tiết diện bulong thanh truyền ở đường kính chân ren.

$$F_{bl} = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = \frac{\pi \cdot 10,5^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 8,65 \cdot 10^{-5}$$

d_o - đường kính chân ren

5. Momen xoắn bulong do ma sát khi siết bulong tính theo công thức sau :

$$M_x = \mu P_s \frac{d_o}{2} = 0,1 \cdot 110 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{11,25 \cdot 10^{-3}}{2} = 61,88 \cdot 10^{-7} \quad (\text{MNm})$$

Trong đó : μ - Hệ số ma sát lấy bằng 0,1 ;

d_o - Đường kính trung bình ren ốc

6. Ứng suất xoắn bulong

$$\tau_x = \frac{M_x}{W_x} \approx \frac{\mu P_s}{0,4 d_o^2} = \frac{0,1 \cdot 110 \cdot 10^{-4}}{0,4 \cdot (11,25 \cdot 10^{-3})^2} = 21,73$$

7. Ứng suất tổng

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_k^2 + 4 \cdot \tau_x^2} = \sqrt{139,5^2 + 4 \cdot 21,73^2} = 146,13$$

Ứng suất cho phép đối với bulong thanh truyền các loại động cơ như sau :

- Động cơ tĩnh tại và tàu thủy : $[\sigma_\Sigma] = 80 \div 120 \quad (\text{MN/m}^2)$

- Động cơ ô tô máy kéo : $[\sigma_\Sigma] = 120 \div 180 \quad (\text{MN/m}^2)$

- Động cơ cường hóa : $[\sigma_\Sigma] = 180 \div 200 \quad (\text{MN/m}^2)$

Kết luận: Qua quá trình kiểm nghiệm bền thanh truyền ta thấy giá trị ứng suất tính được lớn hơn giá trị ứng suất cho phép nên trong quá trình thiết kế sản xuất cần phải sử dụng các biện pháp kết cấu để tăng độ cứng vững của thanh truyền như các biện pháp sau :

+> sử dụng thép hợp kim thay thép cacbon để chế tạo thanh truyền.

+>bulong thanh truyền còn được tôi,ram và xử lí bề mặt bằng phun cát,phun bi để đạt độ cứng $HRC = 26 \div 32$.

Mục lục

Phần mục	Tên nội dung thuyết minh	trang
I	Tính toán chu trình động cơ đốt trong	3
II	Tính toán động học và động lực học	24
III	Tính nghiệm bền chi tiết thanh truyền	56

Tài liệu tham khảo

1. **Giáo trình tính toán và kết cấu Đơơ đốt trong** – Tài liệu nội bộ Trường ĐHSP kt Vinh.
2. **Hướng dẫn thiết kế đồ án môn Động cơ đốt trong** -Tài liệu nội bộ Trường ĐHSP kt Vinh.
3. **Nguyên lý động cơ đốt trong** – NXB GD.
4. **GT sức bền vật liệu** – NXB GD.