

# HƯỚNG DẪN THỰC HÀNH THIẾT KẾ CHI TIẾT MÁY

## Phần thuyết minh

### 1. Trang bìa

### 2. Lời tựa

### 3. Đề

### 4. Nhận xét

### 5. Mục lục

### 6. Bảng biểu thời gian thực hiện Đồ án – Chi tiết máy

### 7. Các kí hiệu

### 8. Nội dung

Chương 1: Chọn động cơ và phân phối tỉ số truyền

Chương 2: Thiết kế bộ truyền ngoài hộp số (Bộ truyền đai; bộ truyền xích)

Chương 3: Thiết kế bộ truyền bánh răng.

Chương 4: Tính toán, thiết kế trục, then và khớp nối.

Chương 5: Tính toán, chọn ổ lăn.

Chương 6: Bôi trơn, vỏ hộp số và các chi tiết tiêu chuẩn khác.

### 9. Tài liệu tham khảo

[1] Trịnh Chất – Lê Văn Uyển. Tính toán thiết kế hệ thống dẫn động cơ khí, tập 1 &2, NXB giáo dục Việt Nam.

[2] Nguyễn Hữu Lộc, 2012. Cơ sở thiết kế máy, Đại học quốc gia Tp.HCM.

[3] Đinh Gia Tường – Nguyễn Xuân Lạc – Trần Doãn Tiến. Nguyên lý máy, NXB giáo dục Việt Nam

[4] Tạ Ngọc Hải, 2005. Nguyên lý máy, khoa học kỹ thuật.

[5] Trần Hữu Quế. Vẽ kỹ thuật cơ khí tập 1 & 2, NXB giáo dục Việt Nam.

[6] Trần Hữu Quế, 2009. Bài tập vẽ kỹ thuật cơ khí tập 1 & 2, NXB giáo dục Việt Nam

[7] Trần Hữu Quế, 2009. Bài tập vẽ kỹ thuật cơ khí tập 1 & 2, NXB giáo dục Việt Nam

[8] Ninh Đức Tôn, Nguyễn Thị Xuân Bảy, Dung sai lắp ghép và kỹ thuật đo lường, NXB giáo dục Việt Nam.

[9] Ninh Đức Tôn, Sổ tay dung sai lắp ghép, NXB giáo dục Việt Nam.

# NỘI DUNG

## TÌM HIỂU TRUYỀN DẪN CƠ KHÍ TRONG MÁY

### 1. Những vấn đề cơ bản về thiết kế máy và hệ thống dẫn động

#### 1.1 Nội dung thiết kế máy và chi tiết máy

#### 1.2 Phương pháp tính toán thiết kế máy và chi tiết máy

#### 1.3 Tài liệu thiết kế

Đọc trang 5 → 14 – Tài liệu [1].

### 2. Hệ thống dẫn động cơ khí bao gồm các loại truyền dẫn

#### 2.1 Truyền dẫn cơ khí

- Bộ truyền đai, bộ truyền xích, bộ truyền bánh răng,..Tài liệu [2].

#### 2.2 Truyền động điện

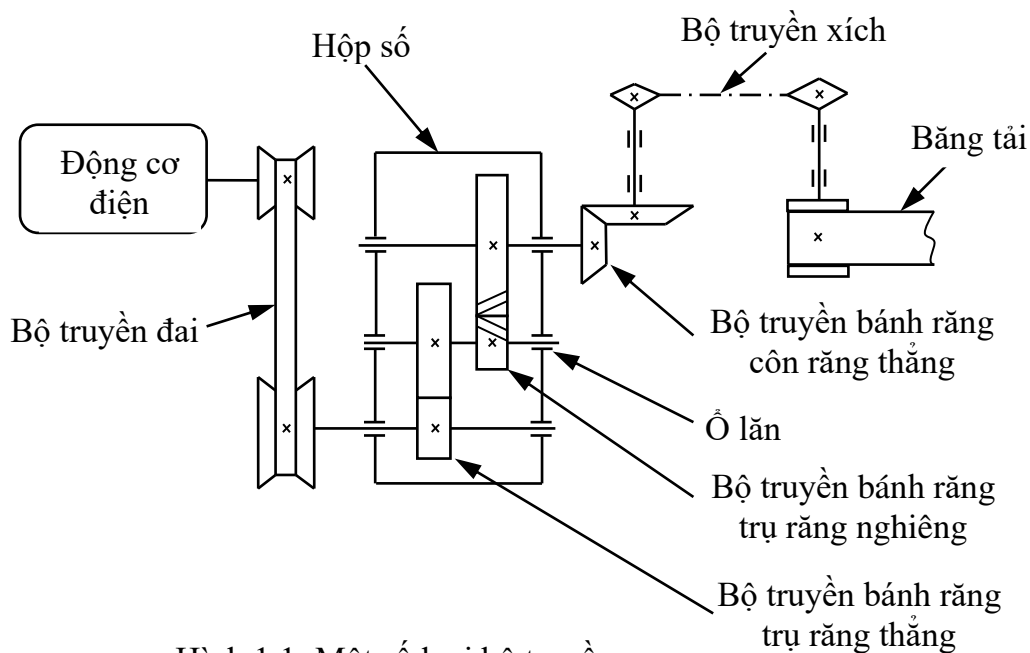
- Điện một chiều, xoay chiều.

Đọc trang 14 → 18 – Tài liệu [1].

#### 2.3 Truyền động có chi tiết trung gian

- Truyền động khí nén, thủy lực,...

### 3. Sơ đồ kí hiệu, lược đồ của các loại bộ truyền



Hình 1.1: Một số loại bộ truyền

### 4. Ưu – nhược điểm của từng loại bộ truyền và các ứng dụng của nó

### 5. Các dạng hộp số

#### 5.1 Bánh răng trụ một cấp

## 5.2 Bánh răng côn một cấp

## 5.3 Bánh răng trụ hai cấp

- Đồng trục.
- Khai triển.
- Phân đôi.
- Bánh răng chữ V.

## 5.4 Côn – trụ hai cấp

## 5.5 Bánh vít – trục vít

Đọc trang 25 → 37 – Tài liệu [1].

*Lưu ý: Phân biệt các loại hộp số, ưu – nhược điểm, ứng dụng của từng loại hộp số.*

## 6. Các đặc trưng chuyển động quay

- Vận tốc

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} (\text{rad} / \text{s}), \quad v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{p \cdot z \cdot n}{60 \cdot 1000} (\text{m/s}).$$

- Công, công suất

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F_t \cdot v}{1000} = \frac{T \cdot n}{9,55 \cdot 10^6} (\text{kW}).$$

- Hiệu suất của một cặp bộ truyền

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot u}$$

Hiệu suất chung của máy bằng tích hiệu suất các bộ truyền tạo ra chuỗi động.

$$\eta_{\text{chung}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots \eta_n = \prod \eta_i$$

Tỉ số truyền của máy bằng tích tỉ số truyền của các bộ truyền tạo nên chuỗi động.

$$u(i)_{\text{chung}} = u_{12} \cdot u_{23} \cdot u_{34} \dots u_{n-1,n} = \frac{n_1}{n_n} = \prod u_i$$

Đọc trang 86 → 88 – Tài liệu [2].

# TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ CÁC LOẠI BỘ TRUYỀN

## Chương 1: CHỌN ĐỘNG CƠ VÀ PHÂN PHỐI TỈ SỐ TRUYỀN

### 1. Chọn động cơ

#### 1.1 Công suất cần thiết của động cơ

Công suất cần thiết trên trục động cơ

$$P_{ct} \geq \frac{P}{\eta} (kW)$$

Trong đó, công suất trên trục công tác

$$\text{Tải không đổi: } P = P_{lv} = \frac{F.v}{1000} = ? (kW)$$

$$\text{Tải thay đổi theo bậc: } P = P_{td} = \frac{F.v}{1000} \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{T_1}{T_{\max}}\right)^2 t_1 + \left(\frac{T_2}{T_{\max}}\right)^2 t_2}{t_1 + t_2}} = ? (kW)$$

Hiệu suất của máy  $\eta$  là tích hiệu suất các truyền dẫn cơ khí tham gia truyền dẫn trong máy (cơ cấu).

$$\eta_{\text{chung}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \dots$$

$$\text{Với đề 1, 2, 5, 6, 7, 9: } \eta_{\text{chung}} = \eta_{\text{dai}} \cdot \eta_{\text{banhtrang}} \cdot \eta_{\text{olan}} \cdot \eta_{\text{kn}} = \eta_{\text{dai}} \cdot \eta_{\text{1capBRT}}^2 \cdot \eta_{\text{1capolan}}^4 \cdot \eta_{\text{kn}} = ?$$

$$\text{Với đề 3, 4, 8, 10: } \eta_{\text{chung}} = \eta_{\text{kn}} \cdot \eta_{\text{banhtrang}} \cdot \eta_{\text{olan}} \cdot \eta_x = \eta_{\text{kn}} \cdot \eta_{\text{1capBRT}}^2 \cdot \eta_{\text{1capolan}}^4 \cdot \eta_x = ?$$

Tra giá trị hiệu suất của các bộ truyền ở **bảng 2.3**/Trang 19 – Tài liệu [1].

Đọc trang 19 → 23 – Tài liệu [1] chọn hiệu suất các bộ truyền.

$$\Rightarrow P_{ct} \geq \frac{P}{\eta} = ? (kW)$$

#### 1.2 Số vòng quay đồng bộ của động cơ

Số vòng quay trục công tác

$$v = \frac{\pi.d.n}{60.1000} = \frac{p.z.n}{60.1000} (m/s)$$

$$\Rightarrow n_{lv} = \frac{60.1000.v}{\pi.d} = \frac{60.1000.v}{p.z} = ? (vg/ph)$$

Tỉ số truyền của máy

$$\text{Với đề 1, 2, 5, 6, 7, 9: } u(i)_{\text{chung}} = u_d \cdot u_{hs} \cdot u_{kn} = \frac{n_{ct}}{n_{lv}} \Rightarrow n_{ct} = ?$$

$$\text{Với đề 3, 4, 8, 10: } u(i)_{\text{chung}} = u_{kn} \cdot u_{hs} \cdot u_x = \frac{n_{ct}}{n_{lv}} \Rightarrow n_{ct} = ?$$

Tra **bảng 2.4**/Trang 21 – Tài liệu [1], chọn:  $u_d, u_x, u_{hs}, u_{kn}, \dots = ?$

(Nên chọn nguyên khoảng rồi nhân lại để có giá trị  $n_{ct\min}, n_{ct\max}$  tiện cho việc chọn giá trị số vòng quay đồng bộ của động cơ điện).

Số vòng quay đồng bộ của động cơ

$$n_{db} = \frac{60 \cdot f}{p} = ? (\text{vg / ph})$$

- $f = 50\text{Hz}$  - Tần số dòng điện sử dụng.
- $p$ : số cặp cực của động cơ

Nên chọn  $n_{db}$  gần giá trị  $n_{ct\min}$  để hộp số nhỏ gọn

Đọc trang 14÷18, Phụ lục trang 234 – Tài liệu [1]

### 1.3 Tra phụ lục chọn động cơ

$$\begin{cases} P_{ct} \geq ? \\ n_{db} = ? \end{cases} .$$

Nếu tính quá tải thì nhân thêm điều kiện quá tải mong muốn, rồi mới chọn động cơ. Ví dụ cần quá tải 150% thì  $\begin{cases} P_{DongCo} \geq 150\% \cdot P_{ct} = ? \\ n_{db} = ? \end{cases}$

Từ công suất và số vòng quay đồng bộ tính được ở trên, dựa vào phụ lục **Bảng Phụ Lục** – Tài liệu [1] → Chọn được một số loại động cơ phù hợp với điều kiện trên. (Ghi đầy đủ đặc tính của động cơ)

Từ đó chọn 01 động cơ phù hợp với nhu cầu sử dụng.

#### **Lưu ý:**

Máy có tính quá tải cho phép hoặc không.

Chọn động cơ quay quá nhanh thì khối lượng nhỏ nhưng tỉ số truyền của các bộ truyền trong hộp số lớn dẫn đến kích thước bộ truyền lớn. Vì vậy, phải cân nhắc để đảm bảo các yêu cầu đặt ra lúc ban đầu.

## 2. Phân phối tỉ số truyền

### 2.1 Tỉ số truyền của cơ cấu (máy)

$$\text{Với đề 1, 2, 5, 6, 7, 9: } u(i)_{chung} = u_d \cdot u_{hs} \cdot u_{kn} = \frac{n_{dc}}{n_{lv}} = ?$$

$$\text{Với đề 3, 4, 8, 10: } u(i)_{chung} = u_{kn} \cdot u_{hs} \cdot u_x = \frac{n_{dc}}{n_{lv}} = ?$$

### 2.2 Tỉ số truyền của các bộ truyền có trong cơ cấu (hộp giảm tốc hai cấp)

Tỉ số truyền  $u_{hs}$  có giá trị tiêu chuẩn (chọn giá trị nhỏ thì hộp số nhỏ gọn).

Chọn theo tiêu chuẩn  $u_{hs} = ?$

$$u_{hs} = u_{12} \cdot u_{23} = ?$$

Có thể tra  $u_{12}, u_{23}$  theo bảng 3.1, tài liệu [1]

Đề 7, 9, 10 là dạng hộp số đồng trục, đọc Trang 44, tài liệu [1] để tính  $u_{12}, u_{23}$

(Lưu ý: sai số trị số của tỉ số truyền không quá 2÷3%)

Chọn  $u_{kn} \approx 1$

Tỉ số truyền của bộ truyền ngoài hộp số

$$\text{Với đề 1, 2, 5, 6, 7, 9: } u_d = \frac{u(i)_{chung}}{u_{hs} \cdot u_{kn}} = ?$$

$$\text{Với đề 3, 4, 8, 10: } u_x = \frac{u(i)_{chung}}{u_{hs} \cdot u_{kn}} = ?$$

**Lưu ý:**  $u_d, u_x$  phải có giá trị trong khoảng cho phép

### 3. Các thông số khác

#### 3.1 Công suất trên các trục

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_1 = ? (kW)$$

Với đề 1, 2, 5, 6, 7, 9

$$\eta_{III,IV} = \frac{P_{IV}}{P_{III}} \Leftrightarrow \eta_{\text{Icapolan}} \cdot \eta_{kn} = \frac{P_{IV}}{P_{III}} \Rightarrow P_{III} = ?$$

$$\eta_{II,III} = \frac{P_{III}}{P_{II}} \Leftrightarrow \eta_{\text{Icapolan}} \cdot \eta_{\text{Icapbanhtrangtru}} = \frac{P_{III}}{P_{II}} \Rightarrow P_{II} = ?$$

$$\eta_{I,II} = \frac{P_{II}}{P_I} \Leftrightarrow \eta_{\text{Icapolan}} \cdot \eta_{\text{Icapbanhtrangtru}} = \frac{P_{II}}{P_I} \Rightarrow P_I = ?$$

Với đề 3, 4, 8, 10

$$\eta_{III,IV} = \frac{P_{IV}}{P_{III}} \Leftrightarrow \eta_{\text{Icapolan}} \cdot \eta_x = \frac{P_{IV}}{P_{III}} \Rightarrow P_{III} = ?$$

$$\eta_{II,III} = \frac{P_{III}}{P_{II}} \Leftrightarrow \eta_{\text{Icapolan}} \cdot \eta_{\text{Icapbanhtrangtru}} = \frac{P_{III}}{P_{II}} \Rightarrow P_{II} = ?$$

$$\eta_{I,II} = \frac{P_{II}}{P_I} \Leftrightarrow \eta_{\text{Icapolan}} \cdot \eta_{\text{Icapbanhtrangtru}} = \frac{P_{II}}{P_I} \Rightarrow P_I = ?$$

#### 3.2 Số vòng quay trên các trục

$$u_{i,i+1} = \frac{n_i}{n_{i+1}} \Rightarrow n_{i+1} = ?(vg / ph)$$

Với đề 1, 2, 5, 6, 7, 9

$$\text{Số vòng quay trên trục I: } u_d = \frac{n_{dc}}{n_I} \Rightarrow n_I = ?(vg / ph)$$

$$\text{Số vòng quay trên trục II: } u_{12} = \frac{n_I}{n_{II}} \Rightarrow n_{II} = ?(vg / ph)$$

$$\text{Số vòng quay trên trục III: } u_{23} = \frac{n_{II}}{n_{III}} \Rightarrow n_{III} = ?(vg / ph)$$

Với đề 3, 4, 8, 10

$$\text{Số vòng quay trên trục I: } u_{kn} = \frac{n_{dc}}{n_I} \Rightarrow n_I = ?(vg / ph)$$

$$\text{Số vòng quay trên trục II: } u_{12} = \frac{n_I}{n_{II}} \Rightarrow n_{II} = ?(vg / ph)$$

$$\text{Số vòng quay trên trục III: } u_{23} = \frac{n_{II}}{n_{III}} \Rightarrow n_{III} = ?(vg / ph)$$

### 3.3 Moment xoắn trên các trục

$$T_i \approx 9,55 \cdot 10^6 \frac{P_i}{n_i} (Nmm)$$

$$\text{Moment trên trục III: } T_{III} \approx 9,55 \cdot 10^6 \frac{P_{III}}{n_{III}} = ?(Nmm)$$

$$\text{Moment trên trục II: } T_{II} \approx 9,55 \cdot 10^6 \frac{P_{II}}{n_{II}} = ?(Nmm)$$

$$\text{Moment trên trục I: } T_I \approx 9,55 \cdot 10^6 \frac{P_I}{n_I} = ?(Nmm)$$

Đọc trang 49 – Tài liệu [1].

## 4. Bảng tổng kết số liệu tính được

Đọc trang 49 – Tài liệu [1]

## Chương 2: BỘ TRUYỀN NGOÀI HỘP SỐ (ĐAI, XÍCH)

### A. Bộ truyền đai

#### 2.1 Nêu các lí do để chọn loại đai (đai thang, đai dẹt, đai răng,...)

Có thể dựa vào:

- Điều kiện làm việc: Không gian đặc máy, kết cấu của truyền động, tải trọng,...
- Ưu điểm loại đai muốn thiết kế.
- Chọn loại đai cần thiết kế.

#### 2.2 Tính toán đai

##### 2.2.1 Bộ truyền đai thang

**Bước 1:** Chọn loại đai thang

- $\begin{cases} P_{dc} = ? \\ n_{dc} = ? \end{cases}$  Theo **hình 4.22**/Trang 153 – Tài liệu [2] → Chọn đai thang loại?

**Bước 2:** Xác định đường kính bánh đai dẫn theo công thức

$d_1 \approx 1,2d_{\min}$  và chọn  $d_1$  theo tiêu chuẩn.

- Chọn  $d_{\min}$  theo **bảng 4.3**/Trang 128 – Tài liệu [2].
- $d_1$  theo tiêu chuẩn – Trang 152 – Tài liệu [2].
- Kiểm tra vận tốc của bánh đai dẫn (so sánh với giá trị max).

$$v_1 = \frac{\pi \cdot n_{dc} \cdot d_1}{60 \cdot 1000} (m/s) = ? \leq v_{\max} = (25 \div 30) (m/s)$$

**Bước 3:** Chọn hệ số trượt và xác định đường kính bánh đai bị dẫn theo công thức

- $d_2 = d_1 \cdot u_d \cdot (1 - \xi)$ , chọn  $d_2$  theo tiêu chuẩn – Trang 152 – Tài liệu [2].
- Tính lại  $u' = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \xi)}$  và kiểm tra lại  $\Delta u = \left| \frac{u - u'}{u} \right| \cdot 100\% \leq 5\%$
- Nếu không thỏa quay lại tính và chọn lại  $d_1$ . Có thể tăng lên hoặc giảm một bậc  $d_2$ .

**Bước 4:** Chọn sơ bộ  $a$  theo kết cấu hoặc theo đường kính  $d_2$

- Xác định  $L$  theo:  $L = 2 \cdot a + \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} mm$
- Chọn  $a$  theo tỉ số truyền bảng trang 153 – Tài liệu [2].
- Chọn  $L$  theo tiêu chuẩn – Trang 127 – Tài liệu [2].
- Tính chính xác lại khoảng cách trục

$$a_{cx} = \frac{k + \sqrt{k^2 - 8 \cdot \Delta^2}}{4} \text{ với: } k = L - \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2}; \Delta = \frac{d_2 - d_1}{2}$$



- Kiểm nghiệm khoảng cách trục chính xác a:  $2.(d_1 + d_2) \geq a_{cx} \geq 0,55.(d_1 + d_2) + h$

**Bước 5:** Tính số lần chạy đai trong một giây

$$i = \frac{v}{L} = ? \leq i_{\max} = 10$$

- Nếu không thỏa có thể tăng a, tính lại L, i của đai hoặc chọn lại loại đai khác phù hợp hơn.

**Bước 6:** Tính góc ôm bánh đai nhỏ

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57. \frac{d_2 - d_1}{a_{cx}} = ? \geq \alpha_{\min} = 120^\circ$$

**Bước 7:** Tính các hệ số sử dụng

$$C_\alpha; C_u; C_L; C_Z; C_r; C_v$$

- Đọc trang 151-152 – Tài liệu [2].

**Bước 8:** Tính Z

$$Z \geq \frac{P_{dc}}{[P_0].C_\alpha.C_u.C_L.C_Z.C_r.C_v} \quad (4.54)$$

- Đọc trang 149-152 – Tài liệu [2]

**Bước 9:** Lực căng ban đầu

- Lực căng ban đầu (Công thức 4.24, trang 136 – Tài liệu [2])
- Kiểm tra lại điều kiện:

$$\sigma_0.Z.A_1 \geq F_0 \geq \frac{F_t(e^{f\alpha} + 1)}{2(e^{f\alpha} - 1)}$$

- Lực vòng có ích:  $F_t = \frac{1000P_1}{v_1}$

- Lực vòng trên mỗi nhánh đai:  $\frac{F_t}{2}$

**Bước 10:** Tính chiều rộng B và đường kính ngoài bánh đai d

- **Bảng 4.4**/Trang 130 – Tài liệu [2].

**Bước 11:** Hệ số ma sát nhỏ nhất để bộ truyền không bị trượt trơn

- Hệ số ma sát thay thế:

$$f' = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{2F_0 + F_t}{2F_0 - F_t}$$

$\alpha$  Tính theo radian

- Hệ số ma sát nhỏ nhất để bộ truyền không bị trượt trơn.

$$f_{\min} = f' \cdot \sin(20^\circ)$$

**Bước 12:** Tính lực tác dụng lên trục

- Công thức 4.25; 4.26/Trang 136 – 137 – Tài liệu [2].

**Bước 13:** Ứng suất lớn nhất trong dây đai

- + Công thức 4.29b/Trang 137 – 138 – Tài liệu [2].

**Bước 14:** Tuổi thọ

- + Công thức 4.37/Trang 146 – Tài liệu [2].

## 2.2.2 Bộ truyền đai dẹt

**Bước 1:** Chọn dạng đai và vật liệu đai tùy theo điều kiện làm việc

**Bước 2:** Định đường kính bánh đai nhỏ

- + Công thức 4.42-43/Trang 148 – Tài liệu [2].
- + Chọn  $d_1$  theo tiêu chuẩn – Trang 148 – Tài liệu [2].

**Bước 3:** Tính vận tốc bánh đai dẫn

- + Công thức 4.6/Trang 132 – Tài liệu [2].
- + Kiểm tra vận tốc so với giá trị vận tốc max.

**Bước 4:** Tính  $d_2$

- + Chọn hệ số trượt.
- + Tính  $d_2$  theo công thức 4.10/Trang 133 – Tài liệu [2].
- + Chọn  $d_2$  theo tiêu chuẩn.

**Bước 5:** Kiểm tra lại sai số tỉ số truyền

- Tính lại  $u' = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \xi)}$  và kiểm tra lại  $\Delta u = \frac{u - u'}{u} \cdot 100\% \leq 5\%$ .
- Nếu không thỏa quay lại chọn lại  $d_1$  và tính lại.

**Bước 6:** Chọn khoảng cách trục a sơ bộ

- Chọn a theo kết cấu.
- Hoặc theo chiều dài  $L_{\min}$  – Trang 149 – Tài liệu [2].

**Bước 6:** Xác định chiều dài dây đai L

- L theo công thức 4.4/Trang 132 – Tài liệu [2].
- Chọn L theo tiêu chuẩn (cộng thêm đoạn nối đai).
- Tính chính xác a theo công thức 4.5/Trang 132 – Tài liệu [2] (Chú ý: chiều dài để nối đai)

**Bước 7:** Kiểm tra số lần chạy đai trong một giây

- Kiểm tra  $i$  theo công thức 4.32/Trang 144 – Tài liệu [2].
- Nếu không thỏa có thể tăng  $a$ , tính lại  $L$ ,  $i$  của đai hoặc chọn lại loại đai khác phù hợp hơn.

**Bước 8:** Tính góc ôm đai

- Công thức 4.2/Trang 131 – Tài liệu [2].
- So với góc ôm  $\alpha_{\min}$ , nếu không thỏa tăng khoảng cách trục  $a$  hoặc dùng bánh căng đai.

**Bước 9:** Chọn trước chiều dày tiêu chuẩn  $\delta$  của đai theo điều kiện

- **Bảng 4.2**/Trang 126 – Cơ sở thiết kế máy – Nguyễn Hữu Lộc.

**Bước 10:** Tính các hệ số  $C_i$ , tính chiều rộng của đai theo công thức 4.40 và chọn  $b$  theo giá trị tiêu chuẩn **bảng 4.1**/Trang 126 – Tài liệu [2].

**Bước 11:** Chọn bề rộng đai  $B$

- **Bảng 4.5**/Trang 130 – Tài liệu [2].

**Bước 12:** Tính lực tác dụng lên trục

- Lực căng ban đầu  $F_0$ : Công thức 4.24, trang 136 – Tài liệu [2]
- Kiểm tra lại điều kiện:

$$[\sigma_0] \cdot b \cdot \delta \geq F_0 \geq \frac{F_t(e^{f\alpha} + 1)}{2(e^{f\alpha} - 1)}$$

Lưu ý:  $f$  là hệ số ma sát trên mặt phẳng.

- Lực căng mỗi dây đai:  $\frac{F_0}{2}$
- Lực vòng có ích:  $F_t = \frac{1000P_1}{v_1}$
- Lực vòng trên mỗi nhánh đai:  $\frac{F_t}{2}$
- Lực tác dụng lên trục  $F_r$ : Công thức 4.25; 4.26/Trang 136 – 137 – Tài liệu [2].

**Bước 13:** Tính hệ số ma sát

- Hệ số ma sát nhỏ nhất để bộ truyền không bị trượt tron

$$f_{\min} = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{2F_0 + F_t}{2F_0 - F_t}$$

$\alpha$  tính bằng radian

**Bước 14:** Ứng suất lớn nhất trong dây đai

- + Công thức 4.29b/Trang 137 – 138 – Tài liệu [2].

**Bước 15:** Tuổi thọ

- + Công thức 4.37/Trang 146 – Tài liệu [2].

### 2.2.3 Bộ truyền đai chêm

*Tự đọc sách.*

### 2.2.4 Bộ truyền đai ren

*Tự đọc sách.*

## B. Bộ truyền xích

**Bước 1:** Nêu các lí do để chọn loại xích (Xích con lăn, xích ống, xích răng,...)

**Bước 2:** Chọn số răng đĩa xích dẫn

- + Dựa vào công thức:  $Z_1 = 29 - 2.u_x$ .
- + Đọc trang 172 – Tài liệu [2].
- + Nên chọn số lẻ để răng đĩa xích mòn đều.

**Bước 3:** Tính số răng đĩa xích bị dẫn  $Z_2$

- + Dựa vào công thức:  $u_x = \frac{Z_2}{Z_1} \Rightarrow Z_2 = ?$ .
- + Với:  $Z_2 \leq Z_{2\max}$
- + Kiểm tra lại tỉ số truyền xích:  $u'_x = \frac{Z_2}{Z_1} = ?$
- + Sai số tỉ số truyền:  $\Delta u = u'_x = \frac{u_x - u'_x}{u_x} \cdot 100\% = \% ? \leq 1\% \div 2\%$

**Bước 4:** Xác định các hệ số

- +  $K; K_Z; K_n; K_x = ?$
- + Dựa vào công thức 5.22,24/Trang 180 – 181 – Tài liệu [2].

**Bước 5:** Công suất tính toán  $P_t$

- + Tính  $P_t$  dựa vào công thức 5.25/Trang 181 – Tài liệu [2].
- + Chọn  $p_c$  theo **bảng 5.4**/Trang 181 – Tài liệu [2].
- + Có thể chọn  $p_c$  nếu biết trước  $[p_0]$  theo **bảng 5.6**/Trang 182 – Tài liệu [2].

**Bước 6:** Kiểm tra điều kiện quay tới hạn

- + Kiểm tra  $n \leq n_{th}$  theo **bảng 5.2**/Trang 176 – Tài liệu [2].

**Bước 7:** Xác định vận tốc trung bình

- + Tính  $v$  dựa vào công thức 5.10/Trang 173 – Tài liệu [2].

**Bước 8:** Lực vòng có ích  $F_t$

- Lực vòng có ích:  $F_i = \frac{1000P_1}{v_1}$

**Bước 9:** Tính toán, kiểm nghiệm bước xích  $p_c$

- + Kiểm nghiệm  $p_c$  dựa vào công thức 5.26/Trang 181 – Tài liệu [2].

**Bước 10:** Các thông số hình học cơ bản của xích

- + Khoảng cách trục  $a$  sơ bộ: Công thức 5.4/Trang 173 – Tài liệu [2].
- + Số mắt xích  $X$ : Dựa vào công thức 5.8/Trang 173 – Tài liệu [2]. Nên chọn số chẵn để tiện việc nối xích.
- + Chiều dài xích  $L$ : Dựa vào công thức 5.8/Trang 173 – Tài liệu [2].
- + Khoảng cách trục chính xác  $a$ : Dựa vào công thức 5.9/Trang 173 – Tài liệu [2].
- + Giảm  $a$  một lượng  $\Delta a$ :  $\Delta a = (0.002 \div 0.004)a$

**Bước 11:** Kiểm tra số lần va đập xích trong 1 giây

- + Tính  $i$  dựa vào công thức 5.27/Trang 182 – Tài liệu [2].
- + Kiểm tra  $i$  theo **bảng 5.2**/Trang 176 – Tài liệu [2].
- + Nếu không thỏa thì tăng số dãy xích và tính toán lại hoặc đổi loại xích.
- + Kiểm tra xích theo hệ số an toàn  $s$ : Dựa vào công thức 5.28/Trang 183 – Tài liệu [2].
- + Tải trọng phá hủy  $Q$ : Theo **bảng 5.1**/Trang 168 – Tài liệu [2].
- + Lực trên nhánh căng  $F_1$ :  $F_1 \approx F_i = ?$
- + Lực li tâm  $F_v$ : Dựa vào công thức 5.16/Trang 175 – Tài liệu [2].
- + Lực căng ban đầu  $F_0$ : Dựa vào công thức 5.17/Trang 175 – Tài liệu [2].

**Bước 12:** Lực tác dụng lên trục  $F_r$

- + Dựa vào công thức 5.19/Trang 175 – Tài liệu [2].

**Bước 13:** Đường kính đĩa xích

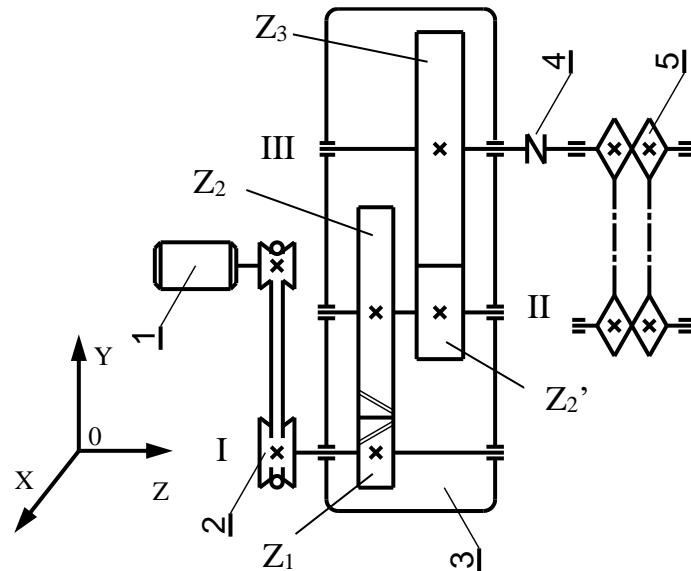
- + Dựa vào công thức 5.1,2,3/Trang 171 – Tài liệu [2].

## Chương 3: BỘ TRUYỀN TRONG HỘ SỐ - BỘ TRUYỀN BÁNH RĂNG

### 3.1 Sơ đồ động và kí hiệu các bánh răng

Lưu ý: Làm đề nào thì vẽ sơ đồ của đề đó và viết kí hiệu cho các bánh răng, bố trí để trục nằm ngang.

Ví dụ:



Hình 3.1: Sơ đồ kí hiệu các bánh răng

### 3.2 Chọn vật liệu

Tra ở **bảng 6.1**/Trang 92 – Tài liệu [1].

#### 3.2.1 Bánh lớn

Nhãn hiệu thép, phương pháp nhiệt luyện, độ cứng  $HB_2 = HB_3 = ?(HB)$  (chọn cụ thể một giá trị độ cứng trong phạm vi cho phép của vật liệu đã chọn), giới hạn bền, giới hạn chảy.

#### 3.2.2 Bánh nhỏ

Nhãn hiệu thép, phương pháp nhiệt luyện, độ cứng:  $HB_1 = HB_2' = HB_2 + (10 \div 50)(HB)$ , giới hạn bền, giới hạn chảy.

### 3.3 Tính cho bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng $Z_2' - Z_3$ (cấp chậm)

Lưu ý: Hộp số bánh răng trụ 2 cấp đồng trục phải tính cho cấp nhanh trước – tức cặp  $Z_1 - Z_2$ .

#### 3.3.1 Xác định ứng suất tiếp xúc cho phép $[\sigma_H]$ và ứng suất uốn cho phép $[\sigma_F]$

– **Ứng suất tiếp xúc cho phép  $[\sigma_H]$**

$$+ [\sigma_H] = \sigma_{0H \lim} \cdot \frac{0,9 \cdot K_{HL}}{S_H} \quad (6.33) \text{ – Trang 220 – Tài liệu [2].}$$

$$+ N'_{HO2} = 30 \cdot HB_2^{2,4} = ?$$

$$+ N_{HO3} = 30 \cdot HB_3^{2,4} = ?$$

+ Hệ số tuổi thọ

- $K'_{HL2} = m_H \sqrt{\frac{N'_{HO2}}{N'_{HE2}}}$

- $K_{HL3} = m_H \sqrt{\frac{N_{HO3}}{N_{HE3}}}$

+ Tải không đổi:  $N_{HE} = 60.c.n.L_h$

- $N'_{HE2} = 60.c.n_{II}.L_h = 60.1.n_{II}.L_h = ?$

- $N_{HE3} = 60.c.n_{III}.L_h = 60.\frac{1}{u_2}.n_{III}.L_h = ?$

+ Tải thay đổi theo bậc:  $N_{HE} = 60.c.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

- $N'_{HE2} = 60.1.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

- $N_{HE3} = 60.\frac{1}{u_2}.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

+  $S_H$ : Tra ở **bảng 6.13**/Trang 223 – Tài liệu [2].

+  $m_H$ : Bậc đường cong mỏi.

- $[\sigma'_{H2}] = \sigma_{0H\lim} \cdot \frac{0,9.K'_{HL2}}{S_H} = ?$

- $[\sigma_{H3}] = \sigma_{0H\lim} \cdot \frac{0,9.K_{HL3}}{S_H} = ?$

– **Ứng suất uốn cho phép**

+  $[\sigma_F] = \sigma_{0F\lim} \cdot \frac{K_{FL}}{S_F} (6.47) - \text{Trang 226} - \text{Tài liệu [2].}$

+  $K'_{FL2} = m_F \sqrt{\frac{N'_{FO2}}{N'_{FE2}}}$

+  $K_{FL3} = m_F \sqrt{\frac{N_{FO3}}{N_{FE3}}}$

$N_{F0} = 5.10^6$

+ Tải không đổi:  $N_{FE} = 60.c.n.L_h$

- $N'_{FE2} = 60.c.n_{II}.L_h = 60.1.n_{II}.L_h = ?$

- $N_{FE3} = 60.c.n_{III}.L_h = 60.\frac{1}{u_2}.n_{III}.L_h = ?$

+Tải thay đổi theo bậc:  $N_{FE} = 60.c.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

- $N'_{FE2} = 60.1.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

- $N_{FE3} = 60.\frac{1}{u_2}.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

**Tính theo độ bền tiếp xúc:**

### 3.3.2 Chọn ứng suất tiếp xúc theo bánh bị dẫn $[\sigma_H]$

Chọn  $[\sigma_H] = [\sigma_{H3}] = ?$

### 3.3.3 Chọn hệ số chiều rộng vành răng $\psi_{ba}$ theo tiêu chuẩn.

- Tra **bảng 6.15**/Trang 231 – Tài liệu [2]. Chọn  $\psi_{ba} = ?$

*Lưu ý:*

- + *Hệ số này phụ thuộc vào cách bố trí các bánh răng trong hộp số.*
- + *Hệ số này có dãy số tiêu chuẩn, cấp chấp có giá trị lớn hơn từ (20% ÷ 30%) so với cấp nhanh.*
- + *Chỉ có hộp số phân đôi thì các bánh răng mới đối xứng trên trục.*
- Tính và chọn  $\psi_{bd}$
- $\psi_{bd} = \frac{\psi_{ba} \cdot (u_2 + 1)}{2} = ?$
- Tính và chọn sơ bộ  $K_H = K_{H\beta}$  theo **bảng 6.4**/Trang 209 – Tài liệu [2].

### 3.3.4 Tính khoảng cách trục $a_w$

- $a_{w2} = 50.(u_2 \pm 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{II} \cdot K_{H\beta}}{\psi_{ba} \cdot [\sigma_H]^2 \cdot u_2^2}} = ?$

- Chọn  $a_w$  theo tiêu chuẩn ở trang 231 – Tài liệu [2].
- Nếu không chọn  $a_w$  theo tiêu chuẩn thì phải tính thêm lượng dịch dao  $x_1, x_2$ .

### 3.3.5 Tính chiều rộng vành răng

$$b_3 = \psi_{ba} \cdot a_{w2} = ?$$

$$b'_2 = b_3 + (4 \div 5)mm$$

### 3.3.6 Tính môđun m



- $m = (0,01 \div 0,02).a_{w_2} = ?$
- Chọn theo tiêu chuẩn trang 195 – Tài liệu [2].

### 3.3.7 Tính tổng số răng:

- $Z'_2 + Z_3 = Z'_2.(1 + u_2) = \frac{2.a_{w_2}}{m}$
- Xác định  $Z'_2$  và  $Z_3$

### 3.3.8 Xác định lại tỉ số truyền

- $u'_2 = \frac{Z'_3}{Z'_2} = ?$
- $\Delta u_2 = \frac{u_2 - u'_2}{u_2} = ? \leq (2\% \div 3\%)$

### 3.3.9 Xác định các kích thước bộ truyền

- Đường kính vòng chia
 
$$\begin{cases} d'_2 = m.Z'_2 \\ d_3 = m.Z_3 \end{cases}$$
- Đường kính vòng lăn (bánh răng tiêu chuẩn)
 
$$\begin{cases} d'_2 = d'_{w_2} \\ d_3 = d_{w_3} \end{cases}$$
- Đường kính vòng đỉnh
 
$$\begin{cases} d'_{2a} = d'_2 + 2m \\ d_{3a} = d_3 + 2m \end{cases}$$
- Đường kính vòng chân răng
 
$$\begin{cases} d'_{2a} = d'_2 - 2,5.m \\ d_{3a} = d_3 - 2,5.m \end{cases}$$
- Góc biên dạng.
- Góc ăn khớp.

Công thức ở **bảng 6.2**/Trang 196 – Tài liệu [2].

*Lưu ý: Giá trị đường kính tính chính xác đến 0,01mm.*

### 3.3.10 Tính vận và chọn cấp chính xác

- $v'_2 = \frac{\pi.d'_2.n_2}{60.1000} = ?$

- Chọn cấp chính xác theo **bảng 6.3**/Trang 204 – Tài liệu [2].

### 3.3.11 Xác định giá trị lực tác dụng lên bộ truyền

- $F'_{t2} = \frac{2.T_{II}}{d'_{w2}} = ? = F_{t3}$
- $F'_{r2} = F'_{t2} \cdot \tan \alpha = ? = F_{r3}$

### 3.3.12 Chọn hệ số tải trọng động

- $K_{HV}, K_{FV}$  theo **bảng 6.5-6.6**/Trang 210 – Tài liệu [2].

### 3.3.13 Xác định $\sigma_H$ :

- Công thức 6.63/Trang 228-229-230 – Tài liệu [2].

$$\sigma_H = \frac{Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon}{d'_{w2}} \sqrt{\frac{2.T_{II} \cdot K_H \cdot (u_2 \pm 1)}{b_{w2} \cdot u_2}} \leq [\sigma_H]$$

- Cho phép thiếu tải  $\leq 10\%$  hoặc dư tải 5%
- Nếu điều kiện bền tiếp xúc không thỏa thì: Tăng chiều rộng vành răng  $b_{w2}$ . Nếu không thỏa thay đổi khoảng cách trục  $a$  hoặc chọn lại vật liệu có độ bền cao hơn.

### 3.3.14 Tính các hệ số $Y'_{F2}, Y_{F3}$

- Công thức 6.80/Trang 233 – Tài liệu [2].

$$+ \text{ Bánh dẫn: } Y'_{F2} = 3,47 + \frac{13,2}{Z'_{v2}} - \frac{27,9 \cdot x'_2}{Z'_{v2}} + 0,092 \cdot (x'_2)^2$$

$$+ \text{ Bánh bị dẫn: } Y_{F3} = 3,47 + \frac{13,2}{Z_{v3}} - \frac{27,9 \cdot x_3}{Z_{v3}} + 0,092 \cdot (x_3)^2$$

- Lưu ý: Bánh răng tiêu chuẩn  $x_2' = x_3 = 0$ .

$$+ \text{ Bánh dẫn: } \frac{[\sigma_F]_2'}{Y'_{F2}} = ?$$

$$+ \text{ Bánh bị dẫn: } \frac{[\sigma_F]_3}{Y_{F3}} = ?$$

- Tính kiểm nghiệm cho bánh răng có độ bền kém hơn.

### 3.3.15 Tính ứng suất uốn tại đáy răng.

- Công thức 6.78/Trang 232 – Tài liệu [2].
- $\sigma_F \leq [\sigma_F]$  là bình thường.
- Nếu không thỏa thì tăng  $m$  lên và tương ứng giảm  $Z_2', Z_3$ .

**Nếu tính toán thiết kế theo độ bền uốn, từ bước 3.3.2 ta tính theo trình tự**

### 3.3.16 Chọn số răng:

$Z_2' \geq 17$  và xác định  $Z_3 = ?$

### 3.3.17 Xác định lại tỉ số truyền:

$$u_2' = \frac{Z_3}{Z_2'}$$

Sai số  $\Delta u \leq (2 \div 3)\%$

### 3.3.18 Tìm các hệ số $Y_{F2}'$ , $Y_{F3}$

- Công thức 6.80/Trang 223 – Tài liệu [2].
- Xác định đặc tính so sánh độ bền uốn theo tỉ số  $[\sigma_F]/Y_F$ . Tính toán tiến hành rằng có độ bền thấp hơn.

### 3.3.19 Chọn hệ số

- $\psi_{bd}$ : Bảng 6.16/ Trang 232 – Tài liệu [2].
- $K_{F\beta}$ : Bảng 6.4/ Trang 208 – Tài liệu [2].

### 3.3.20 Xác định môđun m

- Công thức 6.79/Trang 232 – Tài liệu [2].
- Chọn m theo tiêu chuẩn

### 3.3.21 Xác định các kích thước bộ truyền

- Đường kính vòng chia.
- Đường kính vòng lăn.
- Đường kính vòng đỉnh.
- Đường kính vòng chân răng.
- Góc biên dạng.
- Góc ăn khớp.

Công thức ở **bảng 6.2**/Trang 196 – Tài liệu [2].

**Lưu ý:** Giá trị đường kính tính chính xác đến 0,01mm.

### 3.3.22 Tính vận và chọn cấp chính xác

$$v_2' = \frac{\pi \cdot d_2' \cdot n_2}{60 \cdot 1000} = ?$$

- Chọn cấp chính xác theo **bảng 6.3**/Trang 204 – Tài liệu [2].

### 3.3.23 Xác định giá trị lực tác dụng lên bộ truyền

$$- F'_{t2} = \frac{2.T_{II}}{d'_{w2}} = ? = F_{t3}$$

$$- F'_{r2} = F'_{t2} \cdot \tan \alpha = ? = F_{r3}$$

### 3.3.24 Tính ứng suất uốn tại chân răng

- Công thức 6.78/ Trang 232 – Tài liệu [2]. Cho phép quá tải 5%.

3.3.25 Nếu không thỏa, tăng m hoặc thay đổi vật liệu, nhiệt luyện, tính toán lại.

## 3.4 Bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng $Z_1$ - $Z_2$ (cấp nhanh):

Tiến hành tính toán như bánh răng trụ răng thẳng, tuy nhiên có một số thay đổi.

### 3.4.1 Xác định ứng suất tiếp xúc cho phép $[\sigma_H]$ và ứng suất uốn cho phép $[\sigma_F]$

#### - Ứng suất tiếp xúc cho phép $[\sigma_H]$

$$+ [\sigma_H] = 0,5 \cdot \sqrt{[\sigma_{H1}]^2 + [\sigma_{H2}]^2} \quad (6.40) \text{ – Trang 225 – Tài liệu [2].}$$

$$N_{H1} = 30.HB_1^{2,4} = ?$$

$$+ N_{H2} = 30.HB_2^{2,4} = ?$$

+ Hệ số tuổi thọ:

$$\bullet K_{HL1} = m_H \sqrt{\frac{N_{HO1}}{N_{HE1}}}$$

$$\bullet K_{HL2} = m_H \sqrt{\frac{N_{HO2}}{N_{HE2}}}$$

+ Tải không đổi:  $N_{HE} = 60.c.n.L_h$

$$\bullet N_{HE1} = 60.c.n_I.L_h = 60.1.n_I.L_h = ?$$

$$\bullet N_{HE2} = 60.c.n_{II}.L_h = 60.\frac{1}{u_1}.n_{II}.L_h = ?$$

+ Tải thay đổi theo bậc:  $N_{HE} = 60.c.\sum \left( \frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3 .n_i.t_i$

$$\bullet N_{HE1} = 60.1.\sum \left( \frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3 .n_i.t_i$$

$$\bullet N_{HE2} = 60.\frac{1}{u_1}.\sum \left( \frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3 .n_i.t_i$$

+  $S_H$ : Tra ở **bảng 6.13**/Trang 223 – Tài liệu [2].

+  $m_H$ : Bậc đường cong mỏi.

$$\bullet [\sigma_{H1}] = \sigma_{0H \lim} \cdot \frac{0,9.K_{HL1}}{S_H} = ?$$

- $[\sigma_{H2}] = \sigma_{0H\lim} \cdot \frac{0,9.K_{HL2}}{S_H} = ?$

Với điều kiện:  $[\sigma_H]_{\min} \leq [\sigma_H] \leq 1,25.[\sigma_H]_{\min}$

– **Ứng suất uốn cho phép**

- +  $[\sigma_F] = \sigma_{0F\lim} \cdot \frac{K_{FL}}{S_F} \text{ (6.47) – Trang 226 – Tài liệu [2].}$

- +  $K_{FL1} = m_F \sqrt{\frac{N_{FO1}}{N_{FE1}}}$

- +  $K_{FL2} = m_F \sqrt{\frac{N_{FO2}}{N_{FE2}}}$

$$N_{F0} = 1,75HB$$

- +  $N_{F01} = 1,75HB_1$

- +  $N_{F02} = 1,75HB_2$

- + Tải không đổi:  $N_{FE} = 60.c.n.L_h$

- $N_{FE1} = 60.c.n_I.L_h = 60.1.n_I.L_h = ?$

- $N_{FE2} = 60.c.n_{II}.L_h = 60.\frac{1}{u_1}.n_{II}.L_h = ?$

- + Tải thay đổi theo bậc:  $N_{FE} = 60.c.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

- $N_{FE1} = 60.1.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

- $N_{FE2} = 60.\frac{1}{u_1}.\sum\left(\frac{T_i}{T_{\max}}\right)^3.n_i.t_i$

**Tính theo độ bền tiếp xúc:**

**3.4.2 Chọn ứng suất tiếp xúc theo bánh bị dẫn  $[\sigma_H]$**

- Chọn  $[\sigma_H] = [\sigma_{H2}] = ?$

**3.4.3 Chọn hệ số chiều rộng vành răng  $\psi_{ba}$  theo tiêu chuẩn.**

- Tra **bảng 6.15**/Trang 231 – Tài liệu [2]. Chọn  $\psi_{ba} = ?$

*Lưu ý:*

- + Hệ số này phụ thuộc vào cách bố trí các bánh răng trong hộp số.

+ Hệ số này có dãy số tiêu chuẩn, cấp chấp có giá trị lớn hơn từ (20% ÷ 30%) so với cấp nhanh.

– Tính  $\psi_{bd}$

$$\psi_{bd} = \frac{\psi_{ba} \cdot (u_2 + 1)}{2} = ?$$

– Tính và chọn sơ bộ  $K_H = K_{H\beta}$  theo **bảng 6.4**/Trang 209 – Tài liệu [2].

### 3.4.4 Tính khoảng cách trục $a_w$

– Công thức 6.90/Trang 238 – Tài liệu [2].

$$a_{w1} = 43 \cdot (u_1 \pm 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_I \cdot K_{H\beta}}{\psi_{ba} \cdot [\sigma_H]^2 \cdot u_1}} = ?$$

– Chọn  $a_w$  theo tiêu chuẩn ở trang 229 – Tài liệu [2].

### 3.4.5 Bề rộng vành răng $b$

$$b_{w2} = \psi_{ba} \cdot a_{w1} = ?$$

$$b_{w1} = b_2 + (4 \div 5)mm$$

### 3.4.6 Tính môđun $m_n$

– Công thức 6.68 – 6.70/Trang 229 – Tài liệu [2].

– Chọn theo tiêu chuẩn trang 195 – Tài liệu [2].

### 3.4.7 Tính tổng số răng:

$$Z_1 + Z_2 = Z_1 \cdot (1 + u_1) = \frac{2 \cdot a_{w1}}{m_t}$$

– Bánh răng trụ răng nghiêng: Góc nghiêng của răng thỏa:  $8^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$

(Bánh răng chữ V: Góc nghiêng của răng thỏa:  $30^\circ \leq \beta \leq 40^\circ$ )

$$\cos \beta \geq \frac{m_n \cdot Z_1 \cdot (u_1 + 1)}{2 \cdot a_{w1}} \geq \cos \beta$$

Chọn  $Z_1 = ?$

– Xác định  $Z_2$  theo tỉ số truyền

$$u_1 = \frac{Z_2}{Z_1} \Rightarrow Z_2 = ?$$

– Tính lại góc nghiêng:

$$\cos \beta = \frac{m_n \cdot Z_1 \cdot (u_1 + 1)}{2 \cdot a_{w1}} \Rightarrow \beta =$$

### 3.4.8 Xác định lại tỉ số truyền

- $u'_1 = \frac{Z_2}{Z_1} = ?$
- $\Delta u_1 = \left| \frac{u_1 - u'_1}{u_1} \right| = ? \leq (2\% \div 3\%)$

### 3.4.9 Xác định các kích thước bộ truyền

- Đường kính vòng chia

$$\begin{cases} d_1 = d_{w1} = m_t \cdot Z_1 = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot Z_1 \\ d_2 = d_{w2} = m_t \cdot Z_2 = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot Z_2 \end{cases} (mm)$$

- Đường kính vòng lăn (Bánh răng tiêu chuẩn)

$$\begin{cases} d_1 = d_{w1} \\ d_2 = d_{w2} \end{cases}$$

- Đường kính vòng đỉnh

$$\begin{cases} d'_{2a} = d'_2 + 2m_t \\ d'_{3a} = d'_3 + 2m_t \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} d'_{2a} = d'_2 + 2 \frac{m_n}{\cos \beta} \\ d'_{3a} = d'_3 + 2 \frac{m_n}{\cos \beta} \end{cases} (mm)$$

- Đường kính vòng chân răng

$$\begin{cases} d'_{2a} = d'_2 - 2,5m_t \\ d'_{3a} = d'_3 - 2,5m_t \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} d'_{2a} = d'_2 - 2,5 \cdot \frac{m_n}{\cos \beta} \\ d'_{3a} = d'_3 - 2,5 \cdot \frac{m_n}{\cos \beta} \end{cases} (mm)$$

- Góc biên dạng.
- Góc ăn khớp.

Công thức tính ở **bảng 6.3**/Trang 196 – Tài liệu [2]

*Lưu ý: giá trị đường kính tính chính xác đến 0,01mm.*

### 3.4.10 Tính v và chọn cấp chính xác

- $v_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = ?$
- Chọn cấp chính xác theo **bảng 6.3**/Trang 204 – Tài liệu [2].

### 3.4.11 Xác định giá trị lực tác dụng lên bộ truyền

- Lực vòng:  $F_{t1} = \frac{2.T_1}{d_{w1}} = ? = F_{t2}$
- Lực hướng tâm:  $F_{r1} = F_{t1} \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} = ? = F_{r2}$
- Lực dọc trục:  $F_{a1} = F_{t1} \tan \beta = ? = F_{a2}$

### 3.4.12 Chọn hệ số tải trọng động

- $K_{HV}$ ,  $K_{FV}$  theo **bảng 6.6**/Trang 211 – Tài liệu [2].
- $K_{Fa}$  theo công thức 6.27/Trang 213 – Tài liệu [2].

### 3.4.13 Xác định $\sigma_H$ :

- Công thức 6.86/Trang 241 – Tài liệu [2].

$$\sigma_H = \frac{Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon}{d_{w1}} \sqrt{\frac{2.T_l \cdot K_H \cdot (u_1 \pm 1)}{b_{w1} \cdot u_1}} \leq [\sigma_H]$$

- Cho phép thiếu tải  $\leq 10\%$  hoặc dư tải 5%
- Nếu điều kiện bền tiếp xúc không thỏa thì: Tăng chiều rộng vành răng  $b_{w2}$ . Nếu không thỏa thay đổi khoảng cách trục hoặc chọn lại vật liệu có độ bền cao hơn.

### 3.4.14 Tính các hệ số $Y_{F2}$ , $Y_{F3}$

- Công thức 6.84/Trang 240 – Tài liệu [2].
- Lưu ý: Bánh răng tiêu chuẩn  $x_1 = x_2 = 0$ .

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_F}$$

- Tính kiểm nghiệm cho bánh răng có độ bền kém hơn.

### 3.4.15 Tính ứng suất uốn tại đáy răng.

- Công thức 6.92/Trang 242 – Tài liệu [2].
- $\sigma_F \leq [\sigma_F]$  là bình thường.
- Nếu không thỏa thì tăng  $m_n$  lên và tương ứng giảm  $Z_1$ ,  $Z_2$ .

### Tính toán theo độ bền uốn

*Giống như bánh răng trụ răng thẳng, tuy nhiên:*

Ở mục 3.3.18, công thức 6.80, tính  $Y_{F1}$ ,  $Y_{F2}$  theo số răng tương đương  $Z_{v1}$ ,  $Z_{v2}$ .

Xác định  $m_n$  theo độ bền uốn bằng công thức 6.93 hoặc 6.94/ Trang 239 - Tài liệu [2]. Chọn  $m_n$  theo tiêu chuẩn.

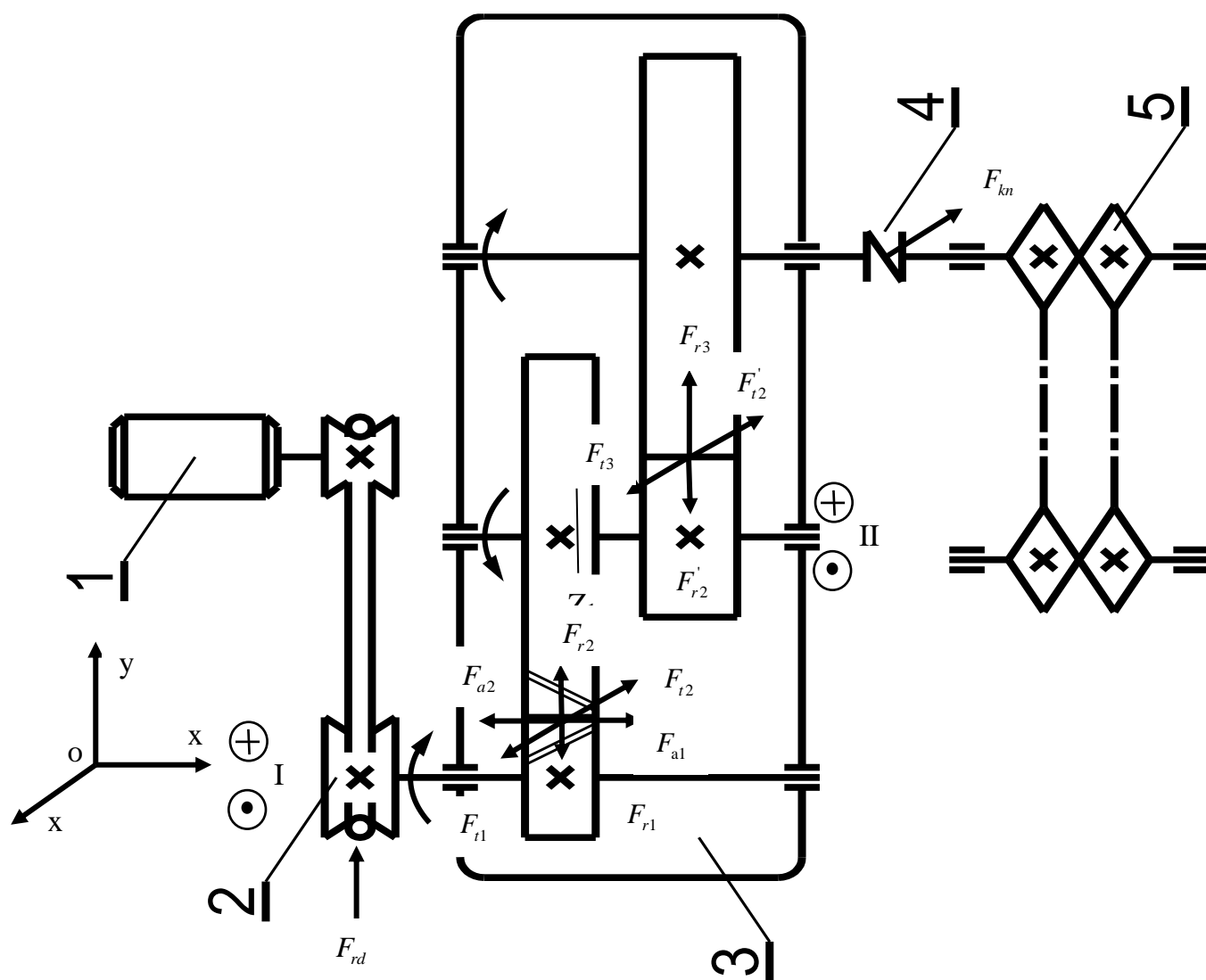
## 3.5 Phân tích lực tác dụng lên cơ cấu



Phân tích lực tác dụng lên các bộ truyền trực tiếp trên sơ đồ động

*Lưu ý: Chọn hệ tọa độ, xác định chiều quay rồi mới phân tích lực cho các bộ truyền có trong sơ đồ đúng theo kí hiệu của chúng.*

Ví dụ:



## Chương 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ TRỤC VÀ THEN

### A. Tính trục

#### 4.1 Chọn vật liệu làm trục

- Chọn vật liệu làm trục.
  - + **Bảng 10.5**/Trang 195 – Tài liệu [1].
  - + Tra các giới hạn  $\sigma_b, \sigma_{ch}$ .
  - + Chọn  $[\sigma] = ? \text{MPa}$ .
  - + Chọn  $[\tau] \approx 0,4[\sigma] = ? \text{MPa}$

*Lưu ý: Thường chọn ứng suất tiếp cho phép theo ứng suất pháp cho phép*  
 $[\tau] \approx (0,4 \div 0,5)[\sigma] \text{MPa}$ .

#### 4.2 Xác định chiều dài trục

##### 4.2.1 Tính giá trị đường kính đầu ngõng trục và chiều dài các mayo

- Công thức 10.9/Trang 188 – Tài liệu [1].
- Đường kính ngõng trục lấy theo tiêu chuẩn để lắp ổ lăn.

$$d_i \geq \sqrt[3]{\frac{T_i}{0,2 \cdot [\tau]}} (mm) \Rightarrow \begin{cases} d_I \geq \sqrt[3]{\frac{T_I}{0,2 \cdot [\tau]}} \\ d_{II} \geq \sqrt[3]{\frac{T_{II}}{0,2 \cdot [\tau]}} \\ d_{III} \geq \sqrt[3]{\frac{T_{III}}{0,2 \cdot [\tau]}} \end{cases}$$

$$\text{Chọn } \begin{cases} d_I = ? \\ d_{II} = ? \text{ mm (Đường kính phải lắp được ổ lăn)} \\ d_{III} = ? \end{cases}$$

- Chọn sơ bộ bề rộng ổ lăn  $b_{0i}$  theo **Bảng 10.2**/Trang 189 – Tài liệu [1].

$$\text{Từ } \begin{cases} d_I = \\ d_{II} = \\ d_{III} = \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_{0I} = ? \\ b_{0II} = ? \\ b_{0III} = ? \end{cases}$$

- Chiều dài các mayo bánh răng, đai, khớp nối

Xem công thức 10.10  $\rightarrow$  10.13/Trang 189 - Tài liệu [1].

*Lưu ý:  $l_{mi} \geq b_{wi}$ . Nếu  $l_{mi} \leq b_{wi}$  thì chọn  $l_{mi} = b_{wi}$ .*

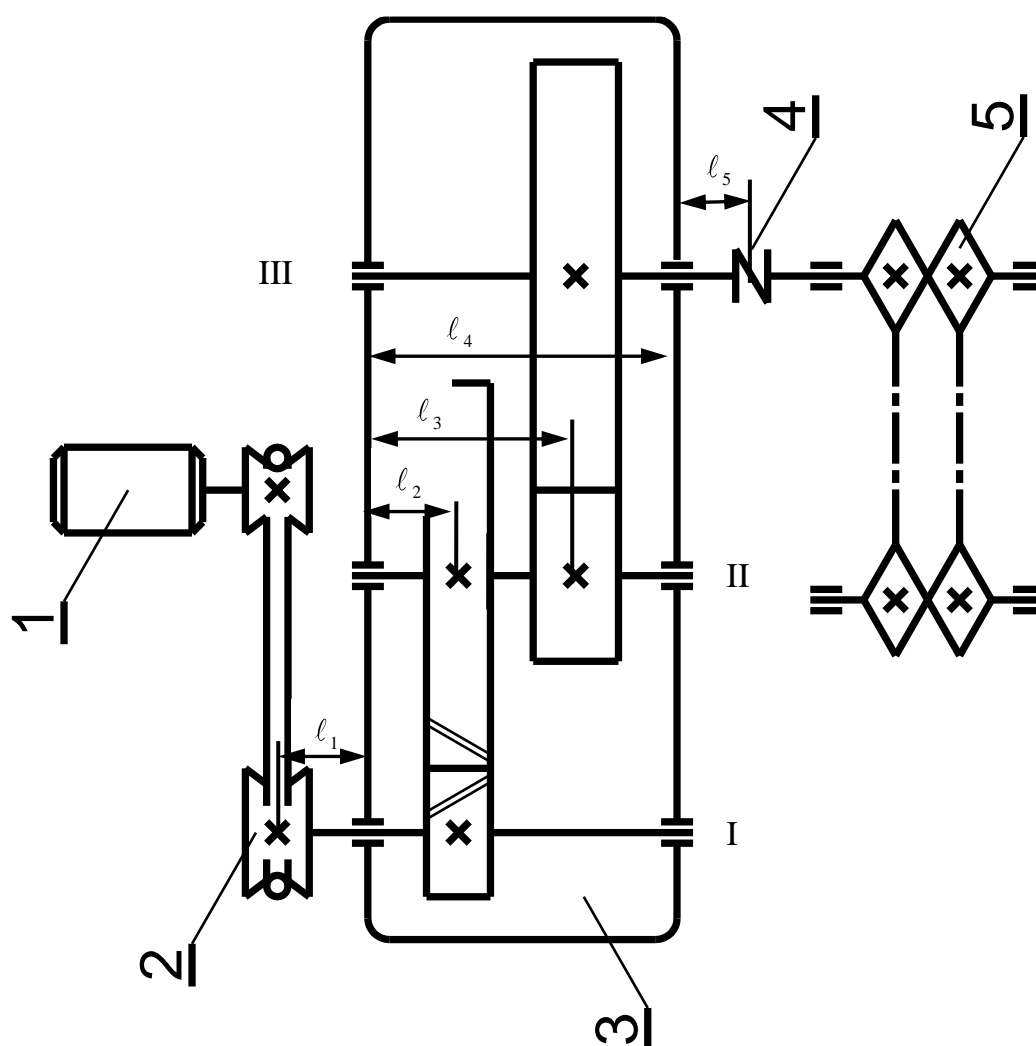
- Chọn các hệ số  $k_1, k_2, k_3, h_n$  theo bảng 10.3/Trang 169, tài liệu [1]. (Nên chọn giá trị  $h_n$  lớn để thuận tiện bố trí chi tiết lắp)

### 4.2.2 Kí hiệu chiều dài trực

- Tùy thuộc đề, vẽ lại sơ đồ kí hiệu dẫn động của đề, tiến hành kí hiệu chiều dài của các trực.
- Chú ý đến bề rộng hộp số phụ thuộc chiều dài trực nào của hộp số mà ta lấy chiều dài của trực đó làm chuẩn để tính.

**Ví dụ:** Hộp số bánh răng trụ 2 cấp khai triển

- Ở hộp số này, trục II quyết định bề rộng hộp số vì trục I và trục III có chiều dài phụ thuộc vào khoảng cách bánh răng lắp trên trục II. Như vậy, lấy chiều dài trục II làm chuẩn để tính cho các trục còn lại.
- Kí hiệu chiều dài trực theo kết cấu của hộp số như hình vẽ.



- Cách tính chiều dài dựa theo hình kết cấu Hình 10.6/Trang 190, Hình 10.7/Trang 191, tài liệu [1].

$$\ell_1 = \frac{\ell_{md}}{2} + k_3 + h_n + \frac{b_{01}}{2}$$

$$\ell_2 = \frac{b_{02}}{2} + k_2 + k_1 + \frac{\ell_{m2}}{2}$$

$$\ell_3 = \ell_2 + \frac{\ell_{m2}}{2} + k_1 + \frac{\ell'_{m2}}{2}$$

$$\ell_4 = \ell_3 + \frac{\ell'_{m2}}{2} + k_1 + k_2 + \frac{b_{02}}{2}$$

$$\ell_5 = \frac{b_{03}}{2} + h_n + k_3 + \ell_{mkn}$$

### 4.3 Xác định lực khớp nối

- Chọn loại khớp nối phù hợp với hiệu suất đã chọn ở chương 1, điều kiện sử dụng, vị trí lắp.
- Tính moment xoắn tính toán để tra bảng  $T_u$

$$T_u = k.T_i = ? Nm$$

$T_i$  moment xoắn danh nghĩa.

$k$  tra bảng 16.1/58, tài liệu [1]

- Tùy loại khớp nối đã chọn mà Tra bảng thông số kích thước nối trục, chọn đường kính mỗi lắp chịu moment xoắn để tính lực tiếp tuyến (lực vòng khớp nối).

$$F_{tkn} = \frac{2.T_i}{D_0} = ? N$$

Trang 58÷72, tài liệu [1] (tập 2)

#### Ví dụ:

- Chọn khớp nối cứng – Khớp nối trục đĩa.

$$T_{TB} = k.T_{III} = 1,5.900000 = 1350000 Nmm = 1350 Nm$$

- **Tra bảng 16.4, tài liệu [2], chọn**  $[T] = 1600 Nm \Rightarrow D_0 = 150 mm$

$$F_{kn} = \frac{2.T_{III}}{D_0} = \frac{2.900000}{150} = 12000 N$$

### 4.4 Xác định chính xác đường kính trục

- Từ hình phân tích lực tác dụng lên bánh răng ở chương 3, ta lần lượt tách trục ra, đi theo nó là các lực tác dụng lên các bộ truyền có trên trục.
- Gắn chiều dài trục tính được ở trên vào nó.
- Tính phản lực tại các gối đỡ.
- Vẽ biểu đồ lực cắt, moment uốn và moment xoắn.
- Tính và chọn đường kính tại các tiết diện nguy hiểm của trục.

- Kiểm nghiệm trục.

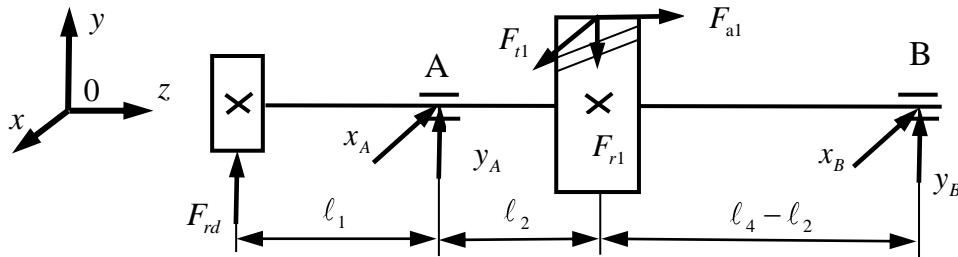
*Lưu ý: Nên tính trục nào phải xong mới tính tiếp trục khác.*

**Ví dụ:**

### Trục I

- **Tính giá trị các phản lực** (lấy trục I ở chương 3 kèm theo lực tác dụng, áp chiều dài vào).

Giá trị các ngoại lực có ở chương 1, 2 và 3.



**Giả sử**  $T_I = 220000 \text{ Nmm}$ ,  $F_{rd} = 1000 \text{ N}$ ,  $F_{t1} = 4000 \text{ N}$ ,  $F_{r1} = 364 \text{ N}$ ,  $F_{a1} = 425 \text{ N}$ ,  $d_{w1} = 110 \text{ mm}$ ,

$l_1 = 80 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 100 \text{ mm}$ ,  $l_3 = 200 \text{ mm}$ ,  $l_4 = 250 \text{ mm}$

- Xét trong mặt phẳng (yoz)

Giá trị các phản lực liên kết tại A và B

$$\sum m_A = 0 \Leftrightarrow -F_{rd} \cdot l_1 - F_{r1} \cdot l_2 - F_{a1} \cdot \frac{d_{w1}}{2} + y_B \cdot l_4 = 0 \Leftrightarrow y_B = \frac{+F_{rd} \cdot l_1 + F_{r1} \cdot l_2 + F_{a1} \cdot \frac{d_{w1}}{2}}{l_4} = ?(N)$$

$$y_B = \frac{+1000 \cdot 80 + 364 \cdot 100 + 425 \cdot \frac{110}{2}}{250} = 559,1 \text{ N}$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \Leftrightarrow +F_{rd} + y_A - F_{r1} + y_B = 0 \Leftrightarrow y_A = -F_{rd} + F_{r1} - y_B = ?(N)$$

$y_A = -1000 + 364 - 559,1 = -1195,1 \text{ N}$  (Chiều đúng phản lực liên kết ngược với chiều đã chọn)

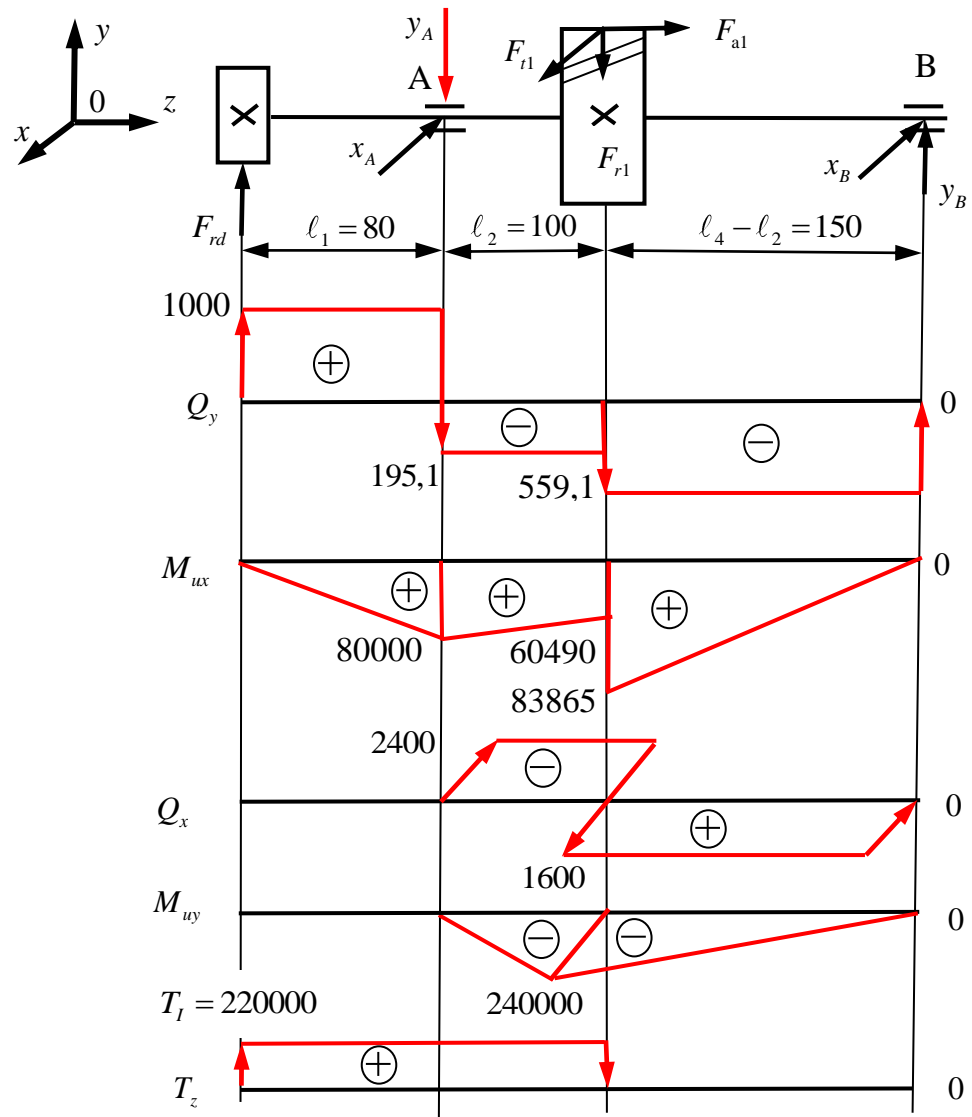
- Trong mặt phẳng (xoz)

$$\sum m_A = 0 \Leftrightarrow -F_{t1} \cdot l_2 + x_B \cdot l_4 = 0 \Leftrightarrow x_B = \frac{+F_{t1} \cdot l_2}{l_4} = ?(N)$$

$$x_B = \frac{+F_{t1} \cdot l_2}{l_4} = \frac{+4000 \cdot 100}{250} = 1600 \text{ N}$$

$$\sum \vec{F}_x = 0 \Leftrightarrow -x_A + F_{t1} - x_B = 0 \Leftrightarrow x_A = +F_{t1} - x_B = +4000 - 1600 = 2400 \text{ N}$$

– Vẽ biểu đồ nội lực



– Đường kính chính xác

+ Tại chỗ lắp bánh đai

$$M_{dai} = \sqrt{0,75 \cdot 220000^2} = 190525,588 \text{ Nmm} \Rightarrow d_{dai} \geq \sqrt[3]{\frac{190525,588}{0,155}} = 32,59 \text{ mm}$$

Theo tiêu chuẩn **thân trục**, chọn  $d_{dai} = 34 \text{ mm}$

+ Tại chỗ lắp ổ lăn A

$$M_A = \sqrt{80000^2 + 0 + 0,75 \cdot 220000^2} = 206639,783 \text{ Nmm} \Rightarrow d_A \geq \sqrt[3]{\frac{206639,783}{0,155}} = 33,49 \text{ mm}$$

Theo tiêu chuẩn đầu **ngõng trục**, chọn  $d_A = 35 \text{ mm}$

+ Tại chỗ lắp bánh răng  $Z_1$

$$M_1 = \sqrt{83865^2 + 240000^2 + 0,75.220000^2} = 317700,075 Nmm \Rightarrow d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{317700,075}{0,155}} = 38,65 mm$$

Để lắp then cho bánh răng, tăng đường kính lên 10%, vậy

$$d_1 \geq 38,65 + 38,65.10\% = 42,51 mm$$

Theo tiêu chuẩn thân trục, chọn  $d_1 = 45 mm$

+ Tại chỗ lắp ổ lăn B

$$M_B = 0 \Rightarrow d_B = 0 mm$$

Vậy, chọn  $d_A = d_B = 35 mm$

#### 4.5 Kiểm nghiệm trục

- Công thức 10.19/Trang 195 – Tài liệu [1]

*Chú ý: Tính cho từng tiết diện nguy hiểm của trục. Nếu không thỏa chọn lại đường kính hoặc chọn lại vật liệu chế tạo trục và tính lại.*

#### 4.6 Vẽ kết cấu trục theo giá trị đã tính được ở biểu đồ moment

#### 4.7 Tính then

- Chọn dạng mối ghép then (vẽ hình và ghi kí hiệu kích thước).
- Chọn vật liệu chế tạo then.
- Dựa vào đường kính trục, chọn bxx.
- Dựa vào chiều dài mayor bánh răng, chọn chiều dài then  $\ell$  từ dãy tiêu chuẩn.

$$\ell \leq 1,5.d$$

- Kiểm tra độ bền dập và độ bền cắt theo công thức 9.1,2/Trang 173 – Tài liệu [1].

## Chương 5: TÍNH TOÁN, CHỌN Ổ LĂN

### 5.1 Chọn ổ lăn trục I

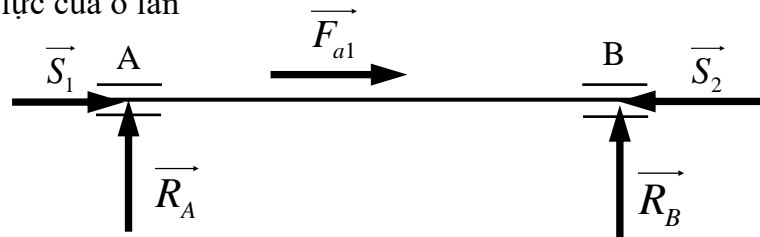
Nếu trục quay  $> 1$  vòng/phút, chọn ổ lăn theo trình tự:

**Bước 1:** Sơ đồ tải trọng của trục lắp ổ lăn

- Sơ đồ chịu lực của ổ lăn

Ví dụ: Trục I ở chương 3.

Sơ đồ chịu lực của ổ lăn



Các lực  $R_A$ ,  $R_B$  là lực hướng tâm tổng.

Các lực  $S_1$ ,  $S_2$  là lực động phụ

Lưu ý: Tính trục nào vẽ sơ đồ tải trọng trục đó và đặt các phản lực tại gối đỡ.

**Bước 2:** Xác định phản lực tại các gối đỡ

Công thức 10.26/ Trang 394 – Tài liệu [2].

**Đối với ổ có lực dọc trục  $F_a = 0$**

**Bước 3:** Chọn  $K_\sigma$ ,  $K_t$ ,  $V$  theo điều kiện làm việc

- **Bảng 11.2**/Trang 394 – Tài liệu [2].

**Bước 4:** Xác định hệ số  $X$ ,  $Y$

- **Bảng 11.3,4**/Trang 395 – 396 – Tài liệu [2].

**Bước 5:** Tính tải trọng qui ước  $Q$

- Công thức 11.22,23,24/Trang 394 – 397 – Tài liệu [2].

**Bước 6:** Tính thời gian làm việc theo triệu vòng quay

- Công thức 11.19/Trang 393 – Tài liệu [2].

**Bước 7:** Khả năng tải động tính toán  $C_{tt}$

- Công thức 11.20/Trang 393 – Tài liệu [2].

**Bước 8:** Chọn cỡ ổ lăn

- Chọn cỡ ổ lăn theo điều kiện:  $C_{tt} \leq C$  và  $n < n_{gh}$ .
- Tra ở **bảng P2.7,8,9,10,...16**/ Trang 254 – 268 – Tài liệu [1].
- Nếu chọn cỡ ổ không được nên chia thời gian làm việc cho 2, 3, 4,... hoặc thay loại ổ, sử dụng 2 ổ trên một gối đỡ,... cho đến lúc thỏa điều kiện trên.



## Đối với ổ có lực dọc trục $F_a \neq 0$

### **Bước 3:** Chọn sơ bộ cỡ ổ

- Dựa theo đường vòng trong, loại ổ đã chọn theo **bảng P2.7,8,9,10,...16**/ Trang 254 – 268 – Tài liệu [1].
- Giá trị khả năng tải động  $C$  và tải tĩnh  $C_0$ .
- Đối với ổ đĩa côn không yêu cầu bước này.

### **Bước 4:** Tính lực dọc trục phụ

- Đối với ổ bi đỡ - chặn, ổ đĩa côn tính  $S_1, S_2$  theo công thức 11.27/Trang 397 – Tài liệu [2].
- Chọn tải trọng dọc trục tác dụng lên ổ dựa theo **bảng 11.5**/Trang 398 – Tài liệu [2].

### **Bước 5:** Chọn $K_\sigma, K_t, V$ theo điều kiện làm việc

- **Bảng 11.2**/Trang 394 – Tài liệu [2].

### **Bước 6:** Xác định hệ số $X, Y$

- Xác định tỉ số:  $\frac{F_a}{C_0} = ?$
- Chọn  $e$  theo **Bảng 11.3,4**/Trang 395 – 396 – Tài liệu [2].
- Tính tỉ số:  $\frac{F_a}{V.F_r} = ?$  so sánh với  $e$  chọn được  $X, Y$ .

### **Bước 7:** Tính tuổi thọ theo triệu vòng quay

- Tuổi thọ  $L_h$ : Công thức 11.19/Trang 393 – Tài liệu [2].
- Tải trọng qui ước  $Q$ : Công thức 11.22,23,24/Trang 394 – 397 – Tài liệu [2].

### **Bước 6:** Khả năng tải động tính toán $C_{tt}$

- Công thức 11.20/Trang 393 – Tài liệu [2].

### **Bước 7:** So sánh $C_{tt}$ với $C$

- Chọn cỡ ổ lăn theo điều kiện:  $C_{tt} \leq C$ .
- Nếu không thỏa chọn cỡ ổ nặng hơn, nếu dư tải nhiều thì chọn cỡ ổ nhẹ hơn và tính toán lại khi nào thỏa điều kiện trên. Nếu chọn cỡ ổ không được nên chia thời gian làm việc cho 2, 3, 4,... hoặc thay loại ổ, sử dụng 2 ổ trên một gối đỡ,... cho đến lúc thỏa điều kiện trên.
- Xác định lại tuổi thọ theo công thức 11.17/Trang 393 – Tài liệu [2].
- Kiểm tra khả năng tải tĩnh của ổ theo công thức 11.30,31/Trang 399 – Tài liệu [2].

- Kiểm tra số vòng quay tới hạn theo công thức 11.32,33 và **bảng 11.6**/Trang 399 – 400
- Tài liệu [2].

## 5.2 Chọn ổ lăn trục II

Tương tự trục I

## 5.3 Chọn ổ lăn trục III

Tương tự trục I

## Chương 6: **BÔI TRƠN, VỎ HỘP SỐ, DUNG SAI LẮP GHÉP VÀ CÁC CHI TIẾT TIÊU CHUẨN KHÁC**

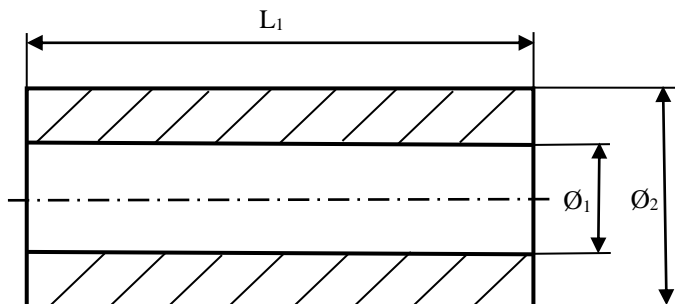
Đọc tài liệu [1]

*Lưu ý:*

*Các chi tiết khác thì phải có hình vẽ đúng tiêu chuẩn vẽ kỹ thuật + số lượng.*

Ví dụ

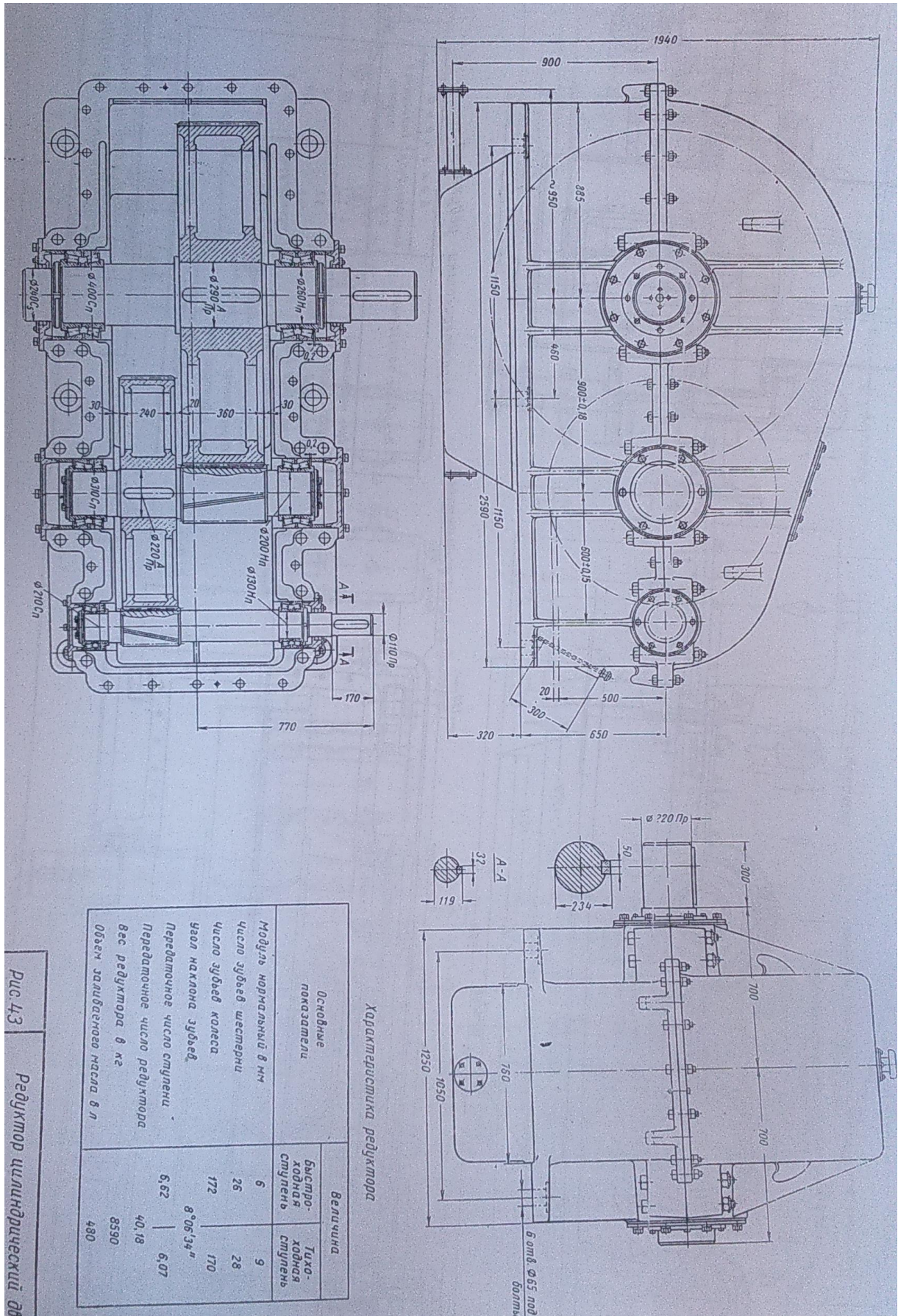
Bạc lót:



STT	Kích thước			Số lượng
	$\varnothing_1(\text{mm})$	$\varnothing_2(\text{mm})$	L(mm)	
Trục 1	30	40	20	02
Trục 2	39	50	24	03
Trục 3	56	67	5	05

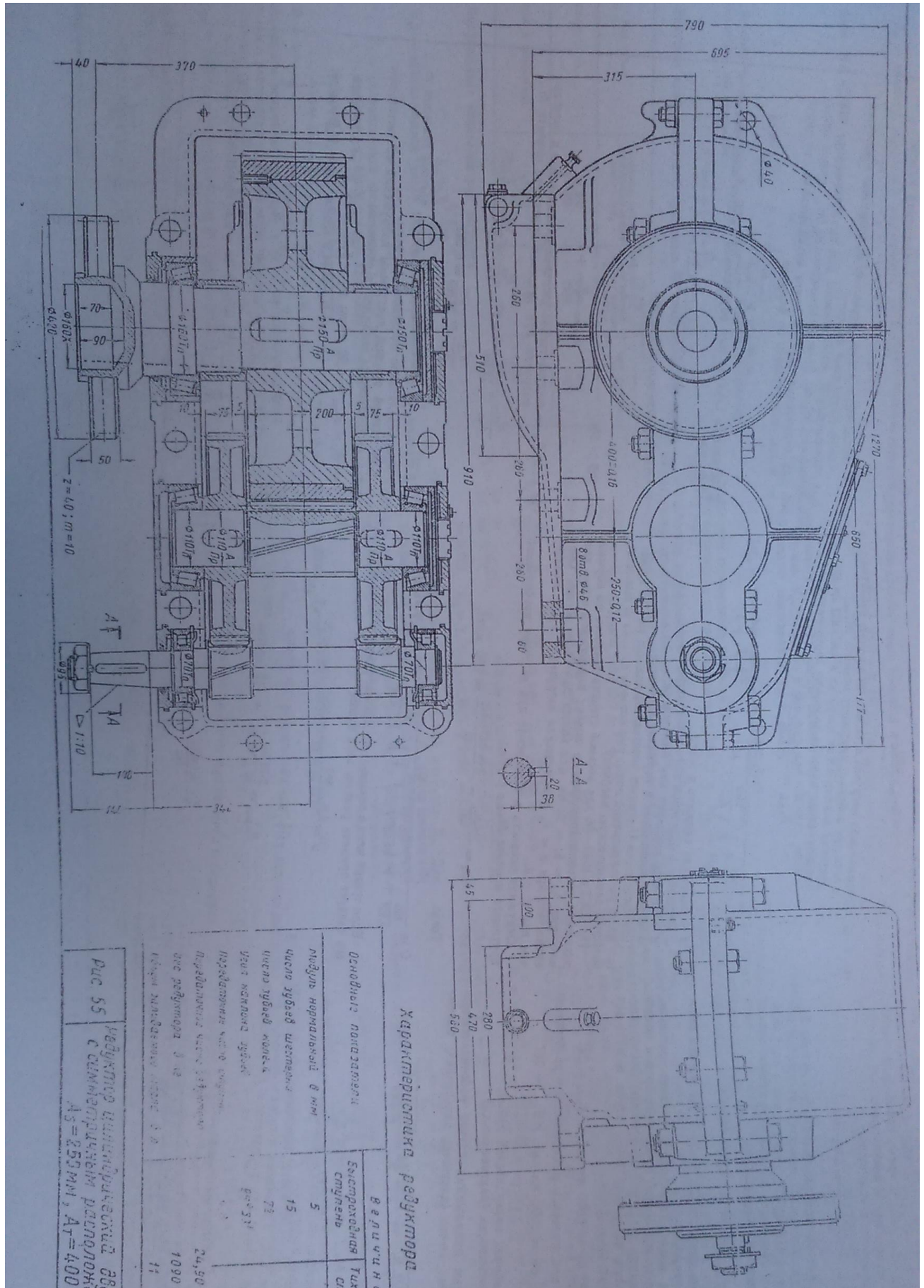
BẢN VẼ LẮP (Tham khảo)

1. Hộp số bánh răng trụ khai triển hai cấp



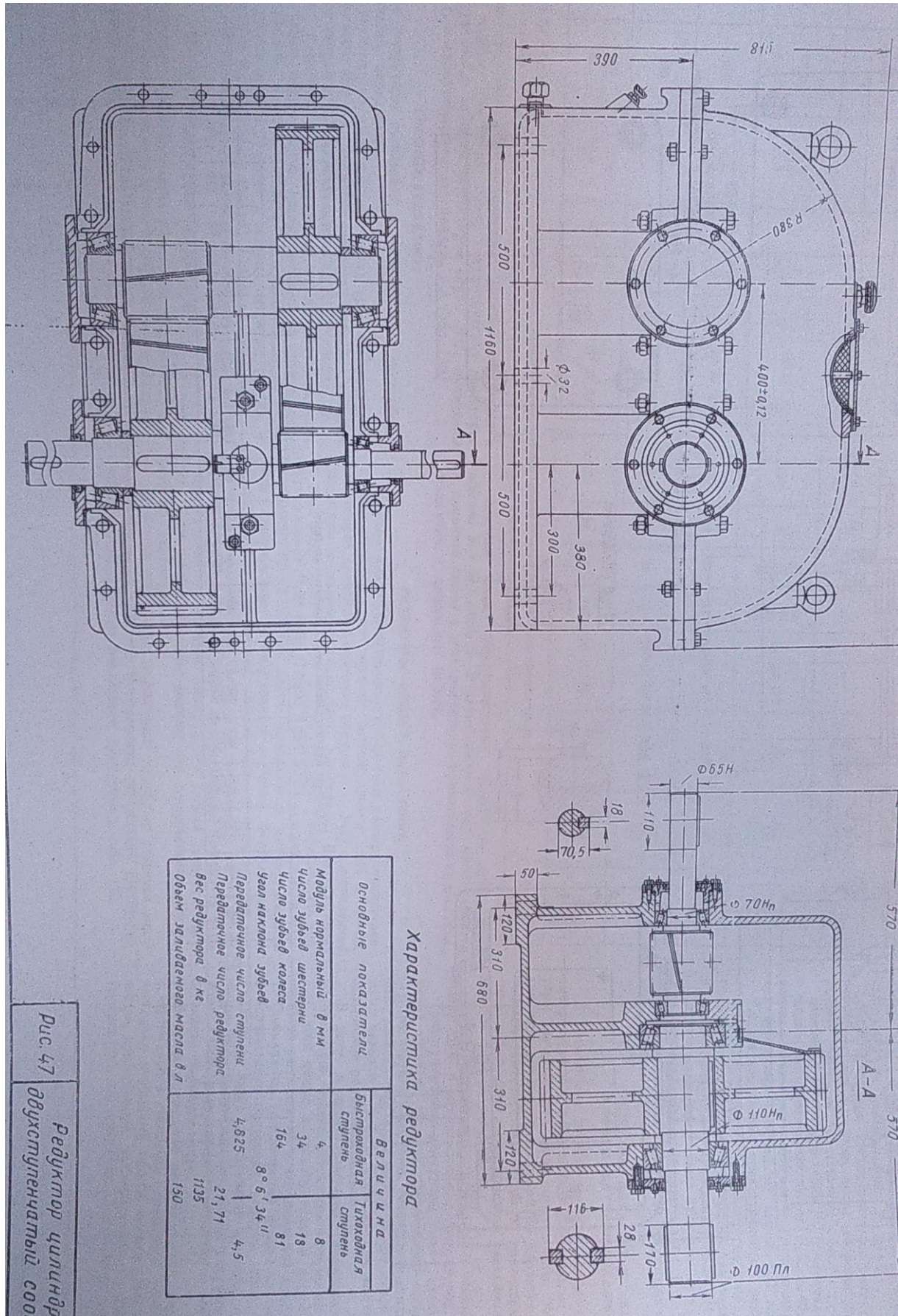


## 2. Hộp số bánh răng trụ hai cấp phân đôi



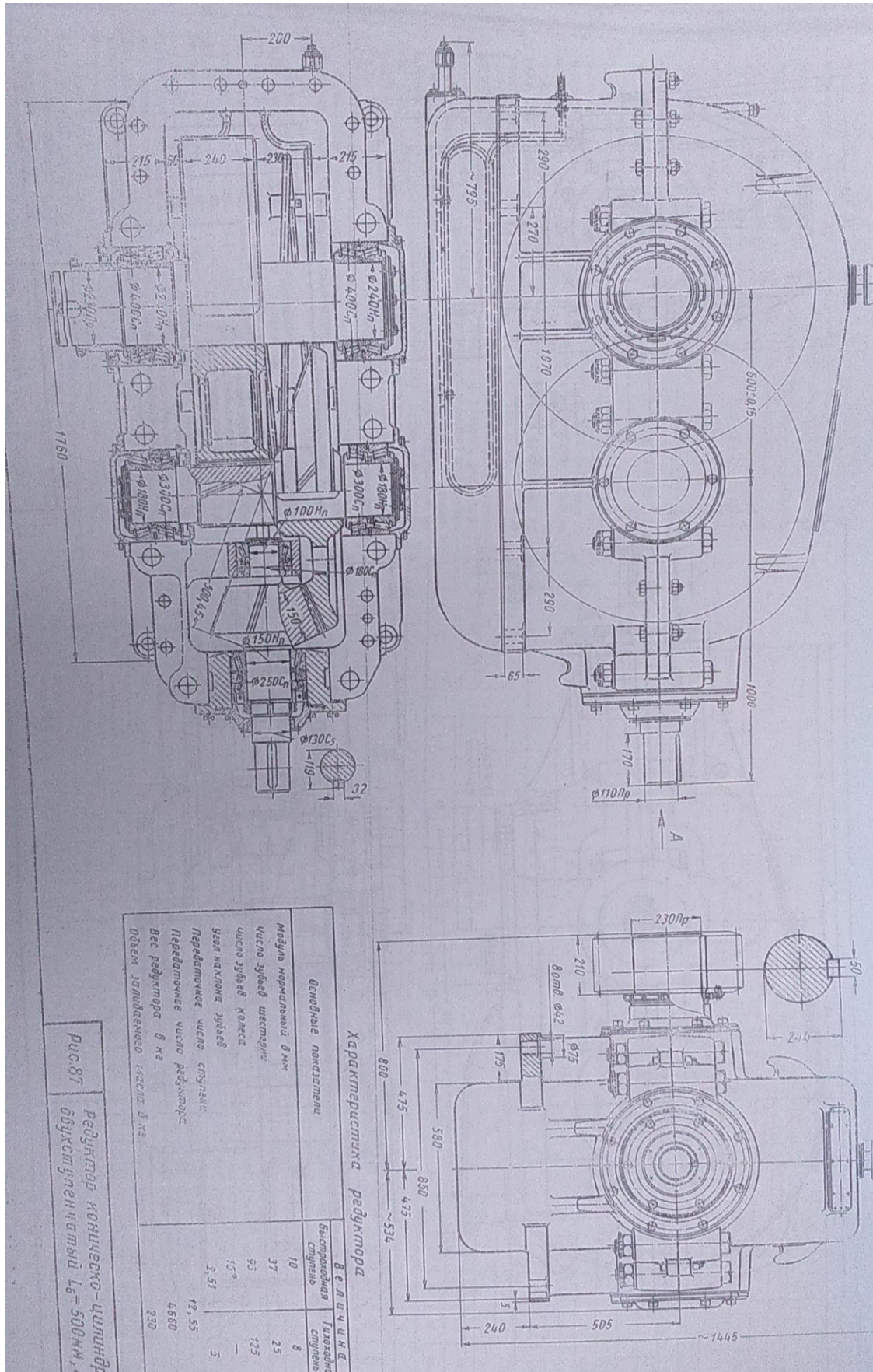


### 3. Hộp số bánh răng trụ đồng trục





#### 4. Hộp số côn – trụ hai cấp



Lưu ý: