

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 5122 : 1990**

**MÁY VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHỆ –  
CẤP CHÍNH XÁC CÂN BẰNG – QUI ĐỊNH CHUNG**

*Machines and technological equipment –  
Balance quality grade system – General*

**HÀ NỘI - 2008**

## **Lời nói đầu**

TCVN 5122 : 1990 do Viện nghiên cứu máy - Bộ Cơ khí và Luyện kim biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng trình duyệt, Ủy ban Khoa học và kỹ thuật Nhà nước (nay là Bộ Khoa học và Công nghệ) ban hành.

Tiêu chuẩn này được chuyển đổi năm 2008 từ Tiêu chuẩn Việt Nam cùng số hiệu thành Tiêu chuẩn Quốc gia theo quy định tại khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 Điều 6 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 1/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

## Máy và thiết bị công nghệ – Cấp chính xác cân bằng – Qui định chung

*Machines and technological equipment –  
Balance quality grade system – General*

Tiêu chuẩn này qui định cấp chính xác cân bằng cho rôto cứng của sản phẩm, các yêu cầu về cân bằng và phương pháp tính toán lượng mất cân bằng.

### 1 Cấp chính xác cân bằng

1.1 Cấp chính xác cân bằng phải phù hợp với những chỉ dẫn trong bảng dưới đây.

| Cấp chính xác cân bằng | Giá trị tích số lượng mất cân bằng riêng, (e) với vận tốc góc làm việc lớn nhất ( $\omega_{max}$ ),<br><br>e. $\omega_{max}$<br><br>$\frac{mmrad}{s}$ |          | Kiểu rô to<br>(ví dụ)   |
|------------------------|---|----------|---|
|                        | Nhỏ nhất  | Lớn nhất |   |
| 1                      | 2   | 3        | 4   |
| 1                      | 0,16  | 0,40     | Trục chính, đá mài, và rôto động cơ điện của máy mài chính xác  |
| 2                      | 0,40  | 1,00     | Bộ truyền động của máy ghi âm từ tính, máy quay đĩa, máy mài. Rôto động cơ điện cỡ không lớn, có công dụng đặc biệt   |
| 3                      | 1,00  | 2,50     | Rôto của tuabin hơi và khí, máy phát điện kiểu tuabin có rôto cứng, máy nén kiểu tua bin, bơm tua bin. Bộ truyền động của máy gia công kim loại. Rôto động cơ điện cỡ trung bình và lớn, có yêu cầu đặc biệt  |
| 4                      | 2,50  | 6,30     | Bộ phận làm việc của thiết bị công nghệ. Bộ giảm tốc chính của tua bin tàu thủy chở hành. Tang máy phân ly. Rôto quạt gió. Rôto của động cơ tua bin khí máy bay đã lắp. Bánh đà, cánh bơm ly tâm. Bộ phận động của máy công cụ và máy thông dụng. Rôto của động cơ điện thông thường. |

**TCVN 5122 : 1990**

| 1  | 2       | 3       | 4   |
|----|---------|---------|---|
| 5  | 6,30    | 16,00   | Trục truyền động (trục chân vịt tàu thủy, trục các đăng) có yêu cầu đặc biệt.<br>Bộ phận động của máy nghiền, máy nông nghiệp. Bộ phận riêng biệt của động cơ (xăng hoặc điêzen) của ô tô con, ô tô tải, đầu máy xe lửa.<br>Cụm trục khuỷu của động cơ có 6 xi lanh trở lên, có yêu cầu đặc biệt. |
| 6  | 16,00   | 40,00   | Bánh ô tô con, vành bánh, trục chuyển, tang hãm của ô tô. Cụm trục khuỷu của động cơ 4 kỳ, tốc độ cao (xăng hoặc điêzen), có 6 xi lanh trở lên, được đặt trên những bộ cách rung.   |
| 7  | 40,00   | 100,00  | Cụm trục khuỷu của động cơ Điêzen tốc độ cao, có 6 xi lanh trở lên.<br>Động cơ đã được lắp (xăng hoặc điêzen) cho ô tô tải, ô tô con, đầu máy xe lửa.   |
| 8  | 10,00   | 250,00  | Cụm trục khuỷu của động cơ điêzen 4 xi lanh, tốc độ cao, được lắp đặt cứng.   |
| 9  | 250,00  | 630,00  | Cụm trục khuỷu của động cơ 4 kỳ được lắp đặt cứng, có công suất lớn. Cụm trục khuỷu của động cơ điêzen tàu thủy, lắp đặt trên bộ cách rung.   |
| 10 | 630,00  | 1600,00 | Cụm trục khuỷu của động cơ 2 kỳ, được lắp đặt cứng, có công suất lớn.   |
| 11 | 1600,00 | 4000,00 | Cụm trục khuỷu của động cơ điêzen tàu thủy, tốc độ thấp được lắp đặt cứng, có số xi lanh lẻ.  |

**CHÚ THÍCH:**

1) Giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tích  $e \cdot \omega_{\max}^2$ , xác định giới hạn của cấp, tạo thành một cấp số nhân, có công bội là 2,5.

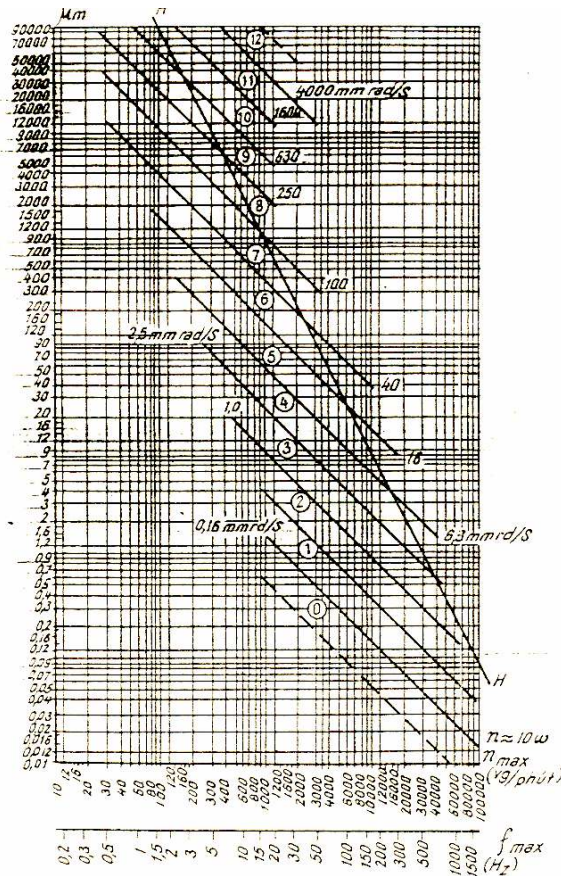
2) Động cơ được xem là tốc độ thấp, khi vận tốc pit tông lớn hơn 9 m/s – tốc độ cao khi vận tốc pit tông lớn hơn 9m/s.

**1.2 Phân bố của miền cấp chính xác cân bằng được biểu thị trên Hình 1.**

Rôto của những sản phẩm có trục quay nằm ngang, làm việc trong những điều kiện mà tích  $e \cdot \omega_{\max}^2 < g$  (g: gia tốc trọng trường) tạo ra tải trọng động trong các ổ trục đo lường mất cân bằng nhỏ hơn tải trọng tĩnh được tạo ra bởi trọng lượng rôto. Trường hợp này tương ứng với toàn miền nằm dưới đường HH.

Rôto của những sản phẩm có trục quay nằm ngang, làm việc trong những điều kiện mà tích  $e \cdot \omega_{\max}^2 > g$ , tạo ra tải trọng động trong các ổ trục đo lường mất cân bằng lớn hơn tải trọng tĩnh được tạo ra bởi trọng lượng rôto. Trường hợp này tương ứng với toàn miền nằm trên đường HH. (Trong trường hợp này, nếu không kể đến các yếu tố khác ngoài tải trọng tĩnh, khi chọn cấp chính xác cân bằng phải tính đến khe hở hướng kính trong ổ trục).

### Hệ thống cấp chính xác cân bằng



Hình 1

#### CHÚ THÍCH:

1. Các giới hạn của cấp chính xác của cấp chính xác cân bằng được biểu thị bằng đường đậm nét. Theo trục tung đặt giá trị lượng mất cân bằng riêng với thứ nguyên  $\frac{gmm}{kg}$ , hoặc  $\mu m$ . Theo trục hoành đặt giá trị tần số quay làm việc lớn nhất  $n_{max}$  (vg/ph), hoặc tần số  $f_{max}$  (Hz).

2. Giữa vận tốc góc làm việc lớn nhất và tần số quay làm việc lớn nhất của rôto có quan hệ:

$$\omega_{max} = \frac{2\pi \cdot n_{max}}{60} \approx \frac{n_{max}}{10} \quad (\text{rad/s}) \quad (1)$$

và  $\omega_{max} = 2\pi \cdot f_{max}$ .

3. Đường HH tương ứng với tích  $e \cdot \omega_{max}^2 = 9810 \text{ mm/s}^2$  (giá trị gia tốc trọng trường).

## 2 Tính toán giá trị lượng mất cân bằng cho phép

## TCVN 5122 : 1990

**2.1** Giá trị lớn nhất của vectơ tổng của lượng mất cân bằng cho phép,  $D_{cpmax}$ , được xác định theo công thức:

Đối với rôto được cân bằng trong sản phẩm đã được lắp:

$$D_{cpmax} = me_b - D_{lv} \quad (2)$$

Đối với rôto được cân bằng dưới dạng chi tiết riêng biệt:

$$D_{cpmax} = me_b - D_{cn} - D_{lv} \quad (3)$$

$m$  - khối lượng rôto, bao gồm tất cả các chi tiết cùng quay trong sản phẩm đã được lắp như một khối vật thể liền (ví dụ: bản thân rôto trên đó đã lắp bánh đà, bánh cánh quạt gió, bánh đai, bánh răng, vòng ổ lăn cùng quay với rôto).

$e_b$  - Giá trị lấy theo bảng của lượng mất cân bằng riêng, được xác định cho sản phẩm lắp đã biết, theo giới hạn trên của cấp chính xác cân bằng đã được qui định và tần số quay làm việc lớn nhất của rôto.

$D_{cn}$  - Giá trị vec tơ tổng của “lượng mất cân bằng công nghệ” của sản phẩm, có rôto được cân bằng không phải trong dạng lắp (được xác định theo Điều 59).

$D_{lv}$  - Giá trị vec tơ tổng của “lượng mất cân bằng làm việc” của sản phẩm (được xác định theo Điều 5.10).

### CHÚ THÍCH:

1. “Lượng mất cân bằng công nghệ” phát sinh khi lắp rôto, nếu có được cân bằng không phải dưới dạng sản phẩm lắp, do những chi tiết được lắp lên rôto (bánh đai, nửa khớp trục, ổ trục, quạt gió v.v...) có sẵn lượng mất cân bằng riêng, gây nên bởi: sai lệch hình dạng và vị trí bề mặt, khe hở hướng kính v.v...

2. “Lượng mất cân bằng làm việc” phát sinh do sự mòn không đều, co ngót, cháy, xâm thực của các chi tiết của rôto (ví dụ: bánh công tác của bơm, quạt gió, tua bin), do biến dạng của chúng dưới ảnh hưởng của nhiệt độ làm việc của rôto, do sự phân bố không đồng đều của vật liệu trên bề mặt làm việc của máy phân ly, do tác động của những khối lượng chuyển động tịnh tiến và song phẳng trong máy kiểu pít tông. Lượng mất cân bằng này xuất hiện trong thời hạn tuổi thọ kỹ thuật cho trước, hoặc trước lúc sửa chữa, có yêu cầu cân bằng.

**2.2** Giá trị nhỏ nhất của vec tơ tổng của lượng mất cân bằng cho phép đặt vào trọng tâm rôto,  $D_{cpmin}$ , được xác định theo công thức:

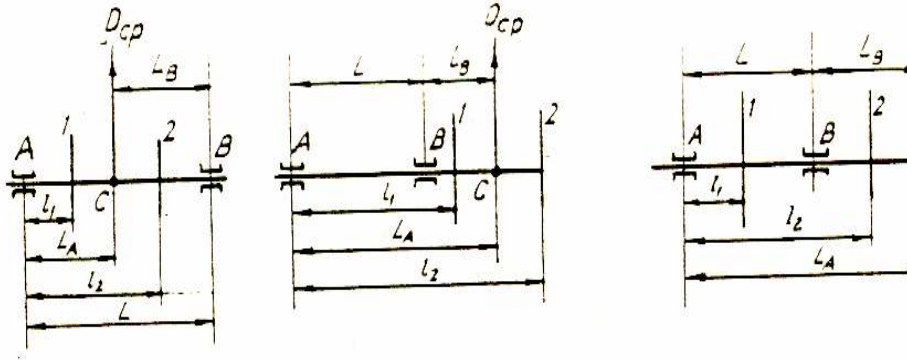
Đối với rôto được cân bằng trong sản phẩm đã lắp:

$$D_{cpmin} = \frac{me_b}{2,5} - D_{lv} \quad (4)$$

Đối với rôto được cân bằng dưới dạng chi tiết riêng biệt hoặc đơn vị lắp:

$$D_{cp \min} = \frac{me_b}{2,5} - D_{cn} - D_{lv} \quad (5)$$

2.3 Đối với rôto 2 gối đỡ (Hình 2, 3, 4), các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của lượng mất cân bằng cho phép ở từng mặt phẳng trong 2 mặt phẳng hiệu chỉnh 1, 2 được xác định theo công thức sau:



$$D_{1cp \max} = D_{cp \max} \left| \frac{l_2 - L_A}{l_2 - l_1} \right| \quad (6)$$

$$D_{2cp \max} = D_{cp \max} \left| \frac{l_2 - l_1}{l_2 - l_1} \right| \quad (7)$$

$$D_{1cp \min} = D_{cp \min} \left| \frac{l_2 - L_A}{l_2 - l_1} \right| \quad (8)$$

$$D_{2cp \min} = D_{cp \min} \left| \frac{L_A - l_1}{l_2 - l_1} \right| \quad (9)$$

#### CHÚ THÍCH:

1. Các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của lượng mất cân bằng cho phép trong mặt phẳng của gối đỡ, mặt phẳng đo, hoặc mặt phẳng quy đổi cũng được xác định theo các công thức trên và Hình 2 – đến Hình 4 khi thay  $l_1, l_2$  bằng các khoảng cách từ gối đỡ A đến các mặt phẳng tương ứng đó.

2. Khi tính toán cần lưu ý rằng các giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng  $D_{1cp \max}$  và  $D_{2cp \max}$  là các giá trị giới hạn, không phụ thuộc và phương tác động của chúng, được xác định bằng dạng mất cân bằng của rôto (mất cân bằng tĩnh, mất cân bằng mômen hoặc mất cân bằng động).

### 3 Yêu cầu về công nghệ và kết cấu

3.1 Rôto của những sản phẩm thuộc cấp chính xác cân bằng 1 cần được cân bằng trên các ổ trục của chúng được lắp trong thân sản phẩm, sử dụng dẫn động riêng của sản phẩm và tuân theo đúng các điều kiện vận hành.

## **TCVN 5122 : 1990**

**3.2** Rôto của những sản phẩm thuộc cấp chính xác cân bằng 2 cần được cân bằng trên các ổ trục của chúng hoặc trong thân sản phẩm, sử dụng dẫn động chuyên dùng, nếu sản phẩm không có dẫn động riêng.

**3.3** Rôto của những sản phẩm thuộc cấp chính xác cân bằng từ 3 đến 11 được cân bằng dưới dạng chi tiết hoặc đơn vị lắp.

**3.4** Chọn phương pháp cân bằng

**3.4.1** Rôto của sản phẩm phải được cân bằng động.

**3.4.2** Trong trường hợp khi ở N rôto trong lô sản phẩm cùng kiểu, các giá trị lượng mất cân bằng ban đầu  $D_d$  trong các mặt phẳng gối đỡ không vượt quá một nửa giá trị lớn nhất trong số những giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng cho phép trong các mặt phẳng của gối đỡ A hoặc B, cho phép cân bằng tĩnh cả lô đó với xác suất tin cậy W.

**3.4.3** Nếu ở N rôto cùng kiểu được chọn tùy ý trong lô, các lượng mất cân bằng ban đầu  $D_{dj}$  (với  $j = 1, 2 \dots N'$ ) nhỏ hơn những giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng cho phép, cho phép không cân bằng những rôto còn lại của lô đó với xác suất tin cậy tương ứng W.

CHÚ THÍCH:

1. Số lượng rôto N được kiểm tra cần tính theo Phụ lục 3.

2. Tích của giá trị lượng mất cân bằng ban đầu  $D_d$  trong các mặt phẳng gối đỡ với khoảng cách giữa các gối đỡ của rôto bằng giá trị mômen chính của các lượng mất cân bằng ban đầu của rôto.

**3.5** Cho phép không cân bằng rôto của những sản phẩm vốn làm việc với khối lượng mất cân bằng, ví dụ: rôto của máy rung, giá rung v.v...

Ở một loạt sản phẩm, khi không có thiết bị cân bằng tự động, cho phép tiến hành cân bằng định kỳ theo mức độ mòn (ví dụ: đá mài). Lượng mất cân bằng cho phép và chu kỳ cân bằng phải được chỉ dẫn trong tài liệu pháp qui kỹ thuật.

**3.6** Vị trí mặt phẳng đo và mặt phẳng hiệu chỉnh cần được qui định khi thiết kế rôto. Đồng thời cần qui định cách hiệu chỉnh khối lượng rôto để bảo đảm có thể thực hiện được về mặt kết cấu, qui định qui trình công nghệ và dự kiến khả năng cân bằng rôto sau những lần sửa chữa theo kế hoạch.

**3.7** Sau khi cân bằng, lượng mất cân bằng dư trong các mặt phẳng hiệu chỉnh và mặt phẳng đo không được vượt khỏi giới hạn các giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng cho phép được xác định theo điều 2.3.

CHÚ THÍCH: Không bắt buộc giữ nguyên giá trị nhỏ nhất của lượng mất cân bằng cho phép.



**3.8** Những số liệu được xác định theo các điều 2.3 và 3.6 cần được ghi trong bản chế tạo và trong phiếu cân bằng (nêu trong Phụ lục 4) nếu đã dự kiến trước nhiệm vụ kỹ thuật cho việc chế tạo sản phẩm.

**3.9** Ví dụ tính toán giá trị lượng mất cân bằng cho phép được trình bày trong Phụ lục 5.

#### **4 Yêu cầu về xác định cấp chính xác cân bằng cho sản phẩm cải tiến**

**4.1** Khi thiết kế sản phẩm, cấp chính xác cân bằng được chọn sơ bộ theo bảng của tiêu chuẩn này.

**4.2** Sau khi nghiên cứu thực nghiệm các mẫu thử nghiệm hoặc mẫu đơn chiếc <sup>(1)</sup> theo điều 4.3, cần qui định cấp chính xác cân bằng cuối cùng, sao cho không ảnh hưởng xấu đến khả năng làm việc của sản phẩm.

**4.3** Việc xác định bằng thực nghiệm cấp chính xác cân bằng cho sản phẩm cải tiến cần tiến hành với sản phẩm thử nghiệm hoặc sản phẩm đơn chiếc. Đối với sản phẩm được sản xuất loại lớn, cấp chính xác cân bằng được qui định theo kết quả thử của lô thử nghiệm.

Việc thử này cần tiến hành theo các điều 4.4 đến 4.6

**4.4** Đối với mẫu thử tạo được mặt phẳng hiệu chỉnh để thay đổi lượng mất cân bằng, rôto được cân bằng lại để đạt tới lượng mất cân bằng dư có thể cho phép, có tính đến sai số theo điều 5.8.

**4.5** Xác định giá trị nhỏ nhất của các lượng mất cân bằng giới hạn cho mỗi mặt phẳng hiệu chỉnh 1, 2 của sản phẩm.

Vượt quá những giá trị này sẽ gây rung cho gối đỡ mức qui định trong nhiệm vụ kỹ thuật, hoặc ảnh hưởng xấu đến chức năng làm việc bình thường của sản phẩm.

**4.5.1** Cách tiến hành gắn vào cả hai mặt phẳng hiệu chỉnh 1, 2 của rôto đã được cân bằng (theo điều 4.4) những lượng mất cân bằng như nhau. Cho sản phẩm đã được gắn những lượng mất cân bằng này làm việc và đo giá trị trung bình bình phương của vận tốc rung của ổ trục theo chỉ dẫn Phụ lục 2.

Tăng dần giá trị những lượng mất cân bằng này sẽ xác định được giới hạn của chúng cho mỗi mặt phẳng hiệu chỉnh 1, 2. Sự vượt quá những giá trị giới hạn này sẽ gây rung cho giá đỡ quá mức quy định trong nhiệm vụ kỹ thuật, hoặc làm ảnh hưởng xấu đến chức năng làm việc bình thường của sản phẩm.

---

<sup>1</sup> Mẫu đơn chiếc là mẫu sản phẩm được chế tạo theo yêu cầu đặc biệt, có số lượng rất ít, thậm chí 1 chiếc.

## TCVN 5122 : 1990

**4.5.2** Không thay đổi vị trí lượng mất cân bằng giới hạn trên mặt phẳng hiệu chỉnh 1, được tìm thấy theo điều 4.5.1, trên mặt phẳng hiệu chỉnh 2 gắn lượng mất cân bằng vào 7 vị trí cách đều nhau  $45^{\circ}$ . Khi thay đổi giá trị lượng mất cân bằng được gắn với vào mỗi một trong 7 vị trí này, sẽ tìm được (theo điều 4.5.1) 7 giá trị giới hạn cho mặt phẳng hiệu chỉnh 2.

**4.5.3** Gắn lượng mất cân bằng giới hạn (theo điều 4.5.1) vào vị trí ban đầu  $0^{\circ}$  cho mặt phẳng hiệu chỉnh 2. Không thay đổi vị trí của nó, trên mặt phẳng hiệu chỉnh 1, gắn lượng mất cân bằng vào 7 vị trí cách đều nhau  $45^{\circ}$ . Khi thay đổi giá trị lượng mất cân bằng ở mỗi một trong 7 vị trí đó sẽ tìm được (theo điều 4.5.1) 7 giá trị giới hạn cho mặt phẳng hiệu chỉnh 1.

Khi có căn cứ kinh tế kỹ thuật đầy đủ, cho phép gắn lượng mất cân bằng vào những vị trí cách đều nhau lớn hơn  $45^{\circ}$ . Giá trị góc này phải được quy định trong tài liệu pháp qui kỹ thuật.

CHÚ THÍCH: Góc giữa các giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng giới hạn trong cả hai mặt phẳng hiệu chỉnh phụ thuộc vào tính không đồng nhất của rôto và gối đỡ và vào tương quan của các kích thước hình học của rôto.

**4.5.4** Tìm giá trị nhỏ nhất của lượng mất cân bằng trong mỗi mặt phẳng hiệu chỉnh 1,2 (theo các điều 4.5.1 đến 4.5.3) tức là tìm được giá trị lượng mất cân bằng làm việc trong các mặt phẳng hiệu chỉnh đó. Sự vượt quá những giá trị này sẽ làm ảnh hưởng xấu đến chức năng làm việc bình thường của sản phẩm.

**4.5.5** Khi thử lô thử nghiệm lấy từ N sản phẩm, sau khi xác định giá trị lượng mất cân bằng làm việc cho mỗi mặt phẳng trong các mặt phẳng hiệu chỉnh của từng sản phẩm, sẽ tính giá trị lượng mất cân bằng làm việc  $D_{1lv}$ ,  $D_{2lv}$  cho tất cả sản phẩm với xác suất tin cậy W.

Phương pháp xác định N,  $D_{1lv}$ ,  $D_{2lv}$  được nêu trong Phụ lục 3.

**4.5.6** Tổng giá trị lượng mất cân bằng làm việc (tìm được theo điều 4.5.5.) đối với các mặt phẳng hiệu chỉnh 1,2 xác định giá trị vectơ tổng của các lượng mất cân bằng làm việc của rôto:

$$D_{lv} = D_{1lv} + D_{2lv} \quad (10)$$

Lượng mất cân bằng làm việc riêng được xác định theo công thức:

$$e_{lv} = \frac{D_{lv}}{m} \quad (11)$$

Khi biết tần số quay làm việc lớn nhất của rôto, theo Hình 1, sẽ được qui định cấp chính xác cân bằng ứng với lượng mất cân bằng làm việc riêng cho những sản phẩm thử nghiệm.

Trong loạt sản phẩm lớn, cấp chính xác cân bằng phải được qui định cao hơn 1 cấp so với cấp tìm được cho mẫu thử.

**4.6** Đối với những sản phẩm không thể tạo được mặt phẳng hiệu chỉnh, thay cho thử nghiệm theo điều 4.5, cho phép thay đổi lượng mất cân bằng dư trên một số rôto trước khi lắp sản phẩm. Số lượng sản phẩm đó được xác định theo Phụ lục 3.

## 5 Yêu cầu về xác định lượng mất cân bằng dư, lượng mất cân bằng công nghệ và lượng mất cân bằng làm việc của sản phẩm thử nghiệm

**5.1** Khi thử khảo sát, thử sơ bộ khi bắt đầu và kết thúc thử nghiệm thu về tuổi thọ của những mẫu thử nghiệm hoặc mẫu đơn chiếc và lô thử nghiệm, cần đo lượng mất cân bằng dư trong các mặt phẳng hiệu chỉnh, hoặc các mặt phẳng khác.

CHÚ THÍCH: Những dạng thử có tiến hành đo lượng mất cân bằng dư như đã nêu trên đây được quy định trong các tiêu chuẩn hoặc điều kiện kỹ thuật của sản phẩm cụ thể.

**5.2** Đo lượng mất cân bằng dư của rôto riêng biệt hoặc của sản phẩm đã được lắp cần tiến hành trên máy cân bằng ở tần số quay thấp hơn tần số cộng hưởng thử 1 của hệ thống “rôto - gối đỡ”, hoặc ngay trên sản phẩm đã được lắp bằng một tổ hợp thiết bị cân bằng.

Việc chuyển lượng mất cân bằng dư đo được từ mặt phẳng đo hoặc mặt phẳng gối đỡ sang mặt phẳng hiệu chỉnh, và ngược lại, cần theo các công thức phụ lục 1.

Chú thích: Tần số cộng hưởng của hệ thống “rôto - gối đỡ”, bao gồm rôto và các gối đỡ đàn hồi, là tần số nhờ đó biên độ dao động đạt tới cực đại.

**5.3** Trước khi đo, rôto phải được lắp (theo bản vẽ chế tạo) với những chi tiết để tạo thành một vật thể liền khối quay trong sản phẩm (ví dụ: quạt gió, bánh răng, bánh đà, bánh đai, ổ, bạc, ổ lăn, nửa khớp trục v.v...).

Khi đo lượng mất cân bằng dư của rôto, nếu do một nguyên nhân nào đó, rôto không được lắp với cả loạt chi tiết nêu trên và (hoặc) không được lắp trên ổ trục riêng của nó, lượng mất cân bằng công nghệ phát sinh khi lắp rôto cùng các chi tiết này được xác định theo điều 5.9 và được tính vào kết quả đo.

**5.4** Khi đo lượng mất cân bằng dư của rôto lắp công xôn, tựa vào thân máy trên gối đỡ riêng, trên máy cân bằng cần dùng gối đỡ phụ.

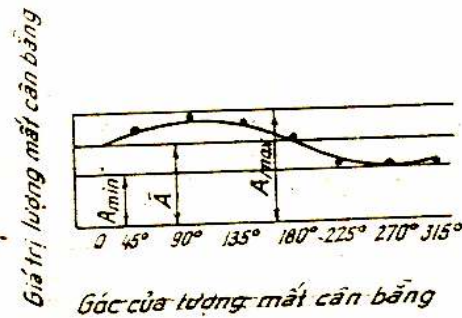
**5.5** Đối với rôto có 2 hoặc trên 2 khối lượng tập trung trên trục nhẹ, cần đo lượng mất cân bằng của từng chi tiết trước khi lắp, hoặc lượng mất cân bằng của rôto trong từng giai đoạn lắp.

**5.6** Để đo giá trị lượng mất cân bằng dư trong mặt phẳng hiệu chỉnh cho trước của rôto, cần gắn vào mặt phẳng này tải trọng kiểm tra. Lượng mất cân bằng  $D$  gây nên bởi tải trọng này có giá trị lớn hơn 5 đến 10 lần giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng cho phép  $D_{i_{ep\max}}$  của mặt phẳng này. Ghi giá trị và góc của lượng mất cân bằng, chuyển chỗ tải trọng kiểm tra đi  $45^0$  so với vị trí cũ, lại ghi giá trị và góc của lượng mất cân bằng. Lặp lại 8 lần đo như vậy với những vị trí khác nhau của tải trọng kiểm tra. Tiến hành đo cho từng mặt phẳng hiệu chỉnh riêng biệt.

**5.7** Đối với mỗi mặt phẳng hiệu chỉnh, lập đồ thị với hệ tọa độ là góc và giá trị của lượng mất cân bằng (Hình 5). Căn cứ vào bảng dưới đây:

**TCVN 5122 : 1990**

| <b>Góc của lượng mất cân bằng</b>                 |                        | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° |
|---|------------------------|----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Số đọc trên đồng hồ đo của giá trị lượng cân bằng | Mặt phẳng hiệu chỉnh 1 |    |     |     |      |      |      |      |      |
|   | Mặt phẳng hiệu chỉnh 2 |    |     |     |      |      |      |      |      |



**Hình 5**

Trung bình cộng của các đại lượng đo được tỷ lệ với giá trị lượng mất cân bằng  $D$  được xác định trong mặt phẳng hiệu chỉnh.

$$\bar{A} = \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2} = \alpha D \quad (12)$$

Trong đó :

$A_{\max}, A_{\min}$  - số đọc nhỏ nhất và lớn nhất trên đồng hồ đo của giá trị lượng mất cân bằng.

$\bar{A}$  - được hiển thị trên hình vẽ bằng một đoạn thẳng tỷ lệ với giá trị lượng mất cân bằng.

$\alpha$  - hệ số tỷ lệ.

Giá trị lượng mất cân bằng dư trong mặt phẳng hiệu chỉnh tỷ lệ với biên độ của chỉ số đó:

$$A_{db} = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{2} = \alpha D_d \quad (13)$$

Do đó: 
$$D_d = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}} D \quad (14)$$

**CHÚ THÍCH:**

1 Nếu có nghi ngờ về tính chất tuyến tính của số đọc trên đồng hồ đo của giá trị lượng mất cân bằng, cần lặp lại việc đo với giá trị lượng mất cân bằng nhỏ hơn hoặc lớn hơn giá trị sử dụng của lượng mất cân bằng.

2 Cho phép lượng mất cân bằng dư không theo phương pháp chuyển dịch vòng tải trọng kiểm tra nói trên máy cân bằng, rôto bằng tổ thiết bị cân bằng, được hiệu chỉnh theo rôto định chuẩn.

**5.8** Khi đo giá trị lượng mất cân bằng dư (nói riêng là khi cân bằng) cần tính đến sai số đo truyền động của rôto, hoặc do gối đỡ phụ gây ra, bao gồm:

– Lượng mất cân bằng do chính các phần tử của truyền động hoặc gối đỡ phụ gây ra cho rôto, sai lệch về độ đồng tâm các gối đỡ, khe hở trong các chi tiết của truyền động hoặc các bề mặt tựa của rôto. Ảnh hưởng của những sai lệch này được phát hiện khi lắp lại cho kỳ đo với điều kiện quay một nửa khớp trục đi  $180^{\circ}$  sau chu kỳ đo thứ 1.

– Khe hở giữa các chi tiết của truyền động với các chi tiết đỡ, hoặc với rôto.

**5.9** Giá trị lượng mất cân bằng công nghệ theo điều 2.1 cần được xác định như hiệu giá trị các lượng mất cân bằng dư trong chính những mặt phẳng của rôto, được đo theo các điều 5.2 đến 5.8 đối với sản phẩm đã được lắp và đối với đơn vị lắp của rôto, phù hợp với tài liệu công nghệ cho việc cân bằng.

Giá trị cuối cùng của lượng mất cân bằng công nghệ được tính theo kết quả đo sản phẩm thí nghiệm.

Phương pháp xác định số sản phẩm N và phương pháp tính toán được trình bày trong Phụ lục 3 (các Điều 5 đến Điều 7).

CHÚ THÍCH: Trong các tiêu chuẩn và điều kiện kỹ thuật của sản phẩm cụ thể sẽ qui định sự cần thiết xác định giá trị lượng mất cân bằng công nghệ.

**5.10** Giá trị lượng mất cân bằng làm việc theo điều 2.1 được xác định như hiệu giá trị các lượng mất cân bằng dư trong chính những mặt phẳng được đo theo các điều 5.2 đến 5.8 cho sản phẩm được lắp. trước khi bắt đầu sử dụng và sau khi đã làm việc toàn bộ hoặc một phần tuổi thọ, được qui định trong tài liệu pháp quy kỹ thuật.

Giá trị cuối cùng của lượng mất cân bằng làm việc cần được tính theo kết quả đo N sản phẩm thử nghiệm. Phương pháp xác định số N và phương pháp tính toán được trình bày trong các Điều 5 đến 7 của Phụ lục 3.

CHÚ THÍCH: Trong các tiêu chuẩn và điều kiện kỹ thuật cho sản phẩm cụ thể sẽ qui định về sự cần thiết xác định giá trị lượng mất cân bằng làm việc.

**Phụ lục 1**

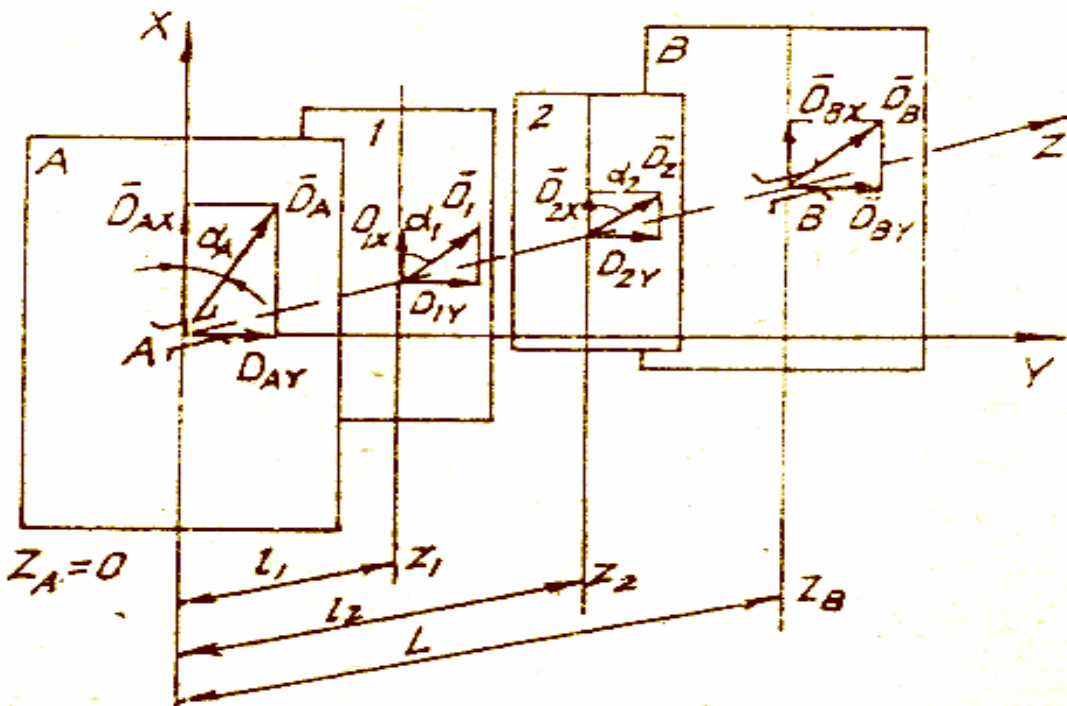
**Qui đổi lượng mất cân bằng từ mặt phẳng này sang mặt phẳng kia đối với rôto cùng 2 gối đỡ**

1 Việc qui đổi những lượng mất cân bằng đo được, hoặc đã được cho trước về giá trị và góc trong hai mặt vuông góc với trục rôto sang những mặt phẳng song song khác cần được tiến hành theo những công thức cho dưới đây. Những công thức này bao hàm mọi cách bố trí khác nhau có thể được đối với 2 mặt phẳng gối đỡ hoặc 2 mặt phẳng hiệu chỉnh.

2 Trên hình vẽ dưới đây trình bày các mặt phẳng gối đỡ A, B và 2 mặt phẳng hiệu chỉnh hoặc mặt phẳng đo 1, 2 của rôto giữa các gối đỡ, và lập hệ trục tọa độ vuông góc xyz, với hướng dương được quy ước là dọc theo trục rôto từ A đến B. Gốc tọa độ được bố trí ở giữa gối đỡ, A, và  $z(A) = 0$ . Mặt phẳng 1 ở bên trái mặt phẳng 2, còn mặt phẳng A ở bên trái mặt phẳng B.

$$D_A = \sqrt{\frac{D_1^2(z_1 - z_B)^2 + D_2^2(z_2 - z_B)^2 + 2D_1D_2(z_1 - z_B)(z_2 - z_B)\cos(\alpha_1 - \alpha_2)}{|z_B - z_A|}} \tag{1}$$

$$D_B = \sqrt{\frac{D_1^2(z_1 - z_A)^2 + D_2^2(z_2 - z_A)^2 + 2D_1D_2(z_1 - z_A)(z_2 - z_A)\cos(\alpha_1 - \alpha_2)}{|z_A - z_B|}}$$



Hình 6

Các góc  $\alpha_A, \alpha_B$  của các lượng mắt cân bằng  $\overline{D_A}, \overline{D_B}$  được xác định theo những công thức sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_A = \frac{D_1 \sin \alpha_1 (z_1 - z_B) + D_2 \sin \alpha_2 (z_2 - z_B)}{D_1 \cos \alpha_1 (z_1 - z_B) + D_2 \cos \alpha_2 (z_2 - z_B)} \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{D_1 \sin \alpha_1 (z_1 - z_A) + D_2 \sin \alpha_2 (z_2 - z_A)}{D_1 \cos \alpha_1 (z_1 - z_A) + D_2 \cos \alpha_2 (z_2 - z_A)}$$

Tương tự trên, có:

$$D_1 = \sqrt{\frac{D_A^2 (z_A - z_2) + D_B^2 (z_B - z_2)^2 + 2D_A D_B (z_A - z_2)(z_B - z_2) \cos(A - B)}{|z_2 - z_1|}} \quad (3)$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{D_A^2 (z_A - z_1) + D_B^2 (z_B - z_1)^2 + 2D_A D_B (z_A - z_1)(z_B - z_1) \cos(A - B)}{|z_1 - z_2|}}$$

Các góc  $\alpha_1, \alpha_2$  của lượng mắt cân bằng  $\overline{D_1}, \overline{D_2}$  được xác định theo những công thức sau:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_1 &= \frac{D_A \sin \alpha_A (z_1 - z_2) + D_B \sin \alpha_B (z_B - z_2)}{D_A \cos \alpha_A (z_A - z_A) + D_B \cos \alpha_B (z_B - z_2)} \\ \operatorname{tg} \alpha_2 &= \frac{D_A \sin \alpha_A (z_A - z_1) + D_B \sin \alpha_B (z_B - z_1)}{D_A \cos \alpha_A (z_A - z_1) + D_B \cos \alpha_B (z_B - z_1)} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

**Phụ lục 2**

**Kiểm tra cân bằng của sản phẩm thử nghiệm khi làm việc**

**1** Kiểm tra cân bằng của sản phẩm thử nghiệm khi làm việc phải được tiến hành khi thử khảo sát, thử sơ bộ, bắt đầu và kết thúc thử nghiệm thu về tuổi thọ của sản phẩm thử nghiệm và lô thử nghiệm. Trong các tiêu chuẩn và tài liệu kỹ thuật cho sản phẩm cụ thể qui định sự cần thiết tiến hành loại kiểm tra này.

Số lượng sản phẩm được kiểm tra được xác định theo Phụ lục 3.

**2** Kiểm tra cân bằng của sản phẩm làm việc được tiến hành để phát hiện vai trò của lượng mất cân bằng trong các sản phẩm sinh rung.

Ở giai đoạn trước sử dụng, sự kiểm tra này cho phép qui định chính xác giá trị danh nghĩa của lượng mất cân bằng cho phép trong các mặt phẳng hiệu chỉnh, hoặc sự thay đổi cần thiết về kết cấu để bảo đảm được tính hấp thụ rung có thể chấp nhận được của sản phẩm, đã quy định trong tài liệu kỹ thuật.

**3** Để kiểm tra cân bằng của sản phẩm làm việc theo Điều 1, sản phẩm được lắp ráp hoàn chỉnh và được lắp đặt theo các quy tắc vận hành.

**3.1** Khi có truyền động của rôto, không được làm ảnh hưởng mạnh tới trạng thái rung của sản phẩm và gây ra lượng mất cân bằng phụ trong hệ. Tiến hành kiểm tra truyền động theo điều 5.8 của tiêu chuẩn này.

**4** Thiết bị đo phải phù hợp với tiêu chuẩn hoặc tài liệu kỹ thuật đã được xét duyệt.

**4.1** Những bộ biến đổi rung thông thường cần được đặt theo phương thẳng đứng và nằm ngang trong các mặt phẳng vuông góc với trục rôto và đi qua trung điểm ổ trục trong mặt phẳng gối đỡ, nhằm đo các thành phần thẳng đứng và nằm ngang của vận tốc rung ngang.

**CHÚ THÍCH:**

1. Khi trục rôto thẳng đứng quay nghiêng, những bộ biến đổi đo rung được đặt trong những mặt phẳng chứa trục rôto và vuông góc với nhau.

2. Trong những trường hợp khi không thể đặt các bộ biến đổi đo rung lên các gối đỡ, cho phép đặt chúng lên thân sản phẩm, có tính đến liên hệ lẫn nhau về giá trị lượng mất cân bằng ở điểm kiểm tra và các mặt phẳng gối đỡ (theo Phụ lục 1).

**4.2** Để đo vận tốc rung của các gối đỡ rôto, nếu điều kiện an toàn cho phép, cho phép sử dụng những thiết bị biến đổi đo rung cầm tay, máy đo rung, đầu dò, và bộ biến đổi đo rung cầm tay, máy đo rung, đầu dò, và bộ biến đổi đo rung kiểu không tiếp xúc. Những thiết bị trên phải đảm bảo độ chính xác đo vận tốc rung là  $\pm 20\%$  và được đặt theo quy định ở điều 4.1.



**4.3** Khi máy thử nghiệm có bộ kiểm tra riêng, cho phép được sử dụng nếu nó bảo đảm đo vận tốc rung phù hợp với các điều 4.1 đến 4.2.

**5** Các công việc chuẩn bị, tiến hành kiểm tra và sắp xếp kết quả đo phải phù hợp với tiêu chuẩn hoặc tài liệu kỹ thuật đã được xét duyệt.

**5.1** Kiểm tra được tiến hành theo trình tự sau: chuẩn bị sản phẩm và thiết bị đo rung, tăng tốc rôto đến tần số quay làm việc lớn nhất  $n_{\max}$  và giữ trạng thái quay đó không ít hơn 2 phút, sau đó rôto được tăng tốc đến tần số quay rất cao  $n^+$  (để làm đều ứng lực bên trong khi lắp) chọn độ hở, biến dạng của cuộn dây. Nếu chương trình thử được dự kiến như vậy, cũng cần qui định cả thời gian quay ở tần số  $n^+$ . Sau đó giảm tần số quay của rôto đến giá trị  $n_{\max}$  và giữ nguyên trạng thái đó không ít hơn 2 phút, đo các giá trị trung bình bình phương của vận tốc rung của gối đỡ rôto theo Điều 6. Sau khi đo, dừng rôto. Giá trị gia tốc của rôto khi tăng tốc và quay theo quán tính được quy định trong chương trình thử.

**5.2** Trong trường hợp sản phẩm có một hoặc một số tần số quay làm việc (ví dụ động cơ điện di bộ), việc giới hạn điều kiện thử về phạm vi dải tần quay phải được qui định trong chương trình thử.

**5.3** Thử nghiệm phải được tiến hành trên máy không mang tải.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp có đủ căn cứ kỹ thuật, cho phép thử có tải. Phạm vi tải trọng phải được qui định trong chương trình thử.

**6** Đo các giá trị trung bình bình phương của vận tốc rung được tiến hành theo điều 4.1 theo 2 phương vuông góc x, y, do đó vận tốc trung bình bình phương thực được tính theo công thức:

$$\tilde{v}_{A,B} = \sqrt{v_{A,B_x}^2 + v_{A,B_y}^2}$$

với:

$$\tilde{v}_{A,B_x} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_{A,B_x}(t) dt}$$

$$\tilde{v}_{A,B_y} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_{A,B_y}(t) dt}$$

T: thời gian đo

**6.1** Các giá trị trung bình bình phương của vận tốc rung  $\tilde{v}_{A,B_{CS}}$  và  $\tilde{v}_{A,B}$  tại các gối đỡ A, B được xác định trong thời gian đo khi rôto có tần số quay  $n_{\max}$ .

Trong đó:  $\tilde{v}_{A,B_{CS}}$  - giá trị trung bình bình phương của vận tốc rung, được đo bằng bộ lọc có dải tần số Octa, được điều chỉnh theo tần số cơ sở  $n_{\max}$ .

## TCVN 5122 : 1990

$\tilde{v}_{A,B} = \sqrt{\sum(\bar{v})^2}$  - giá trị trung bình bình phương của vận tốc rung, được đo bằng bộ lọc có dải tần số Octa trong dải tần số từ 10 Hz đến 2000 Hz khi rôto có tần số quay  $n_{\max}$ .

$\tilde{v}_i$  - giá trị trung bình bình phương của vận tốc rung ở dải Octa  $i$ .

### CHÚ THÍCH:

1.  $\bar{v}_{A,B_{CS}}$  đo lượng mất cân bằng dư  $D_{A_d}, D_{B_d}$  trong các mặt phẳng gối đỡ và hàng loạt nguyên nhân khác gây ra.
2. Dải tần số 10 Hz đến 2000 Hz lấy với tải giả định là năng lượng rung có tần số cao hoặc thấp hơn một chút. Trong trường hợp khác phải mở rộng dải tần số.
3. Trong trường hợp có đủ căn cứ kỹ thuật, cho phép sử dụng bộ lọc có dải tần hẹp hơn.

**6.2** Cho phép sử dụng những thiết bị đo khác, nếu nó bảo đảm độ chính xác đo tới  $\pm 10\%$  giá trị trung bình bình phương của vận tốc rung.

**7** Nếu giá trị trung bình của vận tốc rung, đo được theo Điều 6, lớn hơn giá trị cho phép, được qui định trong tài liệu pháp qui kỹ thuật của sản phẩm, còn giá trị  $\tilde{v}_{A,B_{CS}}$  được đo theo điều 6.1:

$$\tilde{v}_{A,B_{CS}} < \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4}\right)(\tilde{v}_{A,B_{ep}}).$$

thì năng lượng cơ bản của rung không phụ thuộc lượng mất cân bằng, mà vào những nguyên nhân khác.

**8** Nếu  $\tilde{v}_{A,B_{CS}}$  rất lớn, còn các lượng mất cân bằng dư  $D_{A,B_d}$  trong các mặt phẳng A, B, được xác định theo điều 5.7 trong tiêu chuẩn, gây ra cho các gối đỡ vận tốc rung:

$$\frac{2D_{A,B_d}}{m + m_1} \omega_{\max} < \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4}\right)\tilde{v}_{A,B_{CS}}$$

Thì rung ở tần số cơ sở không được xác định bởi tính không cân bằng và việc đặt ra trước các yêu cầu về cân bằng thường là không hợp lý.

Trong trường hợp này cần thay đổi qui trình công nghệ, hoặc kết cấu của sản phẩm thử nghiệm, hoặc áp dụng phương pháp cân bằng tại nơi làm việc.

**9** Số sản phẩm thử nghiệm cần kiểm tra cân bằng được qui định trong tài liệu kỹ thuật. Việc xác định số sản phẩm thử nghiệm này và xử lý kết quả kiểm tra cân bằng các sản phẩm thử nghiệm khi làm việc nên tiến hành theo phương pháp đã được nêu trong các điều 5 đến 7 của Phụ lục này.

### Phụ lục 3

#### Xử lý thống kê các kết quả kiểm tra

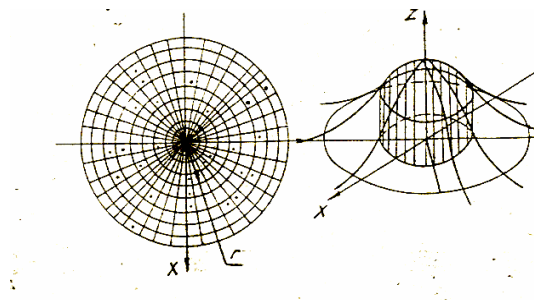
**1** Lượng mất cân bằng là đại lượng ngẫu nhiên dạng vectơ và có phân bố 2 chiều vì được đặc trưng bằng giá trị và góc, hoặc bằng hình chiếu lên hai trục vuông góc với nhau.

Giá trị và góc lượng mất cân bằng đo được ở một số lớn những rôto cùng kiểu, được chế tạo và lắp ráp trong những điều kiện thực tế như nhau, có thể được biểu thị trên mặt phẳng khi sử dụng hệ tọa độ độ cực (xem Hình 7).

Khi số đo  $N$ , những lượng mất cân bằng có cùng giá trị bán kính phải phân bố đều xung quanh gốc tọa độ, còn giá trị lượng mất cân bằng (chiều dài bán kính) dọc theo một bán kính bất kỳ với góc không đổi phải phân bố theo qui luật nào đó.

**2** Nếu hướng vuông góc với mặt phẳng đặt các vectơ của lượng mất cân bằng (xem Điều 1 của Phụ lục này), từ đầu nút mỗi vectơ đặt tần suất hiện tượng mất cân bằng có giá trị cho trước, thì trong hệ trục  $xyz$  sẽ nhận được một mặt, được gọi là mặt phân phối.

CHÚ THÍCH: Số sự kiện  $A$  trong  $k$  thử nghiệm được gọi là tần số sự kiện, còn tỷ số của tần số đó và  $k$  được gọi là tần suất của sự kiện.



Hình 7

**3** Theo lý thuyết xác suất, nếu các đại lượng  $x, y$  (hình chiếu của vectơ lượng mất cân bằng) phân bố trên mặt phẳng theo luật Gaoxơ, thì độ dài vectơ lượng mất cân bằng phân bố theo luật Role.

Nếu cả hai hình chiếu có độ lệch trung bình bình phương như nhau:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\bar{x} - x_j)^2}{m-1}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\bar{y} - y_j)^2}{m-1}}$$

## TCVN 5122 : 1990

Còn giá trị trung bình của chúng:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^m x_j}{m} \qquad \bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^m y_j}{m}$$

bằng 0, thì mặt phân bố (Hình 7) sẽ đối xứng qua trục tung tâm thẳng đứng z.

**4** Trong thực tế cân bằng, đôi khi theo kết quả khảo sát chọn lựa ngẫu nhiên từ lô rôto, có thể kết luận về cả lô đó với xác suất tin cậy  $w < 1$ .

Giá trị  $w$  thường được chọn bằng 0,9; 0,95; 0,98; 0,99 và được chỉ dẫn trong tài liệu kỹ thuật.

**5** Theo điều 4.2 trong tiêu chuẩn, xác định số lượng mẫu ngẫu nhiên (số  $N$  rôto) cần kiểm tra để với xác suất tin cậy  $m$ , khẳng định được rằng nếu ở  $N$  rôto này các đại lượng mất cân bằng đầu tiên đo được  $D_{A,B_{dj}}$  ( $j = 1, 2, \dots$ ) trong các mặt phẳng gối đỡ A và B nhỏ hơn các giá trị cho phép, thì ở những rôto còn lại của cả lô, các lượng  $D_{A,B_{dj}}$  này cũng sẽ nhỏ hơn giá trị cho phép.

Số  $N$  được tính như sau:

**5.1** Chọn sơ bộ số rôto  $m \geq 5$  và đo các lượng mất cân bằng ban đầu  $D_{A,B_{dj}}$  của chúng.

**5.2** Tính giá trị trung bình cộng của các lượng mất cân bằng của những rôto này cho từng mặt phẳng gối đỡ A, B.

$$\bar{D}_{A,B} = \frac{\sum_{j=1}^m D_{A,B_{dj}}}{m}$$

**5.3** Đối với từng mặt phẳng gối đỡ A, B, tính bình phương của độ lệch trung bình bình phương (có công thức như nhau cho bất kỳ dạng phân bố nào)

$$\sigma_{A,B}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (\bar{D}_{A,B} - D_{A,B_{dj}})^2}{m-1}$$

**5.4** Theo bảng tìm hệ số Stiuđơn  $t = 1 (W, m-1)$ , phụ thuộc vào các giá trị  $W$  và  $m$  được chọn.

**5.5** Tính số  $N$  theo công thức:

$$N_{A,B} = \frac{t^2 \sigma_{A,B}^2}{(D_{A,B_{cp}} - \bar{D}_{A,B})^2}$$

cho từng mặt phẳng gối đỡ A, B và lấy giá trị lớn hơn trong hai giá trị tìm được.

CHÚ THÍCH: Số  $N_{A,B}$  có thể được làm chính xác thêm bằng cách lặp lại tính toán theo điều 6,2 đến 6,3 cho số rôto đã được kiểm tra, lớn hơn số được chọn theo điều 6.1.

**6** Kết quả thực nghiệm ở N rôto có thể được áp dụng để thiết lập giá trị cuối cùng của lượng mất cân bằng làm việc với xác suất tin cậy W, theo trình tự sau:

**6.1** Tính giá trị trung bình của lượng mất cân bằng làm việc trong các mặt phẳng hiệu chỉnh 1, 2 của lô thử nghiệm.

$$\bar{D}_{1,2lv} = \frac{\sum (D_{1,2lv})_j}{N} \quad (j = 1, 2, \dots, N)$$

**6.2** Tính độ lệch trung bình bình phương:

$$\delta_{1,2} = \sqrt{\sum_{j=1}^N \left[ \frac{(\bar{D}_{1,2lv}) - (D_{1,2lv})_j}{N-1} \right]^2}$$

**6.3** Theo bảng tìm hệ số Student  $t = t(W, N - 1)$  cho đến giá trị W và N được chọn.

**6.4** Đối với toàn bộ tổ hợp các sản phẩm mới, lấy những giá trị sau làm giá trị của lượng mất cân bằng làm việc.

$$D_{1,2lv} = (\bar{D}_{1,2lv}) - t \frac{1,2}{\sqrt{N}}$$

CHÚ THÍCH: Những sai số quá lớn phải được loại bỏ khi xử lý số liệu thử nghiệm, nếu không sẽ làm sai lệch nghiêm trọng kết quả.

## Giá trị hệ số Student

| m - 1 | W     |        |        |        |         |
|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
|       | 0,90  | 0,95   | 0,98   | 0,99   | 0,999   |
| 1     | 2     | 3      | 4      | 5      | 6       |
| 1     | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,657 | 636,600 |
| 2     | 2,920 | 4,303  | 6,965  | 9,925  | 31,600  |
| 3     | 2,353 | 3,182  | 4,541  | 5,841  | 12,922  |
| 4     | 2,132 | 2,776  | 3,747  | 4,604  | 8,610   |
| 5     | 2,015 | 2,571  | 3,365  | 4,032  | 6,869   |
| 6     | 1,943 | 2,447  | 3,143  | 3,707  | 5,950   |
| 7     | 1,895 | 2,365  | 2,998  | 3,499  | 5,408   |
| 8     | 1,860 | 2,306  | 2,896  | 3,355  | 5,041   |
| 9     | 1,833 | 2,262  | 2,821  | 3,250  | 4,781   |
| 10    | 1,812 | 2,228  | 2,764  | 3,169  | 4,587   |
| 12    | 1,782 | 2,179  | 2,681  | 3,055  | 4,318   |
| 14    | 1,761 | 2,145  | 2,264  | 2,997  | 4,140   |
| 16    | 1,746 | 2,120  | 2,583  | 2,921  | 4,015   |
| 18    | 1,734 | 2,101  | 2,552  | 2,878  | 3,922   |
| 20    | 1,725 | 2,086  | 2,528  | 2,485  | 3,849   |
| 22    | 1,717 | 2,074  | 2,508  | 2,819  | 3,792   |
| 24    | 1,711 | 2,064  | 2,492  | 2,797  | 3,475   |
| 26    | 1,706 | 2,056  | 2,479  | 2,779  | 3,707   |
| 28    | 1,701 | 2,048  | 2,467  | 2,763  | 3,674   |
| 30    | 1,697 | 2,042  | 2,457  | 2,750  | 3,646   |
|       | 1,645 | 1,960  | 2,326  | 2,576  | 3,291   |

VÍ DỤ: Yêu cầu xác định giới hạn 10% (với xác suất  $W = 0,90$ ) cho độ lệch của đại lượng trung bình được chọn ( $\bar{x}$ ) từ giá trị trung bình  $a$  khi số mẫu thử là 15 chiếc, nếu thông số được đánh giá theo những số liệu của chính số mẫu thử đó.

Ta có:  $n - 1 = 15 - 1 = 14$

$$W = 90/100 = 0,9$$

$$t = 1,761$$

Do đó: 
$$-1,761 \frac{\sigma}{\sqrt{15}} < \bar{x} - a < +1,761 \frac{\sigma}{\sqrt{15}}$$

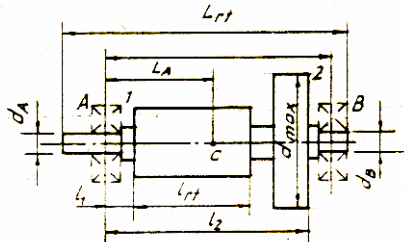
## Phụ lục 4

### Phiếu cân bằng

Tên xí nghiệp

Cho bản vẽ lắp số

Lượng đồ rôto



Hình 8

| Thông số          | Ký hiệu   | Ký hiệu quy ước | Đơn vị      | Giá trị |  |
|-------------------|---|-----------------|-------------|---------|--|
| 1                 | 2   | 3               | 4           | 5       |  |
| Thông số cân bằng | Khối lượng rôto   | $m$             | kg          |         |  |
|                   | Đường kính lớn nhất của rôto                                    | $d_{max}$       | mm          |         |  |
|                   | Chiều dài thân rô to  | $l_{rt}$        | mm          |         |  |
|                   | Chiều dài rô to   | $L_{rt}$        | mm          |         |  |
|                   | Đường kính ngỗng rô to  | $L_{rt}$        | mm          |         |  |
|                   | Số hiệu ổ lăn và chế độ lắp ghép với trục và thân               | -               | -           |         |  |
|                   | Tần số quay làm việc lớn nhất                                   | $n_{max}$       | 1/ph(vg/ph) |         |  |
|                   | Tần số quay cộng hưởng của hệ thống "rôto - gối đỡ"             | $n_{R1}$        | 1/ph(vg/ph) |         |  |
|                   | Khoảng cách giữa các gối đỡ trung gian (các mặt phẳng gối đỡ)   | $L$             | mm          |         |  |
|                   | Khoảng cách từ trung điểm gối đỡ A đến mặt phẳng hiệu chỉnh 1,2 | $l_1, l_2$      | mm          |         |  |
|                   | Khoảng cách từ trung điểm gối đỡ A đến trọng tâm rôto           |                 |             |         |  |

**TCVN 5122 : 1990**

| 1 | 2  | 3   | 4  | 5 |
|---|--|---|--|---|
|   | <p>Cấp chính xác cân bằng của sản phẩm làm việc</p> <p>Giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng làm việc</p> <p>trong các mặt phẳng gối đỡ A, B trong tuổi thọ kỹ thuật</p> <p>Giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng công nghệ của sản phẩm làm việc trong các mặt phẳng gối đỡ A, B</p> <p>Giá trị lượng mất cân bằng cho phép trong các mặt phẳng hiệu chỉnh 1,2</p> <p>lớn nhất</p> <p>nhỏ nhất</p> <p>nhỏ nhất</p> <p>Giá trị khối lượng hiệu chỉnh lớn nhất</p> <p>Bán kính gắn khối lượng hiệu chỉnh trong các mặt phẳng hiệu chỉnh 1,2</p> | <p><math>L_A</math></p><br><p><math>D_{IVA}</math></p> <p><math>D_{IVB}</math></p><br><p><math>D_{cnA}</math></p> <p><math>D_{cnA}</math></p><br><p><math>D_{1cpmax}</math></p> <p><math>D_{2cpmax}</math></p> <p><math>D_{1cpmin}</math></p> <p><math>D_{2cpmin}</math></p><br><p><math>m_{hc1max}</math></p> <p><math>m_{hc2max}</math></p> <p><math>r_1</math></p> <p><math>r_2</math></p> | <p>mm</p><br><p>gmm</p><br><p>gmm</p><br><p>gmm</p><br><p>gmm</p><br><p>gmm</p><br><p>gmm</p><br><p>gm</p> |   |

Phiếu công nghệ cần được trình bày như sau:

Phương pháp hiệu chỉnh khối lượng rôto: (thêm, bớt hoặc chuyển dịch khối lượng, chiều sâu khoan lớn nhất v.v...)

Phương pháp cân bằng: (trên ngõng rôto, trên ổ trục riêng, ổ trục thay thế; ổ trục tháo được v.v...).

Cân bằng rôto: (có quạt gió hay không, có bánh răng, bánh đai, then, gối đỡ phụ, có bạc v.v...)

Trục gá cân bằng: (cấp chính xác chế tạo, lượng mất cân bằng riêng. v.v...) kiểu máy cân bằng, kết cấu truyền động.

Tần số quay khi cân bằng  $n_{cb}$  (vp/ph)

Lắp đặt rôto: (giữa các gối đỡ, lắp công xôn, có gối đỡ phụ v.v...)

Chu kỳ cân bằng: (trong quá trình cân bằng hay sau khi sửa chữa).



## Phụ lục 5

## Ví dụ tính toán lượng mất cân bằng cho phép

Rôto có khối lượng  $m = 500 \text{ kg}$  ( $5 \cdot 10^5 \text{ g}$ ), tần số quay làm việc lớn nhất  $n_{\max} = 3000 \text{ vg/ph}$ , được lắp trên hai ổ lăn (ổ trên gối đỡ A có số hiệu 32222, ổ lăn trên gối đỡ B có số hiệu 222). Cả hai ổ có cấp chính xác 0, được lắp ghép với ngỗng trục rôto theo chế độ lắp ghép js7.

Lượng mất cân bằng làm việc cho tuổi thọ kỹ thuật cho trước trong 1000h có thể đạt 20% so với lượng mất cân bằng riêng cho phép theo bảng.

Khoảng cách từ gối đỡ A đến trọng tâm rôto  $L_A = 300 \text{ mm}$ , đến các mặt phẳng hiệu chỉnh 1, 2

$l_1 = 100 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 700 \text{ mm}$ , đến các mặt phẳng đo I, II,  $L_I = 50 \text{ mm}$ ,  $L_{II} = 800 \text{ mm}$ . Cấp chính xác cân bằng 4.

1 Theo Hình 1 trong tiêu chuẩn, với  $n_{\max} = 3000 \text{ vg/ph}$ , theo giới hạn trên của cấp chính xác cân bằng 4, tìm được lượng mất cân bằng riêng cho phép theo bảng là:

$$e_{cpb} = 20 \mu\text{m} = 0,02 \text{ mm}.$$

2 Tốt nhất là rôto được cân bằng trên máy cân bằng, trên các ngỗng của nó, không có ở trục riêng.

Trong trường hợp này áp dụng công thức 4 điều 22:

$$D_{cp\max} = m e_{cpb} - D_{cn} - D_{lv}$$

Trong đó:

$$m_{epb} = 5 \cdot 10^5 \cdot 0,02 = 10^4 \text{ gmm}.$$

$$D_{cn} = m e_0 = m \cdot 0,5 (\delta_1 + \delta_2) = 5 \cdot 10^5 \cdot 0,5 (0,02 + 0,025) = 11250 \text{ gmm}$$

$e_0$  : chuyển vị trí khả dĩ lớn nhất của trọng tâm rôto đối với lắp ghép của ổ trục, khi cả hai ổ làm việc theo chế độ tải thứ 1 (tải cục bộ)

$\delta_1 = 20 \mu\text{m} = 0,02 \text{ mm}$  - miền dung sai  $\phi 110$  của lỗ ở ổ lăn là như nhau đối với các ổ lăn được lắp trên rôto =  $25 \mu\text{m} = 0,025 \text{ mm}$  độ đảo hướng kính của rãnh lăn vòng trong ổ lăn.

$$D_{lv} = m e_{cpb} \cdot 0,2 = 5 \cdot 10^5 \cdot 0,02 \cdot 0,02 = 2000 \text{ gmm}$$

$$\text{Trong đó: } D_{cp\max} = 10000 - 11250 < 2000.$$

Như vậy, rõ ràng không thể chỉ cân bằng rôto trên ngỗng trục của nó.

3 Khi cân bằng rôto trên ổ lăn của nó cần áp dụng công thức 3, điều 2.1

$$D_{cp\max} = 10^4 - 2 \cdot 10^3 = 8 \cdot 10^3 \text{ gmm}.$$

## TCVN 5122 : 1990

Nếu bỏ qua khối lượng vòng trong ổ lăn được tính thêm vào khối lượng rôto và sử dụng những giá trị nhận được theo Điều 2 của tiêu chuẩn thì:

$$D_{cp\max} = 10^4 - 2 \cdot 10^3 = 8 \cdot 10^3 \text{ gmm}$$

Theo công thức (5) trong tiêu chuẩn, tính được:

$$D_{cp\min} = \frac{me_{cpb}}{2,5} - D_{lv} = \frac{10^4}{2,5} - 2 \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^3 \text{ gmm.}$$

**4** Theo các công thức (7 đến 10) trong tiêu chuẩn, tìm được giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của lượng mất cân bằng cho phép trong các mặt phẳng hiệu chỉnh 1,2:

$$D_{1cp\max} = D_{cp\max} \left| \frac{l_2 - L_A}{l_2 - l_1} \right| = 8000 \frac{700 - 300}{700 - 100} = 5333 \text{ gmm}$$

$$D_{2cp\min} = D_{cp\min} \left| \frac{L_A - l_1}{l_2 - l_1} \right| = 8000 \frac{300 - 100}{700 - 100} = 2666 \text{ gmm}$$

$$D_{1cp\min} = D_{cp\min} \left| \frac{l_2 - L_A}{l_2 - l_1} \right| = 2000 \frac{700 - 300}{700 - 100} = 1333 \text{ gmm}$$

$$D_{2cp\min} = D_{cp\min} \left| \frac{L_A - l_1}{l_2 - l_1} \right| = 2000 \frac{300 - 100}{700 - 100} = 666 \text{ gmm}$$

**5** Giá trị lớn nhất của lượng mất cân bằng cho phép trong các mặt phẳng đo, tìm được theo (Điều 2.3) của tiêu chuẩn là:

$$D_{Icp\max} = D_{1cp\max} \frac{l_2 - l_1}{l_1 - L_A} \cdot \frac{l_{II} - L_A}{l_{II} - l_I} = 5333 \frac{700 - 100}{700 - 300} \times \frac{800 - 300}{800 - 100} = 5400 \text{ gmm}$$

$$D_{IIcp\max} = D_{2cp\max} \frac{l_2 - l_1}{L_A - l_1} \cdot \frac{L_A - l_1}{L_{II} - l_I} = 2666 \frac{700 - 100}{300 - 100} \times \frac{300 - 100}{800 - 100} = 2540 \text{ gmm}$$

## Phụ lục 6

### Giải thích một số thuật ngữ trong tiêu chuẩn

**1 Rôto:** vật thể có khả năng quay cùng các ngỗng trục trong ổ trục.

CHÚ THÍCH: Thuật ngữ “Rôto” đôi khi được áp dụng cho vật thể dạng đĩa, không có ngỗng trục (ví dụ: bánh đà). Trong trường hợp đó, vật thể được xem là rôto để cân bằng chỉ khi nó được lắp trên một trục có ngỗng trục.

**2 Rôto cứng:** Rôto được gọi là “cứng” khi nó có thể được hiệu chỉnh khối lượng trên 2 mặt phẳng ngang bất kỳ để sau khi cân bằng đạt được lượng mất cân bằng dư cho phép ở bất kỳ tốc độ làm việc nào, kể cả tốc độ lớn nhất. Nói cách khác, với rôto cứng, biến dạng đàn hồi khi làm việc không ảnh hưởng gì đến trạng thái cân bằng của nó.

**3 Lượng mất cân bằng ban đầu ( $D_d$ )** - lượng mất cân bằng có trong rôto trước khi được xem cân bằng.

**4 Lượng mất cân bằng riêng ( $e$ )** - Tỉ số của lượng mất cân bằng tính trên khối lượng của rôto.

$$e = D/m, \text{ gmm/kg}$$

về ý nghĩa, lượng mất cân bằng riêng chính là lượng mất cân bằng tương ứng với đơn vị khối lượng của rôto. Nó tương đương với độ dịch tâm của rôto.

**5 Lượng mất cân bằng dư ( $D_d$ )** - Lượng mất cân bằng còn lại trong rôto sau khi được đem cân bằng.

**6 Mặt phẳng hiệu chỉnh (mặt phẳng cân bằng)** - mặt phẳng vuông góc với trục rôto được dùng để thực hiện hiệu chỉnh khối lượng rôto khi cân bằng.

**7 Mặt phẳng đo** - Mặt phẳng vuông góc với trục rôto, được dùng để xác định vectơ lượng mất cân bằng của rôto khi cân bằng.

**8 Tổ thiết bị cân bằng (tại chỗ làm việc)** - Một bộ các thiết bị đo để xác định các số liệu khi tiến hành cân bằng trên máy làm việc (không tiến hành trên máy cân bằng).