

TỰ ĐỘNG HÓA TÍNH CHỌN LẮP GHÉP GIỮA Ổ LĂN VỚI TRỤC VÀ LỖ VỎ HỘP

AUTOMATION OF CALCULATION AND SELECTION OF FITS BETWEEN BEARING RINGS WITH SHAFT AND HOUSING HOLE

ĐÀO NGỌC BIÊN

Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: biendn@vamaru.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.611>

Tóm tắt

Ổ lăn tiêu chuẩn, là bộ phận máy được dùng rất rộng rãi, phổ biến trong các loại máy móc của ngành Kỹ thuật cơ khí. Vì là bộ phận máy tiêu chuẩn nên không tính toán thiết kế mà chỉ cần tính toán kiểm nghiệm khả năng tải động và tải tĩnh của ổ, từ đó chọn ổ lăn trong các bảng tiêu chuẩn.

Để ổ lăn đáp ứng yêu cầu về khả năng làm việc và độ tin cậy, ngoài việc tính toán lựa chọn loại ổ, cỡ ổ theo yêu cầu về độ bền và tuổi thọ, còn phải tính toán và lựa chọn kiểu lắp phù hợp giữa các vòng ổ với trục và gối trục.

Để lựa chọn chế độ lắp ghép phù hợp giữa các vòng ổ với trục và gối trục, cần xác định xem các vòng ổ chịu dạng tác động của tải trọng nào, đồng thời tính toán chế độ lắp ghép tương ứng, từ đó chọn được các ký hiệu lắp ghép yêu cầu trong các sổ tay về Dung sai và lắp ghép.

Việc tự động tính toán chế độ lắp ghép, sau đó tra bảng để lựa chọn ký hiệu lắp ghép cho các vòng của ổ lăn với trục và gối trục được trình bày trong nội dung của bài báo này.

Từ khóa: Ổ lăn, vòng trong, vòng ngoài, lỗ vỏ hộp, ngôn ngữ lập trình Delphi.

Abstract

Bearings are standard machine parts, widely used in many types of machinery and mechanical equipment. When designing a machine, it is not necessary to design bearings but only need to calculate the dynamic load and static load capacity of the bearing, from which to select the bearing in the standard tables.

For bearings to work with high reliability, in addition to calculating and selecting the bearing type and size to meet the requirements of durability and service life, it is also necessary to calculate and select the appropriate fits between the bearing rings with

the shaft and the housing hole.

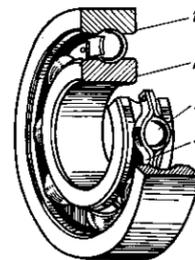
To select fits between the inner ring of bearing with shaft and outer ring of bearing with the housing hole, it is necessary to clearly identify the types of loads acting on the bearing rings, from which to calculate and look up the standard tables on Assembly Tolerances to find the corresponding fits that satisfies the calculated conditions.

This paper presents the automatic calculation and selection of fits between inner ring of bearing and shaft and outer ring and housing hole, replacing the current traditional manual calculation method.

Keywords: Bearing, inner ring, outer ring, housing hole, Delphi programming language..

1. Mở đầu

Ổ lăn (Hình 1) là bộ phận máy tiêu chuẩn, có công dụng chung, được dùng rất phổ biến trong nhiều loại máy móc, thiết bị cơ khí như: Máy nâng chuyên, máy xây dựng, máy dệt, máy nông nghiệp,...

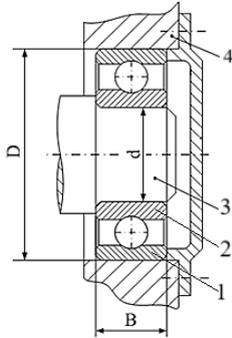


Hình 1. Sơ đồ cấu tạo của ổ lăn: 1 - vòng ngoài ổ; 2 - vòng trong ổ; 3 - con lăn (bi hoặc đĩa); 4 - vòng cách, ngăn cách giữa các con lăn

Vì ổ lăn đã được tiêu chuẩn hóa, nên khi thiết kế máy móc, thiết bị cơ khí, người ta không tính toán thiết kế ổ lăn mà chỉ tính toán kiểm nghiệm khả năng tải động và khả năng tải tĩnh của ổ, sau đó lựa chọn ổ lăn tiêu chuẩn có sẵn. Đồng thời với việc tính toán kiểm nghiệm ổ lăn theo các chỉ tiêu về khả năng tải,

một vấn đề cũng rất quan trọng, góp phần đảm bảo khả năng làm việc và tuổi thọ của ổ lăn đó là tính toán, lựa chọn chế độ lắp ghép giữa các vòng của ổ lăn với trục và với gối trục.

Đặc điểm lắp ghép của các vòng ổ như sau (Hình 2):



Hình 2. Đặc điểm lắp ghép ổ lăn: 1 - vòng ngoài; 2 - vòng trong; 3 - trục; 4 - lỗ vỏ hộp; d - đường kính trong của vòng trong; D - đường kính ngoài của vòng ngoài

- Vòng trong lắp với trục theo hệ thống lỗ, coi vòng trong là lỗ cơ bản, lắp ghép theo kích thước trong của vòng trong d ;

- Vòng ngoài lắp với lỗ vỏ hộp theo hệ thống trục, coi vòng ngoài là trục cơ bản, lắp ghép theo kích thước ngoài của vòng ngoài D ;

- Miền dung sai của các vòng ổ luôn nằm phía dưới đường không, có sai lệch giới hạn trên bằng không.

Để quyết định kiểu lắp của các vòng ổ lăn, chỉ chọn miền dung sai của trục và lỗ vỏ hộp, chứ không chọn miền dung sai của các vòng ổ, vì ổ lăn là bộ phận máy tiêu chuẩn đã được chế tạo sẵn, miền dung sai của các vòng ổ là cố định, không đổi

Để chọn lắp ghép phù hợp giữa các vòng ổ với trục và gối trục, cần phân tích xem các vòng ổ chịu tác động của dạng tải trọng nào (cục bộ, dao động hay chu kỳ), tải trọng đó có đặc tính gì (tải tĩnh hay có va đập đồng thời với rung động) và tính toán cường độ tải trọng mà ổ phải chịu (đối với trường hợp lắp có độ dôi), sau đó tra các sổ tay Dung sai và lắp ghép để chọn ký hiệu lắp ghép phù hợp [1-5].

Hiện nay, quá trình lựa chọn và lắp ráp vòng bi (ổ lăn) vào trục và gối trục vẫn đang được thực hiện theo phương pháp truyền thống, không có sự hỗ trợ của máy tính. Điều này dẫn đến sự lãng phí lớn về thời gian và công sức, đồng thời tốc độ tính toán bị hạn chế. Đặc biệt, thao tác tra bảng ký hiệu lắp ghép bằng tay rất bất tiện vì người dùng luôn phải mang theo sổ tay và có nguy cơ mắc lỗi, nhầm lẫn do tính chất thủ công, tốn nhiều thời gian.

Nội dung của bài báo này đề cập đến vấn đề tự động hóa tính toán chế độ lắp ghép, sau đó tra bảng tiêu chuẩn để tìm ký hiệu lắp ghép giữa các vòng ổ với trục và gối trục. Việc tự động hóa được thực hiện nhờ một chương trình tính toán, xây dựng trên cơ sở ngôn ngữ lập trình Delphi.

2. Tính toán, lựa chọn chế độ lắp ghép các vòng của ổ lăn với trục và gối trục

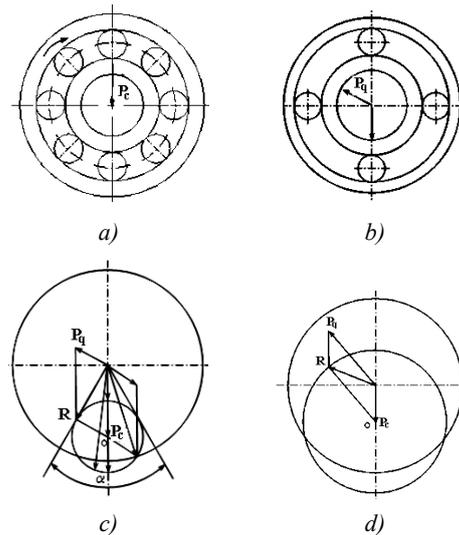
2.1. Các dạng tải trọng tác dụng lên các vòng của ổ lăn

Tùy theo từng trường hợp tác dụng của ngoại lực mà các vòng của ổ lăn có thể chịu các dạng tải trọng cục bộ, dao động hay chu kỳ [1]:

- Tải trọng cục bộ luôn tác dụng một cách cố định lên một phần vòng ổ;

- Tải trọng dao động tác dụng lên một phần vòng ổ, nhưng vị trí tác dụng thay đổi trong phần đó;

- Tải trọng chu kỳ tác dụng lên khắp đường lăn và thay đổi có chu kỳ.



Hình 3. Sơ đồ chịu tải của các vòng ổ lăn

1) Trường hợp ổ lăn chỉ chịu một lực hướng tâm cố định phương P_c (Hình 3a) thì tải của vòng đứng yên là cục bộ, còn tải trọng tác dụng lên vòng quay là chu kỳ.

2) Trường hợp ổ lăn chỉ chịu một lực hướng tâm quay P_q (Hình 3b) thì tải trọng tác dụng lên vòng đứng yên là chu kỳ, còn vòng quay (khi nó quay đồng bộ với lực P_q) là cục bộ.

3) Trường hợp ổ lăn chịu cùng một lúc cả lực hướng tâm cố định P_c và lực hướng tâm cố định quay P_q :

- Nếu $P_c > P_q$ (Hình 3c), tải trọng tác dụng lên vòng đứng yên là dao động, còn vòng quay là chu kỳ;

- Nếu $P_c < P_q$ (Hình 3d), tải trọng tác dụng lên vòng đứng yên là chu kỳ, còn vòng quay là cục bộ.

2.2. Phương pháp chọn chế độ lắp ghép giữa các vòng của ổ lăn với trục và gối trục

1) Nếu tải trọng tác dụng lên các vòng ổ là cục bộ hoặc dao động, cần thay đổi miền chịu lực của chúng, do đó nên chọn kiểu lắp có độ hở với trục và gối trục để các vòng ổ có thể dịch chuyển tương đối với trục và gối trục khi làm việc, đảm bảo tải trọng phân bố đều hơn, dẫn tới các vòng ổ mòn đều hơn, kéo dài thời gian làm việc của ổ. Việc chọn miền dung sai của trục và gối trục được tiến hành theo Bảng 4.7 [1]:

- Đối với dạng tải trọng cục bộ: Cần dựa theo đường kính lắp ghép (đường kính d của trục hoặc D của lỗ vỏ hộp), đặc tính tải trọng (theo hệ số tải trọng K_σ), kết cấu ổ (vỏ bằng thép hoặc gang, có tháo hoặc không tháo) và loại ổ trục để tra bảng tìm miền dung sai của trục và gối trục;

- Đối với dạng tải trọng dao động (vòng không quay): Chỉ cần dựa theo đường kính d của trục hoặc D của lỗ vỏ hộp để tra bảng miền dung sai của trục hoặc lỗ vỏ hộp.

2) Khi vòng ổ chịu tải trọng chu kỳ, các vòng ổ chịu lực phân bố đều khắp đường lăn vì vậy cần chọn chế độ lắp ghép là độ dôi để giữ nguyên miền chịu lực của các vòng ổ. Miền dung sai của trục hoặc gối trục được tra theo Bảng 4.10 [1] dựa theo đường kính trục d hoặc đường kính D của gối trục và giá trị cường độ tải trọng P_r mà ổ phải chịu:

$$P_r = \frac{R}{B} \cdot k_n \cdot F \cdot F_A, \quad (1)$$

Trong đó:

R : Lực hướng tâm;

B' : Phần chiều rộng của vòng ổ lăn tham gia lắp ghép,

$$B' = B - 2r, \quad (2)$$

B : Chiều rộng thực tế ổ lăn;

r : Độ lớn phần vát mép của vòng ổ lăn;

k_n : Hệ số xét đến đặc tính của tải trọng, xác định dựa theo đặc tính của tải trọng mà các vòng ổ phải chịu: Nếu tải trọng điều hòa, cho phép quá tải đến 150% thì $k_n=1$; nếu tải trọng va đập và chấn động mạnh, cho phép quá tải đến 300% thì $k_n=1,8$;

F : Hệ số xét đến ảnh hưởng của trục rỗng hoặc độ dày thành hộp đến sự giảm độ dôi của lắp ghép, tra theo Bảng 4.8 [1];

F_A : Hệ số phân bố lực hướng tâm R không đều giữa các dây con lăn. Trị số này được tra bảng theo trị

số sau [1]:

$$(A/R) \cot g \beta, \quad (3)$$

A : Lực theo chiều trục của ổ;

β : Góc tiếp xúc giữa bi hoặc đĩa với đường lăn vòng ngoài ổ.

Nếu là ổ bi đỡ chặn hoặc là ổ bi đỡ có một vòng ngoài hoặc một vòng trong thì $F_A=1$ [1].

3. Xây dựng chương trình tính toán và lựa chọn chế độ lắp ghép giữa các vòng ổ với trục và lỗ vỏ hộp

3.1. Tổng quan về ngôn ngữ lập trình được sử dụng

Delphi là một ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng hiện đại và mạnh mẽ, được xây dựng trên nền tảng của Pascal. Nhờ cấu trúc logic và chặt chẽ này, Delphi đặc biệt phù hợp để giải quyết các bài toán kỹ thuật phức tạp.

Trong quá trình phát triển, lập trình viên sẽ tiến hành mã hóa các đối tượng của Delphi. Sau đó, người dùng tương tác trực tiếp với các đối tượng đã được mã hóa này để đạt được kết quả mong muốn [2-3, 6].

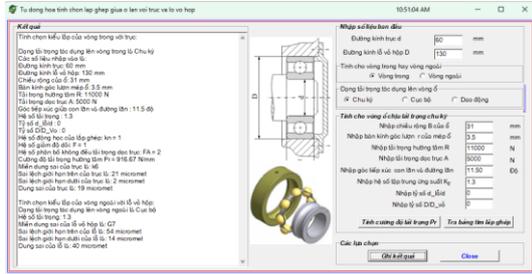
Cụ thể, việc tính toán và lựa chọn lắp ghép cho các mối ghép ổ lăn (giữa vòng ổ với trục và gối trục) đòi hỏi phải xét đến nhiều yếu tố kỹ thuật. Trước hết, cần xác định kết cấu của ổ (ví dụ: Đường kính trục, đường kính lỗ vỏ hộp, loại ổ, vòng ổ tháo được hay không), đặc tính tải trọng (êm, va đập, rung động, quá tải), và dạng tải trọng tác dụng lên vòng ổ (cục bộ, dao động hay chu kỳ). Ngoài ra, cần tính thêm các thông số như cường độ tải trọng hướng tâm (đặc biệt khi lắp có độ dôi). Sau khi có đủ dữ liệu, ta sẽ tra cứu các bảng tiêu chuẩn về Dung sai và lắp ghép để tìm ký hiệu miền dung sai cho trục và lỗ vỏ hộp.

Tất cả các nội dung tính toán và tra cứu trên có thể được giải quyết một cách hiệu quả thông qua việc sử dụng các đối tượng giao diện người dùng thông dụng của Delphi như Form, Groupbox, RadioButton, Edit box, và Button, sau khi các đối tượng này đã được lập trình và mã hóa.

3.2. Xây dựng chương trình tính toán và lựa chọn chế độ lắp ghép giữa các vòng ổ với trục và lỗ vỏ hộp

Chương trình để tính toán và lựa chọn kiểu lắp ghép giữa các vòng ổ lăn với trục và lỗ vỏ hộp được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình Delphi. Cấu trúc chương trình tuân thủ trình tự tính toán đã được mô tả chi tiết trong Mục 2 của bài báo này. Giao diện người

dùng của chương trình được minh họa trong Hình 4 (áp dụng cho trường hợp vòng trong chịu tải trọng chu kỳ và vòng ngoài chịu tải trọng cục bộ). Cấu trúc chương trình gồm những phần cơ bản sau:



Hình 4. Giao diện của Chương trình với vòng trong chịu tải dạng trọng chu kỳ và vòng ngoài chịu dạng tải trọng cục bộ

1) Khâu nhập dữ liệu ban đầu

Chương trình yêu cầu người dùng nhập các số liệu cơ bản để bắt đầu tính toán. Cụ thể, người dùng cần cung cấp đường kính danh nghĩa d cho lắp ghép vòng trong với trục, và đường kính danh nghĩa D cho lắp ghép vòng ngoài với lỗ vỏ hộp.

Song song đó, người dùng phải lựa chọn đối tượng tính toán (vòng trong hay vòng ngoài) và xác định dạng tải trọng tác dụng lên vòng ổ, bao gồm: Tải chu kỳ, tải cục bộ hoặc tải dao động.

Việc nhập các giá trị đường kính d và D được thực hiện thông qua các Ô soạn thảo (EditBox) của Delphi. Trong khi đó, các thao tác chọn đối tượng (vòng trong hoặc vòng ngoài) và chọn dạng tải trọng được quản lý bằng các Nút chọn (RadioButton). Để tổ chức giao diện một cách trực quan, các đối tượng có chức năng liên quan được nhóm lại bằng cách sử dụng Nhóm đối tượng (GroupBox) do Delphi cung cấp.

2) Phần tính cho trường hợp dạng tải trọng chu kỳ

Việc lựa chọn chế độ lắp ghép cho vòng trong (với trục) hoặc vòng ngoài (với lỗ vỏ hộp) khi chúng chịu tải trọng chu kỳ được xác định dựa vào cường độ tải trọng P_r tác dụng lên ổ lăn.

Để tính toán P_r , chương trình yêu cầu nhập các dữ liệu sau:

- Kích thước ổ: Chiều rộng, bán kính góc lượn mép ổ;
- Tải trọng: Trị số tải trọng hướng tâm, tải trọng dọc trục và đặc tính tác dụng của tải trọng;
- Kết cấu: Thông tin về trục (đặc/rỗng) và vỏ hộp (dày/mỏng).

Các số liệu đầu vào được nhập qua các đối tượng Ô soạn thảo (EditBox) của Delphi, và tải trọng P_r được tính toán khi người dùng nhấn Nút nhấn (Button).

Cuối cùng, miền dung sai của trục hoặc lỗ vỏ hộp được xác định tự động bằng cách tra Bảng 4.10 [1]. Quá trình tra cứu này dựa trên đường kính (d hoặc D) và cường độ tải trọng P_r . Việc tra bảng tự động được thực hiện bằng cách lưu các bảng kích thước và dung sai dưới dạng ma trận trong file text, sau đó đọc và nội suy các ma trận này trong quá trình chạy chương trình để trả về kết quả.

Đối với trường hợp vòng ổ chịu tải trọng chu kỳ, theo Bảng 4.10 [1] các miền dung sai của của lỗ vỏ hộp là: K7, M7, N7 và P7, còn các miền dung sai của trục là: js6, k6, m6 và n6. Từ các miền dung sai kể trên, tùy theo trị số các kích thước danh nghĩa D (hoặc d), theo Phụ lục 1, các Bảng 1 và 2 [1], tìm được trị số các sai lệch giới hạn của trục và lỗ vỏ hộp cũng được tra bảng tự động tùy thuộc vào kích thước danh nghĩa và miền dung sai. Để thực hiện được điều này, ngoài việc phải ghi kích thước danh nghĩa và miền dung sai dưới dạng bảng file text như đã trình bày ở trên, cần phải ghi trị số các sai lệch giới hạn trên và dưới của các miền dung sai trên cũng dưới dạng bảng file text, sau đó khi chạy chương trình cần đọc và nội suy các bảng này để tìm trị số các sai lệch giới hạn.

Để thực hiện việc tra bảng tự động khi sử dụng chương trình, có thể sử dụng đối tượng Nút nhấn (Button) của Delphi.

3) Phần tính cho trường hợp dạng tải trọng cục bộ

Đối với trường hợp vòng ổ chịu tải trọng cục bộ, miền dung sai của trục và lỗ vỏ hộp được tra theo Bảng 4.7 [1], tùy theo kích thước danh nghĩa d (hoặc D) và đặc tính của tải trọng tác dụng lên ổ (Tải trọng tĩnh hoặc có va chạm và rung động vừa phải (hệ số tập trung tải trọng $K_\sigma \leq 1,5$) hoặc tải trọng va đập và rung ($K_\sigma > 1,5$)). Riêng đối với lỗ vỏ hộp, miền dung sai được chọn còn phụ thuộc vào vật liệu (chỉ xét với loại vật liệu dùng phổ biến nhất là thép hoặc gang) và việc vòng ổ không tháo hoặc có tháo. Đối với trường hợp tải trọng cụ thể, miền dung sai của lỗ vỏ hộp là: F8, G7, H7, H8 và Js7, còn miền dung sai của trục là: f7, g6 và h6.

Tương tự như đối với trường hợp vòng ổ chịu tải trọng chu kỳ, từ các miền dung sai này, tùy theo kích thước danh nghĩa, tra bảng theo Phụ lục 1, các Bảng 1 và 2 [1], sẽ tìm được các sai lệch giới hạn trên và dưới của trục và lỗ vỏ hộp.

Việc tra bảng tự động được thực hiện tương tự như đối với trường hợp vòng ổ chịu tải trọng chu kỳ, đã trình bày ở trên.

4) Phần tính cho trường hợp dạng tải trọng dao động

Đối với trường hợp vòng ổ chịu tải trọng dao động (vòng không quay), miền dung sai của trục và lỗ vỏ hộp cũng được tra theo Bảng 4.7 [1], tùy thuộc vào kích thước danh nghĩa d (hoặc D). Các miền dung sai của lỗ vỏ hộp là: K6, K7, Js6 và Js7, còn các miền dung sai của trục là: k6, js6 và h6.

Việc tra bảng tìm các sai lệch giới hạn trên và dưới của trục và lỗ vỏ hộp, cũng như việc tra bảng để tìm chúng một cách tự động cũng được tiến hành tương tự như đối với các trường hợp vòng ổ chịu tải trọng cục bộ và chu kỳ.

5) Phần hiển thị kết quả

Kết quả tính toán được hiển thị song song với quá trình tính toán trên giao diện người dùng. Việc kết quả tính toán được hiển thị liên tục, theo từng bước, trong ô Memo trên giao diện ngay sau khi người dùng cung cấp dữ liệu đầu vào, mang lại sự tiện lợi lớn. Người dùng có thể giám sát chặt chẽ từng giai đoạn tính toán. Điều này tạo điều kiện cho việc can thiệp và điều chỉnh kịp thời nếu có bất kỳ kết quả trung gian nào bị đánh giá là không phù hợp.

6) Kết quả Tính toán và Kết thúc Chương trình

Kết quả tính toán không chỉ được hiển thị tức thời trên giao diện người dùng theo từng bước tính, mà còn có thể được ghi lại và lưu trữ bên ngoài. Cụ thể, người dùng có thể lưu toàn bộ kết quả vào một tệp văn bản (file text). Tính năng này được thực hiện thông qua sự kết hợp của đối tượng Memo (dùng để hiển thị/ chứa dữ liệu) và đối tượng Button (kích hoạt lệnh lưu tệp) của Delphi.

Để thoát khỏi chương trình một cách có kiểm soát, người dùng chỉ cần nhấn vào một Button chuyên biệt được lập trình sẵn bằng Delphi.

3.3. Ví dụ tính toán sử dụng Chương trình

Chọn kiểu lắp của ổ lăn có ký hiệu 7312 (ổ đũa côn) [7] với trục và lỗ vỏ hộp với các số liệu sau: Đường kính trục, nơi lắp ổ (đường kính trong của vòng trong) $d=60mm$; đường kính ngoài của vòng ngoài $D=130mm$; góc tiếp xúc giữa đũa với đường lăn vòng ngoài $\beta=11,50^\circ$. Tải trọng tác dụng lên vòng trong là chu kỳ, tải trọng tác dụng lên vòng ngoài là cục bộ, khi sử dụng không tháo vòng ngoài ra khỏi gối trục. Hệ số tập trung tải trọng $K_\sigma=1,3$; lực hướng tâm $R=11000N$; lực dọc trục $A=5000N$.

Kết quả tính toán bằng Chương trình thu được như sau:

Tính chọn kiểu lắp của vòng trong với trục:

Dạng tải trọng tác dụng lên vòng ổ là Chu kỳ;

Các số liệu nhập vào là:

Kích thước đường kính trục: $d=60mm$;

Kích thước đường kính lỗ vỏ hộp: $D=130mm$;

Kích thước chiều rộng của ổ: $B=31mm$;

Kích thước bán kính góc lượn mép ổ: $r=3,5mm$;

Tải trọng hướng tâm tác dụng lên ổ: $R=11000N$;

Tải trọng dọc trục tác dụng lên ổ $A=5000N$;

Góc tiếp xúc giữa con lăn và đường lăn: $\beta=11,50^\circ$;

Hệ số tải trọng: $K_\sigma=1,3$;

Tỷ số về độ rỗng của trục: $l_{\delta}/d=0$;

Tỷ số về thành mỏng của lỗ vỏ hộp: $D/D_{v0}=0$;

Hệ số động học của lắp ghép: $k_n=1$;

Hệ số giảm độ dôi do trục rỗng hoặc do vỏ hộp có thành mỏng: $F=1$;

Hệ số phân bố không đều tải trọng dọc trục giữa các con lăn: $F_A=2$;

Cường độ tải trọng hướng tâm tác dụng lên ổ tính được là: $P_r=916,67N/mm$;

Miền dung sai của trục là: K6;

Sai lệch giới hạn trên của trục là: $e_s=21\mu m$;

Sai lệch giới hạn dưới của trục là: $e_i=2\mu m$;

Dung sai của trục là: $T_d=19\mu m$.

Tính chọn kiểu lắp vòng ngoài với lỗ vỏ hộp:

Dạng tải trọng tác dụng lên vòng ngoài là cục bộ;

Hệ số tải trọng: $1,3$;

Miền dung sai của lỗ vỏ hộp là: G7;

Sai lệch giới hạn trên của lỗ vỏ hộp là: $ES=54\mu m$;

Sai lệch giới hạn dưới của lỗ vỏ hộp là: $EI=14\mu m$;

Dung sai của lỗ vỏ hộp là: $T_D=40\mu m$.

Kết quả tính toán theo phương pháp thủ công truyền thống:

Tính chọn kiểu lắp của vòng trong với trục:

Vì vòng trong chịu tải trong chu kỳ nên trước tiên cần tính cường độ tải trọng theo công thức (1):

$$P_r = \frac{R}{B} \cdot k_n \cdot F \cdot F_A = \frac{11000}{31-2.3,5} \cdot 1.1.2 = 916,67 N/mm,$$

Trong đó,

Hệ số động học $k_n=1$ (do hệ số tập trung tải trọng $k_\sigma=1,3$);

Hệ số xét đến trục rỗng hoặc thành hộp mỏng F tra Bảng 4.8 [1], với $D/d=130/60=2,167$ thì $F=1$;

Hệ số phân bố lực hướng tâm không đều giữa các dây con lăn F_A tra Bảng 4.9 [1], với $(A/R)\cot g\beta = (1100/500)\cot g(11.50^\circ) = 2,234$ thì $F_A=2$.

Dựa theo cường độ tải trọng $P_r=916,67N/mm$ và đường kính trục $d=60mm$, tra Bảng 4.10 [1], ta tìm được miền dung sai của trục là k6. Dựa theo miền dung sai này, tra Bảng 2, Phụ lục 1 [1], ta tìm được sai lệch giới hạn trên của trục là $e_s=21\mu m$, sai lệch giới hạn dưới là $e_i=2\mu m$, từ đó tính được dung sai của trục là $T_d=19\mu m$.

Tính chọn kiểu lắp vòng ngoài với lỗ vỏ hộp:

Do vòng ngoài của ổ chịu dạng tải trọng cục bộ nên theo Bảng 4.7 [1], với đường kính lỗ $D=130mm$, vỏ hộp không tháo, ta tìm được miền dung sai của lỗ vỏ hộp là G7. Dựa theo G7, tra bảng 1, Phụ lục 1 [1], ta tìm được sai lệch giới hạn trên của lỗ là $ES=54\mu m$, sai lệch giới hạn dưới là $EI=14\mu m$, từ đó tính được dung sai của lỗ là $T_D=40\mu m$.

Đánh giá kết quả thu được:

Kết quả tính toán bằng Chương trình ở trên đã được kiểm chứng lại bằng phương pháp tính toán thủ công truyền thống. Việc đồng nhất kết quả giữa hai phương pháp tính toán đã cung cấp bằng chứng xác đáng về độ chính xác và tính ổn định của Chương trình. Điều này khẳng định rằng Chương trình đã xây dựng đạt tiêu chuẩn tin cậy.

4. Kết luận và khuyến nghị

Nội dung bài báo đã phân tích và hệ thống hóa cơ sở lý thuyết để lựa chọn lắp ghép giữa các vòng ổ lăn với trục và lỗ vỏ hộp, đồng thời đánh giá tình hình tính toán hiện nay.

Để chọn kiểu lắp ghép chính xác, cần phải xem xét đồng thời nhiều yếu tố kỹ thuật, bao gồm: Kết cấu ổ (kích thước, vật liệu, tính tháo lắp); Điều kiện vận hành (có cần tháo lắp thường xuyên hay không); Đặc tính tải trọng (tĩnh, va đập, rung động) và Dạng tải trọng (chu kỳ, cục bộ, dao động). Cần lưu ý rằng, đối với trường hợp tải trọng chu kỳ, việc tính toán cường độ tải trọng là bắt buộc trước khi tra bảng để xác định miền dung sai.

Dựa trên các nguyên tắc trên, chúng tôi đã phát triển một Chương trình tính toán nhằm tự động hóa quá trình lựa chọn lắp ghép. Bài báo đã trình bày chi tiết việc xây dựng và ứng dụng Chương trình thông qua ví dụ minh họa (vòng trong chịu tải chu kỳ, vòng ngoài chịu tải cục bộ). Sự phù hợp hoàn toàn giữa kết quả tính toán của Chương trình với kết quả kiểm tra thủ công đã chứng minh rõ ràng về độ chính xác và

khả năng hoạt động tin cậy của chương trình.

Chương trình này đại diện cho một giải pháp hiện đại giúp khắc phục hoàn toàn sự chậm chạp và sai sót của phương pháp thủ công, nhờ vào giao diện thân thiện và khả năng tự động tính toán và tra bảng. Do đó, chương trình này không chỉ giá trị trong thực tiễn kỹ thuật mà còn là một công cụ giảng dạy hiệu quả, hỗ trợ đắc lực cho người học và người làm chuyên môn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT25-26.39**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Ninh Đức Tôn (2007), *Dung sai và lắp ghép*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
 [2] Đào Ngọc Biên (2008), *Chọn kiểu lắp của ổ lăn với trục và lỗ vỏ hộp*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 14-6/2008, Tr.34-37.
 [3] Đào Ngọc Biên (2018), *Chọn kiểu lắp của ổ lăn với trục và lỗ vỏ hộp*, Nội san khoa học Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Số 03-4/2018, Tr.3-6.
 [4] Анухин В. И. (2001), *Допуски и посадки*, Издательство СПБГТУ, Санкт-петербург.
 [5] Nguyễn Trọng Hiệp (2006), *Chi tiết máy, Tập 2*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
 [6] Lê Phương Lan, Hoàng Đức Hải (2002), *Giáo trình Lý thuyết và bài tập Borland Delphi*, NXB Lao động và Xã hội, Hà Nội.
 [7] Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (2006), *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, Tập 1*, NXB Giáo dục, Hà Nội.

Ngày nhận bài:	16/10/2025
Ngày nhận bản sửa:	06/11/2025
Ngày duyệt đăng:	08/11/2025