

# TÍNH CHỌN LẮP GHÉP TIÊU CHUẨN GIỮA ÁO TRỤC VÀ TRỤC CHÂN VỊT TÀU THỦY

## CALCULATION AND SELECTION OF STANDARD FIT BETWEEN SHIP PROPELLER SHAFT AND ITS SLEEVE

**ĐÀO NGỌC BIÊN**

*Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam*

*Email liên hệ: biendn@vimaru.edu.vn*

### Tóm tắt

Bài báo này trình bày việc tính toán và lựa chọn lắp ghép tiêu chuẩn giữa áo trục và trục chân vịt của tàu thủy dựa trên áp lực riêng cần thiết của bề mặt lắp ghép. Đồng thời, bài báo cũng giới thiệu cách xây dựng một chương trình tự động tính toán để lựa chọn lắp ghép phù hợp.

**Từ khóa:** Áo trục, trục chân vịt, lắp ghép, độ dôi.  
**Abstract**

This article presents the calculation and selection of standard fit between the propeller shaft and its sleeve of a ship based on the allowed pressure of the mounting surface. The article also introduces how to build a program that allows automatically looking up the tables to select appropriate fitting.

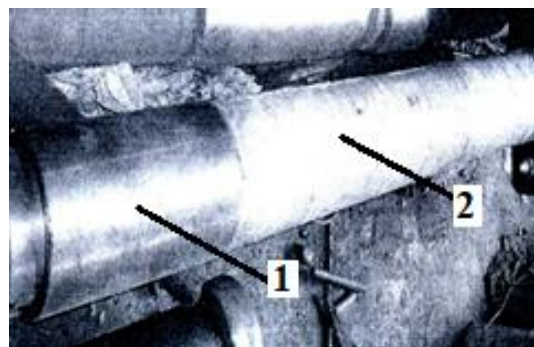
**Keywords:** Shaft sleeve, propeller shaft, fit, interference.

### 1. Đặt vấn đề

Trục chân vịt tàu thủy thường được bọc bởi một ống kim loại, gọi là áo trục. Áo trục bảo vệ trục khi làm việc trong môi trường nước biển hoặc dầu nhờn áp lực, đồng thời, tránh cho trục không bị ma sát khi tiếp xúc trực tiếp với bạc đỡ trục. Các phần trục còn lại có thể được bọc bằng ống đồng với chiều dày nhỏ hơn hoặc quấn một lớp bảo vệ (bằng chất dẻo, vải sợi thủy tinh hoặc bằng composite), bảo vệ trục khỏi bị mài mòn do tiếp xúc trực tiếp với nước biển với mục đích không cho nước biển lọt vào bề mặt trục, đặc biệt tại chỗ chuyển tiếp giữa hai mép áo trục với trục, đồng thời để thuận tiện cho lắp ráp và sửa chữa (Hình 1).

Khi làm việc, áo trục không được phép trượt tương đối với trục, vì vậy lắp ghép giữa chúng phải là lắp ghép có độ dôi. Dựa theo độ dôi này, lắp ghép phù hợp sẽ được lựa chọn nhằm đảm bảo điều kiện làm việc bình thường cho mỗi ghép, cũng như độ bền của áo trục.

Hiện nay, việc lựa chọn lắp ghép giữa áo trục và trục chân vịt tàu thủy vẫn chưa có cơ sở khoa học rõ ràng, chủ yếu vẫn là dựa theo kinh nghiệm của ngành



Hình 1. Áo trục và lớp vỏ bọc trục:

1 - áo trục; 2 - lớp vỏ bọc

đóng tàu Việt Nam và Nga (Liên Xô cũ) [4, 5, 7] mà không dựa theo độ dôi tính toán cần thiết của mỗi ghép.

Để lựa chọn lắp ghép cho mỗi ghép giữa áo trục và trục chân vịt, trước tiên chúng ta cần xác định áp suất trên bề mặt lắp ghép, từ đó xác định độ dôi cần thiết và từ độ dôi này, chúng ta tra các bảng tiêu chuẩn về dung sai lắp ghép để chọn lắp ghép phù hợp, đảm bảo điều kiện làm việc bình thường của mỗi ghép. Lắp ghép được chọn ngoài việc đảm bảo cho áo trục và trục không dịch chuyển tương đối với nhau còn phải đảm bảo không gây biến dạng đàn hồi quá lớn có thể gây hỏng áo trục và trục. Bài báo này chỉ trình bày việc tính toán và lựa chọn lắp ghép (gọi tắt là tính chọn) giữa áo trục và trục chân vịt tàu thủy, dựa trên áp lực riêng cần thiết cho trước, còn việc xác định áp lực riêng cần thiết này đã được trình bày trong [1].

### 2. Tính toán, lựa chọn lắp ghép tiêu chuẩn cho mỗi ghép

Chọn kiểu lắp chặt tiêu chuẩn cho mỗi ghép giữa áo trục và trục chân vịt tàu thủy cần đảm bảo hai điều kiện sau:

- Áo trục không dịch chuyển tương đối với trục khi chịu tác dụng của ngoại lực (Điều kiện bền của mỗi ghép);

- Đảm bảo độ bền của áo trục và trục, nghĩa là bề mặt tiếp xúc của chúng không bị phá hỏng hay biến dạng dư quá lớn do tác dụng của độ dôi quá lớn (Độ bền của các tiết máy trong mỗi ghép).

Điều kiện thứ nhất cho phép xác định độ dôi cần thiết  $N_c$  đủ để truyền lực (mô men xoắn, mô men uốn và lực dọc trục). Điều kiện thứ hai cho phép xác định độ dôi cho phép lớn nhất  $[N_{max}]$ , đảm bảo không gây biến dạng dẻo bề mặt lắp ghép dưới tác động của độ dôi.

Trình tự tính chọn lắp ghép như sau [8]:

- Tính độ dôi tính toán trên bề mặt lắp ghép  $N_{tt}$ , xuất phát từ áp lực riêng  $p$  đã cho (Hình 2). Theo công thức La mê về lý thuyết ống dày, giữa độ dôi trên bề mặt tiếp xúc và áp lực riêng có hệ thức [10]:

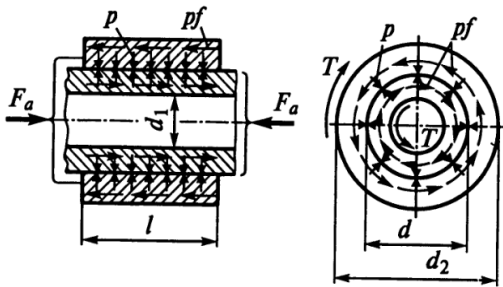
$$N_{tt} = 10^3 p d (C_1 / E_1 + C_2 / E_2) (\mu m), \quad (1)$$

$C_1, C_2$  - các hệ số được tính như sau:

$$C_1 = (d^2 + d_1^2) / (d^2 - d_1^2) - \mu_1;$$

$$C_2 = (d_2^2 + d^2) / (d_2^2 - d^2) + \mu_2,$$

Trong đó:  $E_1, E_2$  và  $\mu_1, \mu_2$  - mô đun đàn hồi và hệ số Poát xông của trục và áo trục;  $d$  - đường kính danh nghĩa của mối ghép,  $d_1$  - đường kính trong của tiết máy bị bao (đối với trục chân vịt đặc  $d_1 = 0$ );  $d_2$  - đường kính ngoài của áo trục.



**Hình 2. Áp lực riêng và lực ma sát riêng trên bề mặt tiếp xúc của mối ghép độ dôi**

- Tính độ dôi cần thiết  $N_c$ . Sau khi lắp ráp, những đỉnh nhấp nhô bị san phẳng một phần, nên độ dôi tính toán (độ dôi làm việc) nhỏ hơn độ dôi cần thiết ban đầu. Vì vậy độ dôi cần thiết phải là độ dôi tính toán được bù thêm một lượng bằng phần bị san phẳng:

$$N_c = N_{tt} + 1,2(R_{z1} + R_{z2}), \quad (2)$$

Trong đó:  $R_{z1}, R_{z2}$  - chiều cao các nhấp mô tế vi của bề mặt ngoài của trục và bề mặt trong của lỗ; 1,2 - hệ số an toàn [8].

- Tính áp lực riêng lớn nhất  $p_{max}$  đảm bảo không phát sinh biến dạng dẻo trên bề mặt tiếp xúc giữa áo trục và trục, là giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị sau [8]:

$$\begin{cases} p_1 = 0,58 \sigma_{ch1} (1 - (d_1 / d)^2); \\ p_2 = 0,58 \sigma_{ch2} (1 - (d / d_2)^2), \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó:  $p_1, p_2$  - áp lực riêng cho phép trên bề mặt

ngoài của trục và bề mặt trong của áo trục. Đối với trục, đường kính trong  $d_1 = 0$ ;  $\sigma_{ch1}, \sigma_{ch2}$  - giới hạn chảy của vật liệu trục và áo trục.

- Tính độ dôi tính toán lớn nhất  $N_{ttmax}$  từ áp lực riêng lớn nhất  $p_{max}$ , theo công thức La mê [10]:

$$N_{ttmax} = 10^3 p_{max} d (C_1 / E_1 + C_2 / E_2) (\mu m). \quad (4)$$

- Tính độ dôi cho phép lớn nhất  $[N_{max}]$  (Độ dôi cho phép trước khi lắp ráp):

$$[N_{max}] = N_{ttmax} + 1,2(R_{z1} + R_{z2}). \quad (5)$$

- Tra bảng tiêu chuẩn về dung sai lắp ghép [8] để chọn kiểu lắp thỏa mãn điều kiện:

$$\begin{cases} N_{min} > N_c; \\ N_{max} \leq [N_{max}]. \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó:  $N_{min}, N_{max}$  - độ dôi nhỏ nhất và độ dôi lớn nhất của lắp ghép được chọn.

Nếu không có lắp ghép nào thỏa mãn điều kiện (6) nghĩa là trị số áp lực riêng  $p$  đã cho là không phù hợp, cần thay đổi kết cấu mối ghép (kích thước và vật liệu trục và áo trục) để thay đổi trị số  $p$ . Nếu có nhiều lắp ghép được chọn thì cần chọn lắp ghép có  $N_{max}$  nhỏ nhất để tăng độ bền của áo trục.

### 3. Xây dựng chương trình tự động tính toán lựa chọn lắp ghép

#### 3.1. Giới thiệu về ngôn ngữ lập trình Delphi

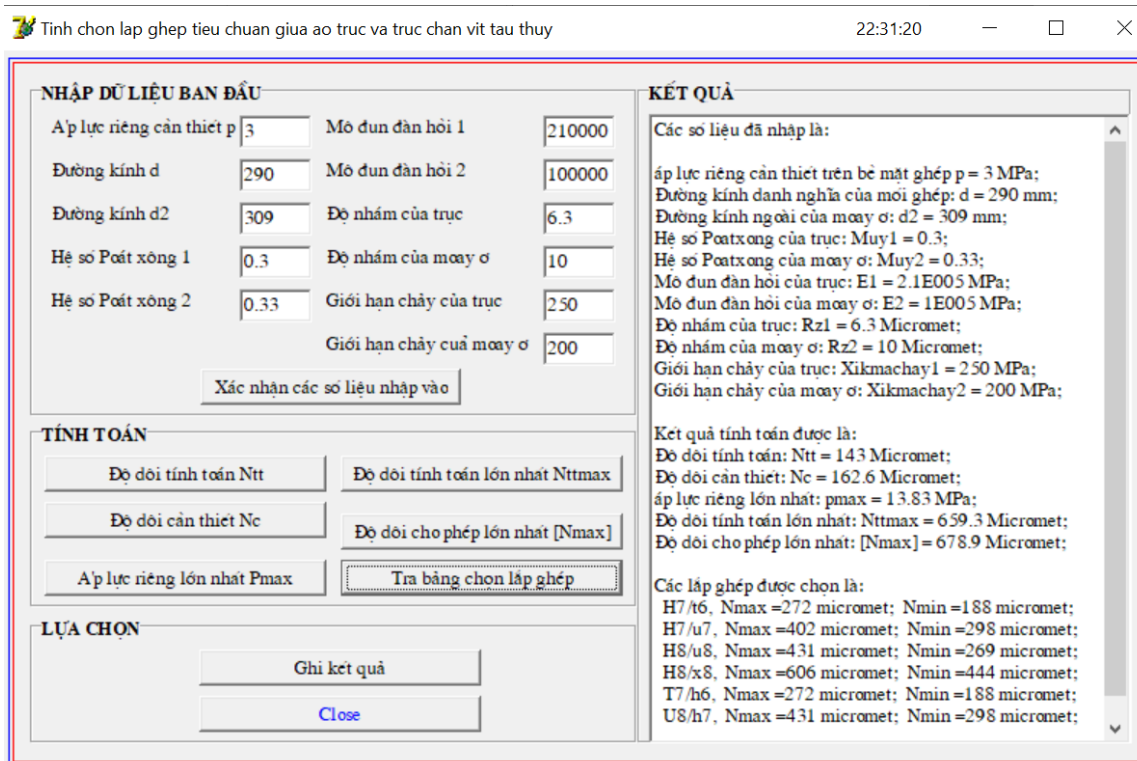
Delphi là ngôn ngữ lập trình dựa trên nền tảng là ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng Object Pascal, có cấu trúc chặt chẽ, mạch lạc, rõ ràng, rất thích hợp để giải các bài toán kỹ thuật [6, 9].

Khi tính toán lựa chọn lắp ghép tiêu chuẩn cho mối ghép giữa áo trục và trục chân vịt tàu thủy, cần thực hiện các bước tính toán đồng thời phải nhiều lần tra và nội suy số liệu từ các bảng tiêu chuẩn về dung sai lắp ghép. Những việc làm này có thể được thực hiện một cách tự động bằng các thủ thuật lập trình tương ứng trong Delphi.

#### 3.2. Xây dựng chương trình

Chương trình tính chọn lắp ghép tiêu chuẩn cho mối ghép giữa áo trục và trục chân vịt tàu thủy được xây dựng dựa theo áp lực riêng  $p$  cho trước trên bề mặt lắp ghép. Từ áp lực riêng  $p$ , việc chọn lắp ghép tiêu chuẩn được tiến hành theo trình tự đã trình bày trong mục 2 của bài báo này.

Giao diện của chương trình tính chọn lắp ghép tiêu chuẩn giữa áo trục và trục chân vịt tàu thủy được trình bày trên Hình 3. Chương trình tính toán gồm 4 phần chính sau:



Hình 3. Giao diện của Chương trình

#### 1) Phần Nhập dữ liệu ban đầu:

Các dữ liệu ban đầu cần nhập là: Áp lực riêng cần thiết trên bề mặt lắp ghép  $p$ ; đường kính danh nghĩa  $d$  của mối ghép; đường kính ngoài  $d_2$  của áo trục; hệ số Poát xông  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  và mô đun đàn hồi  $E_1$ ,  $E_2$  của vật liệu trục và áo trục; độ nhám bề mặt ngoài trục  $R_{z1}$  và của bề mặt trong áo trục  $R_{z2}$ ; giới hạn chảy  $\sigma_{ch1}$  của trục và  $\sigma_{ch2}$  của áo trục. Các dữ liệu được nhập vào chương trình bằng việc sử dụng đối tượng Editbox của Delphi.

#### 2) Phần Tính toán:

Việc tính toán được thực hiện nhờ sử dụng đối tượng Button (Nút nhấn) của Delphi. Bằng cách nhấn các nút tương ứng, Chương trình sẽ tự động thực hiện tính toán các thông số cần thiết và sau đó tự động tra các bảng tiêu chuẩn và hiển thị các lắp ghép thỏa mãn yêu cầu trên Memo ở giao diện chương trình. Các lắp ghép thỏa mãn điều kiện sẽ được hiển thị cả ký hiệu lắp ghép cùng với trị số độ dôi giới hạn  $N_{max}$ ,  $N_{min}$  của chúng.

Nếu không có lắp ghép nào được chọn nghĩa là với chế độ tải trọng, kết cấu và vật liệu của mối ghép không thể có lắp ghép tiêu chuẩn nào thỏa mãn yêu cầu. Người sử dụng cần thay đổi các thông số trên, nhập số liệu và thực hiện tính toán lại. Nếu có nhiều lắp ghép đồng thời thỏa mãn thì nên chọn lắp ghép nào có  $N_{max}$  nhỏ nhất để không những đáp ứng được yêu

cầu về lắp ghép, mà còn nâng cao độ bền của mối ghép.

#### 3) Phần ghi kết quả:

Kết quả của toàn bộ quá trình tính toán sẽ được hiển thị trên Memo kết quả của chương trình. Người sử dụng có thể ghi kết quả dưới dạng tập tin (file) văn bản bằng cách nhấn nút Ghi kết quả trên giao diện của chương trình. Khi đó chương trình sẽ ghi kết quả và lưu trữ trong folder Kết quả đi kèm với chương trình.

#### 4) Phần Lựa chọn

Phần này cho phép người dùng lựa chọn ghi kết quả và thoát chương trình.

### 3.3. Ví dụ sử dụng chương trình

Ví dụ: Tính chọn lắp ghép tiêu chuẩn cho mối ghép giữa áo trục và trục chân vịt tàu chở hàng khô 6200 tấn với các số liệu sau: Áp suất cần thiết trên bề mặt ghép  $p = 3\text{MPa}$ ; đường kính danh nghĩa của mối ghép  $d = 290\text{mm}$ ; đường kính ngoài của áo trục  $d_2 = 309\text{mm}$ ; hệ số Poát xông của trục (thép)  $\mu_1 = 0,3$  và của áo trục (hợp kim đồng)  $\mu_2 = 0,33$ ; mô đun đàn hồi của trục  $E_1 = 2,1 \cdot 10^5\text{MPa}$  và áo trục  $E_2 = 10^5\text{MPa}$ ; độ nhám bề mặt ngoài của trục  $R_{z1} = 6,3\mu\text{m}$  và bề mặt trong của áo trục  $R_{z2} = 10\mu\text{m}$ ; giới hạn chảy của trục  $\sigma_{ch1} = 250\text{MPa}$  và áo trục  $\sigma_{ch2} = 200\text{MPa}$ .

Sử dụng chương trình đã xây dựng được để tính cho ví dụ ở trên, kết quả thu được như sau:

Các số liệu đã nhập là:

Áp lực riêng cần thiết trên bề mặt ghép:  $p = 3\text{MPa}$ ;

Đường kính danh nghĩa của mối ghép:  $d = 290\text{mm}$ ;

Đường kính ngoài của áo trục:  $d_2 = 309\text{mm}$ ;

Hệ số Poát xông của trục:  $\mu_1 = 0,3$ ;

Hệ số Poát xông của áo trục:  $\mu_2 = 0,33$ ;

Mô đun đàn hồi của trục:  $E_1 = 2,1 \cdot 10^5\text{MPa}$ ;

Mô đun đàn hồi của áo trục:  $E_2 = 10^5\text{MPa}$ ;

Độ nhám bề mặt ngoài của trục:  $R_{z1} = 6,3\mu\text{m}$ ;

Độ nhám bề mặt trong của áo trục:  $R_{z2} = 10\mu\text{m}$ ;

Giới hạn chảy của vật liệu trục:  $\sigma_{ch1} = 250\text{MPa}$ ;

Giới hạn chảy của vật liệu áo trục:  $\sigma_{ch2} = 200\text{MPa}$ .

Kết quả tính toán được là:

Độ dôi tính toán:  $N_{tt} = 143\mu\text{m}$ ;

Độ dôi cần thiết:  $N_c = 162,6\mu\text{m}$ ;

Áp lực riêng lớn nhất:  $p_{\max} = 13,83\text{MPa}$ ;

Độ dôi tính toán lớn nhất:  $N_{tt\max} = 659,3\mu\text{m}$ ;

Độ dôi cho phép lớn nhất:  $[N_{\max}] = 678,9\mu\text{m}$ .

Các lắp ghép được chọn là:

H7/t6,  $N_{\max} = 272\mu\text{m}$ ;  $N_{\min} = 188\mu\text{m}$ ;

H7/u7,  $N_{\max} = 402\mu\text{m}$ ;  $N_{\min} = 298\mu\text{m}$ ;

H8/u8,  $N_{\max} = 431\mu\text{m}$ ;  $N_{\min} = 269\mu\text{m}$ ;

H8/x8,  $N_{\max} = 606\mu\text{m}$ ;  $N_{\min} = 444\mu\text{m}$ ;

T7/h6,  $N_{\max} = 272\mu\text{m}$ ;  $N_{\min} = 188\mu\text{m}$ ;

U8/h7,  $N_{\max} = 431\mu\text{m}$ ;  $N_{\min} = 298\mu\text{m}$ .

Như vậy có sáu lắp ghép được chọn, thỏa mãn yêu cầu đã cho. Để nâng cao độ bền của mối ghép cần chọn lắp ghép có độ dôi lớn nhất  $N_{\max}$  nhỏ nhất đó là hai lắp ghép H7/t6 (Lắp ghép trong hệ thống lỗ) và T7/h6 (Lắp ghép trong hệ thống trục). Trong hai lắp ghép này nên chọn lắp ghép trong hệ thống lỗ H7/t6 để gia công thuận tiện và giá thành rẻ hơn lắp ghép trong hệ thống trục.

Kết quả tính toán bằng chương trình ở trên hoàn toàn trùng lặp với kết quả tính toán bằng phương pháp thủ công đã được kiểm chứng lại. Điều này minh chứng cho tính chính xác của chương trình đã xây dựng.

#### 4. Kết luận

Bài báo trình bày việc tính toán lựa chọn lắp ghép tiêu chuẩn cho mối ghép giữa áo trục và trục chân vịt tàu thủy dựa trên áp lực riêng cần thiết trên bề mặt tiếp xúc của mối ghép này. Với cùng một trị số áp lực này có thể có nhiều lắp ghép thỏa mãn. Lắp ghép được chọn là lắp ghép có độ dôi lớn nhất  $N_{\max}$  nhỏ nhất để tăng độ bền của mối ghép. Nếu có hai lắp ghép cùng đặc tính (như trong ví dụ trên) thì nên chọn lắp ghép

trong hệ thống lỗ để thuận tiện cho quá trình gia công và hạ giá thành sản phẩm. Nếu không có lắp ghép nào được lựa chọn, nghĩa là trị số áp lực riêng  $p$  cho trước là không hợp lý, cần thay đổi các yếu tố về kích thước và vật liệu của mối ghép để thay đổi trị số  $p$ , từ đó sẽ lựa chọn được lắp ghép thỏa mãn yêu cầu.

Bài báo cũng đã trình bày việc xây dựng và sử dụng một chương trình tính toán và tra bảng tự động để tìm lắp ghép, thay thế cho phương pháp tính toán và tra bảng thủ công. Chương trình cho phép thực hiện tính toán nhanh chóng, chính xác, tránh nhầm lẫn, giảm được thời gian công sức, đặc biệt là việc tra bảng thường rất mất thời gian, sai sót và bất tiện vì luôn phải mang theo và tra cứu các bảng tiêu chuẩn.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT20-21.26**.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đào Ngọc Biên, *Xác định áp suất cần thiết cho mối ghép độ dôi giữa áo trục và trục chân vịt tàu thủy*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải Số 64 (11/2020), tr.19-23, 2020.
- [2] Nguyễn Đăng Cường, *Thiết kế và lắp ráp thiết bị tàu thủy*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2000.
- [3] Nguyễn Đăng Cường, Hà Tôn, *Lắp ráp và sửa chữa thiết bị tàu thủy*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 1983.
- [4] Đăng Hộ, *Thiết kế trang trí động lực tàu thủy*, tập 1, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 1985.
- [5] Đăng Hộ, *Thiết kế trang trí động lực tàu thủy*, tập 2, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 1986.
- [6] Lê Phương Lan, Hoàng Đức Hải, *Giáo trình lý thuyết và bài tập Borland Delphi*, NXB Lao động và Xã hội, Hà Nội, 2002.
- [7] Nguyễn Huy Tiến, *Xây dựng tiêu chuẩn các mối ghép hệ trục tàu thủy*, Đề tài NCKH cấp trường, Trường Đại học Hàng hải, 2004.
- [8] Ninh Đức Tôn, *Dung sai và Lắp ghép*, NXB Giáo dục, Hà Nội, 2007.
- [9] Nguyễn Viết Trung, Nguyễn Bắc Hà, *Lập trình Delphi 5.0*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 2001.
- [10] Ряховский О. Ф., *Детали Машин*, Изд. МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва, 2007.

Ngày nhận bài:	26/12/2020
Ngày nhận bản sửa:	15/01/2021
Ngày duyệt đăng:	20/01/2021