

## XÁC ĐỊNH ĐỘ TIN CẬY CỦA CÁC CHI TIẾT MÁY CÓ NHIỀU MẶT CẮT YẾU

PHAN VĂN KHÔI

Bài báo trình bày những kết quả nghiên cứu độ tin cậy hệ thống của các chi tiết máy có nhiều vùng có khả năng bị phá hỏng. Phương pháp xây dựng được minh họa bằng kết quả thực nghiệm tiến hành trên máy thử mỏi ZDM 100 Pu với những mẫu thép tròn St50 có nhiều rãnh vòng trong miền độ bền ngắn hạn

### § 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phá hỏng của những trục truyền động có mặt cắt thay đổi bậc, những chi tiết có nhiều rãnh hay lỗ khoan và nhiều chi tiết máy khác, dưới tác dụng của tải trọng, có thể xảy ra không phải ở một mà ở một số mặt cắt yếu. Ta coi mỗi mặt cắt có khả năng bị phá hỏng là một phần tử. Vì sự hỏng của một phần tử bất kỳ dẫn tới sự làm mất khả năng hoàn thành nhiệm vụ chức năng của chi tiết, nên những chi tiết máy như thế là những hệ nối tiếp theo nghĩa của lý thuyết độ tin cậy. Độ tin cậy chung của những chi tiết máy này xác định được, đặc biệt không gặp nhiều khó khăn, khi sự kiện hỏng các phần tử thỏa mãn điều kiện độc lập [1], [3].

Tuy nhiên, tính độc lập giữa các phần tử không phải khi nào cũng tồn tại. Việc xác định nó từ biểu thức định nghĩa có liên quan đến xác suất có điều kiện gặp phải những khó khăn nhất định, bởi vì không giống như trường hợp khác, khi xét một tổ máy gồm nhiều cụm máy có chức năng riêng chẳng hạn, tính độc lập giữa các phần tử của chi tiết máy đang xét có quan hệ với mức tải cũng như với các tham số hình học và kết cấu vỏ cùng đa dạng.

Do đó việc giải quyết vấn đề này theo hướng xây dựng một phương pháp chung có hiệu quả đối với công tác tính toán và thiết kế đã trở thành một yêu cầu.

### § 2. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP

Để xác định độ tin cậy của chi tiết - hệ - như đã trình bày ở trên, ta phân biệt hai trường hợp cấu trúc của hệ như sau :

#### I. KHI CÁC PHẦN TỬ THUỘC HỆ ĐỘC LẬP VỚI NHAU

Trong trường hợp này độ tin cậy chung của chi tiết được xác định theo các công thức lý thuyết đã biết từ định lý nhân xác suất [1].

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i \quad (2.1)$$

trong đó  $R_s$  là độ tin cậy hệ thống của chi tiết ;  $n$  là số phần tử của hệ và  $R_i$  là độ tin cậy của phần tử thứ  $i$ .  $R_i$  thường xác định được từ những số liệu thống kê hay qua những thí nghiệm không quá phức tạp với các mẫu thử thông thường chỉ có một mặt cắt nguy hiểm.

## 2. KHI CÁC PHẦN TỬ PHỤ THUỘC LẦN NHAU

Tính độc lập của sự kiện hỏng các phần tử phụ thuộc vào các yếu tố hình học và kết cấu như số phần tử, hình dáng, kích thước, vị trí tương đối và cách sắp xếp các phần tử trong hệ. Một cách tự nhiên, về mặt vật lý, chúng ta nghĩ rằng tính độc lập của các phần tử có liên quan tới sự phân bố ứng suất ở những chỗ yếu trên chi tiết. Tình trạng nghiên cứu hiện nay chưa cho phép diễn tả mối liên quan ấy để tìm ra một tiêu chuẩn lý thuyết của tính độc lập giữa các phần tử.

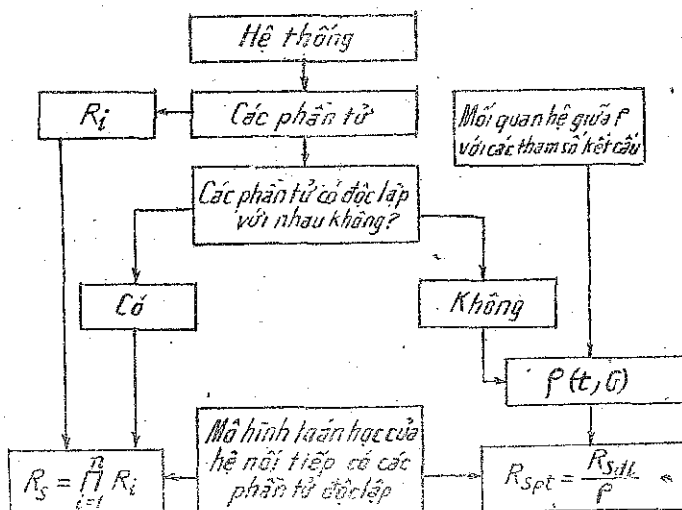
Để tiện lợi cho những ứng dụng thực tiễn, hệ số  $\rho$  được tác giả đưa ra như một số đo cho tính độc lập của phần tử. Đó là tỉ số giữa độ tin cậy của hệ gồm các phần tử độc lập tương ứng  $R_{sdl}$  với độ tin cậy của hệ gồm các phần tử phụ thuộc đang xét  $R_{spt}$ . Hệ số  $\rho$  là hàm số của thời gian làm việc và của các tham số kết cấu  $G$ :

$$\rho = \rho(t, G). \quad (2.2)$$

Hệ số  $\rho$  này được xác định bằng thực nghiệm và được trình bày dưới dạng đồ thị hoặc bảng số. Nhờ việc thu thập các số liệu thử về các loại chi tiết khác nhau dưới ảnh hưởng của một yếu tố kết cấu nhất định, ta có một tập biểu đồ về trị số  $\rho$ . Khi đó độ tin cậy của hệ có các phần tử phụ thuộc được xác định tùy theo từng trường hợp kết cấu.

$$R_{spt} = R_{sdl} \rho(t, G). \quad (2.3)$$

Như vậy quá trình tính toán độ tin cậy của hệ nối tiếp có thể tóm tắt trong một sơ đồ khối biểu diễn trên hình 1.



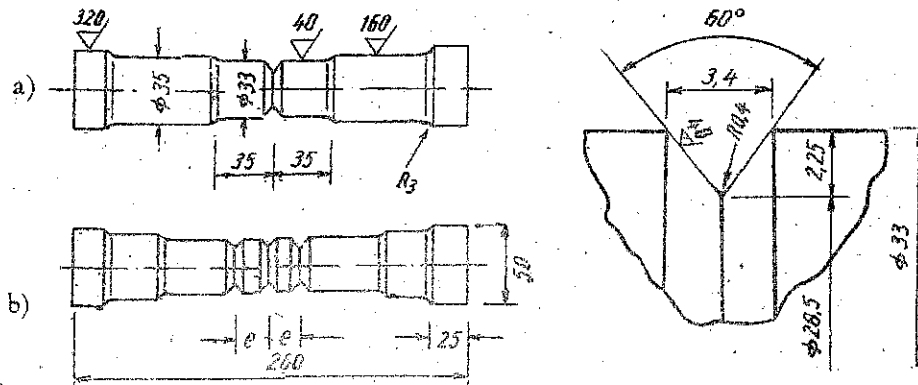
Hình 1. Sơ đồ phương pháp xác định độ tin cậy của hệ nối tiếp trong ngành máy

## § 3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Thí nghiệm được tiến hành với các mẫu tròn có rãnh vòng làm từ thép St50.101 mẫu được chia thành bảy nhóm. 11 mẫu ở nhóm E có một rãnh được xem như phần tử. Các nhóm còn lại, ký hiệu S, được xem như một hệ có ba rãnh với khoảng cách giữa các rãnh khác nhau ở mỗi nhóm. Chiều dài, đường kính, hình dạng, chất lượng gia công bề mặt cũng như kích thước của mẫu và rãnh ở các nhóm đều giống nhau.

| Tên nhóm | Số rãnh | Khoảng cách rãnh e (mm) | Tỉ số e:d |
|----------|---------|-------------------------|-----------|
| E        | 1       | —                       | 0         |
| S40      | 3       | 40                      | 1,40      |
| S28      | 3       | 28                      | 0,98      |
| S22      | 3       | 22                      | 0,77      |
| S16      | 3       | 16                      | 0,56      |
| S10      | 3       | 10                      | 0,35      |
| S5       | 3       | 5                       | 0,175     |

Mẫu thử và các tính chất cơ học chủ yếu được ghi trên hình 2.



Hình 2. Mẫu thử a) nhóm E b) Nhóm S  
 $\bar{\sigma}_S = 302,9 \text{ Nmm}^{-2}$ ,  $\bar{\sigma}_B = 529,7 \text{ Nmm}^{-2}$   
 $\delta = 25 \%$  với  $L_0 = 5d_0$

Các mẫu thử chịu tải trọng biến đổi tuần hoàn trong miền kéo của máy ZDM 100 Pu (CHDC Đức). Riêng 40 mẫu của nhóm S40 được chia thành bốn nhóm nhỏ S40.1, S40.2, S40.3 và S40.4 chịu tải ở bốn mức ứng suất sau đây.

| Thứ tự mức ứng suất | Ứng suất lớn nhất danh nghĩa $\sigma_o$ $\text{N.mm}^{-2}$ | Ứng suất nhỏ nhất danh nghĩa $\sigma_u$ $\text{N.mm}^{-2}$ |
|---------------------|--|--|
| 1                   | 400,25   | 200,12   |
| 2                   | 368,86   | 184,43   |
| 3                   | 338,44   | 169,22   |
| 4                   | 308,03   | 154,02   |

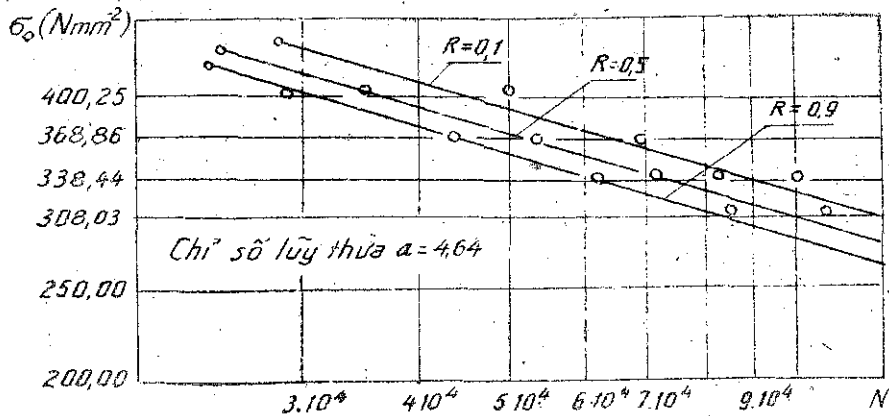
Những nhóm còn lại chịu tải ở mức thứ hai cùng với nhóm S40.2. Tỉ số ứng suất trong các trường hợp đều là 0,5 và tần số tải trọng  $11,66\text{s}^{-1}$  ( $700\text{min}^{-1}$ ) được giữ không đổi trong quá trình thử.

Sau khi đánh giá thống kê các số liệu thực nghiệm thu được cho phép nêu lên các kết quả sau đây.

1. Giá trị trung bình của số chu trình phá hủy và độ lệch tiêu chuẩn của nhóm thử S40 được cho trong bảng.

| Nhóm                   | S40.1             | S40.2             | S40.3             | S40.4              |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Giá trị trung bình $N$ | $3,73 \cdot 10^4$ | $5,43 \cdot 10^4$ | $8,29 \cdot 10^4$ | $11,37 \cdot 10^4$ |
| Độ lệch tiêu chuẩn $s$ | $0,66 \cdot 10^4$ | $0,88 \cdot 10^4$ | $1,26 \cdot 10^4$ | $1,92 \cdot 10^4$  |

2. Đường Woehler và miền tán mát của nhóm S40 trong miền độ bền ngắn hạn trên hệ tọa độ loga kép được biểu diễn trên hình 3.



Hình 3. Đường Woehler và trường tán mát

Tỉ số  $N_{\min} : N_{\max} = 1,70$  đặc trưng cho sự tán mát tuổi thọ trong trường hợp này tỏ ra nhỏ hơn đáng kể so với trường hợp mẫu thử nhẵn không có rãnh đã công bố trong các tài liệu khác.

3. Độ lệch tiêu chuẩn và mức ứng suất có quan hệ với nhau theo hàm lũy thừa  $s^c \sigma_0 = \text{const}$ , với  $c = 0,25$ .

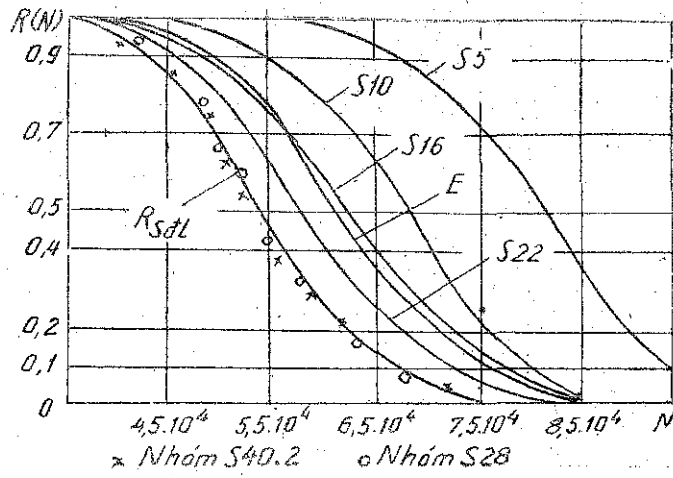
Quan hệ này sẽ là một phương tiện có hiệu quả trong việc đánh giá mức độ tán mát tuổi thọ của chi tiết ở các mức tải trọng khác nhau khi kỹ thuật thử nghiệm bị hạn chế.

4. Các đặc trưng của độ tin cậy ở mức tải thứ hai

Mật độ phân phối tuổi thọ của các nhóm đều là loga chuẩn. Các tham số của phân phối và các đặc trưng số khác của độ tin cậy của mẫu thử ở mức tải thứ hai được cho trong bảng sau.

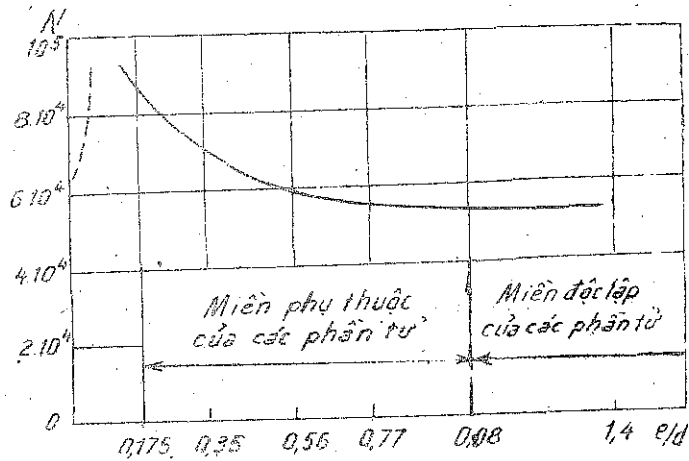
| Nhóm  | Tham số của phân phối |                  | Giá trị trung bình $N \cdot 10^{-4}$ | Độ lệch tiêu chuẩn $s \cdot 10^{-4}$ |
|-------|-----------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|       | $\hat{\mu}_x$         | $\hat{\sigma}_x$ |                                      |                                      |
| E     | 11,062                | 0,207            | 6,51                                 | 1,36                                 |
| S40.2 | 10,888                | 0,161            | 5,43                                 | 0,88                                 |
| S28   | 10,890                | 0,149            | 5,42                                 | 0,81                                 |
| S22   | 10,940                | 0,160            | 5,71                                 | 0,92                                 |
| S16   | 11,044                | 0,148            | 6,32                                 | 0,94                                 |
| S10   | 11,111                | 0,137            | 6,75                                 | 0,93                                 |
| S5    | 11,296                | 0,123            | 8,11                                 | 1,23                                 |

Các hàm độ tin cậy của các nhóm được biểu diễn trên hình 4.  
 Các hàm mật độ, hàm phân phối tuổi thọ và hàm cường độ hỏng được trình bày tỉ mỉ trong [2].

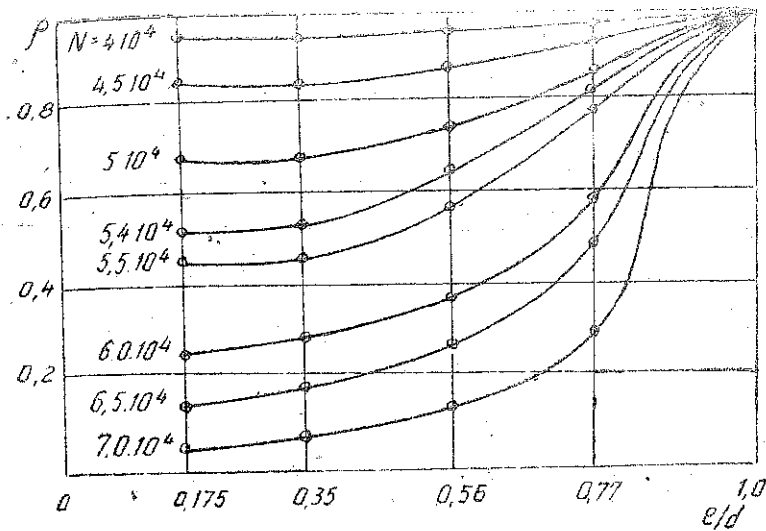


Hình 4. Hàm độ tin cậy ở mức tải thứ hai

5. Mối quan hệ  $(N, e : d)$  biểu diễn trên hình 5 cho phép ta coi tỉ số  $e : d = 1$  như một giá trị giới hạn. Nhỏ hơn giá trị ấy các phân tử sẽ phụ thuộc lẫn nhau.



Hình 5. Quan hệ  $(N, e : d)$



Hình 6. Quan hệ  $(\rho, e/d)$  ở các thời hạn làm việc khác nhau của mẫu thử

6. Quan hệ  $(\rho, e/d)$  ứng với các thời hạn làm việc khác nhau của chi tiết được biểu diễn trên hình 6. Đồ thị này góp phần vào việc xây dựng các tập biểu đồ  $\rho(t, G)$  đã nói đến ở § 2.

Địa chỉ  
Viện Cơ học Viện KHVN

Nhận ngày 12-9-1983

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. SCHLOTTMANN D. Ansätze zur Berechnung von Lebensdauer und Zuverlässigkeit technischer Gebilde des Maschinenbaus in der Konstruktionsphase. Mitteilung aus der WPU Rostock, Schiffbauforschung 19, 4/1980
2. PHAN VAN KHOI. Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von Maschinenelementen. Diss. A, Wilhelm - Pieck - Universität Rostock 1982.
3. ГНЕДЕНКО Б. В., СОЛОВЬЕВ А. Д., БЕЛЯЕВ Ю. К. Математические методы в теории надежности. «Наука» М., 1965.

### ZUSAMMENFASSUNG

#### ZUVERLAESSIGKEITSBESTIMMUNG VON MASCHINENELEMENTEN MIT MEHREREN SCHAEDIGUNGSBEREICHEN

In der vorliegenden Arbeit werden Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von Maschinenelementen mit mehreren Schädigungsbereichen dargestellt. Die entwickelte Methode zur Bestimmung der Systemzuverlässigkeit des aus abhängigen und unabhängigen bestehenden Seriensystems wird experimentell überprüft. Zu den Ergebnissen, die bei den Ermüdungsversuchen der umlaufenden spitzgekerbten Rundproben aus Stahl St50 in Gebiet der Zeitfestigkeit ermittelt wurden, gehören der Verteilungstyp der Bruchschwingspielzahl, die Wohlerlinie, die Zuverlässigkeitskenngrößen und die Abhängigkeit der Elemente.