

# Xây dựng chương trình tính toán xác định thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí hư hỏng đột ngột không phục hồi

## Development of a calculation program to determine the lifetime of irreparable and unexpected failure mechanical elements

Đỗ Đức Tuấn<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Đức Toàn<sup>1</sup>, Võ Trọng Cang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Giao thông vận tải

<sup>2</sup>Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG TP. HCM

\*Email: ddtuan@utc.edu.vn

Mobile: 0913905814

---

### Tóm tắt

#### Từ khóa:

Hàm cường độ hỏng; Hàm tin cậy; Hư hỏng đột ngột; Thời hạn làm việc; Thời hạn làm việc gamma phần trăm; Xác suất làm việc không hỏng.

Bài báo trình bày cơ sở lý thuyết, từ đó thiết lập các lưu đồ thuật toán và xây dựng chương trình tính toán xác định thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí hư hỏng đột ngột không phục hồi.

### Abstract

#### Keywords:

Failure rate function, Gamma-percent lifetime, lifetime, Non-failure operating probability, Reliability function, Unexpected failure.

The article presents theoretical fundamentals, establishing algorithmic diagrams and developing a calculation program to determine the lifetime of irreparable and unexpected failure mechanical elements.

Ngày nhận bài: 30/06/2018

Ngày nhận bài sửa: 03/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

---

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Như đã biết, các dạng hư hỏng của máy móc và phương tiện được chia thành hai loại [2, 3].

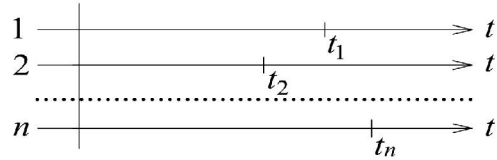
*Hỏng dần dần (hỏng tiệm tiến)* là hư hỏng xuất hiện cùng với sự suy giảm dần dần các thông số chất lượng, làm cho các trị số của nó vượt ra ngoài mức giới hạn cho phép. Đây là những dạng hỏng chủ yếu của các sản phẩm kỹ thuật cơ khí, là những yếu tố không thể loại trừ được, kể cả khi tuân thủ một cách chặt chẽ quy trình sử dụng, khai thác.

*Hỏng đột ngột (hỏng đột xuất)* là hư hỏng xuất hiện cùng với sự biến đổi đột ngột các thông số chất lượng của sản phẩm. Các hư hỏng có tính chất đột xuất thường xảy ra ít hơn và nguyên nhân của chúng phần lớn là do hậu quả của việc không tuân thủ đầy đủ và triệt để các quy trình, quy tắc vận hành. Đối với các phần tử hư hỏng đột ngột lại phân ra: hư hỏng đột ngột không phục hồi và hư hỏng đột ngột có phục hồi.

Trong bài báo này trình bày cơ sở lý thuyết xác định thời hạn làm việc của các đối tượng (phần tử) cơ khí có hư hỏng đột ngột không phục hồi, từ đó xây dựng chương trình tính toán tương ứng.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH THỜI HẠN LÀM VIỆC CỦA PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG CƠ KHÍ CÓ HƯ HỎNG ĐỘT NGỘT KHÔNG PHỤC HỒI

Giả sử khảo sát  $n$  phần tử cùng kiểu loại, cùng làm việc trong những điều kiện như nhau, khi đó thời hạn làm việc  $T$  của các phần tử (thời hạn làm việc đến khi hư hỏng lần đầu) sẽ nhận các giá trị tương ứng là  $t_1, t_2, \dots, t_n$  (hình 1).



**Hình 1.** Sơ đồ thời hạn làm việc của các phần tử hư hỏng đột ngột không phục hồi

Khi đó tập số liệu  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  là đại lượng ngẫu nhiên (ĐLNN) liên tục mô tả thời hạn làm việc tới hỏng của các phần tử. Từ tập số liệu này ta xác định được hàm mật độ phân bố thời hạn làm việc tới hỏng  $f(t)$  của các phần tử và hàm phân bố thời hạn làm việc  $F(t)$ .

Như đã biết [3], hàm phân bố thời hạn làm việc  $F(t)$  chính là xác suất hỏng  $Q(t)$ , tức là  $F(t) = Q(t)$ .

Khi đó ta có [1], [3], [5]:

### 2.1. Các hàm đặc trưng cho tính làm việc không hỏng

#### 2.1.1. Hàm xác suất hỏng

$$Q(t) = F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (1)$$

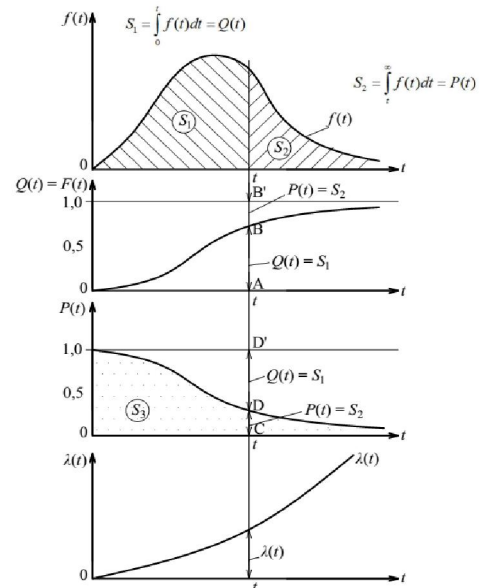
#### 2.1.2. Hàm xác suất làm việc không hỏng (hàm tin cậy)

$$P(t) = 1 - Q(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (2)$$

#### 2.1.3. Hàm cường độ hỏng

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{f(t)}{1 - Q(t)} = \frac{Q'(t)}{P(t)} = \frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(t) dt} \quad (3)$$

Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa các hàm nói trên chúng được thể hiện trên hình 2 [1], [3]



**Hình 2.** Quan hệ giữa các hàm  $f(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $P(t)$  và  $\lambda(t)$

### 2.2. Các tham số đặc trưng cho tính làm việc không hỏng [1, 3]

#### 2.2.1. Kỳ vọng thời hạn làm việc (thời hạn làm việc trung bình) đến khi hỏng của phần tử

$$E(T) = a = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt \quad (4)$$

Như vậy kỳ vọng thời gian làm việc đến khi hỏng có giá trị bằng diện tích  $S_3$  dưới đường cong  $P(t) \rightarrow$  (hình 2).

**2.2.2. Phương sai của thời hạn làm việc đến hỏng**

$$D(T) = \sigma^2(T) = E[(T - a)^2] = \int_0^{\infty} (t - a)^2 f(t) dt \tag{5}$$

**2.2.3. Sai lệch bình phương trung bình (độ lệch chuẩn) của thời hạn làm việc**

$$\sigma(T) = \sqrt{D(T)} = \sqrt{\sigma^2(T)} \tag{6}$$

**2.2.4. Hệ số biến động của thời hạn làm việc**

$$v = \frac{\sigma(T)}{E(T)}, \text{ với } E(T) \neq 0 \tag{7}$$

Ngoài khái niệm thời hạn làm việc trung bình đến khi hỏng (lần thứ nhất), người ta còn sử dụng các khái niệm tương đương như thời hạn làm việc trung bình tới kỳ sửa chữa (nào đó) và thời hạn làm việc trung bình đến khi thanh lý (loại bỏ) [1], [3].

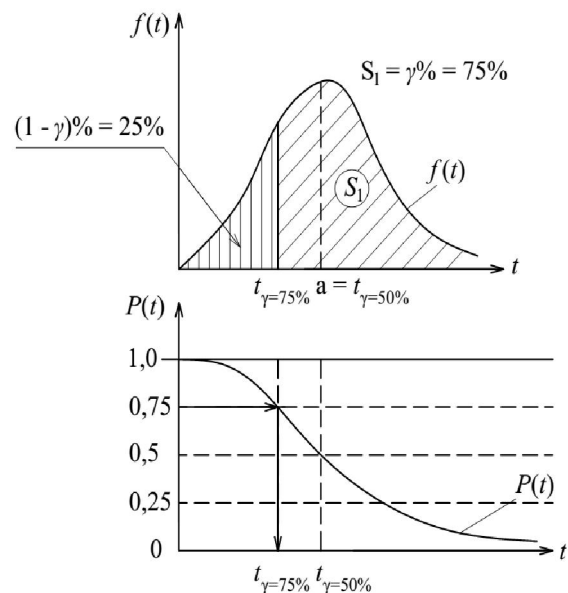
**2.2.5. Thời hạn làm việc gamma phần trăm**

Thời hạn làm việc gamma phần trăm là khoảng thời gian làm việc mà ở đó phần tử chưa bị hỏng với một xác suất cho trước là  $\gamma$  phần trăm, tính bằng phần trăm (%), được ký hiệu là  $t_{\gamma\%}$  và được xác định từ biểu thức [1], [3], [5]:

$$\int_{t_{\gamma}}^{\infty} f(t) dt = \gamma(\%) \tag{8}$$

Thời hạn làm việc gamma phần trăm có thể xác định từ biểu đồ hàm mật độ phân bố tuổi thọ  $f(t)$ , từ biểu đồ hàm tin cậy  $P(t)$  hoặc trực tiếp từ biểu thức hàm tin cậy  $P(t)$  [3].

Thời hạn làm việc trung bình đến khi hỏng chính là tuổi thọ gamma 50%. Sơ đồ xác định thời hạn làm việc (tuổi thọ) gamma phần trăm thể hiện trên hình 3 [1], [3], [5].

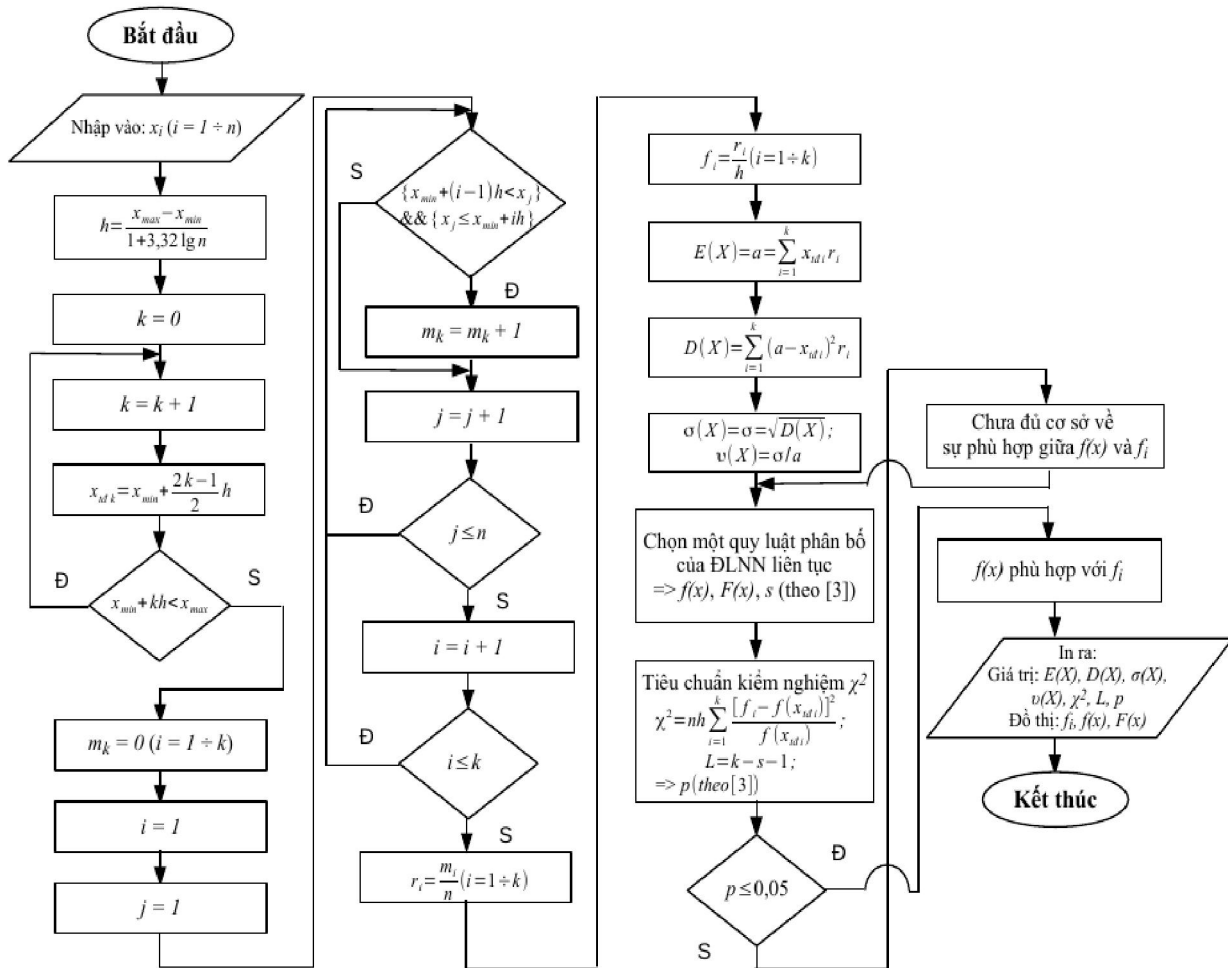


**Hình 3.** Sơ đồ xác định thời hạn làm việc (tuổi thọ) gamma phần trăm

**3. XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN XÁC ĐỊNH THỜI HẠN LÀM VIỆC CỦA PHẦN TỬ CƠ KHÍ CÓ HƯ HỎNG ĐỘT NGỘT KHÔNG PHỤC HỒI**

**3.1. Lưu đồ thuật toán**

Từ cơ sở lý thuyết trình bày ở trên và trong [3], tiến hành xây dựng các lưu đồ thuật toán chương trình tính toán xác định thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí có hư hỏng đột ngột không phục hồi và được thể hiện trên các hình 4 và 5.



Hình 4. Lưu đồ thuật toán xử lý số liệu thống kê DLNN liên tục X

### 3.2. Xây dựng chương trình tính toán

Trên cơ sở các lưu đồ thuật toán đã thiết lập, tiến hành xây dựng chương trình tính toán bằng ngôn ngữ lập trình Matlab. Chương trình có thể được cài đặt và chạy trên hệ điều hành Windows từ phiên bản XP trở lên. Các dữ liệu và kết quả tính toán của chương trình có thể được sao chép hoặc xuất sang định dạng excel cho các mục đích tính toán khác.

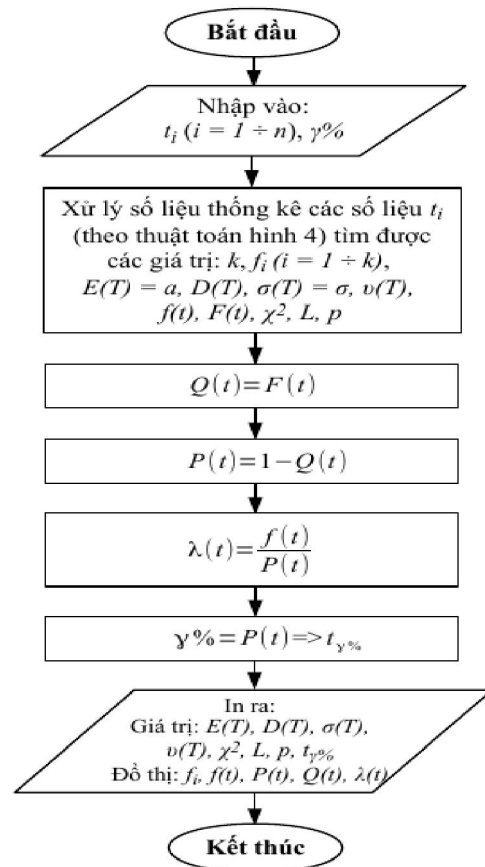
#### 3.2.1. Các tính năng chính của chương trình

- Nhập số liệu thống kê về thời gian làm việc tới hỏng của các phần tử  $t_i$  (lưu ý rằng, đây là các giá trị của đại lượng ngẫu nhiên liên tục mô tả thời gian làm việc tới hỏng của phần tử), xác định kỳ vọng toán  $a$ , phương sai  $\sigma^2$ , độ lệch chuẩn (sai lệch bình phương trung bình)  $\sigma$  và hệ số biến động  $\nu$  của thời hạn làm việc tới hỏng; thiết lập hàm mật độ phân bố thời hạn làm việc tới hỏng  $f(t)$ , kiểm nghiệm sự phù hợp của phân bố lý thuyết với phân bố thực nghiệm theo tiêu chuẩn  $\chi^2$  và hiển thị các kết quả tính toán cần thiết theo lưu đồ thuật toán hình 4.

- Thiết lập và hiển thị đồ thị mật độ phân bố thực nghiệm, hàm mật độ phân bố lý thuyết của thời hạn làm việc tới hỏng  $f(t)$ , tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy của chi tiết hư hỏng đột ngột không phục hồi; thiết lập và hiển thị hàm xác suất hỏng  $Q(t)$ , hàm tin cậy hay hàm xác suất làm việc không hỏng  $P(t)$  và hàm cường độ hỏng  $\lambda(t)$  đối với 10 luật phân bố: phân bố chuẩn, logarit chuẩn, mũ; gamma; Weibull; Weibull-Gnedenko; Rayleigh; Maxwell, beta và phân bố đều.

- Xác định thời hạn làm việc gamma phần trăm  $t_{\gamma\%}$  của các phần tử hư hỏng đột ngột không phục hồi tương ứng với từng luật phân bố.

Sau khi nhập các số liệu thực nghiệm về thời hạn làm việc tới hỏng của các phần tử, chương trình sẽ tự động tính toán các tham số và hiển thị các kết quả cần thiết theo lưu đồ thuật toán hình 5.



**Hình 5.** Lưu đồ thuật toán chương trình tính toán xác định thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí có hư hỏng đột ngột không phục hồi

### 3.2.2. Số liệu tính toán

Số liệu thống kê về thời gian làm việc tới hỏng của một loại chi tiết máy tính bằng  $10^3$  h có các giá trị như sau ( $n = 42$  số liệu) [3]:

0,10; 0,19; 0,23; 0,32; 0,44; 0,51; 0,55; 0,68; 0,82; 0,87; 0,88; 1,06; 1,09; 1,16; 1,22; 1,2500; 1,29; 1,33; 1,35; 1,39; 1,42; 1,44; 1,51; 1,62; 1,65; 1,68; 1,84; 1,87; 1,92; 1,93; 2,01; 2,04; 2,25; 2,31; 2,43; 2,48; 2,49; 2,56; 2,65; 2,74; 2,81; 2,92.

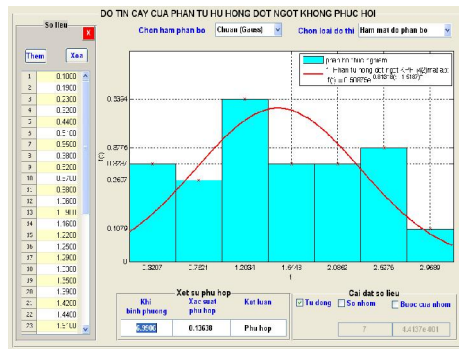
Cần xác định thời hạn làm việc của loại chi tiết này.

### 3.2.3. Các giao diện của chương trình

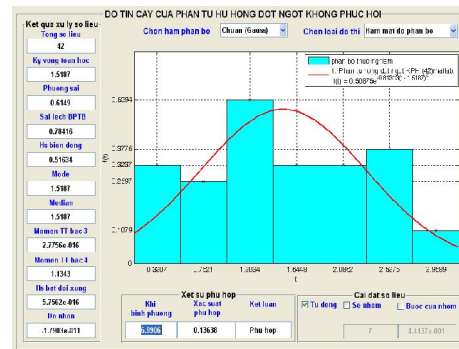
Các giao diện chính của chương trình được thể hiện trên các hình 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b. Các giao diện chức năng khác của chương trình được thể hiện trên các hình 6c - 6f, 7c - 7f, 8c - 8f và hình 9.

#### a. Xác định các hàm $f(t)$ , $Q(t)$ , $P(t)$ và $\lambda(t)$

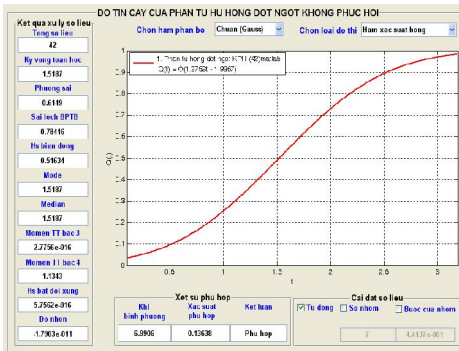
Việc xác định các hàm  $f(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $P(t)$  và  $\lambda(t)$  đã được tiến hành cho 10 quy luật phân bố nêu trên. Dưới đây đơn cử giới thiệu một số kết quả tính toán với 3 quy luật phân bố là phân bố chuẩn, Weibull và Rayleigh.



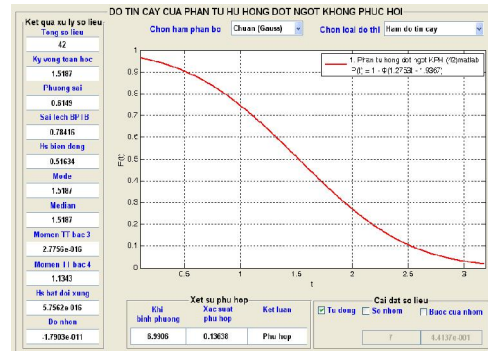
a)



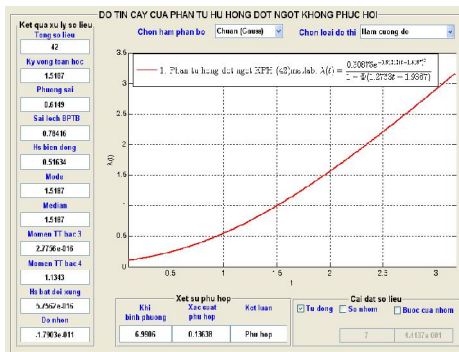
b)



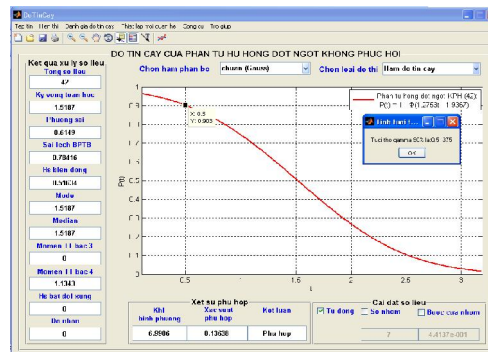
c)



d)

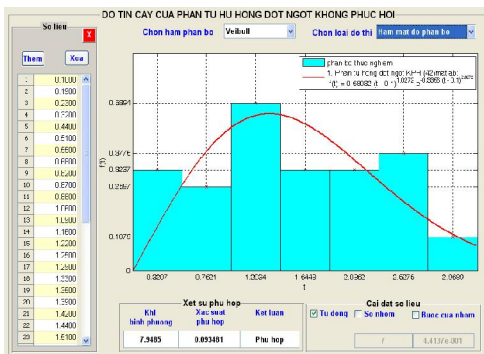


e)

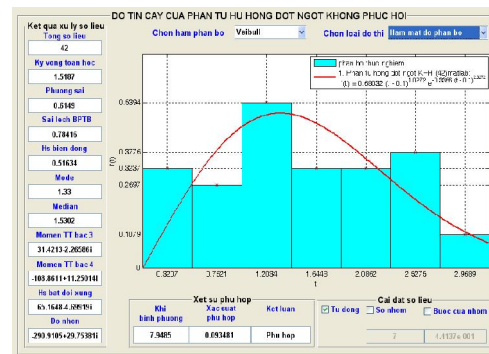


f)

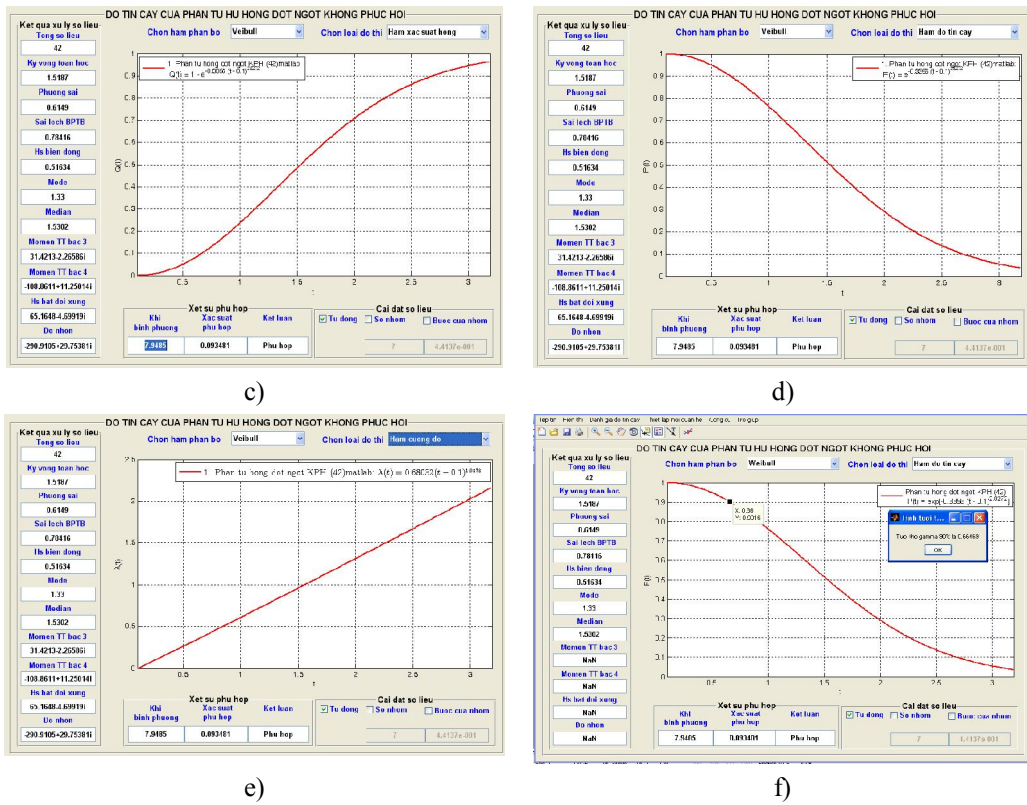
**Hình 6.** Giao diện chính (a); các giao diện thiết lập hàm mật độ phân bố (b), hàm xác suất hỏng (c), hàm tin cậy (d), hàm cường độ hỏng (e) và giao diện xác định thời hạn làm việc gamma phần trăm (f) đối với phân bố chuẩn



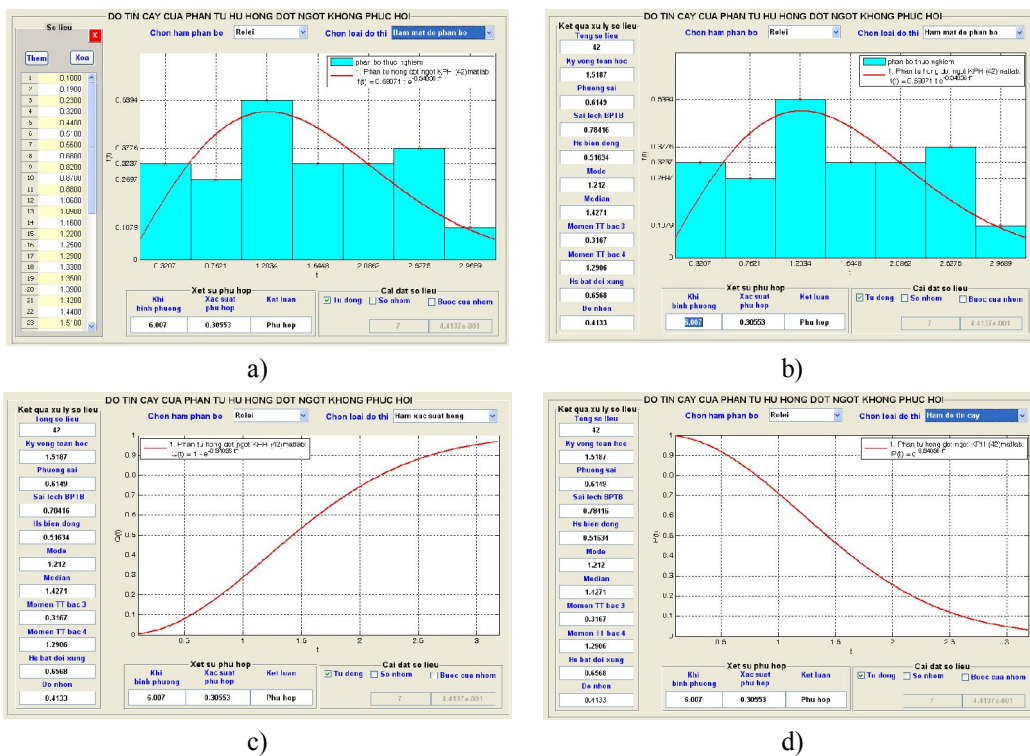
a)

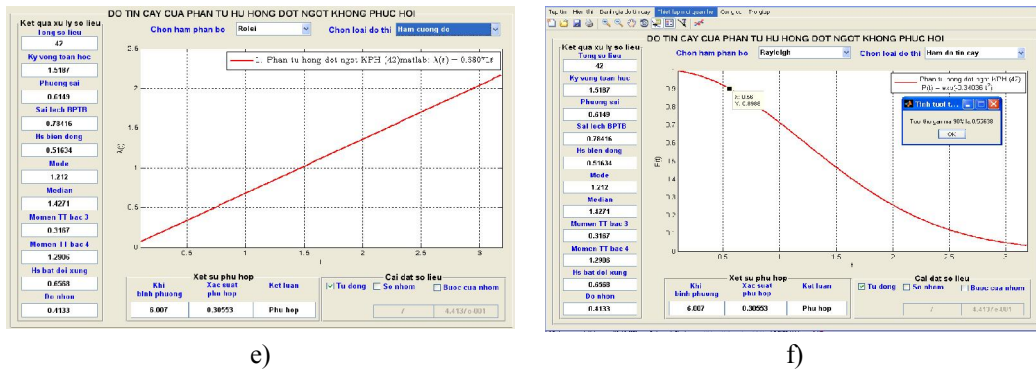


b)



Hình 7. Giao diện chính (a); các giao diện thiết lập hàm mật độ phân bố (b), hàm xác suất hỏng (c), hàm tin cậy (d), hàm cường độ hỏng (e) và giao diện xác định thời hạn làm việc gamma phân trăm (f) đối với phân bố Weibull






**Hình 8.** Giao diện chính (a); các giao diện thiết lập hàm mật độ phân bố (b), hàm xác suất hỏng (c), hàm tin cậy (d), hàm cường độ hỏng (e) và giao diện xác định thời hạn làm việc gamma phần trăm (f) đối với phân bố Rayleigh

b. *Xác định thời hạn làm việc của chi tiết hư hỏng đột ngột không phục hồi theo mức tin cậy cho trước (thời hạn làm việc gamma phần trăm)*

Sau khi xác định hàm xác suất hỏng và hàm tin cậy, chương trình cho phép xác định thời hạn làm việc gamma phần trăm của phần tử hư hỏng đột ngột không phục hồi. Việc xác định thời hạn làm việc gamma phần trăm có thể tiến hành theo hai cách.

b1. *Cách thứ nhất - Xác định thời hạn làm việc gamma phần trăm bằng đồ thị*

Di chuyển con trỏ chuột theo hàm tin cậy  $P(t)$ : truy cập biểu tượng  trên thanh công cụ, sau đó bấm vào vị trí trên đồ thị  $P(t)$  tương ứng với độ tin cậy cần tính toán (hình 6f, 7f, 8f).

b2. *Cách thứ hai – Xác định thời hạn làm việc gamma phần trăm bằng trình đơn công cụ*

Truy cập trình đơn *Cong cu* -> *Xác định tuổi thọ gamma phần trăm*. Sau đó, nhập vào giá trị mức tin cậy cần thiết, bấm nút “OK” phần mềm sẽ tính toán ra giá trị tuổi thọ tương ứng (hình 6f, 7f, 8f và hình 9).



c) Phân bố chuẩn                      d) Phân bố Weibull                      e) Phân bố Rayleigh

**Hình 9.** Giao diện tính toán thời hạn làm việc gamma phần trăm bằng trình đơn công cụ

### 3.3. Tổng hợp kết quả tính toán hạn làm việc gamma phần trăm

Kết quả tính toán thời hạn làm việc gamma 90% của các phần tử đã nêu lần lượt là: đối với phân bố chuẩn  $t_{\gamma=90\%} = 0,51375 \cdot 10^3$  h; đối với phân bố Weibull  $t_{\gamma=90\%} = 0,66469 \cdot 10^3$  h và đối với phân bố Rayleigh  $t_{\gamma=90\%} = 0,55638 \cdot 10^3$  h.



#### 4. KẾT LUẬN

Từ cơ sở lý thuyết, đã thiết lập các lưu đồ thuật toán và xây dựng được chương trình tính toán xác định thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí hư hỏng đột ngột không phục hồi.

Chương trình đảm bảo được chức năng tính toán, vẽ các loại đồ thị và xác định được thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí hư hỏng đột ngột không phục hồi với mức tin cậy cho trước (gamma phần trăm) bất kỳ.

Chương trình có giao diện thân thiện, dễ sử dụng, phù hợp với mục đích và nội dung nghiên cứu, cho phép đa dạng hóa được các phương án tính toán và tăng nhanh tốc độ tính toán

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phan Văn Khôi (2001), *Cơ sở đánh giá độ tin cậy*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Đỗ Đức Tuấn (2005), *Đánh giá hao mòn và độ tin cậy của chi tiết và kết cấu trên đầu máy diesel*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [3]. Đỗ Đức Tuấn (2013), *Độ tin cậy và tuổi bền máy*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [4]. Пузанков А.Д. (1999), *Надёжность конструкций локомотивов*, МИИТ, Москва.
- [5]. Пузанков А.Д. (2006), *Надёжность локомотивов*, МИИТ. Москва.