

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 7919-3:2013**

**IEC 60216-3:2006**

Xuất bản lần 1

**VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN – ĐẶC TÍNH ĐỘ BỀN NHIỆT –  
PHẦN 3: HƯỚNG DẪN TÍNH TOÁN  
ĐẶC TRƯNG ĐỘ BỀN NHIỆT**

*Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance –  
Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

HÀ NỘI – 2013

**Mục lục**

	<b>Trang</b>
Lời nói đầu .....	4
1 Phạm vi áp dụng .....	5
2 Tài liệu viện dẫn .....	5
3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và các từ viết tắt .....	6
4 Nguyên tắc tính toán .....	10
5 Yêu cầu và khuyến cáo cho các tính toán hợp lệ .....	14
6 Quy trình tính toán .....	15
7 Tính toán và yêu cầu đối với các kết quả .....	22
8 Báo cáo thử nghiệm .....	23
Phụ lục A (qui định) – Lưu đồ các quyết định .....	24
Phụ lục B (qui định) – Bảng các quyết định .....	25
Phụ lục C (tham khảo) – Bảng thống kê .....	26
Phụ lục D (tham khảo) – Các ví dụ đã gia công .....	36
Phụ lục E (tham khảo) – Chương trình máy tính .....	43
Thư mục tài liệu tham khảo .....	52

**Lời nói đầu**

TCVN 7919-3:2013 hoàn toàn tương đương với IEC 60216-3:2001;

TCVN 7919-3:2013 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN/TC/E1 *Máy điện và khí cụ điện* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 7919 (IEC 60216) *Vật liệu cách điện – Đặc tính độ bền điện* gồm các phần sau:

TCVN 7919-1:2013 (IEC 60216-1:2001), Phần 1: Quy trình lão hóa và đánh giá kết quả thử nghiệm

TCVN 7919-2:2008 (IEC 60216-2:2005), Phần 2: Xác định đặc tính độ bền nhiệt của vật liệu cách điện – Chọn tiêu chí thử nghiệm

TCVN 7919-3:2013 (IEC 60216-3:2006), Phần 3: Hướng dẫn tính toán đặc trưng độ bền nhiệt

## Vật liệu cách điện – Đặc tính độ bền nhiệt –

### Phần 3: Hướng dẫn tính toán đặc trưng độ bền nhiệt

*Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance –  
Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

#### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các quy trình tính toán cần sử dụng để xác định đặc trưng độ bền nhiệt từ dữ liệu thực nghiệm đạt được theo các hướng dẫn trong TCVN 7919-1 (IEC 60216-1) và TCVN 7919-2 (IEC 60216-2), sử dụng nhiệt độ lão hóa cố định và thời gian lão hóa thay đổi.

Dữ liệu thực nghiệm có thể thu được bằng cách sử dụng thử nghiệm không phá hủy, thử nghiệm phá hủy hoặc thử nghiệm kiểm chứng. Dữ liệu thu được từ thử nghiệm phá hủy và thử nghiệm kiểm chứng có thể không đầy đủ, trong đó phép đo thời gian cần thiết để đạt đến điểm cuối có thể kết thúc tại một vài điểm sau thời gian trung bình nhưng trước khi tất cả các mẫu thử đạt đến điểm cuối.

Quy trình được minh họa bằng các ví dụ đã được gia công và nên sử dụng các chương trình máy tính thích hợp để thuận lợi cho việc tính toán.

#### 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi.

TCVN 7919-1:2013 (IEC 60216-1:2001), *Vật liệu cách điện – Đặc tính độ bền nhiệt – Phần 1: Quy trình lão hóa và đánh giá các kết quả thử nghiệm*

TCVN 7919-2:2008 (IEC 60216-2:2005), *Vật liệu cách điện – Đặc tính độ bền nhiệt – Phần 2: Xác định đặc tính độ bền nhiệt của vật liệu cách điện – Chọn tiêu chí thử nghiệm*

IEC 60493-1:1974, *Hướng dẫn phân tích thống kê dữ liệu thử nghiệm lão hóa – Phần 1: Phương pháp dựa trên giá trị trung bình của các kết quả thử nghiệm phân bố chuẩn*

### 3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và các từ viết tắt

#### 3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa dưới đây.

##### 3.1.1

###### **Dữ liệu đã sắp xếp** (ordered data)

Tập hợp dữ liệu được sắp xếp theo trình tự sao cho, khi đi theo chiều thích hợp trong dãy đó, từng thành phần trong dãy sẽ lớn hơn hoặc bằng thành phần đứng trước nó.

CHÚ THÍCH 1: Trong tiêu chuẩn này, thứ tự tăng dần cho biết khi dữ liệu được sắp xếp theo cách này thì thành phần thứ nhất sẽ có giá trị nhỏ nhất.

CHÚ THÍCH 2: Thuật ngữ "nhóm" được sử dụng trong tài liệu thống kê lý thuyết để thể hiện một tập hợp con của tập hợp toàn bộ dữ liệu. Nhóm bao gồm các dữ liệu có cùng một giá trị của một tham số của tập hợp (ví dụ như nhiệt độ lão hóa). Bản thân nhóm cũng có thể bao gồm một số nhóm con được đặc trưng bởi tham số khác (như tham số thời gian trong các thử nghiệm phá hủy).

##### 3.1.2

###### **Thống kê thứ tự** (order-statistics)

Từng giá trị, trong tập hợp dữ liệu được sắp xếp, được tham chiếu đến như một thống kê thứ tự bằng số thứ tự trong dãy.

##### 3.1.3

###### **Dữ liệu chưa hoàn chỉnh** (incomplete data)

Dữ liệu đã được sắp xếp, trong trường hợp chưa biết các giá trị trên và dưới các điểm được xác định.

##### 3.1.4

###### **Dữ liệu đã kiểm duyệt** (censored data)

Dữ liệu chưa hoàn chỉnh, trong trường hợp đã biết số lượng các giá trị chưa biết.

CHÚ THÍCH: Nếu kiểm duyệt được bắt đầu bên trên/bên dưới một giá trị qui định bằng số thì được gọi là kiểm duyệt kiểu 1. Nếu kiểm duyệt được bắt đầu bên trên/bên dưới một thống kê thứ tự qui định thì được gọi là kiểm duyệt kiểu 2. Tiêu chuẩn này chỉ quan tâm tới kiểu 2.

##### 3.1.5

###### **Bậc tự do** (degrees of freedom)

Hiệu của số các giá trị dữ liệu và số các giá trị tham số.

##### 3.1.6

###### **Phương sai của tập hợp dữ liệu** (variance of a data set)

Tổng bình phương của các độ lệch dữ liệu so với mức tham chiếu, được xác định bởi một hoặc nhiều tham số, chia cho số bậc tự do.

CHÚ THÍCH: Ví dụ mức tham chiếu có thể là một giá trị trung bình (một tham số) hoặc một dãy (hai tham số, độ dốc và độ chặn)

### 3.1.7

#### Mô men cấp hai trung tâm của nhóm dữ liệu (central second moment of data group)

Tổng bình phương các chênh lệch giữa giá trị dữ liệu và giá trị trung bình nhóm, chia cho số lượng dữ liệu trong nhóm.

### 3.1.8

#### Hiệp phương sai của tập hợp dữ liệu (covariance of data sets)

Đối với hai tập hợp dữ liệu có số phần tử bằng nhau mà mỗi phần tử trong tập hợp này tương ứng với một phần tử trong tập hợp kia, tổng các tích số các độ lệch của các thành phần tương ứng so với trung bình tập hợp của chúng, chia cho số bậc tự do.

### 3.1.9

#### Phân tích hồi qui (regression analysis)

Quá trình tìm đường thẳng tối ưu thể hiện mối quan hệ giữa các phần tử tương ứng của hai nhóm dữ liệu bằng cách tối thiểu hóa tổng bình phương độ lệch của các phần tử của một trong hai nhóm so với đường thẳng đó.

CHÚ THÍCH: Các tham số được tham chiếu đến là các hệ số hồi quy.

### 3.1.10

#### Hệ số tương quan (correlation coefficient)

Con số thể hiện tính đầy đủ của mối quan hệ giữa các phần tử của hai tập hợp dữ liệu, bằng với hiệp phương sai chia cho căn bậc hai của tích số giữa các phương sai của hai tập hợp.

CHÚ THÍCH: Giá trị bình phương của nó nằm giữa 0 (không tương quan) và 1 (tương quan hoàn toàn).

### 3.1.11

#### Đường điểm cuối (end-point line)

Đường thẳng song song với trục thời gian cắt trục đặc tính tại giá trị điểm cuối.

## 3.2 Ký hiệu và thuật ngữ viết tắt

	Điều
a	Hệ số hồi qui (cắt trục y) ..... 4.3, 6.2
$a_p$	Hệ số hồi qui để tính toán thử nghiệm phá hủy ..... 6.1
b	Hệ số hồi qui (độ dốc) ..... 4.3, 6.2
$b_p$	Hệ số hồi qui để tính toán thử nghiệm phá hủy ..... 6.1
$b_r$	Hằng số trung gian (tính $X_c$ ) ..... 6.3
c	Hằng số trung gian (tính $\chi^2$ ) ..... 6.3

**TCVN 7919-3:2013**

f	Số bậc tự do.....	Bảng C2 đến C5
F	Biến số phân bố ngẫu nhiên Fisher .....	4.2, 6.1, 6.3
$F_0$	Giá trị lập bảng của F (độ tuyến tính của đồ thị độ bền nhiệt).....	4.4, 6.3
$F_1$	Giá trị lập bảng của F (độ tuyến tính của đồ thị đặc tính – có nghĩa 0,05) .....	6.1
$F_2$	Giá trị định bảng của F (độ tuyến tính của đồ thị đặc tính – có nghĩa 0,005) .....	6.1
g	Số thứ tự của thời gian lão hóa dùng cho thử nghiệm phá hủy .....	6.1
h	Số thứ tự của giá trị đặc tính dùng cho thử nghiệm phá hủy .....	6.1
HIC	Một nửa thời gian ở nhiệt độ bằng $T_I$ .....	4.3, 7
$HIC_g$	Một nửa thời gian ứng với $T_{I_g}$ .....	7.3
i	Số thứ tự của nhiệt độ phơi nhiễm .....	4.1, 6.2
j	Số thứ tự thời gian đến điểm cuối .....	4.1, 6.2
k	Số các nhiệt độ lão hóa.....	4.1, 6.2
$m_i$	Số lượng mẫu thử được lão hóa ở nhiệt độ $\vartheta_i$ .....	4.1, 6.2
N	Tổng số thời gian đến điểm cuối .....	6.2
$n_g$	Số các giá trị đặc tính trong nhóm đã lão hóa trong thời gian $\tau_g$ .....	6.1
$n_i$	Số các giá trị của y tại nhiệt độ $\vartheta_i$ .....	4.1, 6.1
$\bar{p}$	Giá trị trung bình của các giá trị đặc tính trong nhóm đã chọn.....	6.1
p	Giá trị đặc tính chẩn đoán .....	6.1
P	Mức có nghĩa của phân bố $\chi^2$ .....	4.4, 6.3.1
$P_e$	Giá trị đặc tính chẩn đoán tại điểm cuối đối với các thử nghiệm phá hủy .....	6.1
$\bar{P}_g$	Trung bình của các giá trị đặc tính trong nhóm đã lão hóa trong thời gian $\tau_g$ .....	6.1
$P_{gh}$	Giá trị đặc tính riêng .....	6.1
q	Cơ số logarit.....	6.3
r	Số lần lão hóa được chọn để đưa vào tính toán (thử nghiệm phá hủy).....	6.1
$r^2$	Bình phương hệ số tương quan .....	6.2.3
$s^2$	Trung bình có trọng số của $s_1^2$ và $s_2^2$ .....	6.3
$s_1^2$	Trung bình có trọng số của $s_{1i}^2$ , phương sai hợp nhất trong các nhóm đã chọn	4.3, 6.1-6.3
$(s_1^2)_\alpha$	Giá trị được điều chỉnh của $s_1^2$ .....	4.4, 6.3

$s_{1g}^2$	Phương sai các giá trị đặc tính trong nhóm đã lão hóa trong thời gian $\tau_g$ .....	6.1
$s_{1i}^2$	Phương sai của các giá trị $y_{ij}$ tại nhiệt độ $\vartheta_i$ .....	4.3, 6.2
$s_2^2$	Phương sai với đường hồi quy .....	6.1-6.3
$s_a^2$	Giá trị được điều chỉnh của $s^2$ .....	6.3
$s_r^2$	Hằng số trung gian.....	6.3
$s_Y^2$	Phương sai của Y .....	6.3
t	Biến ngẫu nhiên được phân bố student .....	6.3
$t_c$	Giá trị điều chỉnh của t (dữ liệu chưa hoàn chỉnh).....	4.4, 7
TC	Giới hạn dưới của độ tin cậy 95 % của TI .....	7.1
$TC_a$	Giá trị được điều chỉnh của TC .....	7.1
TI	Chỉ số nhiệt độ .....	4.3, 7
$TI_{10}$	Chỉ số nhiệt độ tại 10 kh.....	7.1
$TI_a$	Giá trị được điều chỉnh của TI.....	7.3
$TI_g$	Chỉ số nhiệt thu được bằng đồ thị hoặc không có các giới hạn độ tin cậy xác định 7.3	
x	Biến độc lập: nghịch đảo nhiệt độ nhiệt động	
$\bar{x}$	Giá trị trung bình có trọng số của x .....	6.2
X	Giá trị quy định của x để ước lượng y .....	6.3
$\hat{X}$	Giá trị ước lượng của x ở giá trị quy định của y .....	6.3
$\hat{X}_c$	Giới hạn dưới của độ tin cậy 95 % của $\hat{X}$ .....	6.3
$x_i$	Nghịch đảo nhiệt độ nhiệt động ứng với $\vartheta_i$ .....	4.1, 6.1
$\bar{y}$	Giá trị trung bình có trọng số của y .....	6.2
y	Biến độc lập: logarit của thời gian đến điểm cuối	
$\hat{Y}$	Giá trị ước lượng của y ở giá trị quy định của x .....	6.3
Y	Giá trị quy định của y để ước lượng của x .....	6.3
$\hat{Y}_c$	Giới hạn dưới của tin cậy 95 % của $\hat{Y}$ .....	6.3
$\bar{y}_i$	Các trị trung bình của $y_{ij}$ ở nhiệt độ $\vartheta_i$ .....	4.3, 6.2
$y_{ij}$	Giá trị của y ứng với $\tau_{ij}$ .....	4.1, 6.1



## TCVN 7919-3:2013

$\bar{z}$	Giá trị trung bình của $z_g$ .....	6.1
$z_g$	Logarit của thời gian lão hóa dùng cho thử nghiệm phá hủy – nhóm g.....	6.1
$\alpha$	Hệ số dữ liệu đã kiểm duyệt đối với phương sai .....	4.3, 6.2
$\beta$	Hệ số dữ liệu đã kiểm duyệt đối với phương sai .....	4.3, 6.2
$\varepsilon$	Hệ số dữ liệu đã kiểm duyệt đối với phương sai trung bình .....	4.3, 6.2
$\Theta_0$	Nhiệt độ 0 °C trên thang nhiệt động (273,15 K) .....	4.1, 6.1
$\hat{\theta}$	Ước lượng nhiệt độ đối với chỉ số nhiệt độ .....	6.3.3
$\hat{\theta}_c$	Giới hạn độ tin cậy của $\hat{\theta}$ .....	6.3.3
$\theta_i$	Nhiệt độ lão hóa đối với nhóm i.....	4.1, 6.1
$\mu$	Hệ số dữ liệu đã kiểm duyệt đối với giá trị trung bình.....	4.3, 6.2
$\mu_2(x)$	Mômen cấp hai trung tâm của các giá trị x .....	6.2, 6.3
$v$	Tổng số các giá trị đặc tính được chọn tại một nhiệt độ lão hóa.....	6.1
$\tau_f$	Thời gian được chọn để ước lượng nhiệt độ.....	6.3
$\tau_{ij}$	Thời gian đến điểm cuối.....	6.4
$\chi^2$	Biến ngẫu nhiên theo phân bố $\chi^2$ .....	6.3

## 4 Nguyên tắc tính toán

### 4.1 Các nguyên tắc chung

Các quy trình và chỉ dẫn tính toán chung cho trong Điều 6 dựa trên các nguyên tắc được thiết lập trong IEC 60493-1. Các nguyên tắc này có thể được đơn giản hóa như sau (xem 3.7.1 của IEC 60493-2:1974):

- quan hệ giữa giá trị trung bình logarit của thời gian để đạt đến điểm cuối quy định (thời gian đến điểm cuối) và nghịch đảo của nhiệt độ nhiệt động (trị tuyệt đối) là tuyến tính;
- giá trị sai lệch của logarit của thời gian đến điểm cuối so với quan hệ tuyến tính được phân bố chuẩn với phương sai độc lập với nhiệt độ lão hóa.

Dữ liệu được sử dụng trong các quy trình tính toán chung được tính từ dữ liệu thực nghiệm bằng một tính toán sơ bộ. Chi tiết của tính toán này phụ thuộc vào đặc trưng của thử nghiệm chẩn đoán: thử nghiệm không phá hủy, thử nghiệm kiểm chứng hay thử nghiệm phá hủy (xem 4.2). Trong tất cả các trường hợp, dữ liệu bao gồm các giá trị  $x$ ,  $y$ ,  $m$ ,  $n$  và  $k$

trong đó

$$x_i = 1/(\theta_i + \Theta_0) \text{ là nghịch đảo giá trị nhiệt động của nhiệt độ lão hóa } \theta_i \text{ tính bằng } ^\circ\text{C};$$

$y_{ij} = \log \tau_{ij}$	là logarit giá trị thời gian ( $j$ ) đến điểm cuối ở nhiệt độ $\vartheta_i$ .
$n_i$	là số các giá trị $y$ trong nhóm số $i$ được lão hóa ở nhiệt độ $\vartheta_i$ .
$m_i$	là số mẫu trong nhóm số $i$ được lão hóa ở nhiệt độ $\vartheta_i$ (khác với $n_i$ đối với dữ liệu đã kiểm duyệt);
$k$	là số các nhiệt độ lão hóa hoặc các nhóm của giá trị $y$ .

CHÚ THÍCH: Có thể sử dụng các logarit theo cơ số khác (ví dụ 10) với điều kiện tuân thủ tính nhất quán trong suốt quá trình tính toán. nên sử dụng logarit cơ số tự nhiên (cơ số  $e$ ) do hầu hết các ngôn ngữ chương trình máy tính và máy tính khoa học có tiện ích này.

## 4.2 Tính toán sơ bộ

Trong tất cả các trường hợp, nghịch đảo của giá trị nhiệt động của nhiệt độ lão hóa được tính là các giá trị của  $x_i$ .

Các giá trị của  $y_{ij}$  được tính là các giá trị logarit của thời gian đến điểm cuối riêng rẽ  $\tau_{ij}$  thu được như mô tả dưới đây.

Trong nhiều trường hợp của thử nghiệm không phá hủy và thử nghiệm kiểm chứng, vì lý do kinh tế (ví dụ khi sự phân tán của dữ liệu là cao), nên dừng quá trình lão hóa trước khi tất cả các mẫu thử đạt đến điểm cuối, ít nhất là đối với một vài nhóm nhiệt độ. Trong những trường hợp như vậy, thực hiện quy trình tính toán trên dữ liệu đã kiểm duyệt (xem 6.2.1.2) trên bộ dữ liệu  $(x, y)$  có sẵn.

Các nhóm dữ liệu hoàn chỉnh và chưa hoàn chỉnh hoặc các nhóm đã kiểm chứng ở một điểm khác đối với mỗi nhiệt độ lão hóa có thể được sử dụng cùng với nhau trong một tính toán theo 6.2.1.2.

### 4.2.1 Thử nghiệm không phá hủy

Các thử nghiệm không phá hủy (ví dụ giảm khối lượng khi lão hóa) trực tiếp đưa ra giá trị đặc tính chẩn đoán của mỗi mẫu tại từng thời gian đo tại cuối của giai đoạn lão hóa. Do đó, có sẵn thời gian đến điểm cuối  $\tau_{ij}$ , trực tiếp hoặc bằng nội suy tuyến tính giữa các lần đo liên tiếp.

### 4.2.2 Thử nghiệm kiểm chứng

Thời gian đến điểm cuối  $\tau_{ij}$  đối với một mẫu thử riêng được lấy là điểm giữa của giai đoạn lão hóa ngay trước khi đạt đến điểm cuối (6.3.2 của TCVN 7919-1 (IEC 60216-1))

### 4.2.3 Thử nghiệm phá hủy

Khi sử dụng tiêu chí của thử nghiệm phá hủy, từng mẫu thử đều bị phá hủy để đạt được giá trị đặc tính và do đó thời gian đến điểm cuối không thể đo trực tiếp.

Để cho phép ước lượng thời gian đến điểm cuối thì có các giả thuyết sau ở lân cận điểm cuối:

- quan hệ giữa giá trị đặc tính trung bình và logarit của thời gian lão hóa xấp xỉ tuyến tính;

## TCVN 7919-3:2013

b) giá trị sai lệch của các giá trị đặc tính riêng so với quan hệ tuyến tính là có phân bố chuẩn với phương sai độc lập với thời gian lão hóa;

c) đồ thị của đặc tính theo logarit của thời gian đối với các mẫu thử riêng rẽ là các đường thẳng song song với đường thẳng biểu diễn quan hệ ở điểm a) ở trên.

Để áp dụng các giả thuyết này, đồ thị lão hóa được vẽ theo các dữ liệu thu được tại mỗi thời gian lão hóa. Đồ thị thu được bằng cách vẽ các giá trị trung bình của đặc tính cho mỗi nhóm mẫu thử theo logarit thời gian lão hóa của nó. Nếu có thể, tiếp tục quá trình lão hóa tại từng nhiệt độ cho đến khi có ít nhất một nhóm vượt ra ngoài mức điểm cuối. Một vùng xấp xỉ tuyến tính của đồ thị này được vẽ ở lân cận đường điểm cuối (xem Hình D.2).

Thử nghiệm thống kê (thử nghiệm F) được thực hiện để quyết định xem liệu các sai lệch so với tuyến tính của vùng đã chọn có thể chấp nhận được không (xem 6.1.4.4). Sau đó nếu có thể chấp nhận thì trên cùng một đồ thị, vẽ các điểm biểu diễn các đặc tính của từng mẫu riêng rẽ. Một đường thẳng song song với đường lão hóa được vẽ đi qua từng điểm dữ liệu của mẫu thử riêng. Ước lượng logarit thời gian đến điểm cuối đối với mẫu thử đó ( $y_{ij}$ ) là giá trị logarit thời gian ứng với điểm giao nhau của đường thẳng với đường điểm cuối (Hình D.2).

Với một vài giới hạn, cho phép ngoại suy đồ thị giá trị trung bình tuyến tính đến mức điểm cuối.

Các phép toán trên được thực hiện bằng số trong các tính toán được nêu chi tiết trong 6.1.4.

### 4.3 Tính toán phương sai

Bắt đầu với các giá trị của  $x$  và  $y$  thu được ở trên, thực hiện các tính toán dưới đây:

Đối với mỗi nhóm các giá trị  $y_{ij}$ , tính giá trị trung bình  $\bar{y}_i$  và phương sai  $s_{1i}^2$  và từ phương sai đó tính được phương sai chung trong các nhóm,  $s_1^2$ , lấy trọng số các nhóm theo cỡ nhóm.

Đối với dữ liệu chưa hoàn chỉnh, các tính toán được xây dựng trên các dữ liệu của Saw [1] và cho trong 6.2.1.2. Các hệ số cần thiết ( $\mu$  đối với trung bình,  $\alpha$ ,  $\beta$  đối với phương sai và  $\epsilon$  để suy ra phương sai trung bình từ phương sai nhóm) được cho trong Bảng C.1. Đối với nhiều nhóm, các phương sai được dùng chung, lấy trọng số theo cỡ nhóm. Giá trị trung bình của các giá trị nhóm  $\epsilon$  đạt được không cần lấy trọng số, và được nhân với phương sai chung.

CHÚ THÍCH: Trọng số theo cỡ nhóm không được nêu cụ thể trong định nghĩa của  $\epsilon$ , mà ở đây bằng với giá trị đề xuất ban đầu bởi Saw, nhân với cỡ nhóm. Điều này làm cho việc thể hiện công thức đơn giản hơn.

Từ các giá trị trung bình  $\bar{y}_i$  và các giá trị của  $x_i$ , tính các hệ số  $a$  và  $b$  (các hệ số của đường tuyến tính thích hợp nhất biểu diễn mối quan hệ giữa  $x$  và  $y$ ) bằng cách phân tích hồi quy tuyến tính.

Từ các hệ số hồi quy, tính các giá trị TI và HIC. Phương sai của các sai lệch so với đường hồi quy được tính từ các hệ số hồi quy và các trị trung bình nhóm.

#### 4.4 Thử nghiệm thống kê

Thực hiện các thử nghiệm thống kê dưới đây:

- thử nghiệm Fisher đối với độ tuyến tính (thử nghiệm Fisher, thử nghiệm F) trên các dữ liệu thử nghiệm phá hủy trước khi ước lượng thời gian đến điểm cuối (xem 4.2.3);
- đẳng thức phương sai (thử nghiệm  $\chi^2$  của Bartlett) để thiết lập liệu các phương sai trong các nhóm giá trị y có khác nhau đáng kể.
- thử nghiệm F để thiết lập liệu tỷ số của các sai lệch so với đường hồi quy đến phương sai chung trong các nhóm dữ liệu có lớn hơn giá trị tham chiếu  $F_0$ , nghĩa là để kiểm tra hiệu lực của giả thuyết Arrhenius khi áp dụng cho dữ liệu thử nghiệm.

Trong trường hợp dữ liệu có độ phân tán rất nhỏ, có thể phát hiện độ không tuyến tính vì ý nghĩa thống kê có ít tầm quan trọng trong thực tiễn.

Để có thể thu được kết quả ngay cả khi các yêu cầu của thử nghiệm F không đáp ứng vì lý do nào đó, đưa vào một quy trình như dưới đây:

- tăng giá trị của phương sai chung trong các nhóm ( $s_1^2$ ) bằng hệ số  $F/F_0$  sao cho thử nghiệm F đưa ra một kết quả có thể chấp nhận được (xem 6.3.2);
- sử dụng giá trị đã điều chỉnh ( $s_1^2$ )<sub>a</sub> này để tính giới hạn dưới của độ tin cậy  $TC_a$  của kết quả;
- nếu khoảng giới hạn dưới của độ tin cậy ( $TI - TC_a$ ) được cho là có thể chấp nhận, độ không tuyến được cho là không có ý nghĩa thực tế (xem 6.3.2);
- từ các thành phần của độ phân tán dữ liệu, ( $s_1^2$ ) và ( $s_2^2$ ) khoảng tin cậy của ước lượng được tính toán sử dụng công thức hồi quy.

Khi tính chỉ số nhiệt độ (TI), giới hạn dưới của độ tin cậy thấp (TC) và một nửa thời gian (HIC) (xem 7.1) thì kết quả được coi là có thể chấp nhận nếu

$$TI - TC \leq 0,6 \text{ HIC} \quad (1)$$

Khi khoảng giới hạn dưới của độ tin cậy ( $TI - TC$ ) vượt quá 0,6 HIC một lượng nhỏ, có thể vẫn thu được một kết quả sử dụng được, với điều kiện  $F \leq F_0$ , bằng cách thay ( $TC + 0,6 \text{ HIC}$ ) cho giá trị của TI (xem Điều 7).

#### 4.5 Các kết quả

Chỉ số nhiệt độ (TI), một nửa thời gian (HIC) và giới hạn dưới của độ tin cậy 95 % (TC) được tính từ công thức hồi quy, cho phép các sai lệch nhỏ, như mô tả ở trên, so với các kết quả qui định của thử nghiệm thống kê.

Phương thức báo cáo chỉ số nhiệt độ và một nửa thời gian được xác định bằng các kết quả của thử nghiệm thống kê (xem 7.2).

## **TCVN 7919-3:2013**

Cần nhấn mạnh sự cần thiết phải biểu diễn dạng đồ thị độ bền nhiệt như một phần của báo cáo, do một kết quả dạng số đơn giản, TI (HIC), không thể biểu diễn một cái nhìn tổng quát về chất lượng của dữ liệu thử nghiệm và việc xác định chất lượng dữ liệu không thể hoàn chỉnh khi không có điều này.

### **5 Yêu cầu và khuyến cáo cho các tính toán hợp lệ**

#### **5.1 Yêu cầu đối với dữ liệu thực nghiệm**

Dữ liệu thực nghiệm được sử dụng cho các quy trình của tiêu chuẩn này phải phù hợp với các yêu cầu từ 5.1 đến 5.8 của TCVN 7919-1 (IEC 60216-1).

##### **5.1.1 Thử nghiệm không phá hủy**

Đối với hầu hết các đặc tính chẩn đoán trong thử nghiệm loại này, các nhóm gồm năm mẫu sẽ là thích hợp. Tuy nhiên, nếu độ phân tán dữ liệu (khoảng tin cậy, xem 6.3.3) được nhận thấy là quá lớn, có nhiều khả năng đạt được kết quả thỏa đáng hơn bằng cách sử dụng số lượng lớn hơn các mẫu thử. Điều này đặc biệt đúng nếu cần kết thúc lão hóa trước khi tất cả các mẫu đạt đến điểm cuối.

##### **5.1.2 Thử nghiệm kiểm chứng**

Không được có nhiều hơn một mẫu thử trong mỗi nhóm đạt đến điểm cuối trong giai đoạn lão hóa ban đầu: nếu có nhiều hơn một nhóm chứa một mẫu như vậy thì quy trình thực nghiệm cần được xem xét cẩn thận (xem 6.1.3) và phải được nêu trong báo cáo thử nghiệm.

Số lượng mẫu thử trong mỗi nhóm phải tối thiểu là năm, và vì lý do thực tế, số lượng lớn nhất có thể xử lý được hạn chế ở 31 mẫu (Bảng C.1). Số lượng khuyến cáo cho hầu hết các mục đích là 21.

##### **5.1.3 Thử nghiệm phá hủy**

Tại mỗi nhiệt độ, tiếp tục quá trình lão hóa cho đến khi trung bình giá trị đặc tính của ít nhất một nhóm nằm bên trên và ít nhất một nhóm nằm bên dưới mức điểm cuối. Trong một vài trường hợp, và với các giới hạn tương ứng, cho phép một phép ngoại suy nhỏ của trung bình giá trị đặc tính đi qua mức điểm cuối (xem 6.1.4.4). Điều này là không được phép đối với nhiều hơn một nhóm nhiệt độ.

#### **5.2 Độ chính xác của các tính toán**

Nhiều bước tính toán có chứa phép tính tổng của các chênh lệch giữa các giá trị hoặc bình phương các chênh lệch này mà các chênh lệch có thể nhỏ so với bản thân các giá trị. Trong trường hợp này các tính toán cần được thực hiện với độ chính xác ít nhất là sáu số có nghĩa và nhiều hơn càng tốt, để thu được một kết quả chính xác gồm ba số có nghĩa. Vì các tính toán có bản chất lặp lại và dài dòng nên tốt nhất chúng được thực hiện bằng một máy tính lập trình hoặc một máy vi tính, khi đó sai số độ chính xác đến mười hoặc nhiều hơn các số có nghĩa sẽ dễ dàng thực hiện.

## 6 Quy trình tính toán

### 6.1 Các tính toán sơ bộ

#### 6.1.1 Nhiệt độ và các giá trị x

Đối với tất cả các kiểu thử nghiệm, biểu diễn nhiệt độ lão hóa tính bằng độ K trên thang nhiệt độ nhiệt động và tính nghịch đảo của nó và chính là giá trị  $x_i$ .

$$x_i = 1/(\vartheta_i + \Theta_0) \quad (2)$$

trong đó  $\Theta_0 = 273,15 \text{ K}$ .

#### 6.1.2 Thử nghiệm không phá hủy

Đối với mẫu thử số j của nhóm số i, thu được một giá trị đặc tính sau mỗi giai đoạn lão hóa. Từ các giá trị này, nếu cần nội suy tuyến tính, thu được thời gian đến điểm cuối và tính được logarit của nó là  $y_{ij}$ .

#### 6.1.3 Thử nghiệm kiểm chứng

Đối với mẫu thử số j của nhóm số i, tính được điểm giữa của giai đoạn lão hóa ưu tiên ngay trước khi đạt đến điểm cuối và lấy logarit của thời gian này là  $y_{ij}$ .

Thời gian đến điểm cuối trong giai đoạn lão hóa ban đầu được là không hợp lệ. Hoặc:

- bắt đầu lại với một nhóm mẫu thử mới, hoặc
- bỏ qua mẫu thử và gán giá trị được gán cho số mẫu trong nhóm ( $m_i$ ) đi một khi tính toán đối với các trung bình nhóm và phương sai nhóm (xem 6.2.1.2).

Nếu có nhiều hơn một mẫu đạt đến điểm cuối trong giai đoạn đầu tiên, loại bỏ nhóm đó và thử nghiệm một nhóm khác, chú ý đặc biệt đến điểm tới hạn bất kỳ của quy trình thực nghiệm.

#### 6.1.4 Thử nghiệm phá hủy

Trong các nhóm mẫu thử được lão hóa tại mỗi nhiệt độ  $\vartheta_i$ , thực hiện các quy trình được mô tả trong 6.1.4.1 đến 6.1.4.5.

CHÚ THÍCH: Chỉ số i được bỏ qua trong các điều nhỏ 6.1.4.2 đến 6.1.4.4 để tránh gây nhầm lẫn giữa nhiều kết hợp chỉ số. Các tính toán trong các điều nhỏ này phải được thực hiện riêng rẽ trên dữ liệu của từng nhiệt độ lão hóa.

**6.1.4.1** Tính giá trị trung bình của đặc tính cho nhóm dữ liệu thu được tại mỗi thời gian lão hóa và logarit của thời gian lão hóa. Vẽ các giá trị này trên một đồ thị với giá trị đặc tính p là tung độ và logarit thời gian lão hóa z là hoành độ (xem Hình D.2). Bằng phương pháp hình ảnh, dựng một đường cong trơn đi qua các điểm trung bình của đặc tính.

**6.1.4.2** Chọn một khoảng thời gian mà tại đó đường cong dựng như trên sẽ gần tuyến tính (xem 6.1.4.4). Đảm bảo rằng khoảng thời gian này có chứa ít nhất ba giá trị trung bình của đặc tính với ít nhất một điểm trên mỗi phía của đường điểm cuối  $p = p_e$ . Nếu không thực hiện được như vậy, và khi

### TCVN 7919-3:2013

không thể tiến hành các phép đo thêm nữa tại các thời gian lớn hơn (ví dụ do không còn mẫu), cho phép một phép ngoại suy nhỏ, tùy theo các điều kiện của 6.1.4.4.

Đặt số các trị trung bình đã chọn (và các nhóm giá trị tương ứng) là  $r$ , logarit của các thời gian lão hóa riêng là  $z_g$  và các giá trị đặc tính riêng là  $p_{gh}$ , trong đó

$g = 1 \dots r$  là số thứ tự của nhóm đã chọn được thử nghiệm ở thời gian  $\tau_g$ ;

$h = 1 \dots n_g$  là số thứ tự của giá trị đặc tính trong nhóm số  $g$ ;

$n_g$  là số các giá trị đặc tính trong nhóm số  $g$ .

Trong hầu hết các trường hợp, số  $n_g$  của các mẫu được thử tại mỗi thời gian thử nghiệm là đồng nhất, nhưng đây không phải là một điều kiện cần và có thể thực hiện tính toán với các giá trị khác của  $n_g$  cho các nhóm khác nhau.

Tính giá trị trung bình  $\bar{p}_g$  và phương sai  $s_{1g}^2$  cho mỗi nhóm giá trị đặc tính đã chọn.

$$\bar{p}_g = \sum_{h=1}^{n_g} p_{gh} / n_g \quad (3)$$

$$s_{1g}^2 = (\sum_{h=1}^{n_g} p_{gh}^2 - n_g \bar{p}_g^2) / (n_g - 1) \quad (4)$$

Tính các logarit của  $\tau_g$ :

$$z_g = \log \tau_g \quad (5)$$

#### 6.1.4.3 Tính các giá trị

$$v = \sum_{g=1}^r n_g \quad (6)$$

$$\bar{z} = \sum_{g=1}^r z_g n_g / v \quad (7)$$

$$\bar{p} = \sum_{g=1}^r \bar{p}_g n_g / v \quad (8)$$

Tính các hệ số của công thức hồi quy  $p = a_p + b_p z$

$$b_p = \frac{\sum_{g=1}^r n_g z_g \bar{p}_g - v \bar{z} \bar{p}}{\sum_{g=1}^r n_g z_g^2 - v \bar{z}^2} \quad (9)$$

$$a_p = \bar{p} - b_p \bar{z} \quad (10)$$

Tính phương sai chung trong các nhóm đặc tính

$$s_1^2 = \sum_{g=1}^r (n_g - 1) s_{1g}^2 / (v - r) \quad (11)$$

Tính phương sai có trọng số của độ lệch của các giá trị trung bình nhóm đặc tính so với đường hồi quy

$$s_2^2 = \sum_{g=1}^r n_g (\bar{p}_g - \hat{p}_g)^2 / (r - 2) \quad (12)$$

trong đó

$$\hat{p}_g = a_p + b_p z_g \quad (13)$$

Cũng có thể biểu diễn là

$$s_2^2 = \left[ \left( \sum_{g=1}^r n_g \bar{p}_g^2 - v \bar{p}^2 \right) - b_p \left( \sum_{g=1}^r n_g z_g \bar{p}_g - v \bar{z} \bar{p} \right) \right] / (r - 2) \quad (14)$$

**6.1.4.4** Thực hiện thử nghiệm F đối với độ không tuyến tính ở mức có nghĩa 0,05 bằng cách tính

$$F = s_2^2 / s_1^2 \quad (15)$$

Nếu giá trị tính được của F vượt quá giá trị đã được lập bảng  $F_1$  với các bậc tự do  $f_n = r - 2$  và  $f_d = v - r$  (xem Bảng C.2).

$$F_1 = F(0,95, r - 2, v - r)$$

sẽ thay đổi việc chọn trong 6.1.4.2 và lặp lại tính toán.

Nếu không thể thỏa mãn thử nghiệm F theo mức có nghĩa 0,05 với  $r \geq 3$ , thực hiện thử nghiệm F ở mức có nghĩa 0,005 bằng cách so sánh giá trị tính được của F với giá trị được lập bảng  $F_2$  với các bậc tự do  $f_n = r - 2$  và  $f_d = v - r$  (xem Bảng C.3).

$$F_2 = F(0,995, r - 2, v - r)$$

Nếu thử nghiệm thỏa mãn ở mức này, có thể tiếp tục tính toán nhưng không cho phép điều chỉnh TI theo 7.3.2.

Nếu không thể thỏa mãn thử nghiệm F ở mức có nghĩa 0,005 (nghĩa là  $F \leq F_2$ ) hoặc các điểm đặc tính được dựng đồ thị theo 6.1.4.1 đều nằm trên cùng một phía của đường điểm cuối, có thể cho phép ngoại suy tùy thuộc vào điều kiện dưới đây.

Khi thử nghiệm F ở mức có nghĩa 0,05 có thể phù hợp trong một phạm vi các giá trị (có  $r \geq 3$ ) trong trường hợp tất cả các giá trị trung bình  $\bar{p}_g$  đều nằm trên cùng một phía của giá trị điểm cuối  $p_e$ , có thể thực hiện ngoại suy với điều kiện là giá trị tuyệt đối của chênh lệch giữa giá trị điểm cuối  $p_e$  và giá trị trung bình  $\bar{p}_g$  sát nhất với điểm cuối (thường là  $\bar{p}_r$ ) nhỏ hơn 0,25 lần giá trị tuyệt đối của chênh lệch  $(\bar{p}_1 - \bar{p}_r)$ .

Trong trường hợp này, có thể tiếp tục tính nhưng vẫn không cho phép điều chỉnh TI theo 7.3.2.

**6.1.4.5** Đối với mỗi giá trị đặc tính trong mỗi nhóm đã chọn, tính logarit của thời gian ước lượng đến điểm cuối:

$$y_{ij} = z_g - (p_{gh} - p_e) / b_p \quad (16)$$

$$n_i = v \quad (17)$$

trong đó:

- $j = 1 \dots n_i$  là số thứ tự của giá trị y trong nhóm các giá trị y đã ước lượng tại một nhiệt độ
- $\vartheta_i$  và  $z_g$  là các logarit thời gian lão hóa



## TCVN 7919-3:2013

Các giá trị  $n_i$  của  $y_{ij}$  là các giá trị logarit theo thời gian cần được sử dụng trong các tính toán ở 6.2.1.

### 6.1.5 Dữ liệu chưa hoàn chỉnh

Trong trường hợp dữ liệu chưa hoàn chỉnh, sắp xếp từng nhóm các giá trị  $y$  theo thứ tự tăng dần (xem 3.1.1).

## 6.2 Các tính toán chính

### 6.2.1 Tính phương sai và trung bình nhóm

Tính toán phương sai và trung bình của nhóm các giá trị  $y$ ,  $y_{ij}$ , thu được tại từng nhiệt độ  $\vartheta_i$ .

#### 6.2.1.1 Dữ liệu hoàn chỉnh

Đối với các thử nghiệm có dữ liệu hoàn chỉnh (nghĩa là chưa kiểm duyệt) thì cho phép sử dụng các công thức qui ước:

$$\bar{y}_i = \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} / n_i \quad (18)$$

$$s_{1i}^2 = \left( \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - n_i \bar{y}_i^2 \right) / (n_i - 1) \quad (19)$$

Để lựa chọn, có thể sử dụng các công thức cho các dữ liệu chưa hoàn chỉnh (6.2.1.2), mặc dù chúng ít thuận tiện hơn đối với mục đích này. Khi đó, các hệ số sẽ có các giá trị dưới đây :

$$\alpha_i = 1 / (n_i - 1) \quad (20)$$

$$\beta_i = \frac{-1}{n_i(n_i-1)} \quad (21)$$

$$\mu_i = 1 - 1 / n_i \quad (22)$$

CHÚ THÍCH : Các biểu diễn này được suy ra bằng phép tính đại số đơn giản. Khi cho giá trị trung bình hoặc phương sai (xem công thức (18) và (19)) bằng với giá trị trong các công thức trong (23) và (24) tính được một ẩn số trong phương trình và kết quả có được như trong các công thức (20) đến (22). Giá trị  $\varepsilon$  hiển nhiên là 1.

#### 6.2.1.2 Dữ liệu đã kiểm duyệt

Thay vì các công thức (18) và (19), phải sử dụng các công thức dưới đây :

$$\bar{y}_i = (1 - \mu_i) y_{in_i} + \mu_i \sum_{j=1}^{n_i-1} \frac{y_{ij}}{(n_i-1)} \quad (23)$$

$$s_{1i}^2 = \alpha_i \sum_{j=1}^{n_i-1} (y_{in_i} - y_{ij})^2 + \beta \left[ \sum_{j=1}^{n_i-1} (y_{in_i} - y_{ij}) \right]^2 \quad (24)$$

Các giá trị  $\mu_i$ ,  $\alpha_i$  và  $\beta_i$  sẽ được lấy từ các dòng tương ứng của Bảng C.1. Trong đó dữ liệu đã được kiểm duyệt một phần (nghĩa là một hoặc nhiều hơn các nhóm nhiệt độ là hoàn chỉnh và một hoặc nhiều nhóm đã kiểm duyệt), các giá trị phải được tính toán sử dụng các công thức (20) đến (22).

### 6.2.2 Trung bình chung và phương sai chung

Tính tổng số các giá trị  $y_{ij}$ ,  $N$ , giá trị trung bình có trọng số của  $x$ , ( $\bar{x}$ ) và giá trị trung bình có trọng số của  $y$ , ( $\bar{y}$ ):

$$N = \sum_{i=1}^k n_i \quad (25)$$

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^k n_i x_i / N \quad (26)$$

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^k n_i \bar{y}_i / N \quad (27)$$

Đối với dữ liệu đã kiểm duyệt, tính tổng số các mẫu thử:

$$M = \sum_{i=1}^k m_i \quad (28)$$

Đối với dữ liệu hoàn chỉnh,  $M = N$ .

Đối với dữ liệu đã kiểm duyệt, lấy các giá trị  $\varepsilon_i$  từ Bảng C.1. Đối với dữ liệu hoàn chỉnh hoặc khi  $n_i = m_i$  trong dữ liệu đã kiểm duyệt một phần, giá trị  $\varepsilon_i$  sẽ là 1.

Tính toán hệ số phương sai trung bình chung:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^k \varepsilon_i / k \quad (29)$$

Tính phương sai chung trong các nhóm dữ liệu:

$$s_1^2 = \varepsilon \sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_{1i}^2 / (N - k) \quad (30)$$

Tính mômen thứ cấp trung tâm của các giá trị  $x$ :

$$\mu_2(x) = \frac{\sum_{i=1}^k n_i x_i^2 - N \bar{x}^2}{N} \quad (31)$$

### 6.2.3 Tính toán hồi quy

Biểu diễn đường thẳng hồi quy:

$$y = a + bx \quad (32)$$

Tính độ dốc:

$$b = \frac{(\sum_{i=1}^k n_i x_i \bar{y}_i - N \bar{x} \bar{y})}{(\sum_{i=1}^k n_i x_i^2 - N \bar{x}^2)} \quad (33)$$

cắt trục  $y$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad (34)$$

và bình phương hệ số tương quan

$$r^2 = \frac{(\sum_{i=1}^k n_i x_i \bar{y}_i - N \bar{x} \bar{y})^2}{(\sum_{i=1}^k n_i x_i^2 - N \bar{x}^2)(\sum_{i=1}^k n_i \bar{y}_i^2 - N \bar{y}^2)} \quad (35)$$

Tính phương sai độ lệch của các giá trị trung bình  $y$  so với đường hồi quy

$$s_2^2 = \sum_{i=1}^k \frac{n_i(\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{(k-2)} ; \hat{y}_i = a + bx_i \quad (36)$$

hoặc

$$s_2^2 = \frac{(1-r^2)}{(k-2)} (\sum_{i=1}^k n_i \bar{y}_i^2 - N \bar{y}^2) \quad (37)$$

### 6.3 Thử nghiệm thống kê

#### 6.3.1 Thử nghiệm đẳng thức phương sai

Tính giá trị của hàm số  $\chi^2$  của Bartlett

$$\chi^2 = \frac{\ln q}{c} \left[ (N-k) \log_q \frac{s_2^2}{s_1^2} - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \log_q s_{1i}^2 \right] \quad (38)$$

trong đó

$$c = 1 + \frac{\left( \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{N-k} \right)}{3(k-1)} \quad (39)$$

$q$  là cơ số của logarit được sử dụng trong công thức này. Cơ số này không cần phải giống với cơ số được sử dụng khi tính toán ở những phần khác của điều này.

Nếu  $q = 10$  thì  $\ln q = 2,303$ ; nếu  $q = e$  thì  $\ln q = 1$ .

So sánh giá trị của  $\chi^2$  với giá trị đã được lập bảng đối với các bậc tự do  $f = (k - 1)$  (Bảng C.5). Nếu giá trị  $\chi^2$  lớn hơn giá trị trong bảng với mức có nghĩa 0,05 thì ghi vào báo cáo giá trị  $\chi^2$  và mức có nghĩa đối với giá trị cao nhất nhỏ hơn  $\chi^2$ . Cách khác, nếu cả giá trị  $\chi^2$  và mức có nghĩa của nó được tính bằng một chương trình máy tính thì ghi vào báo cáo các tham số này.

#### 6.3.2 Thử nghiệm độ tuyến tính (thử nghiệm F)

Phương sai của các độ lệch so với đường hồi quy  $s_2^2$  được so sánh với phương sai chung trong các nhóm  $k$  của các phép đo  $s_1^2$  bằng thử nghiệm F tại mức có nghĩa 0,05.

Tính tỷ số

$$F = s_2^2 / s_1^2 \quad (40)$$

và so sánh giá trị của nó với giá trị đã lập bảng  $F_0$  có các bậc tự do  $f_n = k - 2$  và  $f_{dn} = N - k$  (Bảng C.2 và C.3).

$$F_0 = F(0,95, k - 2, N - k)$$

a) Nếu  $F \leq F_0$ , tính ước lượng phương sai chung

$$s^2 = \frac{(N-k)s_2^2 + (k-2)s_1^2}{(N-2)} \quad (41)$$

b) Nếu  $F > F_0$ , điều chỉnh  $s_1^2$  đến  $(s_1^2)_a = s_1^2(F/F_0)$  và tính giá trị điều chỉnh  $s^2$

$$s_a^2 = \frac{(N-k)(s_1^2)_a + (k-2)s_2^2}{(N-2)} \quad (42)$$

### 6.3.3 Giới hạn độ tin cậy của các ước lượng X và Y

Thu giá trị lập bảng của t trong Student có bậc tự do  $N - 2$  ở mức tin cậy 0,95,  $t_{0,95,N-2}$  (Bảng C.4).

Tính giá trị của  $t_c$  được hiệu chỉnh theo lượng kiểm duyệt của dữ liệu:

$$t_c = \left( \frac{1}{t_{0,95,N-2}} - \frac{(1-N/M)}{(n/8+0,45)} \right)^{-1} \quad (43)$$

a) Các ước lượng Y

Tính giá trị ước lượng của Y ứng với X cho trước và giới hạn dưới của độ tin cậy 95 % của nó:

$$\hat{Y}_c = \bar{Y} - t_c s_Y, \bar{Y} = a + bx \quad (44)$$

$$s_Y^2 = \frac{s^2}{N} \left[ 1 + \frac{(x - \bar{x})^2}{\mu_2(x)} \right] \quad (45)$$

Đối với đường cong giới hạn độ tin cậy của đồ thị độ bền nhiệt (xem 6.4),  $Y_c$  được tính cho một số cặp (X, Y) của các giá trị nằm ngoài dải giá trị quan tâm, vẽ đường cong đi qua các điểm (X,  $Y_c$ ) trên đồ thị.

Nếu  $F > F_0$  thì giá trị  $s^2$  được thay bằng  $s_a^2$  (công thức (42)).

b) Ước lượng X

Tính giá trị  $\hat{X}$  và giới hạn trên của độ tin cậy 95 % của nó, ứng với thời gian tới điểm cuối  $\tau_f$ :

$$\hat{X}_c = \bar{x} + \frac{(Y - \bar{Y})}{b_r} + \frac{t_c s_r}{b_r} \quad (46)$$

$$Y = \log \tau_f \quad ; \quad \bar{X} = (Y - a)/b \quad (47)$$

$$b_r = b - \frac{t_c^2 s^2}{Nb \mu_2(x)} \quad (48)$$

$$s_r^2 = \frac{s^2}{N} \left( \frac{b_r}{b} + \frac{(\bar{X} - \bar{x})^2}{\mu_2(x)} \right) \quad (49)$$

Ước lượng nhiệt độ và giới hạn dưới của độ tin cậy 95 % được tính từ ước lượng X tương ứng và giới hạn trên của độ tin cậy:

$$\hat{\vartheta} = \frac{1}{\hat{X}} - \theta_0 \quad (50)$$

## 6.4 Đồ thị độ bền nhiệt

Khi thiết lập đường hồi quy, đường này được vẽ trên đồ thị độ bền nhiệt, nghĩa là đồ thị có  $y = \log(\tau)$  là trục tung và  $x = 1/(9 + \Theta_0)$  là trục hoành. Thông thường x được vẽ theo chiều tăng từ phải sang trái

## TCVN 7919-3:2013

và các giá trị tương ứng của  $\vartheta$  tính bằng độ Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) được đánh dấu trên trục này (xem Hình D.1a và D.1b). Có thể có giấy vẽ đồ thị đặc biệt cho mục đích này.

Một cách khác, một chương trình máy tính thực hiện tính toán này có thể có một thủ tục con để dựng đồ thị trên thang không tuyến tính thích hợp.

Các giá trị riêng  $y_{i,j} = \log(\tau_{i,j})$  và các giá trị trung bình  $\bar{y}_i$  thu được như trong 6.2.1 được vẽ trên đồ thị tại các giá trị  $x_i$  tương ứng:

$$x_i = 1/(\vartheta_i + \theta_0) \quad (51)$$

Đồ thị độ bền nhiệt có thể hoàn thành bằng cách sẽ đường cong giới hạn dưới của độ tin cậy 95 % (xem 6.3.3).

## 7 Tính toán và yêu cầu đối với các kết quả

### 7.1 Tính toán các đặc trưng độ bền nhiệt

Sử dụng công thức hồi quy

$$y = a + bx \quad (52)$$

(các hệ số  $a$  và  $b$  sẽ được tính theo 6.2.3) tính nhiệt độ theo độ Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) ứng với thời gian đến điểm cuối ở 20 kh. Giá trị bằng số của nhiệt độ này là chỉ số nhiệt độ,  $TI$ .

Với cùng phương pháp, tính giá trị bằng số của nhiệt độ ứng với thời gian đến điểm cuối ở 10 kh,  $TI_{10}$ . Một nửa thời gian HIC là:

$$HIC = TI_{10} - TI \quad (53)$$

Tính theo phương pháp trong 6.3.3 b), với  $Y = \log 20\,000$ , giới hạn dưới của độ tin cậy 95 % của  $TI$ :  $TC$  hoặc  $TC_a$  nếu sử dụng giá trị được điều chỉnh  $s_a^2$ .

Xác định giá trị  $(TI - TC)/HIC$  hoặc  $(TI - TC_a)/HIC$ .

Vẽ đồ thị độ bền nhiệt (xem 6.4).

### 7.2 Tổng hợp các thử nghiệm thống kê và lập báo cáo

Trong Bảng B.1, nếu điều kiện trong cột "Thử nghiệm" không được đáp ứng thì thực hiện hành động như chỉ ra ở cột cuối cùng. Nếu điều kiện này được đáp ứng thì thực hiện hành động như chỉ ra ở bước tiếp theo. Trình tự tương tự cũng được chỉ ra trong lưu đồ các quyết định đối với tính toán độ bền nhiệt, xem Phụ lục A.

### 7.3 Báo cáo kết quả

7.3.1 Nếu giá trị  $(TI - TC)/HIC \leq 0,6$ , kết quả thử nghiệm phải được lập báo cáo dưới dạng

$$TI \text{ (HIC): } xxx \text{ (xx,x)} \quad (54)$$

theo 6.8 của TCVN 7919-1 (IEC 60216-1).

7.3.2 Nếu  $0,6 < (T_I - T_C)/HIC \leq 1,6$  và cùng lúc đó,  $F \leq F_0$  (xem 6.3.2), giá trị

$$T_{I_a} = T_C + 0,6 HIC \quad (55)$$

Cùng với HIC sẽ được báo cáo là  $T_I$  (HIC): xxx(xx,x)

7.3.3 Trong tất cả các trường hợp khác kết quả được lập báo cáo dưới dạng

$$T_{I_g} = \dots, HIC_g = \dots \quad (56)$$

## 8 Báo cáo thử nghiệm

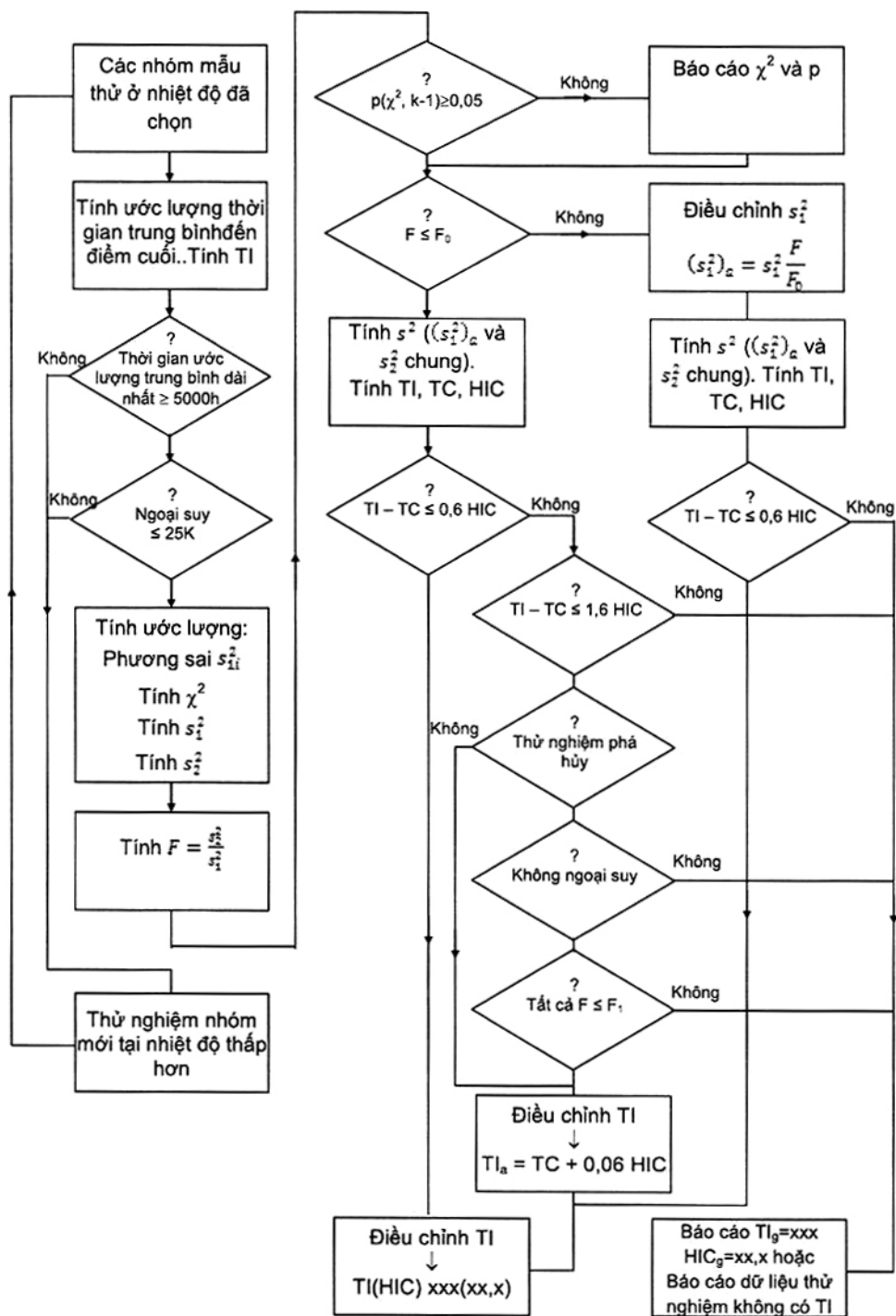
Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm

- a) bản mô tả vật liệu được thử nghiệm về kích thước và ổn định bất kỳ của mẫu thử;
- b) đặc tính đã điều tra, điểm cuối đã chọn và, nếu có yêu cầu xác định, giá trị ban đầu của đặc tính;
- c) phương pháp thử được sử dụng để xác định đặc tính (ví dụ tham chiếu đến một tiêu chuẩn khác);
- d) thông tin bất kỳ liên quan đến quy trình thử nghiệm, ví dụ, môi trường lão hóa;
- e) nhiệt độ thử nghiệm riêng với các tham số thích hợp cho kiểu thử nghiệm;
  - 1) đối với thử nghiệm không phá hủy, thời gian đến điểm cuối riêng;
  - 2) đối với thử nghiệm kiểm chứng, số lượng và khoảng thời gian của các chu kỳ lão hóa, với số lượng mẫu thử đạt đến điểm cuối trong các chu kỳ;
  - 3) đối với thử nghiệm phá hủy, thời gian lão hóa và giá trị đặc tính riêng, với các đồ thị sai lệch đặc tính theo thời gian lão hóa;
- f) đồ thị độ bền nhiệt
- g) chỉ số nhiệt và một nửa thời gian được báo cáo theo mẫu quy định trong 7.3;
- h) giá trị  $\chi^2$  và P nếu có yêu cầu trong 6.3.1;
- i) các hỏng hóc trong chu kỳ đầu tiên theo 5.1.2.

**Phụ lục A**

(qui định)

**Lưu đồ các quyết định**



## Phụ lục B

(qui định)

## Bảng các quyết định

Bảng B.1 – Các quyết định và hành động theo các thử nghiệm

Bước	Thử nghiệm hoặc hành động <sup>a</sup>	Tham chiếu	Hành động nếu “không” trong thử nghiệm
1	Thời gian đến điểm cuối dài nhất $\geq 5000h$	5.5 trong TCVN 7919-1 (IEC 60216-1)	Tới bước 15
2	Ngoại suy $\leq 25K$	5.5 trong TCVN 7919-1 (IEC 60216-1)	Tới bước 15
3	$P(\chi^2, k-1) \geq 0,05$	6.3.1	Báo cáo $\chi^2$ và p. Tới bước 4
4	$F \leq F_0$	6.3.2	Tới bước 12
5	$TI - TC \leq 0,6 HIC$	7.3	Tới bước 7
6	<b>Báo cáo TI (HIC): xxx (xx,x)</b>	7.3	
7	$TI - TC \leq 1,6 HIC$	7.3	Tới bước 14
8	Tiêu chí thử nghiệm phá hủy được sử dụng	6.1.4.4	Tới bước 11
9	Xử lý dữ liệu không cần ngoại suy	6.1.4.4	Tới bước 14
10	Khi tất cả các giá trị của $F \leq F_1$	6.1.4.4	Tới bước 14
11	<b>Báo cáo <math>TI_a = TC + 0,6 HIC</math> (TI (HIC): ... (...))</b>	7.3	
12	$TI - TC_a \leq 0,6 HIC$	6.3.2	Tới bước 14
13	<b>Báo cáo TI (HIC): xxx (xx,x)</b>	7.3	
14	<b>Báo cáo <math>TI_g = xxx</math>, <math>HIC_g = xx,x</math></b>	7.3	
15	<b>Thử nghiệm nhóm mới ở nhiệt độ thấp hơn</b>		

<sup>a</sup> Hành động được thể hiện bằng chữ in đậm.



## Phụ lục C

(tham khảo)

## Bảng thống kê

Bảng C.1 – Các hệ số để tính toán dữ liệu đã kiểm duyệt

m	n	$\alpha$	$\beta$	$\mu$	$\varepsilon$
5	3	614,4705061728	-100,3801985597	0,0000000000	860,4482888889
5	4	369,3153100012	-70,6712934899	472,4937150842	874,0745894447
6	4	395,4142139605	-58,2701183523	222,6915218468	835,7650306465
6	5	272,5287238052	-44,0988850936	573,5126123815	887,1066681426
7	4	415,5880351563	-46,5401552734	0,0000000000	841,7746734375
7	5	289,1914470089	-38,0060438107	364,2642153815	837,3681267819
7	6	215,5146796875	-30,1363662109	642,2345606152	898,7994404297
8	5	302,2559543304	-32,0455510095	173,7451925589	823,1325022970
8	6	277,1320334900	-26,7149242720	462,3946896558	845,5891673417
8	7	178,0192047851	-21,8909055649	692,0882911498	908,7175231765
9	5	312,9812000000	-26,3842700000	0,0000000000	830,5022000000
9	6	236,3858000000	-23,2986100000	296,0526300000	821,3172600000
9	7	186,6401000000	-19,7898900000	534,4601800000	855,2096700000
9	8	151,5120000000	-16,6140800000	729,7119900000	917,0583200000
10	6	244,1191560890	-20,0047740729	142,3739002847	815,8210886826
10	7	193,6205880047	-17,6663604814	386,9526017618	825,7590437753
10	8	158,2300608320	-15,2437931582	589,6341322307	864,6219294884
10	9	131,8030382363	-13,0347627976	759,2533663842	924,0989192531
11	6	250,6859320988	-16,8530354295	0,0000000000	822,9729127315
11	7	199,4695468487	-15,5836545374	249,2599953079	812,6308986254
11	8	163,6996121337	-13,8371182557	457,2090965743	832,5488161799
11	9	137,2299243827	-12,1001907793	633,2292924678	873,3355410880
11	10	116,5913210464	-10,4969569718	783,0177949444	930,0880372994
12	7	204,5349924229	-13,5767110244	120,5748554921	810,9803051840
12	8	168,3292196600	-12,4439880795	332,5519557674	814,7269021330
12	9	141,6425229674	-11,1219466676	513,1493415383	840,0625045817
12	10	121,0884792448	-9,8359507754	668,5392651269	881,2400322962
12	11	104,5060800375	-8,6333795848	802,5441292356	935,2282230049
13	7	208,9406118284	-11,6456142827	0,0000000000	817,5921863390
13	8	172,3464251400	-11,0865264201	215,2023355151	807,2699422973
13	9	145,4178687827	-10,1472348992	399,3236520338	819,3180095090
13	10	124,7371924225	-9,1300085328	558,7461589055	847,5908596926
13	11	108,3018058633	-8,1510819663	697,7158560873	888,3591181189
13	12	94,6796149706	-7,2252117874	818,8697028778	939,6794196639

CHÚ THÍCH: Đơn vị của  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\mu$  và  $\varepsilon$  đều là  $1 \times 10^{-3}$ .

Bảng C.1 – Các hệ số để tính toán dữ liệu đã kiểm duyệt (tiếp theo)

m	n	$\alpha$	$\beta$	$\mu$	$\epsilon$
14	8	175,9018422090	-9,7746826098	104,5543516980	807,5106793327
14	9	148,7066543210	-9,1891433745	291,5140765844	807,9273940741
14	10	127,8816896780	-8,4224506929	454,0609002065	825,0398828063
14	11	111,3817699729	-7,6266971302	596,6235832604	854,8238304463
14	12	97,9278246914	-6,8636059259	722,2249188477	894,7614153086
14	13	86,5363075231	-6,1355268822	832,7192524487	943,5668941976
15	8	179,0513405762	-8,5071530762	0,0000000000	813,5568182129
15	9	151,6274451540	-8,2566923172	189,3157319524	803,6572346196
15	10	130,6387362674	-7,7228786289	354,3906973785	810,9441335713
15	11	114,0457797966	-7,0973951863	499,7526628800	831,1920110198
15	12	100,5718881836	-6,4648224487	628,5859288205	861,6352648315
15	13	89,3466123861	-5,8578554309	743,0997382709	900,5262051665
15	14	79,6796956870	-5,2751393667	844,6143938637	946,9889014846
16	9	154,2518689085	-7,3527348129	92,2865976624	804,8901545650
16	10	133,0926552303	-7,0374903483	259,4703005026	803,4179489468
16	11	116,3971900144	-6,5718807983	407,1074446942	815,2259119510
16	12	102,8620227960	-6,0590262781	538,4703518878	837,4056164917
16	13	91,6475110414	-5,5485234808	655,9153003723	867,9864133589
16	14	82,1334839298	-5,0573990501	761,0897304685	905,7302132374
16	15	73,8281218530	-4,5839766095	854,9400915790	950,0229759376
17	9	156,6104758421	-6,4764602745	0,0000000000	810,4190113397
17	10	135,3069770991	-6,3698625234	168,9795641122	801,0660748802
17	11	118,4974933487	-6,0543187349	318,5208867246	805,3180627394
17	12	104,8944939376	-5,6546733211	451,9486020413	820,1513691949
17	13	93,6414079430	-5,2310447166	571,6961830632	843,4861778660
17	14	84,1578079201	-4,8133017972	679,5480456810	873,8803351313
17	15	75,9876912684	-4,4100612544	776,7517032846	910,4428918550
17	16	68,7761850391	-4,0203992390	863,9866274899	952,7308021373
18	10	137,3196901001	-5,7208401228	82,5925913725	802,8356541137
18	11	120,3965503416	-5,5477052124	233,7625216775	800,2584198483
18	12	106,7179571420	-5,2548692706	368,9237739923	808,4878348626
18	13	95,4179152353	-4,9135219393	490,5582072725	825,3579958906
18	14	85,9129822797	-4,5606570913	600,5193900565	849,3339891000
18	15	77,7846697341	-4,2145025451	700,1840825530	879,3395044075
18	16	70,6902823246	-3,8792292982	790,5080136386	914,7252389325
18	17	64,3706903919	-3,5548196830	871,9769987244	955,1618993620

CHÚ THÍCH: Đơn vị của  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\mu$  và  $\epsilon$  đều là  $1 \times 10^{-3}$ .

Bảng C.1 – Các hệ số để tính toán dữ liệu đã kiểm duyệt (tiếp theo)

m	n	$\alpha$	B	$\mu$	$\epsilon$
19	10	139,1496250000	-5,0900181250	0,0000000000	807,9096187500
19	11	122,1302375000	-5,0534809375	152,5838471875	799,1198428125
19	12	108,3704562500	-4,8618459375	289,2318165625	801,3602625000
19	13	97,0188250000	-4,5986040625	412,4553559375	812,3967434375
19	14	87,4809000000	-4,3069634375	524,1508350000	830,6312000000
19	15	79,3443750000	-4,0105056250	625,7586734375	854,9021531250
19	16	72,2973312500	-3,7204237500	718,3571609375	884,3945350000
19	17	66,0780873071	-3,4385965290	802,6848402810	918,6300659873
19	18	60,4951234568	-3,1657522324	879,0853247478	957,3563882895
20	11	123,7207246907	-4,5719038494	74,7399526898	801,1790116264
20	12	109,8822471135	-4,4770355488	212,6836623662	797,9482811738
20	13	98,4738232381	-4,2879392332	337,2732389272	803,6777212196
20	14	88,8993849835	-4,0546864523	450,4338248217	816,7130862373
20	15	80,7401190433	-3,8047814139	553,6438253890	835,8437320329
20	16	73,6945982033	-3,5536092812	648,0414354618	860,1735387686
20	17	67,5243573136	-3,3080573368	734,4814490502	889,0784510048
20	18	62,0270511202	-3,0688692068	813,5380807649	922,2028072690
20	19	57,0593311634	-2,8372923418	885,4495276379	959,3470694381
21	11	125,1805042688	-4,1027870814	0,0000000000	805,8572211871
21	12	111,2748584476	-4,1010407267	139,0856144175	797,6054376202
21	13	99,8073278954	-3,9827324033	264,8685742314	798,4725915308
21	14	90,1927034195	-3,8051093799	379,2915229528	806,7637854827
21	15	82,0068958400	-3,5996961022	483,8588877922	821,2259618217
21	16	74,9465754505	-3,3846323534	579,7432762887	840,9212051713
21	17	68,7848146833	-3,1701150195	667,8566522885	865,1477737296
21	18	63,3357410645	-2,9603773312	748,8832650493	893,4238105389
21	19	58,4412075437	-2,7556394531	823,2713052490	925,4824714209
21	20	53,9924872844	-2,5574642897	891,1802616762	961,1609917803
22	12	112,5622493763	-3,7339426543	68,2498992309	799,813,4564378
22	13	101,0383585659	-3,6836764565	195,0883064772	796,2007530338
22	14	91,3804604560	-3,5591868547	310,6161204268	800,1345064303
22	15	83,1655367136	-3,3963282816	416,3557572996	810,3242215503
22	16	76,0857406653	-3,2157585729	513,5029910799	825,8000270835
22	17	69,9154470902	-3,0297597429	603,0017042238	845,8218001615
22	18	64,4795955687	-2,8451649972	685,5911008461	869,8337436326
22	19	59,6311106506	-2,6645660073	761,8232057644	897,4613278831
22	20	55,2451821096	-2,4879744683	832,0484727783	928,5025656429
22	21	51,2381885483	-2,3171119644	896,3673255616	962,8206447076

CHÚ THÍCH: Đơn vị của  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\mu$  và  $\epsilon$  đều là  $1 \times 10^{-3}$ .

Bảng C.1 – Các hệ số để tính toán dữ liệu đã kiểm duyệt (tiếp theo)

m	n	$\alpha$	$\beta$	$\mu$	$\epsilon$
23	12	113,7531148245	-3,3756614624	0,0000000000	804,1474989583
23	13	102,1805929155	-3,3910352539	127,7797799222	796,3938026565
23	14	92,4787143782	-3,3175684539	244,2868537307	796,3022860399
23	15	84,2320650394	-3,1954304107	351,0543166209	802,5583945106
23	16	77,1306716018	-3,0479567336	449,2947092156	814,1621969549
23	17	70,9462283196	-2,8891287395	539,9727159165	830,3483079467
23	18	65,5067730517	-2,7274270713	623,8577387905	850,5239901982
23	19	60,6745439037	-2,5674672567	701,5547596051	874,2452031077
23	20	56,3317476641	-2,4108249757	773,5119026250	901,2192903703
23	21	52,3789712444	-2,2574588071	840,0031107829	931,2919267259
23	22	48,7509673306	-2,1091382204	901,0843478372	964,3448710375
24	13	103,2433478819	-3,1048361929	62,7962963934	798,6676773352
24	14	93,4998991613	-3,0805979769	180,1796657031	794,8416535458
24	15	85,2198224000	-2,9975602432	287,8595445984	797,4563606400
24	16	78,0948480411	-2,8818367882	387,0601172274	805,4868099248
24	17	71,8941228860	-2,7491283441	478,7611920828	818,1445544127
24	18	66,4447043048	-2,6091448018	563,7511952496	834,8153636945
24	19	61,6126915633	-2,4678299408	642,6640805184	855,0189514195
24	20	57,2879088000	-2,3283191552	715,9989838080	878,3981891840
24	21	53,3750541943	-2,1915606657	784,1214493452	904,7233952180
24	22	49,7942298597	-2,0575307047	847,2450550466	933,8754408471
24	23	46,4937670005	-1,9279731656	905,3922645488	965,7495722974
25	13	104,2328856132	-2,8250501511	0,0000000000	802,7013015441
25	14	94,4531438920	-2,8483968323	118,1726878830	795,4024387937
25	15	86,1396570015	-2,8030714582	226,6706783537	794,6305407379
25	16	78,9893820242	-2,7178609400	326,7248166681	799,3466482243
25	17	72,7708231743	-2,6102752025	419,3261414998	808,7406844958
25	18	67,3090611675	-2,4911808278	505,2766660081	822,1806443986
25	19	62,4704476832	-2,3674613613	585,2280935412	839,1665981029
25	20	58,1487801571	-2,2433309433	659,7075915449	859,3057874761
25	21	54,2547721412	-2,1209279325	729,1297472481	882,3094990236
25	22	50,7106344695	-2,0008151849	793,7938286936	907,9968030989
25	23	47,4515824664	-1,8830136520	853,8654746859	936,2746548624
25	24	44,4360844355	-1,7691959649	909,3419372255	967,0482582508
26	14	95,3449516529	-2,6209763465	58,1493461856	797,6921057014
26	15	87,0000110601	-2,6121400166	167,3864953313	793,7600455859
26	16	79,8235563470	-2,5563562391	268,2070524346	795,3879797465
26	17	73,5857124933	-2,4729505699	361,6097876691	801,7490889242
26	18	68,1102550823	-2,3739926858	448,4070425448	812,1940558767
26	19	63,2623426172	-2,2671844225	529,2628483474	826,2086884902
26	20	58,9367927789	-2,1574866751	604,7212241224	843,3813295696
26	21	55,0480429364	-2,0479145245	675,2239918901	863,3884840036
26	22	51,5229352216	-1,9399299519	741,1174467776	885,9958055677
26	23	48,2974664808	-1,8338615040	802,6472197534	911,0602971929
26	24	45,3186434134	-1,7297802734	859,9406706514	938,5082900934
26	25	42,5525832097	-1,6292615541	912,9761491712	968,2524787108

CHÚ THÍCH: Đơn vị của  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\mu$  và  $\epsilon$  đều là  $1 \times 10^{-3}$ .

Bảng C.1 – Các hệ số để tính toán dữ liệu đã kiểm duyệt (tiếp theo)

M	N	$\alpha$	B	$\mu$	$\epsilon$
27	14	96,1799524157	-2,3983307950	0,0000000000	801,4620973787
27	15	87,8072339510	-2,4248248792	109,9084470023	794,5762402919
27	16	80,6049085854	-2,3975186913	211,4227629241	793,3158799216
27	17	74,3466955590	-2,3374412078	305,5459346098	796,8463988729
27	18	68,8563635730	-2,2578996096	393,0980364707	804,5028770565
27	19	63,9978278861	-2,1674187844	474,7524530084	815,7576173705
27	20	59,6654080049	-2,0715671753	551,0645680133	830,1867939907
27	21	55,7749666285	-1,9739678436	622,4924148013	847,4482192120
27	22	52,2566505091	-1,8767936096	689,4087818496	867,2739476397
27	23	49,0499538933	-1,7810451416	752,1042681971	889,4731593849
27	24	46,1018252034	-1,6869108574	810,7807829691	913,9324867793
27	25	43,3685376227	-1,5945075052	865,5349833899	940,5926719763
27	26	40,8220442466	-1,5053002920	916,3311456462	969,3721656679
28	15	88,5660259125	-2,2411328182	54,1424788011	796,8511527567
28	16	81,3393701057	-2,2414413970	156,2886460959	792,8824325275
28	17	75,0603739817	-2,2039406070	251,0647971307	793,7610598373
28	18	69,5541501973	-2,1431471452	339,2962419039	798,8109866022
28	19	64,6839991218	-2,0684387560	421,6636413417	807,4913705645
28	20	60,3433137634	-1,9859661249	498,7308586043	819,3677667693
28	21	56,4479788544	-1,8998226295	570,9665830432	834,0869174986
28	22	52,9297209889	-1,8126830339	638,7593370987	851,3622108001
28	23	49,7308667081	-1,7261222115	702,4254764256	870,9707362940
28	24	46,8009654263	-1,6408249821	762,2097935366	892,7567254884
28	25	44,0957340937	-1,5568981499	818,2783352524	916,6300223837
28	26	41,5787804887	-1,4744958266	870,7030442470	942,5420886878
28	27	39,2265620349	-1,3949691273	919,4378349773	970,4159065169
29	15	89,2798839506	-2,0610683539	0,0000000000	800,3884370370
29	16	82,0315098349	-2,0881547819	102,7240365303	793,8770365482
29	17	75,7321296520	-2,0725597540	198,0959608027	792,2635822278
29	18	70,2093506173	-2,0299142798	286,9437737860	794,8680140741
29	19	65,3267056512	-1,9704535803	369,9535738121	801,1382490326
29	20	60,9768578172	-1,9009261993	447,6958995522	810,6292670577
29	21	57,0751222222	-1,8258524691	520,6472033745	822,9791690123
29	22	53,5535949791	-1,7482834402	589,2061520394	837,8907417215
29	23	50,3561788346	-1,6702113813	653,7044516931	855,1224584510
29	24	47,4347950617	-1,5927829630	714,4118941152	874,4882360494
29	25	44,7470712190	-1,5164662295	771,5353211803	895,8606629483
29	26	42,2557943767	-1,4413224717	825,2112044901	919,1678051803
29	27	39,9304194120	-1,3675341081	875,4915371353	944,3690905327
29	28	37,7509219731	-1,2963396833	922,3227345445	971,3911639175

CHÚ THÍCH: Đơn vị của  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\mu$  và  $\epsilon$  đều là  $1 \times 10^{-3}$ .

Bảng C.1 – Các hệ số để tính toán dữ liệu đã kiểm duyệt (kết thúc)

M	N	$\alpha$	B	$\mu$	$\epsilon$
30	16	82,6848208854	-1,9376644008	50,6520145730	796,1185722795
30	17	76,3662564658	-1,9433496245	146,5702475018	792,1584763197
30	18	70,8267629538	-1,9183170174	235,9811143595	792,4611315875
30	19	65,9309300986	-1,8736230328	319,5743135792	796,4671299289
30	20	61,5711678648	-1,8166270961	397,9256281462	803,7214545789
30	21	57,6621596530	-1,7522778385	471,5175920251	813,8538227737
30	22	54,1357421601	-1,6839506825	540,7560773794	826,5596155283
30	23	50,9363946094	-1,6139463118	605,9825649718	841,5868189642
30	24	48,0175200857	-1,5437595603	667,4818601282	858,7309102420
30	25	45,3387017070	-1,4742282493	725,4850166532	877,8361298288
30	26	42,8641163652	-1,4056715102	780,1672310812	898,7980905027
30	27	40,5622887708	-1,3381271218	831,6404696499	921,5591821698
30	28	38,4073685313	-1,2717973971	879,9405903814	946,0847402411
30	29	36,3821129993	-1,2078131518	925,0887226562	972,3044539924
31	16	83,3019925385	-1,7899787388	0,0000000000	799,4492403168
31	17	76,9661360877	-1,8163270487	96,4208836722	793,2775680743
31	18	71,4103278105	-1,8084196718	186,3489334956	791,4083191149
31	19	66,5009117575	-1,7780597559	270,4755669886	793,2803915678
31	20	62,1305948377	-1,7332089792	349,3804542382	798,4306924738
31	21	58,2136500316	-1,6792554773	423,5510178697	806,4805828440
31	22	54,6814518197	-1,6198892883	493,3986895403	817,1187339274
31	23	51,4784579361	-1,5576656387	559,2717351874	830,0864157799
31	24	48,5587515564	-1,4943363914	621,4644612582	845,1685682487
31	25	45,8832580326	-1,4310299785	680,2226141518	862,1913335039
31	26	43,4177502831	-1,3683601397	735,7447851016	881,0240582666
31	27	41,1317569496	-1,3065437907	788,1796327268	901,5811029053
31	28	38,9984874307	-1,2456083418	837,6187354827	923,8161235884
31	29	36,9958879027	-1,1857687888	884,0848862383	947,6988227000
31	30	35,1089424384	-1,1280548995	927,5156412107	973,1614917466

CHÚ THÍCH: Đơn vị của  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\mu$  và  $\epsilon$  đều là  $1 \times 10^{-3}$ .

Bảng C.2 – Các điểm phân vị của phân bố F,  $F(0,95, f_n, f_d)$ 

$f$	$f_n$								
$f_d$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,135	3,072	3,02
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896
12	4,747	3,885	3,49	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714
14	4,6	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,79	2,707	2,641	2,588
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,81	2,699	2,614	2,548	2,494
18	4,414	3,555	3,16	2,928	2,773	2,661	2,577	2,51	2,456
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,74	2,628	2,544	2,477	2,423
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,49	2,405	2,337	2,282
30	4,171	3,316	2,922	2,69	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,449	2,336	2,249	2,18	2,124
50	4,034	3,183	2,79	2,557	2,4	2,286	2,199	2,13	2,073
100	3,936	3,087	2,696	2,463	2,305	2,191	2,103	2,032	1,975
500	3,86	3,014	2,623	2,39	2,232	2,117	2,028	1,957	1,899

$f$	$f_n$								
$f_d$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	2,978	2,943	2,913	2,887	2,865	2,845	2,828	2,812	2,798
11	2,854	2,818	2,788	2,761	2,739	2,719	2,701	2,685	2,671
12	2,753	2,717	2,687	2,66	2,637	2,617	2,599	2,583	2,568
13	2,671	2,635	2,604	2,577	2,554	2,533	2,515	2,499	2,484
14	2,602	2,565	2,534	2,507	2,484	2,463	2,445	2,428	2,413
15	2,544	2,507	2,475	2,448	2,424	2,403	2,385	2,368	2,353
16	2,494	2,456	2,425	2,397	2,373	2,352	2,333	2,317	2,302
17	2,45	2,413	2,381	2,353	2,329	2,308	2,289	2,272	2,257
18	2,412	2,374	2,342	2,314	2,29	2,269	2,25	2,233	2,217
19	2,378	2,34	2,308	2,28	2,256	2,234	2,215	2,198	2,182
20	2,348	2,31	2,278	2,25	2,225	2,203	2,184	2,167	2,151
25	2,236	2,198	2,165	2,136	2,111	2,089	2,069	2,051	2,035
30	2,165	2,126	2,092	2,063	2,037	2,015	1,995	1,976	1,96
40	2,077	2,038	2,003	1,974	1,948	1,924	1,904	1,885	1,868
50	2,026	1,986	1,952	1,921	1,895	1,871	1,85	1,831	1,814
100	1,927	1,886	1,85	1,819	1,792	1,768	1,746	1,726	1,708
500	1,85	1,808	1,772	1,74	1,712	1,686	1,664	1,643	1,625

Bảng C.2 – Các điểm phân vị của phân bố F, F(0,95,  $f_n, f_d$ ) (kết thúc)

$f$	$f_n$							
$f_d$	19	20	25	30	40	50	100	500
10	2,785	2,774	2,73	2,7	2,661	2,637	2,588	2,548
11	2,658	2,646	2,601	2,57	2,531	2,507	2,457	2,415
12	2,555	2,544	2,498	2,466	2,426	2,401	2,35	2,307
13	2,471	2,459	2,412	2,38	2,339	2,314	2,261	2,218
14	2,4	2,388	2,341	2,308	2,266	2,241	2,187	2,142
15	2,34	2,328	2,28	2,247	2,204	2,178	2,123	2,078
16	2,288	2,276	2,227	2,194	2,151	2,124	2,068	2,022
17	2,243	2,23	2,181	2,148	2,104	2,077	2,02	1,973
18	2,203	2,191	2,141	2,107	2,063	2,035	1,978	1,929
19	2,168	2,155	2,106	2,071	2,026	1,999	1,94	1,891
20	2,137	2,124	2,074	2,039	1,994	1,966	1,907	1,856
25	2,021	2,007	1,955	1,919	1,872	1,842	1,779	1,725
30	1,945	1,932	1,878	1,841	1,792	1,761	1,695	1,637
40	1,853	1,839	1,783	1,744	1,693	1,66	1,589	1,526
50	1,798	1,784	1,727	1,687	1,634	1,599	1,525	1,457
100	1,691	1,676	1,616	1,573	1,515	1,477	1,392	1,308
500	1,607	1,592	1,528	1,482	1,419	1,376	1,275	1,159

Bảng C.3 – Các điểm phân vị của phân bố F, F(0,995,  $f_n, f_d$ )

$f$	$f_n$								
$f_d$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	12,826	9,427	8,081	7,343	6,872	6,545	6,302	6,116	5,968
11	12,226	8,912	7,6	6,881	6,422	6,102	5,865	5,682	5,537
12	11,754	8,51	7,226	6,521	6,071	5,757	5,525	5,345	5,202
13	11,374	8,186	6,926	6,233	5,791	5,482	5,253	5,076	4,935
14	11,06	7,922	6,68	5,998	5,562	5,257	5,031	4,857	4,717
15	10,798	7,701	6,476	5,803	5,372	5,071	4,847	4,674	4,536
16	10,575	7,514	6,303	5,638	5,212	4,913	4,692	4,521	4,384
17	10,384	7,354	6,156	5,497	5,075	4,779	4,559	4,389	4,254
18	10,218	7,215	6,028	5,375	4,956	4,663	4,445	4,276	4,141
19	10,073	7,093	5,916	5,268	4,853	4,561	4,345	4,177	4,043
20	9,944	6,986	5,818	5,174	4,762	4,472	4,257	4,09	3,956
25	9,475	6,598	5,462	4,835	4,433	4,15	3,939	3,776	3,645
30	9,18	6,355	5,239	4,623	4,228	3,949	3,742	3,58	3,45
40	8,828	6,066	4,976	4,374	3,986	3,713	3,509	3,35	3,222
50	8,626	5,902	4,826	4,232	3,849	3,579	3,376	3,219	3,092
100	8,241	5,589	4,542	3,963	3,589	3,325	3,127	2,972	2,847
500	7,95	5,355	4,33	3,763	3,396	3,137	2,941	2,789	2,665



Bảng C.3 – Các điểm phân vị của phân bố F,  $F(0,995, f_n, f_d)$  (kết thúc)

$f$	$f_n$								
$f_d$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	5,847	5,746	5,661	5,589	5,526	5,471	5,422	5,379	5,34
11	5,418	5,32	5,236	5,165	5,103	5,049	5,001	4,959	4,921
12	5,085	4,988	4,906	4,836	4,775	4,721	4,674	4,632	4,595
13	4,82	4,724	4,643	4,573	4,513	4,46	4,413	4,372	4,334
14	4,603	4,508	4,428	4,359	4,299	4,247	4,2	4,159	4,122
15	4,424	4,329	4,25	4,181	4,122	4,07	4,024	3,983	3,946
16	4,272	4,179	4,099	4,031	3,971	3,92	3,875	3,834	3,797
17	4,142	4,05	3,971	3,903	3,844	3,793	3,747	3,707	3,67
18	4,03	3,938	3,86	3,793	3,734	3,683	3,637	3,597	3,56
19	3,933	3,841	3,763	3,696	3,638	3,587	3,541	3,501	3,465
20	3,847	3,756	3,678	3,611	3,553	3,502	3,457	3,416	3,38
25	3,537	3,447	3,37	3,304	3,247	3,196	3,151	3,111	3,075
30	3,344	3,255	3,179	3,113	3,056	3,006	2,961	2,921	2,885
40	3,117	3,028	2,953	2,888	2,831	2,781	2,737	2,697	2,661
50	2,988	2,9	2,825	2,76	2,703	2,653	2,609	2,569	2,533
100	2,744	2,657	2,583	2,518	2,461	2,411	2,367	2,326	2,29
500	2,562	2,476	2,402	2,337	2,281	2,23	2,185	2,145	2,108

$f$	$f_n$							
$f_d$	19	20	25	30	40	50	100	500
10	5,305	5,274	5,153	5,071	4,966	4,902	4,772	4,666
11	4,886	4,855	4,736	4,654	4,551	4,488	4,359	4,252
12	4,561	4,53	4,412	4,331	4,228	4,165	4,037	3,931
13	4,301	4,27	4,153	4,073	3,97	3,908	3,78	3,674
14	4,089	4,059	3,942	3,862	3,76	3,698	3,569	3,463
15	3,913	3,883	3,766	3,687	3,585	3,523	3,394	3,287
16	3,764	3,734	3,618	3,539	3,437	3,375	3,246	3,139
17	3,637	3,607	3,492	3,412	3,311	3,248	3,119	3,012
18	3,527	3,498	3,382	3,303	3,201	3,139	3,009	2,901
19	3,432	3,402	3,287	3,208	3,106	3,043	2,913	2,804
20	3,347	3,318	3,203	3,123	3,022	2,959	2,828	2,719
25	3,043	3,013	2,898	2,819	2,716	2,652	2,519	2,406
30	2,853	2,823	2,708	2,628	2,524	2,459	2,323	2,207
40	2,628	2,598	2,482	2,401	2,296	2,23	2,088	1,965
50	2,5	2,47	2,353	2,272	2,164	2,097	1,951	1,821
100	2,257	2,227	2,108	2,024	1,912	1,84	1,681	1,529
500	2,075	2,044	1,922	1,835	1,717	1,64	1,46	1,26

Bảng C.4 – Các điểm phân vị của phân bố  $t$ ,  $t_{0,95}$ 

$f$	$t$
1	6,314
2	2,920
3	2,353
4	2,132
5	2,015
6	1,943
7	1,895
8	1,860
9	1,833
10	1,812
11	1,796
12	1,782
13	1,771
14	1,761
15	1,753
16	1,746
17	1,740
18	1,734
19	1,729
20	1,725
25	1,708
30	1,697
40	1,684
50	1,676
100	1,660
500	1,64

Bảng C.5 – Các điểm phân vị của phân bố  $\chi^2$ 

$f$	$p = 0,95$	$p = 0,99$	$p = 0,995$
1	3,8	6,6	7,9
2	6,0	9,2	10,6
3	7,8	11,3	12,8
4	9,5	13,3	14,9
5	11,1	15,1	16,7
6	12,6	16,8	18,5

CHÚ THÍCH: Mức có nghĩa P bằng với  $(1 - p)$ , ví dụ mức có nghĩa 0,05 tương ứng với  $p = 0,95$

## Phụ lục D

(tham khảo)

## Các ví dụ đã gia công

Bảng D.1 – Ví dụ đã gia công 1 – Dữ liệu đã kiểm duyệt (các thử nghiệm kiểm chứng)

$\theta_j$	240		260		280	
$x_i$	0,001948747929		0,001875644753		0,001807827895	
$j$	$\tau_{ij}$	$y_{ij}$	$\tau_{ij}$	$y_{ij}$	$\tau_{ij}$	$y_{ij}$
1	1764	7,475339237	756	6,628041376	108	4,682131227
2	2772	7,927324360	924	6,828712072	252	5,529429088
3	2772	7,927324360	924	6,828712072	324	5,780743516
4	3780	8,237479289	1176	7,069874128	324	5,780743516
5	4284	8,362642432	1176	7,069874128	468	6,148468296
6	4284	8,362642432	2184	7,688913337	612	6,416732283
7	4284	8,362642432	2520	7,832014181	684	6,527957918
8	5292	8,573951525	2856	7,957177323	756	6,628041376
9	7308	8,896724917	2856	7,957177323	756	6,628041376
10	7812	8,963416292	3192	8,068402959	828	6,719013154
11	7812	8,963416292	3192	8,068402959	828	6,719013154
12			3864	8,259458195	972	6,879355804
13			4872	8,491259809	1428	7,264030143
14			5208	8,557951184	1596	7,375255778
15			5544	8,620471541	1932	7,566311015
16			5880	8,679312041	1932	7,566311015
17			5880	8,679312041	2100	7,649692624
18			5880	8,679312041	2268	7,726653665
19					2604	7,864804003
20					2772	7,927324360
$m_i$	21		21		21	
$n_i$	11		18		20	
$\alpha_i$	0,12518050427		0,06333574106		0,05399248728	
$\beta_i$	-0,00410278708		-0,00296037733		-0,00255746429	
$\mu_i$	0		0,74888326505		0,89118026168	
$\varepsilon_i$	0,80585722119		0,89342381054		0,96116099178	
$\sum_{j=1}^{n_i-1} y_{ij}$	83,0894872752		133,285066669		127,45272895	
$\sum_{j=1}^{n_i-1} (y_{in_i} - y_{ij})^2$	6,12724907570		19,9557443468		41,4224423138	
$\bar{y}_i$	8,963416292		8,050988496		6,84072074866	
$s_{ii}^2$	0,59127835553		0,66165281385		0,863951396023	

Bảng D.1 – Ví dụ đã gia công 1 – Dữ liệu đã kiểm duyệt (các thử nghiệm kiểm chứng) (kết thúc)

$\sum_{i=1}^k \varepsilon_i/k$	0,886814007835	(29)
$\sum_{i=1}^k n_i x_i^2$	0,000170463415664	
$\sum_{i=1}^k n_i \bar{y}_i^2$	2986,41183881	
$\sum_{i=1}^k n_i x_i \bar{y}_i$	0,711293042041	
$M = \sum_{i=1}^k m_i$	63	(28)
$N = \sum_{i=1}^k n_i$	49	(25)
$\sum_{i=1}^k n_i x_i / N$	0,00186437531983	(26)
$\sum_{i=1}^k n_i \bar{y}_i / N$	7,76183239007	(27)
$b$	15327,98578	(33)
$a$	-20,8152860044	(34)
$s_1^2$	0,647296300122	(30)
$s_2^2$	0,395498398826	(36)
$F$	0,611000555311	(40)
$\chi^2$	0,554692947413	(38)
$c$	1,03161932965	(39)
$t_{0,95, N-2}$	1,677926722	(43)
$t_c$	1,73895334031	(43)
$\mu_2(x)$	$2,9498844403 \times 10^{-9}$	(31)
$s^2$	0,641938897967	(41)
$TI = \bar{\mathcal{G}}$	255,827791333	(50)
$TC = \hat{\mathcal{G}}_c$	214,550619764	(50)
HIC	11,5189953038	(53)
$(TI - TC)/HIC$	0,979006525432	
$TI_a$	221,462017221	(55)
Kết quả	TI (HIC): 221,5(11,5)	

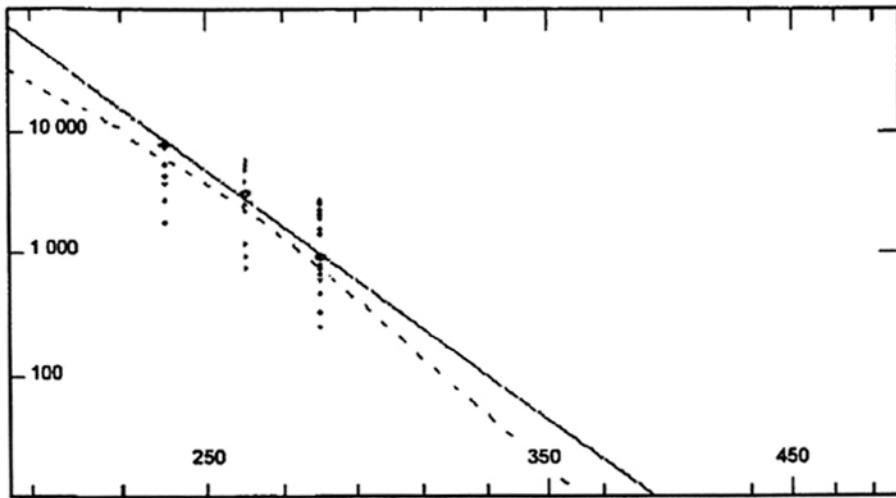
**Bảng D.2 – Ví dụ đã gia công 2 – Dữ liệu hoàn chỉnh (các thử nghiệm không phá hủy)**

$\vartheta_i$	180		200		220	
$x_i$	0,002206774799		0,002113494663		0,002027780594	
$j$	$\tau_{ij}$	$y_{ij}$	$\tau_{ij}$	$y_{ij}$	$\tau_{ij}$	$y_{ij}$
1	7410	8,910585718	3200	8,070906089	1100	7,003065459
2	6610	8,796338933	2620	7,870929597	740	6,606650186
3	6170	8,727454117	2460	7,807916629	720	6,579251212
4	5500	8,612503371	2540	7,839919360	620	6,429719478
5	8910	9,094929520	3500	8,160518247	910	6,813444599

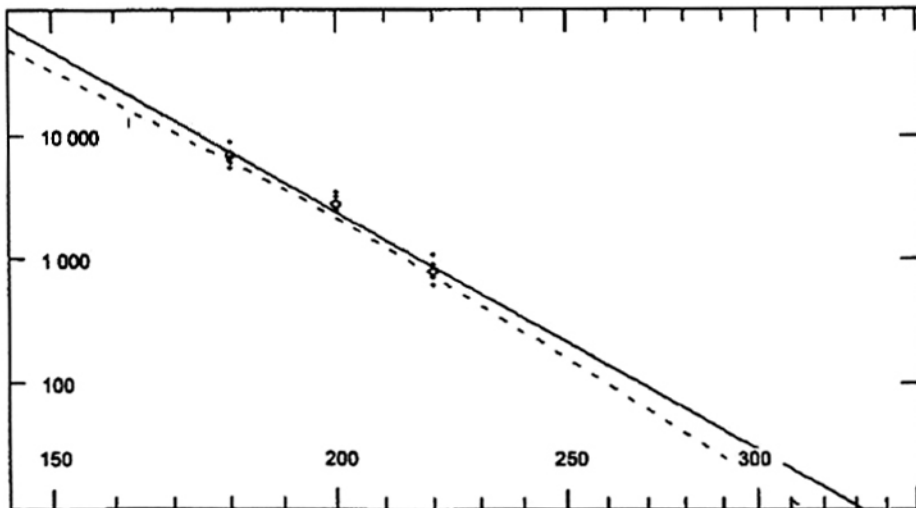
$m_i$	5	5	5
$n_i$	5	5	5
$\epsilon_i$	1	1	1
$\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}$	44,14181166	39,75018992	33,43213093
$\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2$	389,8355291	316,1130135	223,741618
$\bar{y}_i$	8,828362332	7,950037984	6,686426187
$s_{ii}^2$	0,03390545203	0,0024373442	0,00500357814

Bảng D.2 – Ví dụ đã gia công 2 – Dữ liệu hoàn chỉnh (các thử nghiệm không phá hủy) (kết thúc)

$\sum_{i=1}^k \varepsilon_i/k$	1	(29)
$\sum_{i=1}^k n_i x_i^2$	$6,7243044211 \times 10^{-5}$	
$\sum_{i=1}^k n_i \bar{y}_i^2$	929,25690285	
$\sum_{i=1}^k n_i x_i \bar{y}_i$	0,24921587814	
$M = \sum_{i=1}^k m_i$	15	(28)
$N = \sum_{i=1}^k n_i$	15	(25)
$\sum_{i=1}^k n_i x_i / N$	$2,1160166854 \times 10^{-3}$	(26)
$\sum_{i=1}^k n_i \bar{y}_i / N$	7,8216088344	(27)
$b$	11929,077582	(33)
$a$	-17,42051837	(34)
$s_1^2$	0,0361048918	(30)
$s_2^2$	0,18856369729	(36)
$F$	5,222663409	(40)
$F_0$	4,747	
$\chi^2$	0,466116435248	(38)
$c$	1,1111111111	(39)
$t_{0,95, N-2}$	1,7709333962	(43)
$t_c$	1,7709333962	(43)
$\mu_2(x)$	$5,3430011710 \times 10^{-9}$	(31)
$s_2^2$	0,05119958608	(42)
$TI = \bar{\mathcal{Q}}$	163,428648665	(50)
$TC = \bar{\mathcal{Q}}_c$	158,670330155	(50)
HIC	11,3632557756	(53)
$(TI - TC)/HIC$	0,41874605344	
Kết quả	TI (HIC): 163(11,4)	(54)



Hình D.1a – Ví dụ 1



Hình D.1b – Ví dụ 2

CHÚ THÍCH: Trong các hình trên, đường nét liền biểu diễn công thức hồi quy và đường nét đứt biểu diễn giới hạn dưới của độ tin cậy 95 % giá trị ước lượng nhiệt độ. Các hình được vẽ bằng chương trình cho trong Phụ lục E.

Hình D.1 – Đồ thị độ bền nhiệt

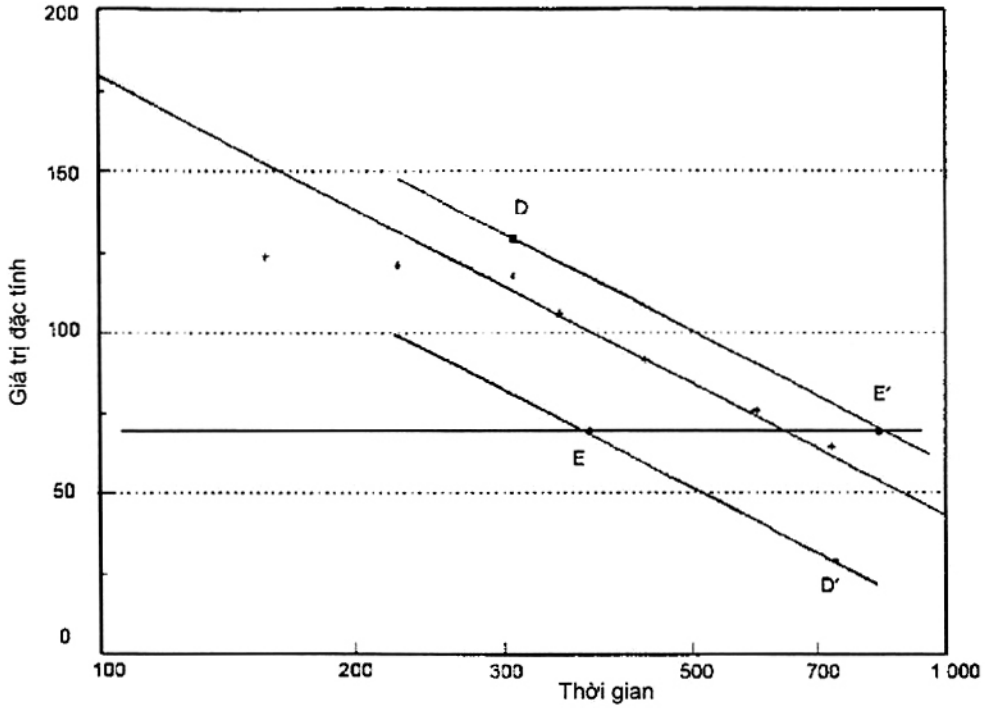
Bảng D.3 – Ví dụ đã gia công 3 – Các thử nghiệm phá hủy

Ví dụ này nhằm minh họa các tính toán đặc trưng cho dữ liệu thử nghiệm phá hủy và liên quan đến một nhiệt độ thử nghiệm đơn lẻ. Dữ liệu từ tính toán này và các nhiệt độ thử nghiệm bổ sung sẽ được đưa vào một tính toán tương tự với tính toán trong ví dụ gia công 2 (Bảng D.2).

Điểm cuối 70,0					
$\tau_g$	288	336	432	624	720
$P_{gk}$	139,5	121,9	101,2	77,8	69,6
	125	109,3	99,5	74,6	69,4
	120,8	98,3	98,4	71,4	67,2
	112,7	96,5	92,4	68,2	60,4
	112	93	78,1	60,5	59,4
$n_g$	5	5	5	5	5
$\bar{P}_g$	122,00	103,80	93,92	70,50	65,20
$s_{\tau_g}^2$	125,795	139,510	89,197	44,050	24,420
$\log \tau_g$	5,66296	5,817111	6,068426	6,43615	6,579251
$n_i$			25		
$\bar{z}$			6,1128		
$\bar{p}$			91,084		
$b_p$			-59,4937		
$a_p$			454,756		
$s_z^2$			84,594		
$s_z^2$			77,266		
$F$			0,913		
$F_1$			3,098		
$z_{gk}$	6,831151	6,689472	6,592851	6,567257	6,572528
	6,587428	6,477685	5,564276	6,513469	6,569166
	6,516832	6,292792	6,545787	6,459682	6,532187
	6,380683	6,262536	6,444936	6,405895	6,41789
	6,368917	6,203707	6,204574	6,27647	6,401081



Trong đồ thị hiển thị dữ liệu của ví dụ 3 dưới đây, đường thẳng đi qua các điểm E và E' chỉ thị điểm cuối được chọn. Các điểm D và D' là hai điểm dữ liệu được chọn ngẫu nhiên, các đường thẳng song song với đường hồi quy cắt đường điểm cuối tại E và E'. Các điểm được đánh dấu khác trên đồ thị là điểm của nhóm giá trị đặc tính.



Hình D.2 – Ví dụ 3 – Đồ thị đặc tính-thời gian  
(dữ liệu thử nghiệm phá hủy)

**Ngoại suy**

Trong tập hợp dữ liệu ở trên, nếu chỉ có sẵn dữ liệu cho thời gian lão hóa đến 624 h thì đường cong lão hóa sẽ không đi qua đường điểm cuối, vì  $70,5 > 70,0$ . Trong trường hợp này, phép ngoại suy cần thiết sẽ như sau

$$(70,5-70,0) / (122,0 - 70,5) = 0,0097$$

Điều này là được phép, với các hạn chế khác của 6.1.4.4.

## Phụ lục E

(tham khảo)

### Chương trình máy tính

#### E.1 Qui định chung

Chương trình trên CD-ROM đi kèm để thực hiện các tính toán của tiêu chuẩn này được dùng kết hợp với hệ điều hành MSDOS hoặc hệ điều hành tương đương. Chế độ làm việc ưu tiên là hệ thống Windows 95 (hoặc mới hơn) trong một cửa sổ "DOS".

Nội dung của CD-ROM gồm các tệp:

Annex E.doc	
Entry-3.bas,	Entry-3.exe
216-3.bas	216-3.exe
Test2.dta	
Cenex3.dta	
N3.dst	

Các tệp chương trình dự trên ngôn ngữ văn bản (\*.bas) được viết theo ngôn ngữ Basic gọi là "Quick Basic". Chương trình có thể được biên tập nếu cần sử dụng hoặc bằng một trình soạn thảo hoặc bằng các chương trình "Quick Basic" QB45 hoặc QBX và được lưu dưới dạng các file ASCII có đuôi ".bas". Sau đó chúng có thể được thừa hành sử dụng QB45 hoặc QBX hoặc biên dịch để thừa hành độc lập. Các tệp có thể thừa hành được tạo ra sẽ có đuôi ".exe" và có cùng tên với các tệp đuôi ".bas"

Các tệp thừa hành này có thể phù hợp để thi hành trực tiếp trên DOS và cũng có thể được thi hành trên hệ điều hành Windows 95 hoặc mới hơn (ví dụ hệ điều hành Windows 98) bằng cách tạo một biểu tượng cho file đó và kích đúp vào biểu tượng đó. Nên đặt các tùy chọn tắt (short-cut) sao cho chương trình được chạy trong một cửa sổ thông thường (toàn màn hình).

Để tạo một biểu tượng, trong trình duyệt Windows, nhấn chuột phải vào tên file và chọn "Khởi tạo lối tắt – Create Shortcut" hoặc kéo thả chương trình vào màn hình nền.

CHÚ THÍCH: Nếu không sửa đổi đáng kể thì không thể chạy các chương trình cơ sở trong môi trường "Visual Basic".

Mã chương trình trong hai file tách biệt, một file là bộ xử lý tính toán hiện thời và một file khác là đường dẫn dữ liệu tới một file có định dạng phù hợp với việc thu nhận và xử lý từ file đầu tiên. Định dạng và cấu trúc hiện thời của các file này được mô tả ở phần kế tiếp và nội dung hiện thời của các file sử dụng trong các ví dụ đã gia công được đưa ra trong phần tiếp sau.

## **TCVN 7919-3:2013**

### **E.1.1 216-3.bas (hoặc .exe)**

Chương trình yêu cầu dữ liệu cần được đưa vào ở dạng file ASCII đạt được khi sử dụng chương trình kết hợp với Entry-3.bas đã mô tả dưới đây.

Các thử nghiệm thống kê và phân tích dữ liệu theo tiêu chuẩn này được thực hiện và các kết quả được báo cáo ở định dạng thích hợp. Báo cáo được ghi dưới dạng file văn bản có đuôi ".rep" mà có thể được biên tập trong một chương trình xử lý dạng word.

Các tham số kết quả như yêu cầu để tính toán RTE được tự động đưa vào một file có cùng tên với file dữ liệu thực nghiệm và có đuôi ".int".

### **E.1.2 Entry-3.bas (hoặc .exe)**

Dữ liệu thu được khi sử dụng các quy trình thiết lập trong tiêu chuẩn này được đưa vào theo các chỉ dẫn trên màn hình để tạo ra một file dữ liệu. Các file có đuôi ".dta" và ".dst" được ưu tiên sử dụng cho dữ liệu thử nghiệm kiểm chứng hoặc thử nghiệm không phá hủy và dữ liệu thử nghiệm phá hủy tương ứng.

Dữ liệu trong các file đi kèm có thể được in ra và sử dụng để hiểu rõ về chương trình vào dữ liệu .

Các thử nghiệm thống kê được sử dụng trong các tính toán ( $F$  và  $t$ ) được thực hiện với các giá trị của các hàm số thống kê thu được từ nhiều thuật toán xấp xỉ rất đơn giản. Chúng có thể có sai số 1 % hoặc 2 %. Sai số này có thể cải thiện đáng kể khi sử dụng các thuật toán chính xác, nhưng phải thêm vài trang mã máy tính. Các chương trình con tiện dụng (trong FORTRAN, Pascal hoặc C) được nêu trong tài liệu tham khảo [2], các chương trình con của FORTRAN được nhận thấy là rất dễ dàng để thích ứng.

Để cho phép kiểm tra mã máy tính một cách dễ dàng, cung cấp ba file dữ liệu dạng bảng. Các file này được đưa vào bằng cách sử dụng một trình biên tập văn bản, mỗi số trên mỗi dòng có một ngăn trả về (vào) ở cuối mỗi dòng, không có dòng trống. Hai bộ dữ liệu đầu tiên là những bộ được dùng cho các ví dụ đã gia công (1) và (2). Bộ dữ liệu thứ ba (N3.dst) là bộ dùng cho dữ liệu thử nghiệm phá hủy. Trong bộ thứ ba, dữ liệu được chọn là một vùng tuyến tính được chỉ ra trong báo cáo mẫu thử đã cung cấp.

## **E.2 Cấu trúc các file dữ liệu được sử dụng bằng chương trình**

Đọc Bảng E.1 cùng với thủ tục con NDEntry trong file Entry.bas và danh sách các ký hiệu trong 3.2.

File bao gồm một loạt các con số, với chỉ một giá trị trên mỗi dòng của file.

**Bảng E.1 – Dữ liệu thử nghiệm không phá hủy**

Dòng	Hạng mục	Ký hiệu
1	Số các nhiệt độ	k
2	Số lượng mẫu thử lớn nhất tại nhiệt độ bất kỳ	
3	Nhiệt độ lão hóa ban đầu	$\vartheta_1$
4	Số lượng mẫu thử tại nhiệt độ $\vartheta_1$	$m_1$
5	Số thời gian đến điểm cuối đã biết ở $\vartheta_1$	$n_1$
6 đến $5+n_1$	Thời gian đến điểm cuối ở $\vartheta_1$	$\tau_{ij}$
$6 + n_1$	Nhiệt độ lão hóa lần hai	$\vartheta_2$
	Số lượng mẫu thử được lão hóa tại $\vartheta_2$	$m_2$
	Số các thời gian đã biết tại $\vartheta_2$	$n_2$
	$n_2$ dòng chứa thời gian đến điểm cuối	
	Nhiệt độ lão hóa lần ba, v.v...	

Đọc Bảng E.2 cùng với thủ tục con DestEntry trong file Entry.bas và danh sách các ký hiệu trong 3.2.

**Bảng E.2 – Dữ liệu thử nghiệm phá hủy**

Dòng	Mục	Ký hiệu
1	Số các nhiệt độ lão hóa	k
2	Số lượng lớn nhất thời gian lão hóa tại nhiệt độ bất kỳ	
3	Số lượng lớn nhất các mẫu thử lão hóa trong nhóm bất kỳ	
4	Nhiệt độ lão hóa lần đầu	$\vartheta_1$
5	Số các nhóm được lão hóa tại $\vartheta_1$	
6	Thời gian lão hóa cho nhóm đầu tiên tại $\vartheta_1$	
7	Số các mẫu thử được lão hóa trong nhóm này	
8 và sau đó	Giá trị đặc tính cho các mẫu thử trong nhóm này	
	Thời gian lão hóa cho nhóm kế tiếp Số mẫu thử được lão hóa trong nhóm này Giá trị đặc tính cho các mẫu thử trong nhóm này	
	Thời gian lão hóa cho nhóm kế tiếp Số lượng mẫu thử được lão hóa trong nhóm này Giá trị đặc tính cho các mẫu thử trong nhóm này v.v...	
	Nhiệt độ lão hóa lần hai	$\vartheta_2$
	Số các nhóm được lão hóa tại $\vartheta_2$ Thời gian lão hóa cho nhóm thứ nhất tại $\vartheta_2$ Số lượng mẫu thử được lão hóa trong nhóm này Giá trị đặc tính cho các mẫu thử trong nhóm này	
	Thời gian lão hóa cho nhóm kế tiếp Số lượng mẫu thử được lão hóa trong nhóm này Giá trị đặc tính cho các mẫu thử trong nhóm này v.v...	
	Nhiệt độ lão hóa lần ba, v.v...	$\vartheta_3$

### **E.3 Các file dữ liệu cho chương trình máy tính**

Các trang dưới đây biểu diễn cấu trúc file cho dữ liệu của các ví dụ 1 và 2 và một file dữ liệu hoàn chỉnh cho một thử nghiệm phá hủy (được gọi là Material N3). Các kết quả đã tính toán cũng được đưa ra.

Các file dữ liệu ở định dạng đã được chuẩn bị bằng chương trình Entry.bas ở trên nhưng cũng có thể được chuẩn bị sử dụng một trình biên tập văn bản.

Vật liệu: ống lót cenex 3

Tên file: ex-1.dta. Thời gian ước lượng: 20 000 02-27-1995

Đặc tính thử nghiệm : Thử nghiệm kiểm chứng điện áp

Độ phân tán dữ liệu rất lớn không đáng kể, đã được bù

TI (HIC) : 221,5 (11,5) TC 214,6

Chi bình phương = 0,56 (2 DF)

F = 0,610 : F(0,95, 1, 46) = 4,099

Thời gian đến điểm cuối

Nhiệt độ 240

Số lượng mẫu 21, số thời gian 11

Thời gian 1764 2772 2772 3780 4284 4284 4284 5292 7308 7812 7812

Nhiệt độ 260

Số lượng mẫu 21, số thời gian 18

Thời gian 756 924 924 1176 1176 2184 2520 2856 2856 3192 3192

3964 4872 5208 5544 5880 5880 5880

Nhiệt độ 280

Số lượng mẫu 21, số thời gian 20

Thời gian 108 252 324 324 468 612 684 756 756 828 828

972 1482 1596 1932 1932 2100 2268 2604 2772

File dữ liệu Cenex3.dta (ví dụ 1)

Dữ liệu ở cuối mỗi cột được nối sang cột tiếp theo, không ngắt quãng.

3	924	324
21	1176	324
240	1176	468
21	2184	612
11	2520	684
1764	2856	756
2772	2856	756
2772	3192	828
3780	3192	828
4284	3864	972
4284	4872	1428
4284	5208	1596
5292	5544	1932
7308	5880	1932
7812	5880	2100
7812	5880	2268
260	280	2604
21	21	2772
18	20	
756	108	
924	252	

## TCVN 7919-3:2013

Vật liệu: Chất tương tự nhựa thông tổng hợp nhân tạo chưa xác định

Tên file: test2

Thời gian ước lượng: 20 000

12-02-1991

Đặc tính thử nghiệm : Tổn hao khối lượng

Độ không tuyến tính nhỏ, đã được bù

TI (HIC) : 163,4 (11,4)      TC 158,7

Chi bình phương = 0,48 (2 DF)

F = 5,223 : F(0,95, 1, 12) = 4,743

Thời gian đến điểm cuối

Nhiệt độ	180				
Thời gian	7410	6610	6170	5500	8910
Nhiệt độ	200				
Thời gian	3200	2620	2460	2540	3500
Nhiệt độ	220				
Thời gian	1100	740	720	620	910

File dữ liệu test2.dta (ví dụ 2)

3

5

180	200	220
5	5	5
5	5	5
7410	3200	1100
6610	2620	740
6170	2460	720
5500	2540	620
8910	3500	910

Vật liệu: Ny lông N3 nhiều lớp

Tên file: n3.dst

Thời gian ước lượng: 20 000

12-02-1991

Đặc tính thử nghiệm : Độ bền tác động kéo (điểm cuối 30)

TI (HIC) : 113,8 (12,4) TC 112,4

Chi bình phương = 42,63 (3 DF)

 $F = 1,772 : F(0,95, 2, 101) = 2,975$ 

Nhiệt độ	180	Các giá trị đặc tính					Nhiệt độ	165	Các giá trị đặc tính								
Thời gian						Thời gian											
312	70,1	68,5	58,8	68,0	60,5	528	70,9	56,5	70,9	74,5	65,6						
432	42,6	62,0	62,3	68,9	69,8	840	62,2	46,6	46,0	57,4	48,8						
576	39,5	45,4	36,7	43,7	47,4	1176	9,1	39,7	42,5	45,6	54,4						
696	39,0	40,3	35,4	26,0	35,1	1274	33,0	33,1	37,6	54,9	39,2						
744	31,2	32,4	34,3	32,4	31,8	1344	32,7	38,8	33,1	33,9	34,8						
840	36,9	29,6	18,9	26,2	30,1	1512	23,4	31,7	32,5	25,7	25,8						
888	32,5	27,5	58,9	19,4	37,7	1680	21,6	26,0	25,6	21,2	25,8						
Chọn thời gian từ 432 đến 840						1848						21,6	22,1	25,8	20,9	19,6	
F = 0,529 : F(0,95, 3, 20) = 3,062						Chọn thời gian từ 528 đến 1 848						F = 0,278 : F(0,95, 6, 32) = 2,532					
Nhiệt độ	150	Các giá trị đặc tính					Nhiệt độ	135	Các giá trị đặc tính								
Thời gian						Thời gian											
984	83,4	83,4	82,6	81,3	82,6	3216	45,2	71,0	73,6	72,3							
1680	71,0	71,8	74,8	71,0	68,8	4728	49,9	70,6	66,7	63,5	59,2						
2160	49,8	54,2	54,2	48,6	43,6	5265	30,5	33,7	49,1	50,2	55,3						
2304	52,4	50,1	47,1	37,5	42,4	6072	35,4	37,7	37,7	37,3	39,0						
2685	29,6	37,4	34,1	39,0	35,3	7440	16,1	17,6	19,4	20,9	17,4						
3360	39,5	37,8	27,8	36,3	26,9	7752	21,3	20,9	20,2	21,6	18,9						
Chọn thời gian từ 1680 đến 2 685						8088						19,7	18,9	18,9	18,5	18,5	
F = 0,342 : F(0,95, 2, 16) = 3,526						Chọn thời gian từ 4 728 đến 7 740						F = 2,126 : F(0,95, 2, 16) = 3,526					
Không cắt qua đường điểm cuối: ngoại suy 0,140																	
Điểm cuối = 30																	



File dữ liệu n3.dst : file được tạo ra từ chương trình Entry.bas

4	56,5	82,6	55,3
8	70,9	81,3	6073
5	74,5	82,6	5
180	65,6	1680	35,4
7	840	5	37,7
312	5	71,0	37,7
5	62,2	71,8	37,3
70,1	46,6	74,8	39,0
68,5	46,0	71,0	7440
58,8	57,4	68,8	5
68,0	48,8	2160	16,1
60,5	1176	5	17,6
432	5	49,8	19,4
5	9,1	54,2	20,9
42,6	39,7	54,2	17,4
62,0	42,5	48,6	7752
62,3	45,6	43,6	5
68,9	54,4	2304	21,3
69,8	1274	5	20,9
576	5	52,4	20,2
5	33,0	50,1	21,6
39,5	33,1	47,1	18,9
45,4	37,6	37,5	8088
36,7	54,9	42,4	5
43,7	39,2	2685	19,7
47,4	1344	5	18,9
696	5	29,6	18,9
5	32,7	37,4	18,5
39,0	38,8	34,1	18,5
40,3	33,1	39,0	30
35,4	33,9	35,3	
26,0	34,8	3360	
35,1	1512	5	
744	5	39,5	
5	23,4	37,8	
31,2	31,7	27,8	
32,4	32,5	36,3	
34,3	25,7	26,9	
32,4	25,8	135	
31,8	1680	7	
840	5	3216	
5	21,6	4	
36,9	26,0	45,2	
29,6	25,6	71,0	
18,9	21,2	73,6	
26,2	25,8	72,3	
30,1	1848	4728	
888	5	5	
5	21,6	49,9	
32,5	22,1	70,6	
27,5	25,8	66,7	
58,9	20,9	63,5	
19,4	19,6	59,2	
37,7	150	5265	
165	6	5	
8	984	30,5	
528	5	33,7	
5	83,4	49,1	
70,9	83,4	50,2	

## E.4 Đồ thị và các file đầu ra

Chương trình 216-3 tạo ra hai file đầu ra. File thứ nhất (đuôi file ".rep") có định dạng của dữ liệu đầu vào và báo cáo dưới dạng yêu cầu của tiêu chuẩn này.

File thứ hai (đuôi ".int") gồm các dữ liệu trung gian được yêu cầu trong IEC 60216-5 [3] để tính RTE, trong trình được quy định bởi IEC 60216-5, có thể đọc bằng chương trình máy tính của tiêu chuẩn đó.

### E.4.1 Đồ thị độ bền nhiệt

Đồ thị độ bền nhiệt được biểu diễn ở dạng các đồ thị mà có thể sao chép vào hồ sơ của Windows (xem dưới đây). Sau đó đồ thị có thể được nhập vào chương trình Windows khác (như một bộ xử lý word) theo cách thông thường. Các đồ thị dùng cho các vật liệu có các đặc tính lão hóa khác nhau được tạo ra với các thang nhiệt độ tương thích, mỗi đồ thị tồn tại thực tế một "cửa sổ" có chiều rộng cố định trong một thang đo nghịch đảo nhiệt độ tuyệt đối dài vô hạn.

### E.4.2 Sao chép các đồ thị sang các báo cáo xử lý dạng word

Khi trong một báo cáo yêu cầu có các đồ thị thì chương trình xử lý word nên được bắt đầu trước chương trình 216-3 mà được cài để chạy trong một cửa sổ DOS. Tuy các đồ thị được hiển thị toàn màn hình nhưng có thể tự động ra khỏi và quay lại một cửa sổ DOS (dạng văn bản).

Khi hiển thị đồ thị, đồ thị này được sao chép vào hồ sơ của Windows bằng cách nhấn nút **Print Screen** hoặc **ALT + Print Screen** (ALT + Print Screen sao chép cửa sổ kích hoạt; Print Screen sao chép màn hình kích hoạt). Sau đó bộ xử lý word có thể được đưa tới màn hình bằng cách nhấn ALT + Esc hoặc ALT + Tab lặp lại nhiều lần, nếu cần. Tiếp theo hoàn thành việc chuyển đổi bằng bảng chức năng **Edit/Paste Special/ Device Independent Bitmap**. Không sử dụng phím tắt Control +V, vì điều này sẽ chèn đồ thị ở định dạng không thuận tiện (thay đổi này là một quá trình rất dài dòng). Đồ thị có thể được biên soạn theo cỡ và vị trí theo cách thông dụng. Hình ảnh không mong muốn nhìn chung có thể được loại bỏ bằng chức năng crop trên thanh công cụ đồ họa.

Sau đó quay trở về chương trình 216-3 được thực hiện từ nhấn 216-3 trên thanh công cụ Windows hoặc bằng cách nhấn ALT+Tab hoặc ALT Esc (lặp lại).

File báo cáo \*.rep có thể được nhập trực tiếp vào báo cáo bộ xử lý word và được biên tập hoặc định dạng theo cách thông dụng.

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- [1] SAW, J.G., *Estimation of the normal population parameters given a singly censored sample*, *Biometrika* 46, 150, 1959 (*Ước lượng các thông số phổ biến thông thường cho trước một ví dụ đã kiểm duyệt từng phần*)
- [2] PRESS, W.H. et al., *Numerical recipes*, bản dịch FORTRAN, Cambridge University Press, Cambridge 1989 (*Các phương pháp số hóa*).
- [3] IEC 60216-5, *Electrical insulating materials – Thermal enclosure properties – Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material* (*Vật liệu cách điện – Đặc tính độ bền nhiệt – Phần 5: Xác định chỉ số độ bền nhiệt tương đối (RTE) của vật liệu cách điện*).
-