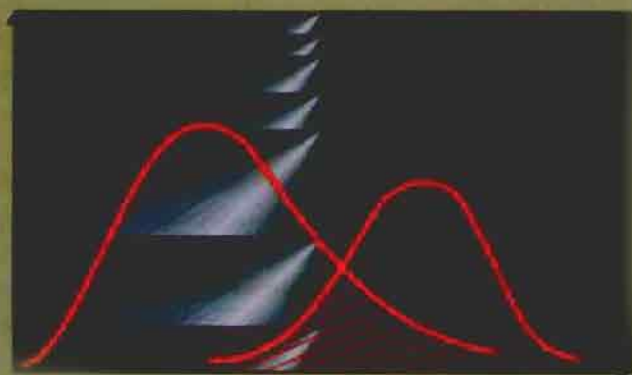


PGS. TS. PHAN VĂN KHÔI

CƠ SỞ ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PHAN VĂN KHÔI

CƠ SỞ
ĐÁNH GIÁ
ĐỘ TIN CẬY

(Tái bản lần thứ nhất, có chỉnh lý và bổ sung)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2001

LỜI GIỚI THIỆU

(cho lần tái bản thứ nhất)

Sau khi Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật phát hành cuốn "Cơ sở đánh giá độ tin cậy" của PGS. TS. Phan Văn Khôi vào năm 1987, có thể thấy tên cuốn sách này được liệt kê như một tài liệu tham khảo trong nhiều giáo trình đại học và cao học, luận án, báo cáo kết quả đề tài nghiên cứu cũng như các sách liên quan khác. Số lượng 5100 bản in trong lần xuất bản trước dường như chưa đủ đáp ứng nhu cầu của người tìm đọc.

Những năm gần đây, các ngành cơ khí và xây dựng nước ta đã có bước tiến đáng kể. Chất lượng sản phẩm ngày càng được đặt ra như một điều kiện cốt yếu cho sự tồn tại, phát triển và hội nhập của doanh nghiệp. Các Tiêu chuẩn Quy phạm cũng được soát xét lại theo xu hướng có kể đến độ tin cậy. Cùng với sự tăng không ngừng khả năng tính toán của máy tính điện tử, nhiều bài toán phức tạp về độ tin cậy đã có thể được giải quyết.

Trước tình hình đó, cuốn sách một mặt cần được giữ lại bố cục và các nội dung cơ bản trong lần xuất bản trước, mặt khác cần được bổ sung những nội dung mới đáp ứng các yêu cầu thời sự nói trên.

Trong lần tái bản này, bạn đọc có thể tìm thấy các phương pháp hiện đại phân tích độ tin cậy như phương pháp mức 2 đang được sử dụng rộng rãi trong các tiêu chuẩn thiết kế của các nước công nghiệp tiên tiến cũng như trong tiêu chuẩn quốc tế ISO. Nếu có đủ thông tin về các biến thiết kế, có thể áp dụng phương pháp này cho cả trường hợp các biến có tương quan hay có phân phối khác chuẩn. Để phục vụ cho các phương pháp đó, đại lượng ngẫu nhiên nhiều chiều và xử lý chuỗi số liệu do nhiều chiều cũng được thêm vào. Phương pháp Monte - Carlo và đánh giá độ tin cậy về môi được giới thiệu tóm tắt. Khi bổ sung và chỉnh lý, tác giả đã chú trọng hơn đến các kết cấu công trình.

Cuối cùng, đây là một cuốn sách tiếng Việt trong một lĩnh vực còn mới mẻ ở nước ta, được diễn đạt bằng một ngôn ngữ trong sáng, dễ đọc, rất bổ ích cho kỹ sư các ngành xây dựng và cơ khí cũng như cho các học viên cao học và nghiên cứu sinh.

Xin trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc.

Hà Nội 1-9-2000

GS. TS. NGUYỄN VĂN PHỐ

LỜI NÓI ĐẦU

Trong khoảng mười năm lại đây, ở nước ta, sự ra đời của nhiều viện thiết kế chuyên ngành, nhiều nhà máy chế tạo và sửa chữa với sản phẩm hàng loạt, việc sử dụng số lượng ngày một tăng các động cơ, máy móc, thiết bị, phương tiện vận tải và các kết cấu công trình dưới những điều kiện làm việc và môi trường rất khác nhau cho thấy quy mô to lớn phát triển các ngành công nghiệp trong nước. Trước mắt và lâu dài, trên con đường công nghiệp hóa, thu thập xử lý thông tin chất lượng của sản phẩm, xác định độ tin cậy của sản phẩm trong giai đoạn thiết kế, đánh giá các chỉ tiêu độ tin cậy của sản phẩm trong giai đoạn khai thác, đề ra chiến lược sửa chữa, quy mô sản xuất chế tạo trong nước hay nhập ngoại các phụ tùng dự trữ thay thế v.v... đang là những vấn đề cấp bách cần được giải quyết, nhằm nâng cao NĂNG SUẤT, CHẤT LƯỢNG và HIỆU QUẢ của nền sản xuất xã hội.

Các tài liệu đã xuất bản bằng tiếng Việt về độ tin cậy đến nay có thể kể tới bản dịch cuốn sách của Viện sĩ B.V. Gnedenko "Các phương pháp toán học trong lý thuyết độ tin cậy" [3], một số luận án và bài báo. Còn thiếu những tài liệu được trình bày một cách có hệ thống đóng vai trò một chiếc cầu nối giữa một bên là các mô hình toán học của lý thuyết độ tin cậy với một bên là các đối tượng cơ học cụ thể. Cuốn sách này được viết với hy vọng phần nào bổ khuyết chỗ trống đó.

Nhằm mục đích góp phần phục vụ đồng đảo các kỹ sư, chủ yếu thuộc lĩnh vực thiết kế và khai thác trong ngành cơ khí - những người đang quan tâm ứng dụng lý thuyết độ tin cậy để giải quyết những vấn đề kinh tế - kỹ thuật nói trên, trong cuốn sách này chúng tôi có ý định trình bày cơ sở đánh giá độ tin cậy, sao cho với những phương pháp và công thức tính toán ở đây, bạn đọc có thể dễ dàng vận dụng vào đối tượng nghiên cứu cụ thể của mình trong thực tiễn. Từ nguồn tài liệu được dẫn ở cuối sách, chúng tôi chọn ra những nội dung thích hợp, cố gắng sắp xếp, diễn đạt theo nguyên tắc có hệ thống, để áp dụng, để đạt được mục đích đã đặt ra, đồng thời có chú ý tới tính sư phạm để bạn đọc có thể tự bổ sung những kiến thức cơ sở về độ tin cậy mà hiện nay chưa có trong chương trình giảng dạy ở các trường đại học kỹ thuật.

Công cụ toán học chủ yếu của lý thuyết độ tin cậy là lý thuyết xác suất và thống kê toán học. Những khái niệm về lý thuyết tập, các phép

tính xác suất, các định lý giới hạn và nhiều chứng minh mà bạn đọc có thể tìm thấy trong những giáo trình, chẳng hạn [2], [5] và [10], phần lớn không được nhắc lại ở đây. Vì khuôn khổ có hạn và tính phức tạp của nhiều bài toán về độ tin cậy nên trong lần xuất bản này còn một số nội dung coi là cần thiết nhưng chưa được đề cập tới, chẳng hạn về đại lượng ngẫu nhiên nhiều chiều, quá trình ngẫu nhiên, các hệ thống dự phòng phức tạp và vấn đề tối ưu hóa độ tin cậy.

Cuốn sách bao gồm 8 chương.

Chương 1 trình bày những khái niệm dùng chung trong các chương sau cũng như những thuật ngữ có tính chất đề nghị, để dẫn tới một hệ thống định nghĩa thống nhất sau này trong Tiêu chuẩn Nhà nước. Trong chương này các dạng hỏng chủ yếu của máy và cơ cấu được phân loại.

Chương 2 trình bày các hàm phân phối xác suất và phân phối thực nghiệm điển hình thường gặp trong khi phân tích độ tin cậy của sản phẩm, các đặc trưng số của đại lượng ngẫu nhiên và tính chất của các tổ hợp các đại lượng ngẫu nhiên.

Sự kiện hỏng ngẫu nhiên biểu hiện bởi tuổi thọ ngẫu nhiên được xét trong chương 3. Các biểu thức chính xác và công thức ước lượng của các chỉ tiêu độ tin cậy của phần tử được đưa ra, trên cơ sở áp dụng kiến thức chung ở chương 2.

Chương 4 trình bày các phương pháp thống kê xử lý các số liệu thử độ tin cậy - những bước tiến hành không thể thiếu được khi phân tích độ tin cậy.

Chương 5 giới thiệu các phương pháp xác định độ tin cậy của sản phẩm ngay trong giai đoạn đầu của quá trình sản xuất và mối quan hệ giữa hệ số an toàn kinh điển với xác suất không hỏng.

Cách xác định độ tin cậy của các hệ thống không dự phòng và dự phòng gồm các phần tử phục hồi và không phục hồi được trình bày trong chương 6.

Phá hủy vì môi là dạng hỏng của phần lớn các chi tiết máy. Chương 7 trình bày cách xử lý và mô tả kết quả thử môi theo quan điểm xác suất cũng như trình bày các mô hình động lực học của độ tin cậy.

Trong khi đó mài mòn là nguyên nhân chủ yếu dẫn tới sự hỏng dần dần của máy và cơ cấu. Xác định độ tin cậy của những cặp chuyển động có ma sát được trình bày trong chương 8. Trong chương này có bài toán dự báo tuổi thọ còn lại.

Như vậy một số phần của cuốn sách có thể có ích với cả những ai quan tâm tới độ tin cậy của các đối tượng ngoài cơ học.

Chúng tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn các đồng nghiệp ở Bộ môn Sức bền vật liệu Trường Đại học Giao thông đường thủy và ở Viện Cơ học (Viện Khoa học Việt Nam) cũng như những người lãnh đạo xê-mi-na "Ứng dụng lý thuyết độ tin cậy", đặc biệt là Giáo sư Tiến sĩ Nguyễn Xuân Hùng vì những tiếp xúc thường xuyên trong quá trình chuẩn bị cho cuốn sách. Chúng tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn sâu sắc đối với Giáo sư Tiến sĩ Nguyễn Trọng Hiệp (Trường Đại học Bách khoa Hà Nội) vì những ý kiến chỉ dẫn quý báu của Giáo sư đã dành cho khi đọc toàn bộ bản thảo.

Chắc chắn còn những thiếu sót trong biên soạn. Chúng tôi rất mong nhận được sự phê bình góp ý của độc giả để cuốn sách có dịp được tiếp tục chỉnh lý và bổ sung.

Hà Nội 12-12-1986

PHAN VĂN KHÔI

MỤC LỤC

Lời giới thiệu cho lần tái bản thứ nhất	3
Lời nói đầu	4
<i>Chương 1. MỞ ĐẦU</i>	
1.1. Ý nghĩa của vấn đề độ tin cậy	9
1.2. Đối tượng và nhiệm vụ của khoa học về độ tin cậy	10
1.3. Quan điểm kinh tế về độ tin cậy	12
1.4. Các khái niệm cơ bản	13
1.5. Những yếu tố ảnh hưởng đến độ tin cậy	18
<i>Chương 2. ĐẠI LƯỢNG NGẪU NHIÊN, ĐẠI LƯỢNG THỐNG KÊ VÀ CÁC HÀM PHÂN PHỐI CỦA CHÚNG</i>	
2.1. Các đại lượng ngẫu nhiên thường gặp khi nghiên cứu độ tin cậy của hệ cơ học	21
2.2. Hàm phân phối và hàm mật độ	22
2.3. Hàm phân phối thực nghiệm	25
2.4. Các tham số của đại lượng ngẫu nhiên	26
2.5. Tò hợp các đại lượng ngẫu nhiên	29
2.6. Các hàm phân phối điển hình	32
2.7. Một số hàm phân phối của đại lượng thống kê	42
2.8. Đại lượng ngẫu nhiên nhiều chiều	47
<i>Chương 3. CÁC CHỈ TIÊU CỦA ĐỘ TIN CẬY</i>	
3.1. Sản phẩm có phục hồi và sản phẩm không phục hồi	51
3.2. Xác suất làm việc không hỏng	52*
3.3. Cường độ hỏng	53
3.4. Các đặc trưng số của tính không hỏng	56
3.5. Quan hệ giữa cường độ hỏng với các luật phân phối tuổi thọ	57
3.6. Ví dụ 3.1. Tính toán độ tin cậy của sản phẩm không phục hồi	60
3.7. Các chỉ tiêu độ tin cậy của sản phẩm có phục hồi	62
3.8. Ví dụ 3.2. Tính độ tin cậy của sản phẩm có phục hồi	71
3.9. Các chỉ tiêu của tính lâu bền	72
3.10. Các chỉ tiêu của tính lưu kho và vận chuyển	74
3.11. Các chỉ tiêu kinh tế của độ tin cậy	4
<i>Chương 4. XỬ LÝ THỐNG KÊ CÁC SỐ LIỆU NHẬN ĐƯỢC KHI THỬ ĐỘ TIN CẬY</i>	
4.1. Quy hoạch thử độ tin cậy	77
4.2. Thu thập số liệu từ phiếu theo dõi sản phẩm	78
4.3. Kiểm tra chất lượng của số liệu	79
4.4. Xây dựng hàm phân phối thực nghiệm	82
4.5. Kiểm tra sự phù hợp giữa phân phối thực nghiệm và phân phối chính xác	88
4.6. Ước lượng điểm các tham số	96
4.7. Ước lượng khoảng	105
4.8. Phương pháp hình học kiểm nghiệm luật phân phối	110
4.9. Xử lý thống kê một chuỗi số liệu đo hai chiều	113

Chương 5. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY

5.1. Phương pháp chung	120
5.2. Chọn các luật phân phối của sức bền và của hiệu ứng tải trọng	122
5.3. Quan hệ giữa độ tin cậy với các phân phối sức bền và hiệu ứng tải trọng	123
5.4. Xác định độ tin cậy bằng phương pháp hình học	139
5.5. Xác định độ tin cậy bằng phương pháp mức 2	142
5.6. Phương pháp Monte - Carlo	155
5.7. Quan hệ giữa các hệ số thành phần và chỉ số độ tin cậy	156
5.8. Quan hệ giữa hệ số an toàn và độ tin cậy	157
5.9. Giới hạn của xác suất hỏng	160
5.10. Các ví dụ thiết kế theo độ tin cậy	162

Chương 6. ĐỘ TIN CẬY CỦA HỆ THỐNG

6.1. Khái niệm	168
6.2. Hệ nối tiếp các phần tử không phục hồi	169
6.3. Hệ nối tiếp các phần tử có phục hồi	174
6.4. Hệ thống dự phòng có tải	180
6.5. Hệ thống hỗn hợp nối tiếp - song song	186
6.6. Hệ thống dự phòng không tải	187
6.7. Hệ thống dự phòng nhẹ tải	191
6.8. Hệ thống song song với tải phân bố	194
6.9. Hệ thống dự phòng kiểu trượt	195

Chương 7. ĐỘ BỀN MỎI VÀ ĐỘ TIN CẬY

7.1. Chương trình thí nghiệm mỏi	199
7.2. Phân loại các thí nghiệm mỏi	201
7.3. Xử lý và mô tả các kết quả thử mỏi	205
7.4. Các mô hình động lực học của mối quan hệ giữa độ tin cậy với các phân phối của hiệu ứng tải trọng và của sức bền	219
7.5. Đánh giá độ tin cậy về mỏi theo các tiêu chuẩn kỹ thuật	234

Chương 8. ĐỘ TIN CẬY CỦA CẤP MA SÁT

8.1. Hiện tượng mài mòn xét theo quan điểm xác suất	237
8.2. Xác định các chỉ tiêu độ tin cậy theo thời gian hỏng do mòn	239
8.3. Xác định chỉ tiêu độ tin cậy theo các thể hiện mòn	240
8.4. Các ví dụ tính toán	254
8.5. Dự báo thời gian sử dụng còn lại của các chi tiết bị mòn	259

PHỤ LỤC

Bảng I - Giá trị hàm mật độ phân phối chuẩn chuẩn hóa $\varphi(x)$	266
Bảng II - Giá trị hàm phân phối chuẩn chuẩn hóa $\Phi(x)$	268
Bảng III - Phân vị $\chi^2_{f,q}$ của phân phối χ^2	270
Bảng IV - Phân vị $\mathcal{F}_{f_1,q}$ của phân phối Student	271
Bảng V - Phân vị $F_{f_1,f_2,q}$ của phân phối Fisher	272
Bảng VI - Xác suất của phân phối Poisson	278
Bảng VII - Giá trị giới hạn V_n, \mathcal{P} để loại sai số thô	281
Bảng VIII - Giá trị giới hạn $\lambda_{n,\alpha}$ của phép kiểm nghiệm Kolmogorov	282
Tài liệu tham khảo	283

CHƯƠNG 1

MỞ ĐẦU

1.1. Ý NGHĨA CỦA VẤN ĐỀ ĐỘ TIN CẬY

Những sản phẩm kỹ thuật được chế tạo và sử dụng trong thời đại chúng ta, như các động cơ, máy, thiết bị trong quá trình sản xuất cơ khí hóa và tự động hóa, máy tính điện tử, người máy, các kết cấu công trình trên mặt đất và trên biển, những phương tiện giao thông vận tải và viễn thông, thiết bị bay trong không gian, các cơ quan nhân tạo thay thế các bộ phận của cơ thể con người cũng như những vật phẩm tiêu dùng hàng ngày, đang đảm nhận những nhiệm vụ chức năng ngày càng cao và đang đứng trước yêu cầu được hoàn thiện không ngừng những tính chất về khả năng làm việc của chúng.

Những sản phẩm kỹ thuật đó thường bao gồm một số lớn phần tử điện và cơ. Trong mối liên kết chặt chẽ giữa các ngành sản xuất xã hội và với trình độ tự động hóa cao ngày nay, sự hư hỏng của một phần tử nào đó không chỉ gây thiệt hại riêng cho một dây chuyền sản xuất, mà thường vượt qua phạm vi của một nhà máy, thiệt hại đó có thể xảy ra cho toàn ngành, gây rối loạn cho tiến độ thực hiện hợp đồng kinh tế với các ngành khác, nước khác. Trong những trường hợp nhất định, những sản phẩm thiếu tin cậy trực tiếp hoặc gián tiếp gây tai họa cho tính mạng nhiều người, thậm chí đe dọa uy tín và sự an toàn của một hay nhiều quốc gia.

Những vật phẩm tiêu dùng hàng ngày kém chất lượng và không tin cậy dẫn tới những lãng phí không sao kể xiết cho nền kinh tế quốc dân về vốn đầu tư, năng lượng, nguyên vật liệu cũng như sức lao động xã hội sản xuất ra chúng và còn hậu quả thứ cấp tai hại hơn nhiều do tâm lý không dễ chịu của những người tiêu dùng những sản phẩm này gây ra, khi biết rằng, những người tiêu dùng cũng chính là những người lao động, sản xuất ra những vật phẩm khác.

Việc nâng cao khả năng làm việc của sản phẩm kỹ thuật, như khả năng chịu tải, chịu nhiệt, tốc độ, độ chính xác, hiệu suất làm việc, mức độ tự động hóa, tuổi thọ, tính an toàn, đồng thời giảm kích thước, khối lượng

v.v., dưới những điều kiện nhất định, vì vậy trở thành một vấn đề cấp bách trong cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật hiện nay trên thế giới và trong nước

Vấn đề độ tin cậy ngày càng được quan tâm nghiên cứu lý thuyết và ứng dụng rộng lớn của các nhà khoa học, các kỹ sư, các nhà kinh tế và các nhà tổ chức quản lý sản xuất trong mọi lĩnh vực từ điện tử, cơ khí, xây dựng, các ngành công nông nghiệp, giao thông vận tải, tới cả sinh học và y học. Giải quyết vấn đề độ tin cậy trở thành một nhiệm vụ có ý nghĩa quan trọng hàng đầu, nhằm khai thác một nguồn dự trữ lớn lao, nâng cao hiệu quả lao động, năng lực lao động và sức sản xuất xã hội.

Với đặc thù và phương pháp luận của mình, nghiên cứu về độ tin cậy đã làm xuất hiện một lĩnh vực mới của khoa học và kỹ thuật bên cạnh các khoa học khác: khoa học về độ tin cậy.

Trong đường lối xây dựng nền kinh tế xã hội chủ nghĩa ở nước ta, sự tăng dần sản phẩm lao động xã hội, chất lượng sản xuất, hiệu quả kinh tế, sự phát triển theo chiều sâu để thúc đẩy quá trình tái sản xuất mở rộng đã được khẳng định là một nhân tố quyết định hàng đầu trong thời kỳ quá độ tiến lên nền sản xuất lớn xã hội chủ nghĩa.

1.2. ĐỐI TƯỢNG VÀ NHIỆM VỤ CỦA KHOA HỌC VỀ ĐỘ TIN CẬY

Đối tượng nghiên cứu của khoa học về độ tin cậy là các động cơ, cơ cấu, máy, thiết bị, kết cấu công trình, dụng cụ, các sản phẩm hàng hóa được chế tạo ra nói chung và các tổ hợp của chúng trong mối quan hệ tương hỗ nhằm hoàn thành một phức hợp nhiệm vụ nhất định (các hệ thống) cũng như các bộ phận, nhóm, cụm chi tiết và các chi tiết cấu thành chúng (các phân tử). Ta thường gọi đối tượng nghiên cứu của khoa học này bằng một tên chung: *sản phẩm*.

Xem xét chất lượng của sản phẩm khi chế tạo ra hay sau một thời gian sử dụng, người ta thấy rằng, dù vật liệu đã được chọn lọc kỹ để đảm bảo tính thuần nhất cũng như các điều kiện công nghệ được giữ không đổi, chất lượng của sản phẩm được chế tạo ra vẫn mang tính ngẫu nhiên.

Cho dù những chỉ tiêu chất lượng ban đầu của sản phẩm có thể giống nhau, nhưng sau một thời gian nhất định, một mặt do tác động của môi trường, lão hóa hay hao mòn, điều kiện chăm sóc bảo dưỡng; mặt khác do tác dụng của tải trọng thường không theo một quy luật biết trước, các chỉ