

**PGS.TS. ĐỖ ĐỨC TUẤN**

**ĐÁNH GIÁ HAO MÒN VÀ ĐỘ TIN CẬY  
CỦA CHI TIẾT VÀ KẾT CẤU  
TRÊN ĐẦU MÁY DIEZEL**

**NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI, HÀ NỘI - 2005**

## LỜI NÓI ĐẦU

Chất lượng vận dụng của đầu máy được thể hiện qua hàng loạt các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật, trong đó có các chỉ tiêu về độ tin cậy, thể hiện khả năng làm việc, mức độ hao mòn, hư hỏng của các chi tiết trên đầu máy trong các điều kiện làm việc cụ thể, đặc biệt trong điều kiện ở nước ta.

Ở các nước phát triển, nghiên cứu hao mòn và đánh giá độ tin cậy của đầu máy trong quá trình sử dụng và khai thác là vấn đề thường xuyên được cập nhật và ngày càng hoàn thiện. Ở Việt Nam vấn đề này còn tương đối mới mẻ, có thể nói cho đến nay, vấn đề nghiên cứu các chỉ tiêu liên quan đến quá trình hao mòn và độ tin cậy của đầu máy vẫn chưa được quan tâm một cách đúng mức và chưa có những nghiên cứu một cách đầy đủ và hệ thống.

Để góp phần làm sáng tỏ những biến đổi về tính năng kỹ thuật của đầu máy trong quá trình khai thác, cũng như góp phần nâng cao hiệu quả vận dụng và hoàn thiện quy trình sửa chữa đầu máy, đã tiến hành các nghiên cứu liên quan tới việc khảo sát hao mòn các cụm chi tiết chính trên đầu máy diesel sử dụng trong điều kiện Việt Nam, xác định các đặc trưng hao mòn cơ bản, trong đó có các quy luật hao mòn của chi tiết theo thời gian làm việc; đánh giá độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy thông qua các hư hỏng gây gián đoạn chạy tàu trên tuyến, và nội dung các nghiên cứu đó được giới thiệu trong cuốn sách này.

Các thông số đặc trưng về cường độ hao mòn của chi tiết hoặc cụm chi tiết là cơ sở để xác định thời gian làm việc của chúng giữa hai kỳ giải thể, sửa chữa; hay nói khác, là cơ sở cho việc kiểm nghiệm và hiệu chỉnh (rút ngắn hoặc kéo dài) chu kỳ giải thể, bảo dưỡng, sửa chữa hiện hành của nhóm chi tiết nói riêng và của đầu máy nói chung. Căn cứ lượng dự trữ hao mòn, các giá trị hao mòn giới hạn và cường độ hao mòn thực tế của mỗi loại chi tiết, có thể xác định được tuổi thọ kỹ thuật hay thời hạn phục vụ của các loại chi tiết đã khảo sát. Các thông số về cường độ hao mòn của các loại chi tiết còn cho phép phân tích, đánh giá chất lượng của các chi tiết trong quá trình vận dụng, mối quan hệ giữa điều kiện khai thác với quá trình hao mòn, cho phép dự báo được trạng thái kỹ thuật và thời hạn làm việc hay tuổi thọ còn lại của chúng, lập kế hoạch chi phí phụ tùng vật tư dự trữ cho đầu máy trong quá trình khai thác và bảo dưỡng, sửa chữa.

Các chỉ tiêu độ tin cậy được xác định là cơ sở cho việc phân tích, so sánh mức độ tin cậy làm việc của các phân hệ trong một loại đầu máy và giữa các loại đầu máy với nhau, đồng thời là cơ sở cho việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của độ tin cậy vận dụng đầu máy tới chất lượng và hiệu quả vận tải đường sắt.

Nội dung cuốn sách có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên, học viên cao học, nghiên cứu sinh ngành cơ khí nói chung và chuyên ngành đầu máy-toa xe nói riêng. Mặt khác, cuốn sách cũng có thể có ích đối với các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật và cán bộ quản lý thuộc lĩnh vực đầu máy - toa xe trong ngành vận tải đường sắt Việt Nam.

Chúng tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn chân thành đối với Phó Giáo sư Tiến sỹ Phan Văn Khôi (Cục đăng kiểm Việt Nam) đã dành thời gian đọc bản thảo và cho những ý kiến chỉ dẫn thiết thực và quý báu.

Trong quá trình biên soạn, chắc chắn không tránh khỏi những sơ suất và thiếu sót về nội dung cũng như hình thức chúng tôi chân thành mong nhận được các ý kiến đóng góp và xây dựng của bạn đọc.

Hà Nội, 15 - 9 - 2003

**ĐỖ ĐỨC TUẤN**

# CHƯƠNG I

## TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH SỬ DỤNG ĐẦU MÁY TRONG NGÀNH ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM

### 1.1. Đặc điểm và tính năng kỹ thuật các loại đầu máy đang sử dụng trong ngành vận tải đường sắt Việt Nam

Hiện nay ngành đường sắt Việt Nam đang sử dụng nhiều kiểu loại đầu máy diesel nhập từ nhiều nước khác nhau như Liên Xô (D4H), Australia (D5H), Mỹ (D9E), Rumani (D11H), Séc (D12E), Ấn Độ (D13E), Bỉ (D18E) và Trung Quốc (D10H, D14E, D16E và D19E) và sắp tới có thể nhập đầu máy của Liên bang Đức (D20E), v.v... và do vậy chúng khá đa dạng về kết cấu, kiểu loại truyền động và dải công suất. Các loại đầu máy nói trên bao gồm hai loại truyền động: truyền động thủy lực (D4H, D5H, D10H và D11H) và truyền động điện (D9E, D12E, D13E, D14E, D16E, D18E và D19E). Xét về dải công suất có thể phân thành hai nhóm: đầu máy công suất nhỏ (với  $Ne < 900$  ML) gồm D4H và D5H, và đầu máy công suất lớn (với  $Ne \geq 900$  ML) gồm D9E, D10H, D11H, D12E, D13E, D14E, D16E, D18E và D19E.

Hiện nay ngành đường sắt Việt Nam có tổng số 347 đầu máy các loại, với tổng công suất danh nghĩa khoảng 298 500 ML, trong đó đầu máy công suất nhỏ (D4H, D5H) có số lượng gần 150 chiếc với tổng công suất danh nghĩa khoảng trên 65 700 ML, đầu máy công suất lớn với số lượng gần 200 chiếc với tổng công suất danh nghĩa khoảng 232 800 ML. Sau 30 năm vận dụng, đầu máy công suất nhỏ (chủ yếu là D4H) đã đóng góp vai trò tích cực cho sự phát triển của ngành đường sắt Việt Nam, tuy nhiên đến nay, các loại đầu máy này không còn phù hợp với xu hướng phát triển của ngành, vì vậy Đường sắt Việt Nam đã có chủ trương thay thế dần dần đầu máy D4H từ nay đến năm 2005 bằng những loại đầu máy tiên tiến hơn.

Như vậy, một cách tổng quát có thể thấy rằng nguồn sức kéo chủ lực của ngành đường sắt Việt Nam là đầu máy diesel truyền động điện công suất lớn, trong đó đặc biệt là các loại đầu máy diesel được nhập vào Việt Nam từ 1984-1986 trở lại đây.

Các thông số kỹ thuật cơ bản của các loại đầu máy hơi nước đã sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam được thể hiện trong bảng 1.1.

Số lượng và chủng loại đầu máy hiện đang sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam được thể hiện trong các bảng 1.2 và 1.3.

Đặc tính kỹ thuật cơ bản của đầu máy diesel truyền động thủy lực và truyền động điện đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam được cho trong các bảng 1.4 và 1.5.

Đặc tính kỹ thuật cơ bản của động cơ đầu máy diesel đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam được cho trong bảng 1.6.

Đặc tính sức kéo một số đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam được cho trong bảng 1.7 và được thể hiện trên hình 1.1.

Bảng 1.1. Đặc tính kỹ thuật cơ bản của các loại đầu máy hơi nước đã được sử dụng trên đường sắt Việt Nam trong những năm trước đây

TT	Đặc tính kỹ thuật	Prairie	Mikado	Tự lực	JF6
1	Nước chế tạo	Pháp	Pháp	Trung Quốc	Nhật, TQ
2	Năm chế tạo	1932-1950	1965	1965	1932-1967
3	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1435
4	Công dụng kéo tàu	Khách+Hàng	Khách+Hàng	Khách+Hàng	Khách+Hàng
5	Công thức trục	1-3-1	1-4-1	1-4-1	1-4-1
6	Tải trọng trục (T/trục)	10,920	12,500	12,500	12,577
7	Trọng lượng chính bị (T)	50,5	63	63	175,2
8	Công suất thiết kế (ML)	750	1100	1100	1780
9	Sức kéo khởi động (kG)	5855	9840	9840	20050
10	Tốc độ cấu tạo (km/h)	79	67	67	80

11	Kích thước giới hạn (mm) Dài Rộng Cao	11350 2800 3900	11505 2750 3780	11505 2750 3780	22995 4244 4410
12	Cự ly cứng nhắc giữa 2 bánh xe ngoài cùng, (mm)	3800	4050	4050	21168

Bảng 1.2. Số lượng và chủng loại các loại đầu máy trên đường sắt Việt Nam hiện nay

TT	Hạng mục	Khổ đường	Tổng số	Đầu máy VD	Ghi chú
<b>I</b>	<b>Đầu máy hơi nước</b>				
1	Tự lực	1435	7	3	-
<b>II</b>	<b>Đầu máy diesel</b>				
1	D4H (Liên Xô)	1000 và 1435	148	99	TY5, TY7
2	D5H (Australia)	1000	13	13	-
3	D10H (TQ)	1000	20	20	ĐFH 21
4	D11H (Rumani)	1000	23	23	-
5	D8E (VN-TQ)	1000	02	02	Đoàn tàu KĐ
6	D9E (Mỹ)	1000	33	33	GE
7	D12E (CH Séc)	1000	40	40	-
8	D13E (Ấn Độ)	1000	24	24	-
9	D14E (TQ)	1435	5	5	JMD 2360
10	D16E (TQ)	1435	3	3	Đông Phong
11	D18E (VQ Bỉ)	1000	16	16	-
12	D19E (TQ)	1000	20	20	Đổi Mới

Bảng 1.3. Số lượng đầu máy tại các Xí nghiệp Đầu máy trong thời gian hiện nay (5/2004)

TT	Loại đầu máy	Xí nghiệp Đầu máy					Tổng số
		Hà Lào	Hà Nội	Vinh	Đà Nẵng	Sài Gòn	
<b>I</b>	<b>Hơi nước (Tự Lực)</b>		7 (3VD)				7
<b>II</b>	<b>Diesel</b>						
1	D4H	51 (12VD)	52*	28 **	17(7VD)		148
2	D5H	13					13
3	D10H	20					20
4	D11H				23		23
	D8E		02				02
5	D9E					33	33
6	D12E	5	22		13		40
7	D13E			10		14	24
8	D14E		5				5
9	D16E		3				3
10	D18E			16			16
11	D19E		10			10	20
	<b>Tổng số</b>	<b>89</b>	<b>94</b>	<b>54</b>	<b>53</b>	<b>57</b>	<b>347</b>

\* Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội đang sử dụng tổng số 52 đầu máy D4H, trong đó có:

- Đầu máy D4H nguyên thủy, động cơ 1D12-400, tốc độ V=50 km/h (màu xanh): số lượng 29 chiếc, trong đó vận dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội 15 chiếc và tại Phân đoạn Yên Viên là 14 chiếc.

- Đầu máy D4H cải tạo, lắp động cơ MTU, tốc độ V=70 km/h (màu đỏ): số lượng 13 chiếc, trong đó vận dụng tại Hà Nội là 13 chiếc.

- Đầu máy D4H cải tạo (khổ đường 1435 mm): số lượng 10 chiếc, tất cả đều sử dụng tại Phân đoạn Yên Viên.

\*\* Xí nghiệp Đầu máy Vinh đang sử dụng tổng số 28 đầu máy D4H, trong đó:

- Đầu máy D4H nguyên thủy (màu xanh): 23 chiếc

- Đầu máy D4H cải tạo (V=70 km/h, màu đỏ): 05 chiếc

Bảng 1.4. Đặc tính kỹ thuật cơ bản của đầu máy diesel truyền động thủy lực đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam

TT	Đặc tính kỹ thuật	D4H	D5H	D10H	D11H
1	Nước chế tạo	Liên Xô	Australia	Trung Quốc	Rumani
2	Năm chế tạo	1976-1986	1966	1978-1982	1978
3	Năm sử dụng tại VN	1976	1993	2002	1978
4	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1000
5	Công dụng kéo tàu	H + K	H + K	H + K	H + K
6	Loại động cơ diesel	1D12-400	Caterpilla D553	12V180ZJ	12V-396TC14
7	Công suất động cơ (ML)	400	500	1000	1100
8	Phương thức truyền động	Thủy lực	Thủy lực	Thủy lực	Thủy lực
9	Bộ truyền động thủy lực	êÃẽ 400-650	Voith L420 RV2	SF2010-2A (L420 r U2)	GSR 30/5,7 APEEW
10	Hệ thống hãm	Gió ép	Gió ép	Gió ép	Gió ép
11	Công thức trục	B - B (2 - 2)	B - B (2 - 2)	B - B (2 - 2)	B - B (2 - 2)
12	Tải trọng trục (T/trục)	6	10	14,2	14
13	Trọng lượng chính bị (T)	24	40	78	56
14	Công suất thiết kế (ML)	400	500	800	1100
15	Sức kéo khởi động (kG)	7200	12000	-	16200
16	Sức kéo dài hạn (kG)	5000	-	-	9500
17	Tốc độ cấu tạo (km/h)	50	65	55	100
18	Tốc độ dài hạn (km/h)	15	-	-	20
19	Bán kính cong R <sub>min</sub>	60	46	70	90
20	Kích thước giới hạn (mm)				
	Dài	9400	10060	14290	14006
	Rộng	2717	2820	3200	2780
	Cao	3435	3825	4440	3680
21	Chiều cao đầu đấm (mm)	825	825	825	825
22	Cự ly tâm cối chuyên (mm)	4700	5310	-	7200
23	Cự ly tâm trục bánh (mm)	1400	2134	-	2350
24	Đường kính bánh xe (mm)	600	910	-	1000
25	Dung tích nhiên liệu (kg)	600	2270 l	-	2000
26	Dung tích dầu bôi trơn (l)		55	175	
27	Dung tích nước làm mát (l)	10,5	270	140-160	
28	Khối lượng cát (kg)	457	57/thùng	-	300
29	Số lượng đầu máy hiện có	166	13	20	17

Bảng 1.5. Đặc tính kỹ thuật cơ bản của đầu máy diesel truyền động điện đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam

TT	Đặc tính kỹ thuật	D9E	D12E	D13E	D14E	D18E	D19E
1	Nước chế tạo	Mỹ	CH Séc	Ấn Độ	Trung Quốc	Bỉ	Trung Quốc
2	Năm chế tạo	-	1985	1983	-	1983	2002
3	Năm sử dụng tại VN	1963	1986	1985	2001	1984	2002
4	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1435	1000	1000
5	Công dụng kéo tàu	H + K	H + K	H + K	H + K	H	H+K
6	Loại động cơ diesel	Caterpilla D398	K6S 230 DR	ALCO 251-D	Caterpilla 3508B	CKL-8TR 240 CO	Caterpilla 3512B
7	Công suất động cơ (ML)	900	1200	1300	970 kW	1800	1900 (1455kW)
8	Phương thức truyền động	Điện MC-MC	Điện MC-MC	Điện MC-MC	Điện MC-XC	Điện XC-MC	Điện XC-MC
9	Khối lượng ĐC-MP (kg)	9000	11400	16123		15905	
10	Khối lượng MPĐC (kg)	2935	3940	4046	3665	4000	
11	Khối lượng ĐCĐK (kg)	1638	1760	1816	2980	1590	
12	Hệ thống hãm	28LV1	Dako	Dvitmencadi	JZ7	Knorr	
13	Công thức trục	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> (2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> (2 <sub>0</sub> - 2 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> - 3 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> - 3 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> - 3 <sub>0</sub> )
14	Tải trọng trục (T/trục)	13	14	12	17,5	14	13
15	Trọng lượng chính bị (T)	52	56	72	105	84	78
16	Công suất thiết kế (ML)	900	1200	1300	774 kW	1800	1900
17	Sức kéo khởi động (kG)	15600	14600	21600	280 kN	25500	355,2 kN
18	Sức kéo dài hạn (kG)	12000	11700	16050	188 kN	19000	224 kN
19	Tốc độ cấu tạo (km/h)	114	80	96	100	105	120
20	Tốc độ dài hạn (km/h)	12	16	15,5	14,5	15,6	14,7
21	Bán kính cong R <sub>min</sub> (m)	75	75	75	100	75	100/70
22	Kích thước giới hạn (mm)						
	Dài	11644	13306	14328	17300	15500	16000
	Rộng	2473	2754	2730	3250	2880	2900
	Cao	3784	3854	3635	4764	3875	3935
23	Chiều cao đầu đấm (mm)	825	825	825	880 ± 10	825	825
24	Cự ly tâm còi chuyên (mm)	5689	6700	9550	8780	7900	8100
25	Cự ly tâm trục bánh (mm)	2028	2400	1829-2388	1800	1650	1650
26	Đường kính bánh xe (mm)	1016	1000	925	1050	1016	1000
27	Dự trữ nhiên liệu (l)	2200	2200	3000	3500	3000	3500
28	Dự trữ dầu bôi trơn (kg)	342 lít	385	280	200	350	318 lít
29	Dung tích nước làm mát (l)	456	-	-	600	400	600
30	Dự trữ cát (kg)	-	300	280	400	260	400
31	Số lượng đầu máy hiện có	33	40	24	5	16	20

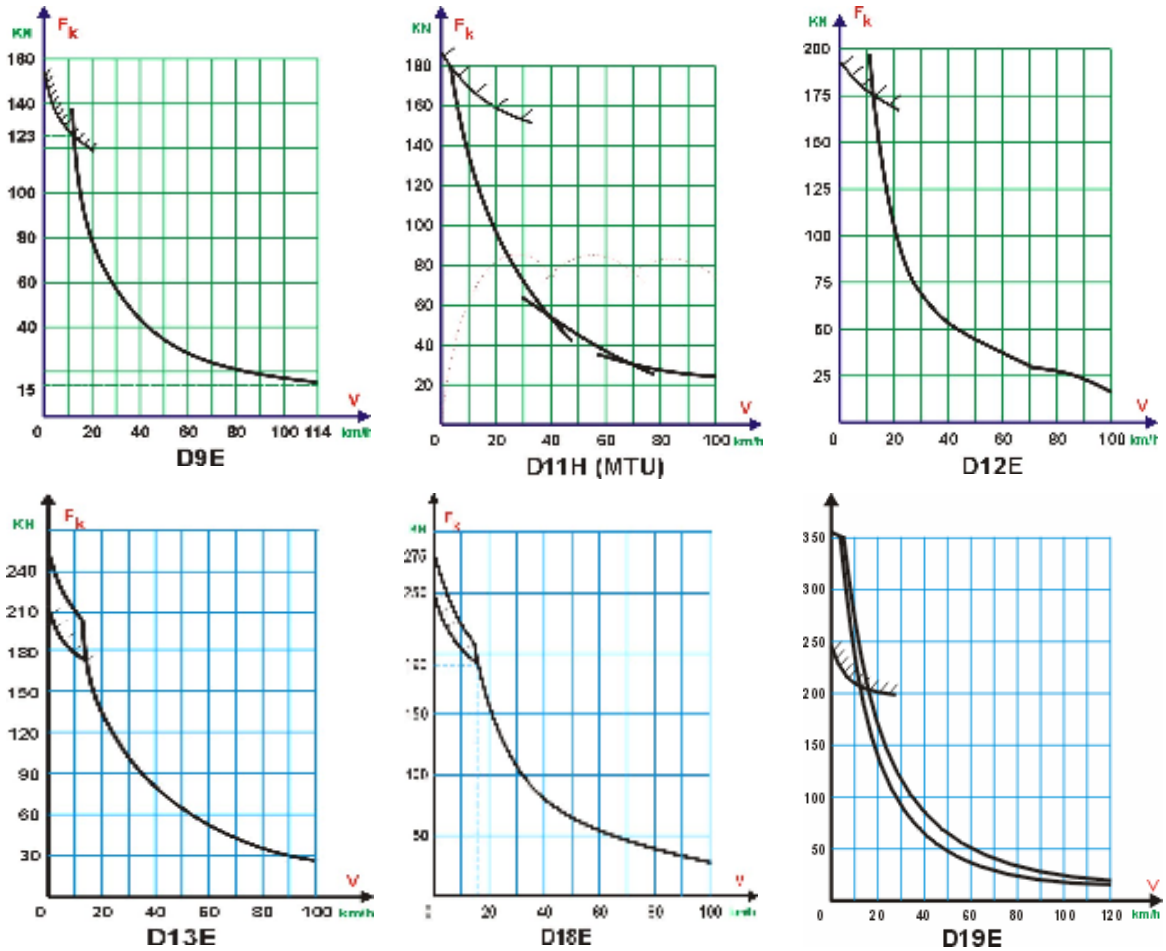
Bảng 1.6. Đặc tính kỹ thuật cơ bản của động cơ đầu máy diesel sử dụng trên ĐSVN

TT	Loại động cơ diesel	1D12 400	D533	12V 180ZJ	12V396 TC14	D398	K6S 230DR	ALCO 25-D	CAT 3508B	CKL8TR 24CO	CAT 3512B
1	Lắp trên đầu máy	D4H	D5H	D10H	D11H	D9E	D12E	D13E	D14E	D18E	D19E
2	Nước chế tạo	LX	Úc	TQ	Ru	Mỹ	Séc	Án	TQ	Bi	TQ
3	Công suất định mức (ML)	400	500	1100	1100	900	1200	1300	970 kW	1800	1900
4	Số vòng quay định mức (v/ph)	1600	1500	1500	1500	1365	1150	1100	1800	1000	1800
5	Số vòng quay không tải (v/ph)	500	500	800	500	400	500	400	720	500	600
6	Số xi lanh	12	12	12	12	12	6	6	8	8	
7	Cách bố trí xi lanh	V	V	V	V	V	⊥	⊥	V-60°	⊥	
8	Đường kính xi lanh (mm)	150	-	180	165	158,75	230	228,6	170	241,3	
9	Hành trình pittông (mm)	180	-	205	185	203,2	260	266,7	190	304,8	
10	Số kỳ động cơ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	Phương thức nạp khí	KTA	CTA		CTA	CTA	CTA	CTA	CTA	CTA	CTA
12	Khối lượng động cơ (kg)	-	-	4900	-	5436	7460	10818	4355	11905	
13	Suất hao nhiên liệu (g/ML.h)	168	160	251 g/kWh	204 g/kWh	158	167	165	199 g/kWh	159	197 g/kWh

Bảng 1.7. Đặc tính sức kéo một số đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam

Tốc độ $V$ , km/h	Loại đầu máy và lực kéo đầu máy $F_k$ , kN								
	D4H(24T)	D5H(40T)	D9E (52T)	11H(52T)	D12E(56T)	D13E(72T)	D18E(84T)	D19E-H (78T)	D19E-S (78T)
0	$F_{kd}=72,0$	$F_{kd}=99,6$ 4	$F_{kd}=156,0$	$F_{kd}=162,0$	$F_{kd}=146,0$	$F_{kd}=216,0$	$F_{kd}=255,0$	$F_{kd}=355,2$	$F_{kd}=355,2$
$V_{\infty}=9,7$	-	$F_k^{\infty}=80,07$	-	-	-	-	-	-	-
10	58,3		128,0	140,0	142,0	172,0	200,0	230,0	300,0
$V_{\infty}=12$	54,0	-	$F_k^{\infty}=123,0$	-	-	-	-	-	-
$V_{\infty}=14,7$	-	-	-	-	-	-	-	$F_k^{\infty}=224$	$F_k^{\infty}=224$
$V_{\infty}=15,5$	-	-	-	-	-	$F_k^{\infty}=160,5$	-	-	-
$V_{\infty}=15,6$	-	-	-	-	-	-	$F_k^{\infty}=190,0$	-	-
$V_{\infty}=16,0$	-	-	-	-	$F_k^{\infty}=117,0$	-	-	-	-
20	32,7		91,5	$F_k^{\infty}=$ 95,0	110,0	138,0	140,0	128	170
30	22,0		66,0	78,0	63,0	138,0	105,0	90	119
40	17,7		48,0	56,0	50,0	92,0	80,0	69	90
50	14,0		35,0	46,0	35,5	70,0	62,0	54	72
60	-		28,5	37,5	31,0	55,0	52,0	44	60
70	-	-	24,0	31,9	25,0	45,0	45,0	38	51
80	-	-	21,5	28,0	23,0	38,0	38,0	32	43
90	-	-	18,5	26,0	-	34,0	30,0	29	39
100	-	-	16,0	25,0	-	30,0	28,0	25	32
110	-	-	-	-	-	-	-	21	29
120	-	-	-	-	-	-	-	19	23

$V_{max}$	50	65	114	100	80	96	105	120	120
-----------	----	----	-----	-----	----	----	-----	-----	-----



Hình 1.1. Đặc tính sức kéo một số đầu máy sử dụng ở Việt Nam

## 1.2. Các cơ sở vận dụng và bảo dưỡng, sửa chữa đầu máy trong ngành đường sắt Việt Nam

Đề khai thác, bảo dưỡng, sửa chữa đầu máy, hiện nay ĐSVN có các cơ sở công nghiệp chủ yếu sau đây:

### 1- Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào

Từ năm 1986 trở về trước, Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào sử dụng sức kéo hơi nước, gồm hai loại đầu máy Prairie và Mikado. Năm 1986 đầu máy D4H được đưa vào thay thế dần sức kéo hơi nước, và đến năm 1988 đầu máy D4H đã chiếm lĩnh toàn bộ tuyến phía Tây, làm nhiệm vụ kéo tàu khách, tàu hàng địa phương, tàu công trình, dồn dịch tại các ga lập tàu và các khu công nghiệp.

Từ năm 1993 Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào được bổ sung loại đầu máy D5H (second hand) do Australia chế tạo, với số lượng 13 chiếc; từ năm 2002 đến nay Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào được bổ sung 20 đầu máy D10H (second hand) do Trung Quốc chế tạo, đồng thời tiếp nhận thêm 5 đầu máy D12E từ các Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Đà Nẵng chuyển giao.

Các đầu máy nói trên làm nhiệm vụ kéo tàu quốc tế liên vận Hà Nội - Côn Minh trên khu đoạn Hà Nội - Lào Cai và ngược lại, các mác tàu khách liên tuyến, tàu khách và tàu hàng địa phương.

Đặc điểm của tuyến phía Tây là đường sắt chạy qua nhiều vùng đồi núi, nhiều dốc, bán kính đường cong nhỏ và có nhiều đoạn đường cong trái chiều. Đường nhánh vào mỏ Apatit có dốc Pom Hán cao 17 ‰.



Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào còn thực hiện công tác bảo dưỡng và sửa chữa định kỳ tới cấp Ky đối với một số loại đầu máy đã nêu.

#### *2- Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội*

Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội nguyên là Xí nghiệp Đầu máy hơi nước, đã từng sử dụng các loại đầu máy Prairie, Mikado, Tự lực và Giải Phóng 6. Từ năm 1972 Xí nghiệp tiếp nhận và sử dụng loại đầu máy diesel đầu tiên là DFH-3 do Trung Quốc chế tạo. Tuy nhiên loại đầu máy này sau một số năm vận dụng đã bị hư hỏng nhiều, không có khả năng khôi phục và cuối cùng đã bị thanh lý hoàn toàn. Đến năm 1986, Xí nghiệp bắt đầu sử dụng đầu máy D4H, làm nhiệm vụ kéo tàu khách, tàu hàng địa phương, kéo tàu hàng trên các đường nhánh, phụ đẩy ở khu gian khó khăn có độ dốc lớn hơn 12‰.

Để cải thiện một bước nâng cao tốc độ chạy tàu phục vụ hành khách trên các tuyến có mật độ đi lại lớn, một số đầu máy D4H đã được cải tạo thay đổi tỷ số truyền bánh răng hộp giảm tốc trực, lắp thêm giảm chấn thủy lực để nâng tốc độ cấu tạo từ 50 km/h lên 70 km/h. Từ năm 1996, để đáp ứng yêu cầu tàu khách nhanh Hà Nội - Hải Phòng hành trình 2h00 - 2h30, LHĐSVN đã cải tạo một số đầu máy D4H bằng cách lắp động cơ diesel của Hãng MTU (Cộng hoà Liên bang Đức) có công suất tương đương thay cho động cơ 1D12-400. Đầu máy D4H cũng đã từng được sử dụng để kéo tàu Liên vận Quốc tế Hà Nội - Bắc Kinh trên khu đoạn Hà Nội - Đồng Đăng và ngược lại.

Bắt đầu từ năm 1990, Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội được giao quản lý và sử dụng đầu máy D12E với số lượng 15 chiếc. Từ năm 1997 được bổ sung thêm 7 chiếc từ Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng, đưa tổng số đầu máy D12E của Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội lên 22 chiếc.

Từ năm 2002 đến nay, Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội đã tiếp nhận thêm 10 đầu máy D19E do Trung Quốc chế tạo.

Đầu máy D12E và D19E được sử dụng kéo tàu khách, tàu hàng trung ương và địa phương, trong đó chủ yếu kéo tàu khách và tàu hàng Bắc - Nam và tàu hàng HBN v.v...

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội còn thực hiện công tác bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ và đại tu đối với các loại đầu máy đã nêu.

#### *3- Xí nghiệp Đầu máy Vinh*

Tiền thân là Xí nghiệp Đầu máy Thanh Hoá, Xí nghiệp Đầu máy Vinh là Xí nghiệp đầu tiên sử dụng đầu máy diesel ở miền Bắc từ năm 1968 với loại đầu máy D4H do Liên Xô chế tạo.

Đầu máy D4H ở Xí nghiệp Đầu máy Vinh được sử dụng kéo tàu khách và tàu hàng địa phương trên các đường chính và đường nhánh, phục vụ tàu công trình, dồn dịch ở các ga lập tàu và đẩy đèo.

Kể từ năm 1984, Xí nghiệp Đầu máy Vinh bắt đầu tiếp nhận và sử dụng đầu máy D18E với số lượng 16 chiếc, làm nhiệm vụ kéo tàu hàng trên chính tuyến.

Kể từ sau năm 2002, Xí nghiệp tiếp nhận thêm 10 đầu máy D13E do Ấn Độ chế tạo.

Các đầu máy công suất lớn của Xí nghiệp Đầu máy Vinh là nguồn động lực chủ yếu cho vận tải hàng hoá của Công ty Vận tải hàng hoá đường sắt.

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Vinh còn thực hiện công tác bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ và đại tu đối với các loại đầu máy đã nêu.

#### *4- Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng*

Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng, tiền thân là Ty Cơ xa Đà Nẵng dưới thời Mỹ-Ngụy, được thành lập từ năm 1975. Tên gọi của XNĐMĐN được thay đổi theo từng thời kỳ: Từ 1975 đến 1982 là Đoàn Đầu máy Đà Nẵng, từ 1982-1986 là Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng, từ 1986-1988 là Xí nghiệp Đầu máy-Toa xe Đà Nẵng và từ tháng 5/1998 Xí nghiệp Đầu máy-Toa xe Đà Nẵng được tách thành hai Xí nghiệp: Đầu máy Đà Nẵng và Toa xe Đà Nẵng.

Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng có nhiệm vụ cung cấp sức kéo phục vụ các mạch tàu khách, tàu hàng trung ương và địa phương, tàu hàng cắt móc khu đoạn theo yêu cầu của ngành. Hiện nay Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng sử dụng 3 loại đầu máy là D4H, D11H và D12E.

Đầu máy D4H được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng từ năm 1976, làm nhiệm vụ kéo tàu khách thường trong khu đoạn như tàu khách địa phương Huế - Đồng Hới, Đà Nẵng - Quy Nhơn, đảm bảo việc tăng cường kéo các tàu Đà Nẵng - Huế, tàu hàng địa phương, tàu hàng cất móc, tàu đá, tàu thoi đường ngắn, v.v... Ngoài ra đầu máy D4H còn đảm nhận phối hợp cùng đầu máy D12E đẩy các đoàn tàu khách và tàu hàng qua đèo Hải Vân, cất móc, giải thể và lập tàu tại ga Đồng Hới và Đà Nẵng.

Đầu máy D11H được đưa vào sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng từ năm 1978. Sau một thời gian sử dụng, toàn bộ 58 đầu máy đã bị hư hỏng nặng và đã được thanh lý. Từ năm 1993 đến nay, ĐSVN đã cho khôi phục đầu máy D11H với loại động cơ mới của Hãng MTU (CHLB Đức). Hiện nay có 23 đầu máy đã được khôi phục và đưa vào sử dụng, kéo tàu khách và tàu hàng trung ương, đặc biệt đầu máy D11H đã và đang tham gia kéo tàu S1/2 từ Hà Nội vào tới Tp. HCM.

Đầu máy D12E được sử dụng tại Xí nghiệp từ năm 1986 với số lượng 25 chiếc. Từ sau năm 1996, do sự điều chỉnh sức kéo của ngành, Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng đã giao lại cho Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào tổng số 12 đầu máy D12E, do đó hiện nay Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng còn sử dụng 13 đầu máy D12E.

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng còn thực hiện công tác bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ và đại tu đối với các loại đầu máy đã nêu.

#### *5- Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn*

Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn được thành lập năm 1975. Trải qua từng thời kỳ, tên gọi của xí nghiệp có những thay đổi như sau:

Từ năm 1975, Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn thuộc Đoàn Đầu máy Toa xe Chí Hoà bao gồm Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn và Xí nghiệp Toa xe Sài Gòn hiện nay. Năm 1976, Đoàn Đầu máy Toa xe Chí Hoà được tách thành hai: Đoàn Đầu máy Chí Hoà và Đoàn Toa xe Chí Hoà. Năm 1983 Đoàn Đầu máy Chí Hoà được đổi tên thành Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn.

Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn là đơn vị quản lý và sử dụng các loại đầu máy D9E, D13E và D19E. Các đầu máy nói trên làm nhiệm vụ kéo tàu khách, tàu hàng địa phương và tàu trung ương từ Tp. Hồ Chí Minh đến Đà Nẵng theo nhu cầu vận tải của ngành.

Sau năm 1975, Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn đã từng quản lý và sử dụng nhiều loại đầu máy do chế độ cũ để lại như đầu máy y Plymouth, Alsthom, GE (D9E) và đầu máy D4H. Hiện nay các đầu máy Plymouth, Alsthom, D4H đã được thanh lý.

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn còn thực hiện công tác bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ và đại tu đối với các loại đầu máy đã nêu.

#### *6- Nhà máy Xe lửa Gia Lâm*

Là một trong những cơ sở công nghiệp lớn nhất của ngành ĐSVN. Được Ba Lan đầu tư xây dựng từ những năm 70, Nhà máy có chức năng chính là sửa chữa đầu máy hơi nước. Đến nay đầu máy hơi nước hầu như đã bị thải loại, Nhà máy đã được cải tạo lại với chức năng đóng mới toa xe, sửa chữa toa xe và đại tu đầu máy. Mặc dù vậy, chức năng đại tu đầu máy vẫn chưa được phát huy một cách đúng mức.

Từ năm 2003, Nhà máy Xe lửa Gia Lâm được chuyển đổi thành Công ty Xe lửa Gia Lâm.

### **1.3. Tình hình sử dụng đầu máy trong ngành đường sắt Việt Nam**

#### **1.3.1. Về đầu máy hơi nước**

Trong những năm trước đây, đường sắt Việt Nam chủ yếu sử dụng 4 loại đầu máy hơi nước, trong đó đầu máy Prairie, Mikado và Tự lực là đầu máy khổ 1000 mm, còn đầu máy Giải Phóng 6 (JF6) là đầu máy khổ đường 1435 mm.

Đầu máy hơi nước đã trải qua gần một thế kỷ hoạt động, đến nay đã trở nên lạc hậu. Bộ Giao thông Vận tải và Đường sắt Việt Nam đã nhiều lần thảo luận và quyết định loại bỏ loại đầu máy này. Đến nay chỉ còn một số lượng không đáng kể (tổng số 7 chiếc) đang được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội làm một số các công tác phụ trợ và phục vụ du lịch theo yêu cầu.

### **1.3.2. Về đầu máy diesel**

Ở nước ta, sức kéo diesel bắt đầu được sử dụng ở phía Bắc từ năm 1968 và ở phía Nam từ năm 1963, và đến nay ngành đường sắt Việt Nam đã được diesel hoá hoàn toàn. Từ năm 1983 đến nay, Đường sắt Việt Nam luôn có chủ trương nhập đầu máy công suất lớn với tính năng kỹ thuật tiên tiến của các nước như Vương Quốc Bỉ, Cộng hoà Séc, Ấn Độ, Trung Quốc và đã đạt được những kết quả mong đợi.

#### **1. Đầu máy D4H**

Đầu máy D4H thực chất là đầu máy TY5 và sau đó là TY7, truyền động thuỷ lực, công suất 400 ML, tốc độ cấu tạo 50 km/h, do Liên Xô chế tạo, được đưa vào Việt Nam từ năm 1968 và lần đầu tiên được sử dụng tại Đoạn Đầu máy Thanh Hoá, nay là Xí nghiệp Đầu máy Vinh. Sau khi miền Nam hoàn toàn giải phóng, từ những 1976 trở đi loại đầu máy này được đưa về hàng loạt và được sử dụng tại hầu hết các xí nghiệp đầu máy, cụ thể là tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng từ năm 1976, sau đó tới Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn. Từ 1986 trở đi loại đầu máy này tiếp tục được sử dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Hà Lào.

Trong số các đầu máy D4H (TY7) đang sử dụng, trong những năm qua đã tiến hành cải tạo tăng tốc độ lên 70 km/h và thay thế động cơ 1D12-400 trên đầu máy này bằng loại động cơ công suất 500 ML của hãng MTU (Cộng hoà Liên bang Đức) cho tổng số 18 đầu máy, trong đó 13 chiếc đang sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và 05 chiếc tại Xí nghiệp Đầu máy Vinh. Ngoài ra cũng tiến hành cải tạo 10 đầu máy D4H khổ hẹp (1000 mm) thành đầu máy khổ tiêu chuẩn (1435 mm) và hiện nay tất cả 10 đầu máy này đều đang được vận dụng tại Phân đoạn Yên Viên của Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội.

Hiện nay loại đầu máy này có số lượng lớn nhất (148/tổng số 347 chiếc), chiếm 42,7% tổng số đầu máy của toàn ngành. Mặc dù số lượng lớn nhưng số đầu máy vận dụng không nhiều.

Từ năm 1991, nguồn phụ tùng vật tư chính thống từ Liên Xô cho loại đầu máy này bị cắt đứt. Toàn bộ phụ tùng vật tư được cung ứng từ thị trường tự do hoặc đặt mua ở một số cơ sở chế tạo trong nước, do đó không ổn định và không đồng bộ, chất lượng bị giảm nhiều so với tiêu chuẩn ban đầu. Việc kiểm tra chất lượng sản phẩm cũng chưa có điều kiện tiến hành chặt chẽ thường xuyên, gây ảnh hưởng không nhỏ tới chất lượng hoạt động của đầu máy D4H trong khai thác.

Đầu máy D4H (TY5) được đưa sang Việt Nam trong thời kỳ chiến tranh phá hoại, nó đã đóng vai trò lịch sử quan trọng trong vận tải đường sắt thời chiến cũng như trong thời gian sau chiến tranh. Bước sang giai đoạn đất nước hoà bình và phát triển kinh tế, việc sử dụng đầu máy này để chạy chính tuyến đã bộc lộ những nhược điểm về kỹ thuật và kinh tế. Loại đầu máy này có công suất nhỏ, tốc độ cấu tạo thấp (50 km/h), suất tiêu hao nhiên liệu khá cao, do đó không còn thích hợp với điều kiện phát triển mới của ngành đường sắt Việt Nam.

Những đầu máy TY7 (D4H) đầu tiên được sử dụng trên đường sắt Việt Nam từ năm 1973 và được bổ sung đều đặn qua các năm cho đến năm 1987. Tuổi thọ của loại đầu máy này là khoảng 15-20 năm, như vậy đến nay hầu hết đầu máy TY7 (D4H) đã hết hạn sử dụng.

Sau 30 năm vận dụng, đầu máy D4H đã đóng góp vai trò tích cực cho sự phát triển của ngành đường sắt Việt Nam, tuy nhiên đến nay, các loại đầu máy này không còn phù hợp với xu hướng phát triển của ngành, vì vậy Đường sắt Việt Nam đã có chủ trương thay thế dần dần đầu máy D4H từ nay đến năm 2005 bằng những loại đầu máy tiên tiến hơn. Tuy nhiên việc thay thế này đòi hỏi phải có nguồn kinh phí khá lớn.

Mặc dù vậy, đến nay đầu máy D4H vẫn còn được sử dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào, Hà Nội, Vinh và Đà Nẵng để kéo tàu hàng, tàu khách địa phương trên chính tuyến và làm các công tác phụ trợ khác.

#### **2. Đầu máy D5H**

Đây là loại đầu máy diesel truyền động thuỷ lực (TĐTL), công suất 500 ML, tốc độ cấu tạo 65 km/h, do Australia chế tạo, được nhập vào Việt Nam năm 1993-1994 dưới dạng second hand với số lượng 13 chiếc và được giao cho Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào quản lý, sử dụng. Mặc dù là loại đầu máy cũ đã qua sử dụng nhưng chất lượng kỹ thuật đầu máy còn đảm

bảo. Động cơ diesel lắp trên loại đầu máy này là động cơ do Hãng Caterpilla (Mỹ) chế tạo với chất lượng tốt. Loại đầu máy này đã tỏ ra thích hợp và có hiệu quả với nhiệm vụ vận tải trên tuyến phía Tây có địa hình phức tạp, tốc độ cho phép của đường không lớn (< 50 km/h). Tuy nhiên, việc nhập các đầu máy này thực chất chỉ là giải pháp tình thế. Sau một số năm vận dụng đã bộc lộ một số nhược điểm và việc cung ứng vật tư thay thế gặp những khó khăn nhất định.

### **3. Đầu máy D10H**

Đầu máy D10H nguyên thủy là đầu máy Đông Phương Hồng 21 (ĐFH-21), là một biến thể của loại đầu máy Đông Phương Hồng do Nhà máy Đầu máy-Toa xe Tứ Phương của Trung Quốc sản xuất từ cuối những năm 70 đầu những năm 80 của thế kỷ trước. Tất cả các đầu máy thuộc họ này đều là đầu máy TĐTL lắp động cơ diesel 12V180ZJ, công suất 1150 ML (857 kW) và bộ truyền động thủy lực SF2010-2A với 2 máy biến tốc thủy lực. *(Chúng có những biến thể khác nhau như ĐFH-3, ĐFH-5, ĐFH-21, trong đó loại đầu máy ĐFH-3 đã từng được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội vào thời kỳ những năm 1972-1979 với số lượng 20 chiếc. Sau đó loại đầu máy đã hư hỏng hàng loạt và được thanh lý toàn bộ)*

Hiện nay đầu máy D10H có số lượng 20 chiếc và tất cả đang được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào.

### **4. Đầu máy D11H**

Đây là loại đầu máy diesel TĐTL, công suất 1100 ML, tốc độ cấu tạo 100 km/h do Rumani chế tạo, được nhập vào Việt Nam và giao cho Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng sử dụng từ năm 1978 với số lượng 58 chiếc. Thiết kế và kết cấu của loại đầu máy này tương đối hiện đại, tuy nhiên chất lượng chế tạo và trình độ công nghệ không cao, nhất là đối với động cơ diesel. Do đó chỉ sau 5 năm khai thác, toàn bộ động cơ của đầu máy đã bị hư hỏng nặng, không có khả năng phục hồi thay thế, và đến năm 1987 toàn bộ đầu máy D11H đã được thanh lý.

Từ năm 1993 đến nay, với dự án khôi phục đầu máy D11H bằng cách thay thế động cơ nguyên thủy bằng động cơ hiện đại của Hãng MTU (Cộng hoà Liên bang Đức), đã khôi phục được 23 đầu máy D11H với chất lượng tương đối tốt. Các đầu máy này đang là nguồn sức kéo chủ lực của Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng nói riêng và của ngành ĐSVN nói chung.

### **5. Đoàn tàu kéo đẩy D8E**

Đây là đoàn tàu kéo đẩy đầu tiên do Việt Nam thiết kế, chế tạo với số lượng 2 chiếc, trên cơ sở nhập các thiết bị vật tư cơ bản của Trung Quốc. Hiện nay hai đoàn tàu này do Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội quản lý và sử dụng, làm nhiệm vụ vận chuyển hành khách trên tuyến Hà Nội-Lào Cai.

### **6. Đầu máy D9E**

Đây là loại đầu máy diesel truyền động điện (TĐĐ), công suất 900 ML, tốc độ cấu tạo 114 km/h do Hãng General Electric của Mỹ chế tạo, được sử dụng ở miền Nam Việt Nam từ năm 1963. Trước khi giải phóng miền Nam, loại đầu máy này là nguồn sức kéo chủ lực của chế độ cũ. Sau khi miền Nam hoàn toàn giải phóng, loại đầu máy này được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng, và sau đó toàn bộ đầu máy D9E đã được chuyển giao cho Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn quản lý và sử dụng.

Nhìn chung đầu máy D9E là loại đầu máy có chất lượng tốt. Trong nhiều năm, do nguồn phụ tùng vật tư khó khăn, phải cung ứng từ nguồn vật tư trôi nổi ngoài thị trường tự do, và do cơ chế quản lý không tốt, chất lượng vận dụng đầu máy D9E đã có lúc suy giảm. Tuy vậy trong thời kỳ đổi mới, do cơ chế quản lý thay đổi, và nguồn phụ tùng vật tư được cung ứng đồng bộ hơn từ nước ngoài, do đó đến nay chất lượng đầu máy D9E đã đi vào ổn định và đang là nguồn sức kéo chủ lực của Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn.

### **7. Đầu máy D12E**

Đây là loại đầu máy diesel TĐĐ, công suất 1200 ML, tốc độ cấu tạo 80 km/h do ĐSVN đặt hàng Cộng hoà Séc chế tạo. Đầu máy D12E được đưa vào Việt Nam và giao cho Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng sử dụng từ năm 1986 với số lượng 25 chiếc sau đó Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội 15 chiếc. Từ năm 1996 trở đi, do sự điều chỉnh sức kéo của ngành, Xí

nghiệp Đầu máy Đà Nẵng đã giao lại cho các Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Hà Lào 12 đầu máy D12E, do đó hiện nay Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng còn sử dụng 13 đầu máy D12E, Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội sử dụng 22 chiếc và Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào 5 chiếc. Loại đầu máy này có chất lượng tương đối ổn định, và trong nhiều năm qua nó là nguồn sức kéo chủ lực cho ngành ĐSVN.

#### **8. Đầu máy D13E**

Đây là loại đầu máy diesel TĐĐ do Ấn Độ chế tạo, được nhập vào Việt Nam từ năm 1983 với số lượng 15 chiếc và được giao cho Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn quản lý và sử dụng, chủ yếu để vận chuyển hàng hoá. Trình độ công nghệ và chất lượng chế tạo của đầu máy không cao, do đó độ tin cậy vận hành không ổn định và các chi tiêu kinh tế kỹ thuật chưa đảm bảo, đặc biệt chi tiêu tiêu hao nhiên liệu đơn vị khá cao. Tuy vậy, trong nhiều năm qua, loại đầu máy này đã là nguồn sức kéo chủ lực của Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn.

Từ năm 2002, Đường sắt Việt Nam đã nhập thêm 10 đầu máy D13E và giao cho Xí nghiệp Đầu máy Vinh quản lý.

#### **9. Đầu máy D14E**

Đầu máy D14E là đầu máy diesel TĐĐ có ký hiệu nguyên thủy là JMD 1360 do Nhà máy xe lửa Changzhou sản xuất cung cấp cho đường sắt Việt Nam. Đầu máy có khổ đường là 1435 mm, hiện nay có tổng số 3 chiếc, đang được sử dụng tại Phân đoạn Yên Viên của Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội, làm nhiệm vụ vận chuyển hàng hoá và hành khách trên các tuyến đường sắt 1435 mm, chủ yếu là tuyến Yên Viên - Hạ Long.

#### **10. Đầu máy D16E**

Đầu máy D16E là đầu máy diesel TĐĐ do Trung Quốc sản xuất. Đầu máy này dùng cho khổ đường 1435 mm, hiện nay có tổng số 5 chiếc, đang được sử dụng tại Phân đoạn Yên Viên của Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội, làm nhiệm vụ vận chuyển hàng hoá và hành khách trên các tuyến đường sắt 1435 mm, chủ yếu là tuyến Yên Viên - Hạ Long.

#### **11. Đầu máy D18E**

Đây là loại đầu máy diesel TĐĐ, công suất 1800 ML, tốc độ 100 km/h do ĐSVN đặt hàng của Vương quốc Bỉ, được đưa vào Việt Nam từ năm 1984 và được giao cho Xí nghiệp Đầu máy Vinh sử dụng với số lượng 16 chiếc, làm nhiệm vụ kéo tàu hàng trên chính tuyến. Hiện nay đầu máy D18E là một trong những loại đầu máy có công suất lớn nhất trên đường sắt Việt Nam, là nguồn động lực quan trọng trong vận tải hàng hoá của Công ty vận tải hàng hoá nói riêng và của ngành đường sắt Việt Nam nói chung.

#### **12. Đầu máy D19E**

Đây là loại đầu máy diesel TĐĐ, công suất 1900 ML, tốc độ 120 km/h do ĐSVN đặt hàng của Trung Quốc, được đưa vào Việt Nam từ năm 2002 và được giao cho các Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Sài Gòn sử dụng với số lượng mỗi Xí nghiệp 10 chiếc, làm nhiệm vụ vận chuyển hành khách và hàng hoá. Loại đầu máy này còn có tên gọi là đầu máy “Đổi mới”. Đây là loại đầu máy có công suất lớn nhất hiện nay trong ngành đường sắt Việt Nam. Sắp tới sẽ tiếp tục nhập thêm 20 đầu máy D19E nữa và tiếp tục giao cho hai Xí nghiệp Đầu máy trên quản lý, sử dụng.

Sắp tới có khả năng Đường sắt Việt Nam sẽ nhập thêm khoảng 16 đầu máy diesel TĐĐ công suất 2000 ML và sẽ giao cho Xí nghiệp đầu máy Đà Nẵng quản lý, sử dụng.

Với nguồn sức kéo như trên, ngành đường sắt đã thực hiện khối lượng vận chuyển hàng hoá và hành khách tương đối lớn. Để đáp ứng được nhu cầu vận tải, ngành đường sắt luôn nỗ lực để đảm bảo đầy đủ nguồn sức kéo. Tỷ lệ đầu máy chi phối so với tổng số đầu máy hiện có khá cao. Tuy trong điều kiện khó khăn về nhà xưởng sửa chữa, thiết bị kỹ thuật lạc hậu, vật tư phụ tùng thiếu thốn, nhưng các đầu máy chi phối vẫn được bảo dưỡng đạt yêu cầu kỹ thuật. Số đầu máy được chế tạo và nhập vào Việt Nam trong những năm 1983-1985 đến nay vẫn đang được vận dụng với tỷ lệ cao, tỷ lệ đầu máy vận dụng trên tổng số đầu máy chi phối đạt 60-65%.

Tuy vậy việc sử dụng đầu máy trong ngành đường sắt Việt Nam đã bộc lộ rõ những nhược điểm sau:

- Đầu máy hơi nước đã trải qua gần một thế kỷ hoạt động, đến nay đã trở nên lạc hậu và đã được quyết định loại bỏ. Đến nay chỉ còn một số lượng không đáng kể đang hoạt động làm các công tác phụ trợ.

- Tổng công suất kéo sử dụng trên ĐSVN là khoảng 300 000 ML, với gần 350 đầu máy có thể sử dụng được do 10 nước chế tạo và có tới 12 loại khác nhau. Đây là một khó khăn lớn cho quá trình quản lý, sử dụng và bảo dưỡng, sửa chữa đầu máy. Nhiều loại đầu máy đang sử dụng ở nước ta do Liên Xô và các nước Đông Âu chế tạo. Đến nay hầu hết các nhà máy chế tạo đã giải thể, do đó khâu cung ứng vật tư, phụ tùng gặp nhiều khó khăn.

- Các chỉ tiêu khai thác đối với các loại đầu máy diesel đang vận dụng trên đường sắt Việt Nam như tiêu hao nhiên liệu đơn vị, độ an toàn, tuổi thọ sử dụng của các loại phụ tùng, chi tiết v.v... là chưa cao.

### ***1.3.3. Một số dạng hư hỏng chủ yếu của các loại đầu máy sử dụng trên đường sắt Việt Nam. Nguyên nhân và các biện pháp khắc phục***

Trên đầu máy diesel có hàng ngàn chi tiết với những chức năng khác nhau. Tuy nhiên, xét về mặt kết cấu, có thể coi đầu máy được cấu thành từ 6 hệ thống hay cụm chi tiết chính, đó là: động cơ diesel (thiết bị động lực), hệ thống truyền động (thủy lực hoặc điện), bộ phận chạy (giá chuyển hướng và bộ trục bánh xe), hệ thống hãm, hệ thống điều khiển và hệ thống thiết bị phụ. Trong quá trình khai thác, hư hỏng của các chi tiết là điều tất yếu. Tuy nhiên cũng cần phân biệt ba dạng hư hỏng sau đây:

Dạng thứ nhất: các loại hư hỏng nhỏ, hay còn gọi là các trục trặc kỹ thuật. Loại hư hỏng này thường được các ban lái máy khắc phục ngay trong quá trình vận hành, hoặc được khắc phục ở khâu kiểm tra kỹ thuật, hoặc ở các cấp bảo dưỡng định kỳ.

Dạng thứ hai: Các hư hỏng dần dần của chi tiết và cụm chi tiết (như hao mòn, già hoá, lão hoá v.v...) dẫn đến làm suy giảm các tính năng kỹ thuật ban đầu của đầu máy. Loại hư hỏng này được khắc phục bằng cách khôi phục hoặc sửa chữa, liên quan tới việc giải thể chi tiết và cụm chi tiết ở các cấp sửa chữa định kỳ theo Quy trình sửa chữa do LHĐSVN ban hành. Nhóm hư hỏng này thường là có quy luật, có thể lập kế hoạch và có thể tiên lượng được.

Dạng thứ ba: Các hư hỏng nặng, thường là hư hỏng đột ngột, do không tuân thủ chặt chẽ quy trình, quy phạm khai thác, do các yếu tố khách quan mang lại, và thường làm cho các cụm chi tiết nói riêng và đầu máy nói chung mất khả năng làm việc. Nhóm hư hỏng này thường không có quy luật, gây mất ổn định trong việc thực hiện nhiệm vụ vận tải. Việc khắc phục các hư hỏng này phải tiến hành ngoài kế hoạch, bằng cách phục hồi hoặc thay mới, dẫn đến chi phí sửa chữa gia tăng.

Nhiều năm trước đây, đã có những thời kỳ hư hỏng của đầu máy diesel trên ĐSVN là vấn đề hết sức gay gắt. Thậm chí, lúc đó còn có ý kiến cho rằng trình độ kỹ thuật của ĐSVN chưa đủ sức để sử dụng đầu máy diesel. Trong những năm 70, một loạt đầu máy ĐFH3 của Trung Quốc đã được nhập và được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội. Khi đó loại hư hỏng thường xuyên xảy ra đối với loại đầu máy này là hư hỏng bơm cao áp và các chi tiết động cơ diesel. Đã có nhiều chuyên đề, nhiều giải pháp để giải quyết vấn đề này nhưng đều không mang lại hiệu quả mong muốn. Nguyên nhân chủ yếu, trước hết là tại thời điểm đó chúng ta chưa có nhiều kinh nghiệm sử dụng, cơ sở vật chất, trình độ tay nghề công nhân cho bảo dưỡng, sửa chữa chưa cao; sau đó là do chất lượng chế tạo các chi tiết động cơ không đảm bảo, và nguyên nhân chính yếu nhất là không có nguồn phụ tùng, vật tư thay thế. Lúc đó đã có giải pháp cải tạo đầu máy ĐFH3 bằng cách thay thế động cơ của nó bằng một loại động cơ tàu thủy, nhưng cuối cùng cũng không mang lại kết quả mong đợi, và kết cục, sau một số năm sử dụng, loạt đầu máy này đã phải thanh lý hoàn toàn.

Tiếp sau đó, đến năm 1978, 58 đầu máy D11H do Rumani chế tạo đã được nhập về Việt Nam. Số phận của loại đầu máy này cũng hoàn toàn tương tự như đầu máy ĐFH3: chất lượng công nghệ chế tạo các chi tiết động cơ diesel không tốt, dẫn đến hư hỏng hàng loạt do đứt bu lông biên, hư hỏng xilanh, pittông, hư hỏng khớp nối giữa động cơ diesel và bộ TĐTL v.v... Và phụ tùng vật tư, ngay từ khâu bảo hành đã gặp nhiều khó khăn, cuối cùng thì tốc độ

hư hỏng của loại đầu máy này còn cao hơn cả DFH; và chỉ sau 5-7 năm sử dụng, toàn bộ 58 đầu máy đã phải thanh lý.

Sau khoảng thời gian đó, ĐSVN đã quyết định chuyển hướng, và tiến hành nhập một số loại đầu máy tiên tiến hơn, như D18E, D13E và D12E.

Sau hơn 15 năm khai thác, chất lượng sử dụng của các loại đầu máy này nói chung tương đối ổn định, các hư hỏng nghiêm trọng hầu như không còn xảy ra. Bước sang giai đoạn đổi mới, từ 1989 đến 1999, tình hình đã được cải thiện đáng kể. Trách nhiệm của từng xí nghiệp, của từng thành viên, từ ban lái máy đến công nhân sửa chữa đã được nâng cao hơn. Cũng trong thời gian này, dự án khôi phục đầu máy D11H bằng biện pháp lắp động cơ mới của Hãng MTU đã được triển khai.

Bên cạnh đó, cũng có một khoảng thời gian dài trong thời kỳ bao cấp, trục khuỷu động cơ đầu máy D4H hao mòn hết hạn độ, một số bị gãy, không có phụ tùng thay thế, dẫn đến không đủ số đầu máy vận dụng. Lúc đó đã có một số giải pháp phục hồi động cơ bằng cách hoán cải trục khuỷu của động cơ tàu thủy và xe tăng để lắp cho động cơ đầu máy D4H. Đây chỉ là những giải pháp tình thế và không mang lại hiệu quả cần thiết.

Các nguyên nhân chủ yếu dẫn đến hư hỏng của đầu máy có thể quy về các nhóm chính sau đây:

*Nguyên nhân khách quan:*

- Chất lượng chế tạo của chi tiết và tổng thành của một số loại đầu máy không cao như ĐFH3, D4H, D11H và D13E.

- Điều kiện khai thác đầu máy ở Việt Nam là khó khăn, mặt trắc dọc của tuyến đường tương đối phức tạp, nền đường yếu và không ổn định, nhiều đường cong bán kính nhỏ, nhiều cung đoạn có độ dốc lớn, điều kiện khí hậu, thời tiết nóng ẩm và môi trường không thuận lợi.

- Nguồn phụ tùng vật tư chủ yếu phải nhập ngoại, các cơ sở trong nước chưa thể sản xuất được các loại phụ tùng chính yếu, do đó trong nhiều năm giá cả, tiến độ, và ngoại tệ cho việc mua sắm, cung ứng vật tư, phụ tùng đã trở thành vấn đề nan giải.

- Trong khi nguồn phụ tùng vật tư chính thống gặp khó khăn, lại tồn tại nguồn vật tư trôi nổi trên thị trường, như phụ tùng vật tư đầu máy D4H được nhập theo con đường không chính thức từ Liên Xô và LB Nga, phụ tùng vật tư đầu máy D12E được nhập không chính thức từ CH Séc, các loại phụ tùng vật tư của đầu máy D9E được khai thác từ tổng kho Long Bình sau khi miền Nam hoàn toàn giải phóng v.v... Việc kiểm tra chất lượng phụ tùng vật tư chưa được kiểm soát chặt chẽ, dẫn đến chất lượng không đảm bảo, số lượng nhập không hợp lý, có loại ít hỏng thì lại nhập quá nhiều dẫn đến nhiều năm sử dụng không hết, có những loại hay hỏng thì lại không kịp cung ứng, dẫn đến phải sử dụng một cách cưỡng bức các chi tiết đã hao mòn quá hạn độ.

- Đầu máy là nguồn tài sản cố định cần vốn đầu tư rất lớn, trong khi đó ngành VTĐS phải hạch toán kinh doanh trong điều kiện không thuận lợi (vận tải hàng hoá suy giảm, giá cước vận tải bị khống chế, Nhà nước không cấp vốn ...), do đó việc tái đầu tư cho mua sắm đầu máy mới và nhất là vật tư phụ tùng gặp nhiều khó khăn.

*Nguyên nhân chủ quan:*

- Trong một thời gian dài, do cơ chế quan liêu bao cấp, trình độ quản lý bị hạn chế, tay nghề và trách nhiệm của công nhân, cán bộ kỹ thuật không cao, lợi ích của người lao động không được chú trọng một cách đúng mức;

- Cơ sở vật chất phục vụ bảo dưỡng, sửa chữa còn lạc hậu, máy móc, thiết bị chuyên dùng phục vụ công tác phục hồi, sửa chữa, phục vụ quá trình kiểm tra thử nghiệm chất lượng sau sửa chữa vừa thiếu, vừa lạc hậu vừa không đồng bộ, dẫn đến chất lượng sửa chữa không cao, không kiểm soát được chất lượng sửa chữa một cách chính xác;

- Sau khi chuyển sang cơ chế thị trường, việc đầu tư cho cơ khí đường sắt, đặc biệt cho việc duy trì và nâng cao chất lượng sử dụng đầu máy vẫn chưa thoả đáng.

Các biện pháp chủ yếu khắc phục hư hỏng của đầu máy:

1- Phục hồi và sửa chữa các chi tiết tại các Xí nghiệp Đầu máy thông qua các cấp sửa chữa định kỳ, theo Quy trình sửa chữa do LHĐSVN ban hành, bao gồm nhiều công việc,

trong đó có các công việc quan trọng như: doa xilanh, mài trục khuỷu, hàn phục hồi lợi bánh xe, lắp ép bộ trục bánh xe, tiện mặt lăn bánh xe, tẩm sấy cách điện máy phát điện chính và động cơ điện kéo, phục hồi ắc quy, v.v...;

2- Thay thế các chi tiết và cụm chi tiết hư hỏng bằng các chi tiết và cụm chi tiết mới nhập ngoại hoặc chế tạo trong nước.

#### ***1.3.4. Một số loại phụ tùng chủ yếu cần thiết cho các loại đầu máy***

Phụ tùng, vật tư đầu máy rất đa dạng và phong phú. Hiện nay các cơ sở công nghiệp trong nước nói chung và của ĐSVN nói riêng, nhìn chung chưa đủ khả năng chế tạo các phụ tùng chính yếu, loại trừ một số phụ tùng có tính chất vật rẻ mau hỏng. Trong những năm vừa qua, cũng có một số cơ sở, kể cả nhà nước và tư nhân đã mạnh dạn đầu tư công nghệ để chế tạo một số phụ tùng như pittông, xéc măng, xilanh động cơ cho một số loại đầu máy như D4H, D12E, nắp quy lát cho động cơ đầu máy D12E, D9E, bánh răng côn xoắn cho đầu máy D4H v.v.. Tuy nhiên những loại sản phẩm này có số lượng không lớn và chất lượng chưa ổn định. Sản phẩm phụ tùng vật tư chế tạo trong nước cho đầu máy là không đáng kể, chỉ chiếm không quá 5% so với nhu cầu, toàn bộ số còn lại đều phải nhập ngoại bằng con đường chính thức hoặc không chính thức. Như vậy, cho đến nay loại phụ tùng vật tư thiết yếu nhất để đảm bảo cho đầu máy hoạt động có hiệu quả vẫn là phụ tùng động cơ diesel, mà cụ thể là các chi tiết như xéc măng, xilanh, pittông, bạc trục khuỷu, các chi tiết thuộc hệ thống nhiên liệu, bôi trơn, thiết bị tăng áp v.v..., bánh xe và băng đa bánh xe, các loại căn đệm, gioăng, phốt, vòng bi, bánh răng trong các thiết bị truyền động, hệ thống hãm, hệ thống phụ và hệ thống điều khiển v.v... Các loại phụ tùng này, trong một thời gian dài gặp khó khăn, phải cung ứng từ thị trường tự do. Đến nay tình hình này đã được cải thiện, nguồn cung cấp vật tư ổn định hơn, đáng tin cậy hơn, và nhìn chung phụ tùng, vật tư phục vụ cho đầu máy phải nhập chủ yếu từ nước ngoài tới 95%. Hiện nay ĐSVN có một mạng lưới Công ty, Xí nghiệp Vật tư Đường sắt như Công ty Vật tư VERASIMEX, Công ty Vật tư Đông Anh, Xí nghiệp Vật tư Đường sắt Đà Nẵng, Công ty Vật tư Đường sắt Sài Gòn, chuyên làm công tác nhập khẩu và cung ứng vật tư cho ngành đường sắt nói chung và cho đầu máy, toa xe nói riêng từ các thị trường như Mỹ, Ấn Độ, CH Séc, Bỉ, LB Nga, Trung Quốc, Nam Phi, Australia v.v...



# CHƯƠNG I

## TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH SỬ DỤNG ĐẦU MÁY TRONG NGÀNH ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM

### 1.1. Đặc điểm và tính năng kỹ thuật các loại đầu máy đang sử dụng trong ngành vận tải đường sắt Việt Nam

Hiện nay ngành đường sắt Việt Nam đang sử dụng nhiều kiểu loại đầu máy diesel nhập từ nhiều nước khác nhau như Liên Xô (D4H), Australia (D5H), Mỹ (D9E), Rumani (D11H), Séc (D12E), Ấn Độ (D13E), Bỉ (D18E) và Trung Quốc (D10H, D14E, D16E và D19E) và sắp tới có thể nhập đầu máy của Liên bang Đức (D20E), v.v... và do vậy chúng khá đa dạng về kết cấu, kiểu loại truyền động và dải công suất. Các loại đầu máy nói trên bao gồm hai loại truyền động: truyền động thủy lực (D4H, D5H, D10H và D11H) và truyền động điện (D9E, D12E, D13E, D14E, D16E, D18E và D19E). Xét về dải công suất có thể phân thành hai nhóm: đầu máy công suất nhỏ (với  $Ne < 900$  ML) gồm D4H và D5H, và đầu máy công suất lớn (với  $Ne \geq 900$  ML) gồm D9E, D10H, D11H, D12E, D13E, D14E, D16E, D18E và D19E.

Hiện nay ngành đường sắt Việt Nam có tổng số 347 đầu máy các loại, với tổng công suất danh nghĩa khoảng 298 500 ML, trong đó đầu máy công suất nhỏ (D4H, D5H) có số lượng gần 150 chiếc với tổng công suất danh nghĩa khoảng trên 65 700 ML, đầu máy công suất lớn với số lượng gần 200 chiếc với tổng công suất danh nghĩa khoảng 232 800 ML. Sau 30 năm vận dụng, đầu máy công suất nhỏ (chủ yếu là D4H) đã đóng góp vai trò tích cực cho sự phát triển của ngành đường sắt Việt Nam, tuy nhiên đến nay, các loại đầu máy này không còn phù hợp với xu hướng phát triển của ngành, vì vậy Đường sắt Việt Nam đã có chủ trương thay thế dần dần đầu máy D4H từ nay đến năm 2005 bằng những loại đầu máy tiên tiến hơn.

Như vậy, một cách tổng quát có thể thấy rằng nguồn sức kéo chủ lực của ngành đường sắt Việt Nam là đầu máy diesel truyền động điện công suất lớn, trong đó đặc biệt là các loại đầu máy diesel được nhập vào Việt Nam từ 1984-1986 trở lại đây.

Các thông số kỹ thuật cơ bản của các loại đầu máy hơi nước đã sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam được thể hiện trong bảng 1.1.

Số lượng và chủng loại đầu máy hiện đang sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam được thể hiện trong các bảng 1.2 và 1.3.

Đặc tính kỹ thuật cơ bản của đầu máy diesel truyền động thủy lực và truyền động điện đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam được cho trong các bảng 1.4 và 1.5.

Đặc tính kỹ thuật cơ bản của động cơ đầu máy diesel đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam được cho trong bảng 1.6.

Đặc tính sức kéo một số đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam được cho trong bảng 1.7 và được thể hiện trên hình 1.1.

Bảng 1.1. Đặc tính kỹ thuật cơ bản của các loại đầu máy hơi nước đã được sử dụng trên đường sắt Việt Nam trong những năm trước đây

TT	Đặc tính kỹ thuật	Prairie	Mikado	Tự lực	JF6
1	Nước chế tạo	Pháp	Pháp	Trung Quốc	Nhật, TQ
2	Năm chế tạo	1932-1950	1965	1965	1932-1967
3	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1435
4	Công dụng kéo tàu	Khách+Hàng	Khách+Hàng	Khách+Hàng	Khách+Hàng
5	Công thức trục	1-3-1	1-4-1	1-4-1	1-4-1
6	Tải trọng trục (T/trục)	10,920	12,500	12,500	12,577
7	Trọng lượng chính bị (T)	50,5	63	63	175,2
8	Công suất thiết kế (ML)	750	1100	1100	1780
9	Sức kéo khởi động (kG)	5855	9840	9840	20050
10	Tốc độ cấu tạo (km/h)	79	67	67	80

11	Kích thước giới hạn (mm) Dài Rộng Cao	11350 2800 3900	11505 2750 3780	11505 2750 3780	22995 4244 4410
12	Cự ly cứng nhắc giữa 2 bánh xe ngoài cùng, (mm)	3800	4050	4050	21168

Bảng 1.2. Số lượng và chủng loại các loại đầu máy trên đường sắt Việt Nam hiện nay

TT	Hạng mục	Khổ đường	Tổng số	Đầu máy VD	Ghi chú
<b>I</b>	<b>Đầu máy hơi nước</b>				
1	Tự lực	1435	7	3	-
<b>II</b>	<b>Đầu máy diesel</b>				
1	D4H (Liên Xô)	1000 và 1435	148	99	TY5, TY7
2	D5H (Australia)	1000	13	13	-
3	D10H (TQ)	1000	20	20	ĐFH 21
4	D11H (Rumani)	1000	23	23	-
5	D8E (VN-TQ)	1000	02	02	Đoàn tàu KĐ
6	D9E (Mỹ)	1000	33	33	GE
7	D12E (CH Séc)	1000	40	40	-
8	D13E (Ấn Độ)	1000	24	24	-
9	D14E (TQ)	1435	5	5	JMD 2360
10	D16E (TQ)	1435	3	3	Đông Phong
11	D18E (VQ Bỉ)	1000	16	16	-
12	D19E (TQ)	1000	20	20	Đổi Mới

Bảng 1.3. Số lượng đầu máy tại các Xí nghiệp Đầu máy trong thời gian hiện nay (5/2004)

TT	Loại đầu máy	Xí nghiệp Đầu máy					Tổng số
		Hà Lào	Hà Nội	Vinh	Đà Nẵng	Sài Gòn	
<b>I</b>	<b>Hơi nước</b> (Tự Lực)		7 (3VD)				7
<b>II</b>	<b>Diesel</b>						
1	D4H	51 (12VD)	52*	28 **	17(7VD)		148
2	D5H	13					13
3	D10H	20					20
4	D11H				23		23
	D8E		02				02
5	D9E					33	33
6	D12E	5	22		13		40
7	D13E			10		14	24
8	D14E		5				5
9	D16E		3				3
10	D18E			16			16
11	D19E		10			10	20
	<b>Tổng số</b>	<b>89</b>	<b>94</b>	<b>54</b>	<b>53</b>	<b>57</b>	<b>347</b>

\* Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội đang sử dụng tổng số 52 đầu máy D4H, trong đó có:

- Đầu máy D4H nguyên thủy, động cơ 1D12-400, tốc độ V=50 km/h (màu xanh): số lượng 29 chiếc, trong đó vận dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội 15 chiếc và tại Phân đoạn Yên Viên là 14 chiếc.

- Đầu máy D4H cải tạo, lắp động cơ MTU, tốc độ V=70 km/h (màu đỏ): số lượng 13 chiếc, trong đó vận dụng tại Hà Nội là 13 chiếc.

- Đầu máy D4H cải tạo (khổ đường 1435 mm): số lượng 10 chiếc, tất cả đều sử dụng tại Phân đoạn Yên Viên.

\*\* Xí nghiệp Đầu máy Vinh đang sử dụng tổng số 28 đầu máy D4H, trong đó:

- Đầu máy D4H nguyên thủy (màu xanh): 23 chiếc

- Đầu máy D4H cải tạo (V=70 km/h, màu đỏ): 05 chiếc

Bảng 1.4. Đặc tính kỹ thuật cơ bản của đầu máy diesel truyền động thủy lực đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam

TT	Đặc tính kỹ thuật	D4H	D5H	D10H	D11H
1	Nước chế tạo	Liên Xô	Australia	Trung Quốc	Rumani
2	Năm chế tạo	1976-1986	1966	1978-1982	1978
3	Năm sử dụng tại VN	1976	1993	2002	1978
4	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1000
5	Công dụng kéo tàu	H + K	H + K	H + K	H + K
6	Loại động cơ diesel	1D12-400	Caterpilla D553	12V180ZJ	12V-396TC14
7	Công suất động cơ (ML)	400	500	1000	1100
8	Phương thức truyền động	Thủy lực	Thủy lực	Thủy lực	Thủy lực
9	Bộ truyền động thủy lực	êÃẽ 400-650	Voith L420 RV2	SF2010-2A (L420 r U2)	GSR 30/5,7 APEEW
10	Hệ thống hãm	Gió ép	Gió ép	Gió ép	Gió ép
11	Công thức trục	B - B (2 - 2)	B - B (2 - 2)	B - B (2 - 2)	B - B (2 - 2)
12	Tải trọng trục (T/trục)	6	10	14,2	14
13	Trọng lượng chính bị (T)	24	40	78	56
14	Công suất thiết kế (ML)	400	500	800	1100
15	Sức kéo khởi động (kG)	7200	12000	-	16200
16	Sức kéo dài hạn (kG)	5000	-	-	9500
17	Tốc độ cấu tạo (km/h)	50	65	55	100
18	Tốc độ dài hạn (km/h)	15	-	-	20
19	Bán kính cong R <sub>min</sub>	60	46	70	90
20	Kích thước giới hạn (mm)				
	Dài	9400	10060	14290	14006
	Rộng	2717	2820	3200	2780
	Cao	3435	3825	4440	3680
21	Chiều cao đầu đấm (mm)	825	825	825	825
22	Cự ly tâm cối chuyên (mm)	4700	5310	-	7200
23	Cự ly tâm trục bánh (mm)	1400	2134	-	2350
24	Đường kính bánh xe (mm)	600	910	-	1000
25	Dung tích nhiên liệu (kg)	600	2270 l	-	2000
26	Dung tích dầu bôi trơn (l)		55	175	
27	Dung tích nước làm mát (l)	10,5	270	140-160	
28	Khối lượng cát (kg)	457	57/thùng	-	300
29	Số lượng đầu máy hiện có	166	13	20	17

Bảng 1.5. Đặc tính kỹ thuật cơ bản của đầu máy diesel truyền động điện đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam

TT	Đặc tính kỹ thuật	D9E	D12E	D13E	D14E	D18E	D19E
1	Nước chế tạo	Mỹ	CH Séc	Ân Độ	Trung Quốc	Bỉ	Trung Quốc
2	Năm chế tạo	-	1985	1983	-	1983	2002
3	Năm sử dụng tại VN	1963	1986	1985	2001	1984	2002
4	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1435	1000	1000
5	Công dụng kéo tàu	H + K	H + K	H + K	H + K	H	H+K
6	Loại động cơ diesel	Caterpilla D398	K6S 230 DR	ALCO 251-D	Caterpilla 3508B	CKL-8TR 240 CO	Caterpilla 3512B
7	Công suất động cơ (ML)	900	1200	1300	970 kW	1800	1900 (1455kW)
8	Phương thức truyền động	Điện MC-MC	Điện MC-MC	Điện MC-MC	Điện MC-XC	Điện XC-MC	Điện XC-MC
9	Khối lượng ĐC-MP (kg)	9000	11400	16123		15905	
10	Khối lượng MPĐC (kg)	2935	3940	4046	3665	4000	
11	Khối lượng ĐCĐK (kg)	1638	1760	1816	2980	1590	
12	Hệ thống hãm	28LV1	Dako	Dvitmencadi	JZ7	Knorr	
13	Công thức trục	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> (2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> (2 <sub>0</sub> - 2 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> - 3 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> - 3 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> - 3 <sub>0</sub> )
14	Tải trọng trục (T/trục)	13	14	12	17,5	14	13
15	Trọng lượng chính bị (T)	52	56	72	105	84	78
16	Công suất thiết kế (ML)	900	1200	1300	774 kW	1800	1900
17	Sức kéo khởi động (kG)	15600	14600	21600	280 kN	25500	355,2 kN
18	Sức kéo dài hạn (kG)	12000	11700	16050	188 kN	19000	224 kN
19	Tốc độ cấu tạo (km/h)	114	80	96	100	105	120
20	Tốc độ dài hạn (km/h)	12	16	15,5	14,5	15,6	14,7
21	Bán kính cong R <sub>min</sub> (m)	75	75	75	100	75	100/70
22	Kích thước giới hạn (mm)						
	Dài	11644	13306	14328	17300	15500	16000
	Rộng	2473	2754	2730	3250	2880	2900
	Cao	3784	3854	3635	4764	3875	3935
23	Chiều cao đầu đấm (mm)	825	825	825	880 ± 10	825	825
24	Cự ly tâm còi chuyên (mm)	5689	6700	9550	8780	7900	8100
25	Cự ly tâm trục bánh (mm)	2028	2400	1829-2388	1800	1650	1650
26	Đường kính bánh xe (mm)	1016	1000	925	1050	1016	1000
27	Dự trữ nhiên liệu (l)	2200	2200	3000	3500	3000	3500
28	Dự trữ dầu bôi trơn (kg)	342 lít	385	280	200	350	318 lít
29	Dung tích nước làm mát (l)	456	-	-	600	400	600
30	Dự trữ cát (kg)	-	300	280	400	260	400
31	Số lượng đầu máy hiện có	33	40	24	5	16	20

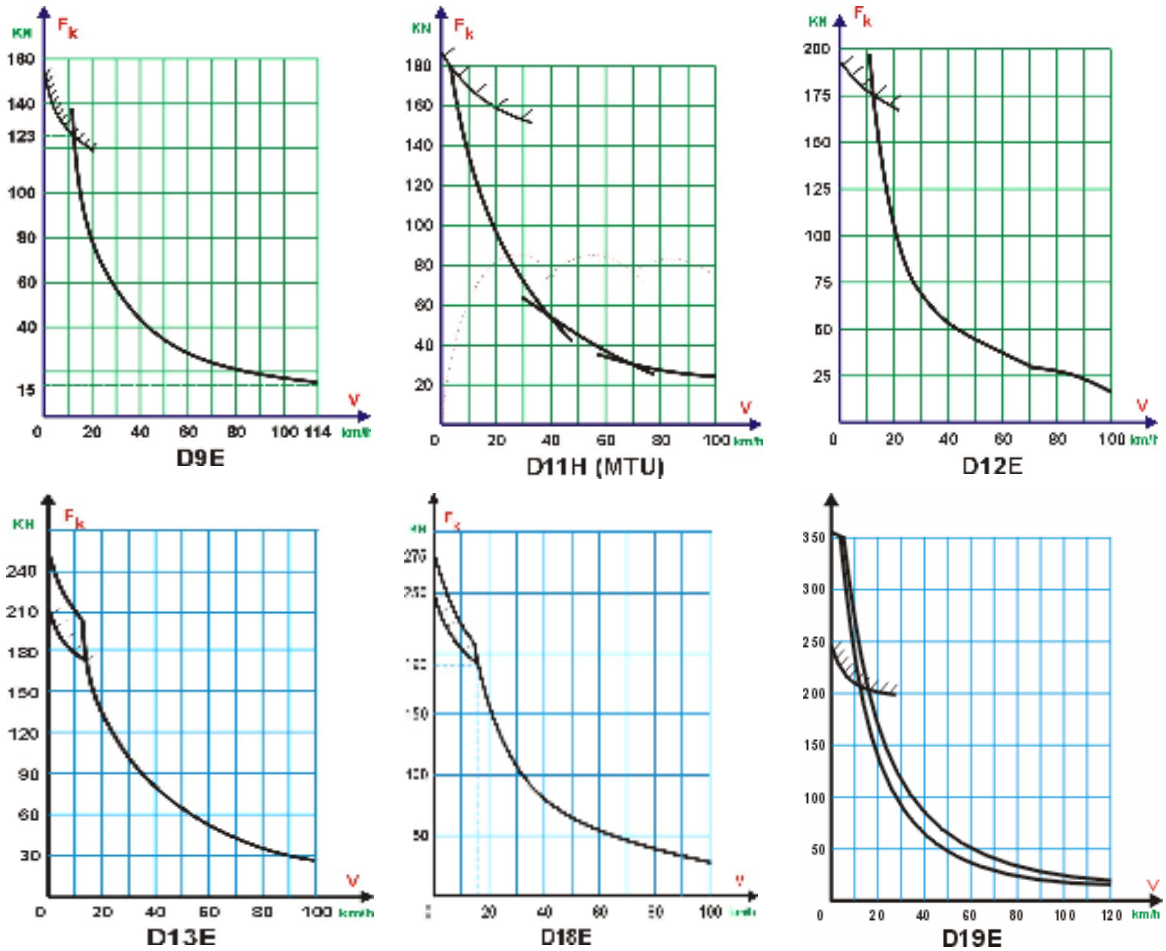
Bảng 1.6. Đặc tính kỹ thuật cơ bản của động cơ đầu máy diesel sử dụng trên ĐSVN

TT	Loại động cơ diesel	1D12 400	D533	12V 180ZJ	12V396 TC14	D398	K6S 230DR	ALCO 25-D	CAT 3508B	CKL8TR 24CO	CAT 3512B
1	Lắp trên đầu máy	D4H	D5H	D10H	D11H	D9E	D12E	D13E	D14E	D18E	D19E
2	Nước chế tạo	LX	Úc	TQ	Ru	Mỹ	Séc	Án	TQ	Bi	TQ
3	Công suất định mức (ML)	400	500	1100	1100	900	1200	1300	970 kW	1800	1900
4	Số vòng quay định mức (v/ph)	1600	1500	1500	1500	1365	1150	1100	1800	1000	1800
5	Số vòng quay không tải (v/ph)	500	500	800	500	400	500	400	720	500	600
6	Số xi lanh	12	12	12	12	12	6	6	8	8	
7	Cách bố trí xi lanh	V	V	V	V	V	⊥	⊥	V-60°	⊥	
8	Đường kính xi lanh (mm)	150	-	180	165	158,75	230	228,6	170	241,3	
9	Hành trình pittông (mm)	180	-	205	185	203,2	260	266,7	190	304,8	
10	Số kỳ động cơ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	Phương thức nạp khí	KTA	CTA		CTA	CTA	CTA	CTA	CTA	CTA	CTA
12	Khối lượng động cơ (kg)	-	-	4900	-	5436	7460	10818	4355	11905	
13	Suất hao nhiên liệu (g/ML.h)	168	160	251 g/kWh	204 g/kWh	158	167	165	199 g/kWh	159	197 g/kWh

Bảng 1.7. Đặc tính sức kéo một số đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam

Tốc độ $V$ , km/h	Loại đầu máy và lực kéo đầu máy $F_k$ , kN								
	D4H(24T)	D5H(40T)	D9E (52T)	11H(52T)	D12E(56T)	D13E(72T)	D18E(84T)	D19E-H (78T)	D19E-S (78T)
0	$F_{kd}=72,0$	$F_{kd}=99,6$ 4	$F_{kd}=156,0$	$F_{kd}=162,0$	$F_{kd}=146,0$	$F_{kd}=216,0$	$F_{kd}=255,0$	$F_{kd}=355,2$	$F_{kd}=355,2$
$V_\infty=9,7$	-	$F_k^\infty=80,07$	-	-	-	-	-	-	-
10	58,3		128,0	140,0	142,0	172,0	200,0	230,0	300,0
$V_\infty=12$	54,0	-	$F_k^\infty=123,0$	-	-	-	-	-	-
$V_\infty=14,7$	-	-	-	-	-	-	-	$F_k^\infty=224$	$F_k^\infty=224$
$V_\infty=15,5$	-	-	-	-	-	$F_k^\infty=160,5$	-	-	-
$V_\infty=15,6$	-	-	-	-	-	-	$F_k^\infty=190,0$	-	-
$V_\infty=16,0$	-	-	-	-	$F_k^\infty=117,0$	-	-	-	-
20	32,7		91,5	$F_k^\infty=$ 95,0	110,0	138,0	140,0	128	170
30	22,0		66,0	78,0	63,0	138,0	105,0	90	119
40	17,7		48,0	56,0	50,0	92,0	80,0	69	90
50	14,0		35,0	46,0	35,5	70,0	62,0	54	72
60	-		28,5	37,5	31,0	55,0	52,0	44	60
70	-	-	24,0	31,9	25,0	45,0	45,0	38	51
80	-	-	21,5	28,0	23,0	38,0	38,0	32	43
90	-	-	18,5	26,0	-	34,0	30,0	29	39
100	-	-	16,0	25,0	-	30,0	28,0	25	32
110	-	-	-	-	-	-	-	21	29
120	-	-	-	-	-	-	-	19	23

$V_{max}$	50	65	114	100	80	96	105	120	120
-----------	----	----	-----	-----	----	----	-----	-----	-----



Hình 1.1. Đặc tính sức kéo một số đầu máy sử dụng ở Việt Nam

## 1.2. Các cơ sở vận dụng và bảo dưỡng, sửa chữa đầu máy trong ngành đường sắt Việt Nam

Đề khai thác, bảo dưỡng, sửa chữa đầu máy, hiện nay ĐSVN có các cơ sở công nghiệp chủ yếu sau đây:

### 1- Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào

Từ năm 1986 trở về trước, Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào sử dụng sức kéo hơi nước, gồm hai loại đầu máy Prairie và Mikado. Năm 1986 đầu máy D4H được đưa vào thay thế dần sức kéo hơi nước, và đến năm 1988 đầu máy D4H đã chiếm lĩnh toàn bộ tuyến phía Tây, làm nhiệm vụ kéo tàu khách, tàu hàng địa phương, tàu công trình, dồn dịch tại các ga lập tàu và các khu công nghiệp.

Từ năm 1993 Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào được bổ sung loại đầu máy D5H (second hand) do Australia chế tạo, với số lượng 13 chiếc; từ năm 2002 đến nay Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào được bổ sung 20 đầu máy D10H (second hand) do Trung Quốc chế tạo, đồng thời tiếp nhận thêm 5 đầu máy D12E từ các Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Đà Nẵng chuyển giao.

Các đầu máy nói trên làm nhiệm vụ kéo tàu quốc tế liên vận Hà Nội - Côn Minh trên khu đoạn Hà Nội - Lào Cai và ngược lại, các mác tàu khách liên tuyến, tàu khách và tàu hàng địa phương.

Đặc điểm của tuyến phía Tây là đường sắt chạy qua nhiều vùng đồi núi, nhiều dốc, bán kính đường cong nhỏ và có nhiều đoạn đường cong trái chiều. Đường nhánh vào mỏ Apatit có dốc Pom Hán cao 17 ‰.

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào còn thực hiện công tác bảo dưỡng và sửa chữa định kỳ tới cấp Ky đối với một số loại đầu máy đã nêu.

#### *2- Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội*

Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội nguyên là Xí nghiệp Đầu máy hơi nước, đã từng sử dụng các loại đầu máy Prairie, Mikado, Tự lực và Giải Phóng 6. Từ năm 1972 Xí nghiệp tiếp nhận và sử dụng loại đầu máy diesel đầu tiên là DFH-3 do Trung Quốc chế tạo. Tuy nhiên loại đầu máy này sau một số năm vận dụng đã bị hư hỏng nhiều, không có khả năng khôi phục và cuối cùng đã bị thanh lý hoàn toàn. Đến năm 1986, Xí nghiệp bắt đầu sử dụng đầu máy D4H, làm nhiệm vụ kéo tàu khách, tàu hàng địa phương, kéo tàu hàng trên các đường nhánh, phụ đẩy ở khu gian khó khăn có độ dốc lớn hơn 12‰.

Để cải thiện một bước nâng cao tốc độ chạy tàu phục vụ hành khách trên các tuyến có mật độ đi lại lớn, một số đầu máy D4H đã được cải tạo thay đổi tỷ số truyền bánh răng hộp giảm tốc trực, lắp thêm giảm chấn thủy lực để nâng tốc độ cấu tạo từ 50 km/h lên 70 km/h. Từ năm 1996, để đáp ứng yêu cầu tàu khách nhanh Hà Nội - Hải Phòng hành trình 2h00 - 2h30, LHĐSVN đã cải tạo một số đầu máy D4H bằng cách lắp động cơ diesel của Hãng MTU (Cộng hoà Liên bang Đức) có công suất tương đương thay cho động cơ 1D12-400. Đầu máy D4H cũng đã từng được sử dụng để kéo tàu Liên vận Quốc tế Hà Nội - Bắc Kinh trên khu đoạn Hà Nội - Đồng Đăng và ngược lại.

Bắt đầu từ năm 1990, Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội được giao quản lý và sử dụng đầu máy D12E với số lượng 15 chiếc. Từ năm 1997 được bổ sung thêm 7 chiếc từ Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng, đưa tổng số đầu máy D12E của Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội lên 22 chiếc.

Từ năm 2002 đến nay, Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội đã tiếp nhận thêm 10 đầu máy D19E do Trung Quốc chế tạo.

Đầu máy D12E và D19E được sử dụng kéo tàu khách, tàu hàng trung ương và địa phương, trong đó chủ yếu kéo tàu khách và tàu hàng Bắc - Nam và tàu hàng HBN v.v...

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội còn thực hiện công tác bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ và đại tu đối với các loại đầu máy đã nêu.

#### *3- Xí nghiệp Đầu máy Vinh*

Tiền thân là Xí nghiệp Đầu máy Thanh Hoá, Xí nghiệp Đầu máy Vinh là Xí nghiệp đầu tiên sử dụng đầu máy diesel ở miền Bắc từ năm 1968 với loại đầu máy D4H do Liên Xô chế tạo.

Đầu máy D4H ở Xí nghiệp Đầu máy Vinh được sử dụng kéo tàu khách và tàu hàng địa phương trên các đường chính và đường nhánh, phục vụ tàu công trình, dồn dịch ở các ga lập tàu và đẩy đèo.

Kể từ năm 1984, Xí nghiệp Đầu máy Vinh bắt đầu tiếp nhận và sử dụng đầu máy D18E với số lượng 16 chiếc, làm nhiệm vụ kéo tàu hàng trên chính tuyến.

Kể từ sau năm 2002, Xí nghiệp tiếp nhận thêm 10 đầu máy D13E do Ấn Độ chế tạo.

Các đầu máy công suất lớn của Xí nghiệp Đầu máy Vinh là nguồn động lực chủ yếu cho vận tải hàng hoá của Công ty Vận tải hàng hoá đường sắt.

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Vinh còn thực hiện công tác bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ và đại tu đối với các loại đầu máy đã nêu.

#### *4- Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng*

Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng, tiền thân là Ty Cơ xa Đà Nẵng dưới thời Mỹ-Ngụy, được thành lập từ năm 1975. Tên gọi của XNĐMĐN được thay đổi theo từng thời kỳ: Từ 1975 đến 1982 là Đoàn Đầu máy Đà Nẵng, từ 1982-1986 là Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng, từ 1986-1988 là Xí nghiệp Đầu máy-Toa xe Đà Nẵng và từ tháng 5/1998 Xí nghiệp Đầu máy-Toa xe Đà Nẵng được tách thành hai Xí nghiệp: Đầu máy Đà Nẵng và Toa xe Đà Nẵng.

Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng có nhiệm vụ cung cấp sức kéo phục vụ các mạch tàu khách, tàu hàng trung ương và địa phương, tàu hàng cắt móc khu đoạn theo yêu cầu của ngành. Hiện nay Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng sử dụng 3 loại đầu máy là D4H, D11H và D12E.

Đầu máy D4H được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng từ năm 1976, làm nhiệm vụ kéo tàu khách thường trong khu đoạn như tàu khách địa phương Huế - Đồng Hới, Đà Nẵng - Quy Nhơn, đảm bảo việc tăng cường kéo các tàu Đà Nẵng - Huế, tàu hàng địa phương, tàu hàng cất móc, tàu đá, tàu thoi đường ngắn, v.v... Ngoài ra đầu máy D4H còn đảm nhận phối hợp cùng đầu máy D12E đẩy các đoàn tàu khách và tàu hàng qua đèo Hải Vân, cất móc, giải thể và lập tàu tại ga Đồng Hới và Đà Nẵng.

Đầu máy D11H được đưa vào sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng từ năm 1978. Sau một thời gian sử dụng, toàn bộ 58 đầu máy đã bị hư hỏng nặng và đã được thanh lý. Từ năm 1993 đến nay, ĐSVN đã cho khôi phục đầu máy D11H với loại động cơ mới của Hãng MTU (CHLB Đức). Hiện nay có 23 đầu máy đã được khôi phục và đưa vào sử dụng, kéo tàu khách và tàu hàng trung ương, đặc biệt đầu máy D11H đã và đang tham gia kéo tàu S1/2 từ Hà Nội vào tới Tp. HCM.

Đầu máy D12E được sử dụng tại Xí nghiệp từ năm 1986 với số lượng 25 chiếc. Từ sau năm 1996, do sự điều chỉnh sức kéo của ngành, Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng đã giao lại cho Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào tổng số 12 đầu máy D12E, do đó hiện nay Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng còn sử dụng 13 đầu máy D12E.

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng còn thực hiện công tác bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ và đại tu đối với các loại đầu máy đã nêu.

#### *5- Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn*

Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn được thành lập năm 1975. Trải qua từng thời kỳ, tên gọi của xí nghiệp có những thay đổi như sau:

Từ năm 1975, Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn thuộc Đoàn Đầu máy Toa xe Chí Hoà bao gồm Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn và Xí nghiệp Toa xe Sài Gòn hiện nay. Năm 1976, Đoàn Đầu máy Toa xe Chí Hoà được tách thành hai: Đoàn Đầu máy Chí Hoà và Đoàn Toa xe Chí Hoà. Năm 1983 Đoàn Đầu máy Chí Hoà được đổi tên thành Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn.

Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn là đơn vị quản lý và sử dụng các loại đầu máy D9E, D13E và D19E. Các đầu máy nói trên làm nhiệm vụ kéo tàu khách, tàu hàng địa phương và tàu trung ương từ Tp. Hồ Chí Minh đến Đà Nẵng theo nhu cầu vận tải của ngành.

Sau năm 1975, Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn đã từng quản lý và sử dụng nhiều loại đầu máy do chế độ cũ để lại như đầu máy y Plymouth, Alsthom, GE (D9E) và đầu máy D4H. Hiện nay các đầu máy Plymouth, Alsthom, D4H đã được thanh lý.

Ngoài nhiệm vụ tổ chức vận dụng, Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn còn thực hiện công tác bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ và đại tu đối với các loại đầu máy đã nêu.

#### *6- Nhà máy Xe lửa Gia Lâm*

Là một trong những cơ sở công nghiệp lớn nhất của ngành ĐSVN. Được Ba Lan đầu tư xây dựng từ những năm 70, Nhà máy có chức năng chính là sửa chữa đầu máy hơi nước. Đến nay đầu máy hơi nước hầu như đã bị thải loại, Nhà máy đã được cải tạo lại với chức năng đóng mới toa xe, sửa chữa toa xe và đại tu đầu máy. Mặc dù vậy, chức năng đại tu đầu máy vẫn chưa được phát huy một cách đúng mức.

Từ năm 2003, Nhà máy Xe lửa Gia Lâm được chuyển đổi thành Công ty Xe lửa Gia Lâm.

### **1.3. Tình hình sử dụng đầu máy trong ngành đường sắt Việt Nam**

#### **1.3.1. Về đầu máy hơi nước**

Trong những năm trước đây, đường sắt Việt Nam chủ yếu sử dụng 4 loại đầu máy hơi nước, trong đó đầu máy Prairie, Mikado và Tựa lực là đầu máy khổ 1000 mm, còn đầu máy Giải Phóng 6 (JF6) là đầu máy khổ đường 1435 mm.

Đầu máy hơi nước đã trải qua gần một thế kỷ hoạt động, đến nay đã trở nên lạc hậu. Bộ Giao thông Vận tải và Đường sắt Việt Nam đã nhiều lần thảo luận và quyết định loại bỏ loại đầu máy này. Đến nay chỉ còn một số lượng không đáng kể (tổng số 7 chiếc) đang được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội làm một số các công tác phụ trợ và phục vụ du lịch theo yêu cầu.



### **1.3.2. Về đầu máy diesel**

Ở nước ta, sức kéo diesel bắt đầu được sử dụng ở phía Bắc từ năm 1968 và ở phía Nam từ năm 1963, và đến nay ngành đường sắt Việt Nam đã được diesel hoá hoàn toàn. Từ năm 1983 đến nay, Đường sắt Việt Nam luôn có chủ trương nhập đầu máy công suất lớn với tính năng kỹ thuật tiên tiến của các nước như Vương Quốc Bỉ, Cộng hoà Séc, Ấn Độ, Trung Quốc và đã đạt được những kết quả mong đợi.

#### **1. Đầu máy D4H**

Đầu máy D4H thực chất là đầu máy TY5 và sau đó là TY7, truyền động thuỷ lực, công suất 400 ML, tốc độ cấu tạo 50 km/h, do Liên Xô chế tạo, được đưa vào Việt Nam từ năm 1968 và lần đầu tiên được sử dụng tại Đoạn Đầu máy Thanh Hoá, nay là Xí nghiệp Đầu máy Vinh. Sau khi miền Nam hoàn toàn giải phóng, từ những 1976 trở đi loại đầu máy này được đưa về hàng loạt và được sử dụng tại hầu hết các xí nghiệp đầu máy, cụ thể là tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng từ năm 1976, sau đó tới Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn. Từ 1986 trở đi loại đầu máy này tiếp tục được sử dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Hà Lào.

Trong số các đầu máy D4H (TY7) đang sử dụng, trong những năm qua đã tiến hành cải tạo tăng tốc độ lên 70 km/h và thay thế động cơ 1D12-400 trên đầu máy này bằng loại động cơ công suất 500 ML của hãng MTU (Cộng hoà Liên bang Đức) cho tổng số 18 đầu máy, trong đó 13 chiếc đang sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và 05 chiếc tại Xí nghiệp Đầu máy Vinh. Ngoài ra cũng tiến hành cải tạo 10 đầu máy D4H khổ hẹp (1000 mm) thành đầu máy khổ tiêu chuẩn (1435 mm) và hiện nay tất cả 10 đầu máy này đều đang được vận dụng tại Phân đoạn Yên Viên của Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội.

Hiện nay loại đầu máy này có số lượng lớn nhất (148/tổng số 347 chiếc), chiếm 42,7% tổng số đầu máy của toàn ngành. Mặc dù số lượng lớn nhưng số đầu máy vận dụng không nhiều.

Từ năm 1991, nguồn phụ tùng vật tư chính thống từ Liên Xô cho loại đầu máy này bị cắt đứt. Toàn bộ phụ tùng vật tư được cung ứng từ thị trường tự do hoặc đặt mua ở một số cơ sở chế tạo trong nước, do đó không ổn định và không đồng bộ, chất lượng bị giảm nhiều so với tiêu chuẩn ban đầu. Việc kiểm tra chất lượng sản phẩm cũng chưa có điều kiện tiến hành chặt chẽ thường xuyên, gây ảnh hưởng không nhỏ tới chất lượng hoạt động của đầu máy D4H trong khai thác.

Đầu máy D4H (TY5) được đưa sang Việt Nam trong thời kỳ chiến tranh phá hoại, nó đã đóng vai trò lịch sử quan trọng trong vận tải đường sắt thời chiến cũng như trong thời gian sau chiến tranh. Bước sang giai đoạn đất nước hoà bình và phát triển kinh tế, việc sử dụng đầu máy này để chạy chính tuyến đã bộc lộ những nhược điểm về kỹ thuật và kinh tế. Loại đầu máy này có công suất nhỏ, tốc độ cấu tạo thấp (50 km/h), suất tiêu hao nhiên liệu khá cao, do đó không còn thích hợp với điều kiện phát triển mới của ngành đường sắt Việt Nam.

Những đầu máy TY7 (D4H) đầu tiên được sử dụng trên đường sắt Việt Nam từ năm 1973 và được bổ sung đều đặn qua các năm cho đến năm 1987. Tuổi thọ của loại đầu máy này là khoảng 15-20 năm, như vậy đến nay hầu hết đầu máy TY7 (D4H) đã hết hạn sử dụng.

Sau 30 năm vận dụng, đầu máy D4H đã đóng góp vai trò tích cực cho sự phát triển của ngành đường sắt Việt Nam, tuy nhiên đến nay, các loại đầu máy này không còn phù hợp với xu hướng phát triển của ngành, vì vậy Đường sắt Việt Nam đã có chủ trương thay thế dần dần đầu máy D4H từ nay đến năm 2005 bằng những loại đầu máy tiên tiến hơn. Tuy nhiên việc thay thế này đòi hỏi phải có nguồn kinh phí khá lớn.

Mặc dù vậy, đến nay đầu máy D4H vẫn còn được sử dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào, Hà Nội, Vinh và Đà Nẵng để kéo tàu hàng, tàu khách địa phương trên chính tuyến và làm các công tác phụ trợ khác.

#### **2. Đầu máy D5H**

Đây là loại đầu máy diesel truyền động thuỷ lực (TĐTL), công suất 500 ML, tốc độ cấu tạo 65 km/h, do Australia chế tạo, được nhập vào Việt Nam năm 1993-1994 dưới dạng second hand với số lượng 13 chiếc và được giao cho Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào quản lý, sử dụng. Mặc dù là loại đầu máy cũ đã qua sử dụng nhưng chất lượng kỹ thuật đầu máy còn đảm

bảo. Động cơ diesel lắp trên loại đầu máy này là động cơ do Hãng Caterpilla (Mỹ) chế tạo với chất lượng tốt. Loại đầu máy này đã tỏ ra thích hợp và có hiệu quả với nhiệm vụ vận tải trên tuyến phía Tây có địa hình phức tạp, tốc độ cho phép của đường không lớn (< 50 km/h). Tuy nhiên, việc nhập các đầu máy này thực chất chỉ là giải pháp tình thế. Sau một số năm vận dụng đã bộc lộ một số nhược điểm và việc cung ứng vật tư thay thế gặp những khó khăn nhất định.

### **3. Đầu máy D10H**

Đầu máy D10H nguyên thủy là đầu máy Đông Phương Hồng 21 (ĐFH-21), là một biến thể của loại đầu máy Đông Phương Hồng do Nhà máy Đầu máy-Toa xe Tứ Phương của Trung Quốc sản xuất từ cuối những năm 70 đầu những năm 80 của thế kỷ trước. Tất cả các đầu máy thuộc họ này đều là đầu máy TĐTL lắp động cơ diesel 12V180ZJ, công suất 1150 ML (857 kW) và bộ truyền động thủy lực SF2010-2A với 2 máy biến tốc thủy lực. *(Chúng có những biến thể khác nhau như ĐFH-3, ĐFH-5, ĐFH-21, trong đó loại đầu máy ĐFH-3 đã từng được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội vào thời kỳ những năm 1972-1979 với số lượng 20 chiếc. Sau đó loại đầu máy đã hư hỏng hàng loạt và được thanh lý toàn bộ)*

Hiện nay đầu máy D10H có số lượng 20 chiếc và tất cả đang được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào.

### **4. Đầu máy D11H**

Đây là loại đầu máy diesel TĐTL, công suất 1100 ML, tốc độ cấu tạo 100 km/h do Rumani chế tạo, được nhập vào Việt Nam và giao cho Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng sử dụng từ năm 1978 với số lượng 58 chiếc. Thiết kế và kết cấu của loại đầu máy này tương đối hiện đại, tuy nhiên chất lượng chế tạo và trình độ công nghệ không cao, nhất là đối với động cơ diesel. Do đó chỉ sau 5 năm khai thác, toàn bộ động cơ của đầu máy đã bị hư hỏng nặng, không có khả năng phục hồi thay thế, và đến năm 1987 toàn bộ đầu máy D11H đã được thanh lý.

Từ năm 1993 đến nay, với dự án khôi phục đầu máy D11H bằng cách thay thế động cơ nguyên thủy bằng động cơ hiện đại của Hãng MTU (Cộng hoà Liên bang Đức), đã khôi phục được 23 đầu máy D11H với chất lượng tương đối tốt. Các đầu máy này đang là nguồn sức kéo chủ lực của Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng nói riêng và của ngành ĐSVN nói chung.

### **5. Đoàn tàu kéo đẩy D8E**

Đây là đoàn tàu kéo đẩy đầu tiên do Việt Nam thiết kế, chế tạo với số lượng 2 chiếc, trên cơ sở nhập các thiết bị vật tư cơ bản của Trung Quốc. Hiện nay hai đoàn tàu này do Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội quản lý và sử dụng, làm nhiệm vụ vận chuyển hành khách trên tuyến Hà Nội-Lào Cai.

### **6. Đầu máy D9E**

Đây là loại đầu máy diesel truyền động điện (TĐĐ), công suất 900 ML, tốc độ cấu tạo 114 km/h do Hãng General Electric của Mỹ chế tạo, được sử dụng ở miền Nam Việt Nam từ năm 1963. Trước khi giải phóng miền Nam, loại đầu máy này là nguồn sức kéo chủ lực của chế độ cũ. Sau khi miền Nam hoàn toàn giải phóng, loại đầu máy này được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng, và sau đó toàn bộ đầu máy D9E đã được chuyển giao cho Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn quản lý và sử dụng.

Nhìn chung đầu máy D9E là loại đầu máy có chất lượng tốt. Trong nhiều năm, do nguồn phụ tùng vật tư khó khăn, phải cung ứng từ nguồn vật tư trôi nổi ngoài thị trường tự do, và do cơ chế quản lý không tốt, chất lượng vận dụng đầu máy D9E đã có lúc suy giảm. Tuy vậy trong thời kỳ đổi mới, do cơ chế quản lý thay đổi, và nguồn phụ tùng vật tư được cung ứng đồng bộ hơn từ nước ngoài, do đó đến nay chất lượng đầu máy D9E đã đi vào ổn định và đang là nguồn sức kéo chủ lực của Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn.

### **7. Đầu máy D12E**

Đây là loại đầu máy diesel TĐĐ, công suất 1200 ML, tốc độ cấu tạo 80 km/h do ĐSVN đặt hàng Cộng hoà Séc chế tạo. Đầu máy D12E được đưa vào Việt Nam và giao cho Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng sử dụng từ năm 1986 với số lượng 25 chiếc sau đó Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội 15 chiếc. Từ năm 1996 trở đi, do sự điều chỉnh sức kéo của ngành, Xí

nghiệp Đầu máy Đà Nẵng đã giao lại cho các Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Hà Lào 12 đầu máy D12E, do đó hiện nay Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng còn sử dụng 13 đầu máy D12E, Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội sử dụng 22 chiếc và Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào 5 chiếc. Loại đầu máy này có chất lượng tương đối ổn định, và trong nhiều năm qua nó là nguồn sức kéo chủ lực cho ngành ĐSVN.

#### **8. Đầu máy D13E**

Đây là loại đầu máy diesel TĐĐ do Ấn Độ chế tạo, được nhập vào Việt Nam từ năm 1983 với số lượng 15 chiếc và được giao cho Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn quản lý và sử dụng, chủ yếu để vận chuyển hàng hoá. Trình độ công nghệ và chất lượng chế tạo của đầu máy không cao, do đó độ tin cậy vận hành không ổn định và các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật chưa đảm bảo, đặc biệt chỉ tiêu tiêu hao nhiên liệu đơn vị khá cao. Tuy vậy, trong nhiều năm qua, loại đầu máy này đã là nguồn sức kéo chủ lực của Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn.

Từ năm 2002, Đường sắt Việt Nam đã nhập thêm 10 đầu máy D13E và giao cho Xí nghiệp Đầu máy Vinh quản lý.

#### **9. Đầu máy D14E**

Đầu máy D14E là đầu máy diesel TĐĐ có ký hiệu nguyên thủy là JMD 1360 do Nhà máy xe lửa Changzhou sản xuất cung cấp cho đường sắt Việt Nam. Đầu máy có khổ đường là 1435 mm, hiện nay có tổng số 3 chiếc, đang được sử dụng tại Phân đoạn Yên Viên của Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội, làm nhiệm vụ vận chuyển hàng hoá và hành khách trên các tuyến đường sắt 1435 mm, chủ yếu là tuyến Yên Viên - Hạ Long.

#### **10. Đầu máy D16E**

Đầu máy D16E là đầu máy diesel TĐĐ do Trung Quốc sản xuất. Đầu máy này dùng cho khổ đường 1435 mm, hiện nay có tổng số 5 chiếc, đang được sử dụng tại Phân đoạn Yên Viên của Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội, làm nhiệm vụ vận chuyển hàng hoá và hành khách trên các tuyến đường sắt 1435 mm, chủ yếu là tuyến Yên Viên - Hạ Long.

#### **11. Đầu máy D18E**

Đây là loại đầu máy diesel TĐĐ, công suất 1800 ML, tốc độ 100 km/h do ĐSVN đặt hàng của Vương quốc Bỉ, được đưa vào Việt Nam từ năm 1984 và được giao cho Xí nghiệp Đầu máy Vinh sử dụng với số lượng 16 chiếc, làm nhiệm vụ kéo tàu hàng trên chính tuyến. Hiện nay đầu máy D18E là một trong những loại đầu máy có công suất lớn nhất trên đường sắt Việt Nam, là nguồn động lực quan trọng trong vận tải hàng hoá của Công ty vận tải hàng hoá nói riêng và của ngành đường sắt Việt Nam nói chung.

#### **12. Đầu máy D19E**

Đây là loại đầu máy diesel TĐĐ, công suất 1900 ML, tốc độ 120 km/h do ĐSVN đặt hàng của Trung Quốc, được đưa vào Việt Nam từ năm 2002 và được giao cho các Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và Sài Gòn sử dụng với số lượng mỗi Xí nghiệp 10 chiếc, làm nhiệm vụ vận chuyển hành khách và hàng hoá. Loại đầu máy này còn có tên gọi là đầu máy “Đổi mới”. Đây là loại đầu máy có công suất lớn nhất hiện nay trong ngành đường sắt Việt Nam. Sắp tới sẽ tiếp tục nhập thêm 20 đầu máy D19E nữa và tiếp tục giao cho hai Xí nghiệp Đầu máy trên quản lý, sử dụng.

Sắp tới có khả năng Đường sắt Việt Nam sẽ nhập thêm khoảng 16 đầu máy diesel TĐĐ công suất 2000 ML và sẽ giao cho Xí nghiệp đầu máy Đà Nẵng quản lý, sử dụng.

Với nguồn sức kéo như trên, ngành đường sắt đã thực hiện khối lượng vận chuyển hàng hoá và hành khách tương đối lớn. Để đáp ứng được nhu cầu vận tải, ngành đường sắt luôn nỗ lực để đảm bảo đầy đủ nguồn sức kéo. Tỷ lệ đầu máy chi phối so với tổng số đầu máy hiện có khá cao. Tuy trong điều kiện khó khăn về nhà xưởng sửa chữa, thiết bị kỹ thuật lạc hậu, vật tư phụ tùng thiếu thốn, nhưng các đầu máy chi phối vẫn được bảo dưỡng đạt yêu cầu kỹ thuật. Số đầu máy được chế tạo và nhập vào Việt Nam trong những năm 1983-1985 đến nay vẫn đang được vận dụng với tỷ lệ cao, tỷ lệ đầu máy vận dụng trên tổng số đầu máy chi phối đạt 60-65%.

Tuy vậy việc sử dụng đầu máy trong ngành đường sắt Việt Nam đã bộc lộ rõ những nhược điểm sau:

- Đầu máy hơi nước đã trải qua gần một thế kỷ hoạt động, đến nay đã trở nên lạc hậu và đã được quyết định loại bỏ. Đến nay chỉ còn một số lượng không đáng kể đang hoạt động làm các công tác phụ trợ.

- Tổng công suất kéo sử dụng trên ĐSVN là khoảng 300 000 ML, với gần 350 đầu máy có thể sử dụng được do 10 nước chế tạo và có tới 12 loại khác nhau. Đây là một khó khăn lớn cho quá trình quản lý, sử dụng và bảo dưỡng, sửa chữa đầu máy. Nhiều loại đầu máy đang sử dụng ở nước ta do Liên Xô và các nước Đông Âu chế tạo. Đến nay hầu hết các nhà máy chế tạo đã giải thể, do đó khâu cung ứng vật tư, phụ tùng gặp nhiều khó khăn.

- Các chỉ tiêu khai thác đối với các loại đầu máy diesel đang vận dụng trên đường sắt Việt Nam như tiêu hao nhiên liệu đơn vị, độ an toàn, tuổi thọ sử dụng của các loại phụ tùng, chi tiết v.v... là chưa cao.

### ***1.3.3. Một số dạng hư hỏng chủ yếu của các loại đầu máy sử dụng trên đường sắt Việt Nam. Nguyên nhân và các biện pháp khắc phục***

Trên đầu máy diesel có hàng ngàn chi tiết với những chức năng khác nhau. Tuy nhiên, xét về mặt kết cấu, có thể coi đầu máy được cấu thành từ 6 hệ thống hay cụm chi tiết chính, đó là: động cơ diesel (thiết bị động lực), hệ thống truyền động (thủy lực hoặc điện), bộ phận chạy (giá chuyển hướng và bộ trục bánh xe), hệ thống hãm, hệ thống điều khiển và hệ thống thiết bị phụ. Trong quá trình khai thác, hư hỏng của các chi tiết là điều tất yếu. Tuy nhiên cũng cần phân biệt ba dạng hư hỏng sau đây:

Dạng thứ nhất: các loại hư hỏng nhỏ, hay còn gọi là các trục trặc kỹ thuật. Loại hư hỏng này thường được các ban lái máy khắc phục ngay trong quá trình vận hành, hoặc được khắc phục ở khâu kiểm tra kỹ thuật, hoặc ở các cấp bảo dưỡng định kỳ.

Dạng thứ hai: Các hư hỏng dần dần của chi tiết và cụm chi tiết (như hao mòn, già hoá, lão hoá v.v...) dẫn đến làm suy giảm các tính năng kỹ thuật ban đầu của đầu máy. Loại hư hỏng này được khắc phục bằng cách khôi phục hoặc sửa chữa, liên quan tới việc giải thể chi tiết và cụm chi tiết ở các cấp sửa chữa định kỳ theo Quy trình sửa chữa do LHĐSVN ban hành. Nhóm hư hỏng này thường là có quy luật, có thể lập kế hoạch và có thể tiên lượng được.

Dạng thứ ba: Các hư hỏng nặng, thường là hư hỏng đột ngột, do không tuân thủ chặt chẽ quy trình, quy phạm khai thác, do các yếu tố khách quan mang lại, và thường làm cho các cụm chi tiết nói riêng và đầu máy nói chung mất khả năng làm việc. Nhóm hư hỏng này thường không có quy luật, gây mất ổn định trong việc thực hiện nhiệm vụ vận tải. Việc khắc phục các hư hỏng này phải tiến hành ngoài kế hoạch, bằng cách phục hồi hoặc thay mới, dẫn đến chi phí sửa chữa gia tăng.

Nhiều năm trước đây, đã có những thời kỳ hư hỏng của đầu máy diesel trên ĐSVN là vấn đề hết sức gay gắt. Thậm chí, lúc đó còn có ý kiến cho rằng trình độ kỹ thuật của ĐSVN chưa đủ sức để sử dụng đầu máy diesel. Trong những năm 70, một loạt đầu máy ĐFH3 của Trung Quốc đã được nhập và được sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội. Khi đó loại hư hỏng thường xuyên xảy ra đối với loại đầu máy này là hư hỏng bơm cao áp và các chi tiết động cơ diesel. Đã có nhiều chuyên đề, nhiều giải pháp để giải quyết vấn đề này nhưng đều không mang lại hiệu quả mong muốn. Nguyên nhân chủ yếu, trước hết là tại thời điểm đó chúng ta chưa có nhiều kinh nghiệm sử dụng, cơ sở vật chất, trình độ tay nghề công nhân cho bảo dưỡng, sửa chữa chưa cao; sau đó là do chất lượng chế tạo các chi tiết động cơ không đảm bảo, và nguyên nhân chính yếu nhất là không có nguồn phụ tùng, vật tư thay thế. Lúc đó đã có giải pháp cải tạo đầu máy ĐFH3 bằng cách thay thế động cơ của nó bằng một loại động cơ tàu thủy, nhưng cuối cùng cũng không mang lại kết quả mong đợi, và kết cục, sau một số năm sử dụng, loạt đầu máy này đã phải thanh lý hoàn toàn.

Tiếp sau đó, đến năm 1978, 58 đầu máy D11H do Rumani chế tạo đã được nhập về Việt Nam. Số phận của loại đầu máy này cũng hoàn toàn tương tự như đầu máy ĐFH3: chất lượng công nghệ chế tạo các chi tiết động cơ diesel không tốt, dẫn đến hư hỏng hàng loạt do đứt bu lông biên, hư hỏng xilanh, pittông, hư hỏng khớp nối giữa động cơ diesel và bộ TĐTL v.v... Và phụ tùng vật tư, ngay từ khâu bảo hành đã gặp nhiều khó khăn, cuối cùng thì tốc độ

hư hỏng của loại đầu máy này còn cao hơn cả DFH; và chỉ sau 5-7 năm sử dụng, toàn bộ 58 đầu máy đã phải thanh lý.

Sau khoảng thời gian đó, ĐSVN đã quyết định chuyển hướng, và tiến hành nhập một số loại đầu máy tiên tiến hơn, như D18E, D13E và D12E.

Sau hơn 15 năm khai thác, chất lượng sử dụng của các loại đầu máy này nói chung tương đối ổn định, các hư hỏng nghiêm trọng hầu như không còn xảy ra. Bước sang giai đoạn đổi mới, từ 1989 đến 1999, tình hình đã được cải thiện đáng kể. Trách nhiệm của từng xí nghiệp, của từng thành viên, từ ban lái máy đến công nhân sửa chữa đã được nâng cao hơn. Cũng trong thời gian này, dự án khôi phục đầu máy D11H bằng biện pháp lắp động cơ mới của Hãng MTU đã được triển khai.

Bên cạnh đó, cũng có một khoảng thời gian dài trong thời kỳ bao cấp, trục khuỷu động cơ đầu máy D4H hao mòn hết hạn độ, một số bị gãy, không có phụ tùng thay thế, dẫn đến không đủ số đầu máy vận dụng. Lúc đó đã có một số giải pháp phục hồi động cơ bằng cách hoán cải trục khuỷu của động cơ tàu thủy và xe tăng để lắp cho động cơ đầu máy D4H. Đây chỉ là những giải pháp tình thế và không mang lại hiệu quả cần thiết.

Các nguyên nhân chủ yếu dẫn đến hư hỏng của đầu máy có thể quy về các nhóm chính sau đây:

*Nguyên nhân khách quan:*

- Chất lượng chế tạo của chi tiết và tổng thành của một số loại đầu máy không cao như DFH3, D4H, D11H và D13E.

- Điều kiện khai thác đầu máy ở Việt Nam là khó khăn, mặt trắc dọc của tuyến đường tương đối phức tạp, nền đường yếu và không ổn định, nhiều đường cong bán kính nhỏ, nhiều cung đoạn có độ dốc lớn, điều kiện khí hậu, thời tiết nóng ẩm và môi trường không thuận lợi.

- Nguồn phụ tùng vật tư chủ yếu phải nhập ngoại, các cơ sở trong nước chưa thể sản xuất được các loại phụ tùng chính yếu, do đó trong nhiều năm giá cả, tiến độ, và ngoại tệ cho việc mua sắm, cung ứng vật tư, phụ tùng đã trở thành vấn đề nan giải.

- Trong khi nguồn phụ tùng vật tư chính thống gặp khó khăn, lại tồn tại nguồn vật tư trôi nổi trên thị trường, như phụ tùng vật tư đầu máy D4H được nhập theo con đường không chính thức từ Liên Xô và LB Nga, phụ tùng vật tư đầu máy D12E được nhập không chính thức từ CH Séc, các loại phụ tùng vật tư của đầu máy D9E được khai thác từ tổng kho Long Bình sau khi miền Nam hoàn toàn giải phóng v.v... Việc kiểm tra chất lượng phụ tùng vật tư chưa được kiểm soát chặt chẽ, dẫn đến chất lượng không đảm bảo, số lượng nhập không hợp lý, có loại ít hỏng thì lại nhập quá nhiều dẫn đến nhiều năm sử dụng không hết, có những loại hay hỏng thì lại không kịp cung ứng, dẫn đến phải sử dụng một cách cưỡng bức các chi tiết đã hao mòn quá hạn độ.

- Đầu máy là nguồn tài sản cố định cần vốn đầu tư rất lớn, trong khi đó ngành VTĐS phải hạch toán kinh doanh trong điều kiện không thuận lợi (vận tải hàng hoá suy giảm, giá cước vận tải bị khống chế, Nhà nước không cấp vốn ...), do đó việc tái đầu tư cho mua sắm đầu máy mới và nhất là vật tư phụ tùng gặp nhiều khó khăn.

*Nguyên nhân chủ quan:*

- Trong một thời gian dài, do cơ chế quan liêu bao cấp, trình độ quản lý bị hạn chế, tay nghề và trách nhiệm của công nhân, cán bộ kỹ thuật không cao, lợi ích của người lao động không được chú trọng một cách đúng mức;

- Cơ sở vật chất phục vụ bảo dưỡng, sửa chữa còn lạc hậu, máy móc, thiết bị chuyên dùng phục vụ công tác phục hồi, sửa chữa, phục vụ quá trình kiểm tra thử nghiệm chất lượng sau sửa chữa vừa thiếu, vừa lạc hậu vừa không đồng bộ, dẫn đến chất lượng sửa chữa không cao, không kiểm soát được chất lượng sửa chữa một cách chính xác;

- Sau khi chuyển sang cơ chế thị trường, việc đầu tư cho cơ khí đường sắt, đặc biệt cho việc duy trì và nâng cao chất lượng sử dụng đầu máy vẫn chưa thoả đáng.

Các biện pháp chủ yếu khắc phục hư hỏng của đầu máy:

1- Phục hồi và sửa chữa các chi tiết tại các Xí nghiệp Đầu máy thông qua các cấp sửa chữa định kỳ, theo Quy trình sửa chữa do LHĐSVN ban hành, bao gồm nhiều công việc,

trong đó có các công việc quan trọng như: doa xilanh, mài trục khuỷu, hàn phục hồi lợi bánh xe, lắp ép bộ trục bánh xe, tiện mặt lăn bánh xe, tẩm sấy cách điện máy phát điện chính và động cơ điện kéo, phục hồi ắcquy, v.v...;

2- Thay thế các chi tiết và cụm chi tiết hư hỏng bằng các chi tiết và cụm chi tiết mới nhập ngoại hoặc chế tạo trong nước.

#### ***1.3.4. Một số loại phụ tùng chủ yếu cần thiết cho các loại đầu máy***

Phụ tùng, vật tư đầu máy rất đa dạng và phong phú. Hiện nay các cơ sở công nghiệp trong nước nói chung và của ĐSVN nói riêng, nhìn chung chưa đủ khả năng chế tạo các phụ tùng chính yếu, loại trừ một số phụ tùng có tính chất vật rẻ mau hỏng. Trong những năm vừa qua, cũng có một số cơ sở, kể cả nhà nước và tư nhân đã mạnh dạn đầu tư công nghệ để chế tạo một số phụ tùng như pittông, xéc măng, xilanh động cơ cho một số loại đầu máy như D4H, D12E, nắp quy lát cho động cơ đầu máy D12E, D9E, bánh răng côn xoắn cho đầu máy D4H v.v.. Tuy nhiên những loại sản phẩm này có số lượng không lớn và chất lượng chưa ổn định. Sản phẩm phụ tùng vật tư chế tạo trong nước cho đầu máy là không đáng kể, chỉ chiếm không quá 5% so với nhu cầu, toàn bộ số còn lại đều phải nhập ngoại bằng con đường chính thức hoặc không chính thức. Như vậy, cho đến nay loại phụ tùng vật tư thiết yếu nhất để đảm bảo cho đầu máy hoạt động có hiệu quả vẫn là phụ tùng động cơ diesel, mà cụ thể là các chi tiết như xéc măng, xilanh, pittông, bạc trục khuỷu, các chi tiết thuộc hệ thống nhiên liệu, bôi trơn, thiết bị tăng áp v.v..., bánh xe và băng đa bánh xe, các loại căn đệm, gioăng, phốt, vòng bi, bánh răng trong các thiết bị truyền động, hệ thống hãm, hệ thống phụ và hệ thống điều khiển v.v... Các loại phụ tùng này, trong một thời gian dài gặp khó khăn, phải cung ứng từ thị trường tự do. Đến nay tình hình này đã được cải thiện, nguồn cung cấp vật tư ổn định hơn, đáng tin cậy hơn, và nhìn chung phụ tùng, vật tư phục vụ cho đầu máy phải nhập chủ yếu từ nước ngoài tới 95%. Hiện nay ĐSVN có một mạng lưới Công ty, Xí nghiệp Vật tư Đường sắt như Công ty Vật tư VERASIMEX, Công ty Vật tư Đông Anh, Xí nghiệp Vật tư Đường sắt Đà Nẵng, Công ty Vật tư Đường sắt Sài Gòn, chuyên làm công tác nhập khẩu và cung ứng vật tư cho ngành đường sắt nói chung và cho đầu máy, toa xe nói riêng từ các thị trường như Mỹ, Ấn Độ, CH Séc, Bỉ, LB Nga, Trung Quốc, Nam Phi, Australia v.v...

## CHƯƠNG II

### ĐÁNH GIÁ HAO MÒN MỘT SỐ CHI TIẾT CƠ BẢN TRÊN ĐẦU MÁY DIEZEL

#### 2.1. Các dạng hư hỏng của chi tiết trên đầu máy diesel

Trên đầu máy có rất nhiều loại chi tiết khác nhau, do đó trong quá trình vận dụng, các chi tiết của đầu máy có thể gặp nhiều loại hư hỏng khác nhau, và nguyên nhân của các loại hư hỏng đó cũng hết sức đa dạng. Tuy nhiên, chung quy lại các dạng hư hỏng có thể quy về 3 nhóm chính như sau:

- Nhóm thứ nhất: các hư hỏng do hao mòn;
- Nhóm thứ hai: các hư hỏng do tác động cơ giới;
- Nhóm thứ ba: các hư hỏng do tác dụng hóa nhiệt.

##### 2.1.1. Các dạng hư hỏng do hao mòn

Hao mòn là quá trình tất yếu xảy ra, là không thể tránh khỏi đối với các chi tiết làm việc ở chế độ ma sát kể cả trong trường hợp tuân thủ đầy đủ các quy định về quy trình khai thác và bảo dưỡng sửa chữa.

Trong hao mòn lại chia ra:

- Hao mòn bình thường (hao mòn dần dần): thông thường có quy luật và có thể xác định được quy luật đó.
- Hao mòn không bình thường (hao mòn đột biến như xước, kẹt, xây sát, v.v...): thường xảy ra do không tuân thủ các quy trình kỹ thuật về khai thác, bảo dưỡng, sửa chữa, do không đảm bảo chế độ bôi trơn, do quá tải về nhiệt và các nguyên nhân khác như mòn vết, tróc, hao mòn với cường độ quá lớn. Nói chung dạng hao mòn này không có quy luật hoặc rất khó xác định các quy luật đó.

##### 1. Mài mòn cơ học

Là kết quả của sự ma sát giữa các bề mặt lắp ghép của chi tiết (pittông cùng xéc măng và ống lót xylanh, cổ trục khuỷu và các ổ đỡ của nó, cổ trục cặp bánh xe và ổ đỡ động cơ điện kéo, v.v...). Do bị mòn nên các kích thước ban đầu của các bề mặt lắp ghép của chi tiết bị thay đổi, còn hình dạng hình học thì bị biến dạng nếu quá trình mài mòn xảy ra không đồng đều. Độ mòn của các chi tiết được xác định bởi các lực (tải trọng) tác dụng lên chúng, trị số khe hở giữa các chi tiết đó và điều kiện bôi trơn của chúng, số lượng và chất lượng vật liệu bôi trơn. Độ mòn còn phụ thuộc vào vật liệu chi tiết, độ bóng gia công bề mặt, chế độ nhiệt luyện v.v... Sự hao mòn của các chi tiết lắp ghép làm giảm chất lượng sử dụng của đầu máy. Thí dụ, do các xéc măng và rãnh pittông bị mòn nên độ kín của buồng cháy giảm xuống và áp suất nén cũng giảm xuống, do đó công suất của động cơ giảm và tiêu hao nhiên liệu tăng lên; hoặc khi cặp pittông-plông-giơ bơm cao áp bị mòn, khe hở giữa xylanh và pittông của nó tăng lên, do đó lượng nhiên liệu cung cấp trong một chu trình và áp lực phun giảm xuống dẫn đến chất lượng phun kém, cháy không tốt và như vậy hiệu suất nhiệt của động cơ giảm xuống.

Quá trình hao mòn của chi tiết đầu máy xảy ra kèm theo các hiện tượng lý-hóa phức tạp và chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Nhìn chung có thể chia ra những dạng hao mòn chủ yếu như: mòn dính (mòn tróc), mòn oxy hóa, mòn do nhiệt, mòn do hạt mài, mòn rỗ (mòn đậu mùa).

##### 2. Mòn dính (mòn tróc)

Mòn dính xuất hiện trong trường hợp không có dầu bôi trơn và không có màng oxy hóa bảo vệ khi các chi tiết ma sát với nhau với vận tốc nhỏ  $v=1,0$  m/s (đối với thép) và tại chỗ tiếp xúc thực tải trọng đơn vị lớn hơn giới hạn chảy của chi tiết. Mòn dính hình thành do các bề mặt kim loại bị biến dạng dẻo và giữa các phần tiếp xúc của các bề mặt phát sinh các liên kết kim loại. Sự dịch chuyển của các bề mặt tiếp xúc sau khi xuất hiện liên kết kim loại làm cho bề mặt tại các chỗ dính được cường hóa và những phoi kim loại bị bứt ra khỏi những chỗ có độ bền kém hơn hoặc làm cho bề mặt đó lõm xuống bởi phân biến cứng. Mòn dính kèm theo hệ số ma sát cao và cường độ mài mòn lớn nhất. Mòn dính xuất hiện ở những chi tiết được phục hồi bởi các phương pháp như hàn đắp, phun kim loại, v.v...

### 3. Mòn oxy hóa

Mòn oxy hóa đặc trưng bởi hai quá trình xảy ra đồng thời khi các chi tiết chịu ma sát: quá trình biến dạng dẻo của các thể tích kim loại vi mô của các lớp bề mặt và sự xâm nhập oxy (ở không khí) vào các lớp kim loại biến dạng đó.

Ở giai đoạn đầu, sự oxy hóa xảy ra ở những thể tích không lớn của kim loại nằm ở bề mặt trượt khi ma sát. Ở giai đoạn sau, sự oxy hóa xâm nhập vào những thể tích lớn hơn của các lớp bề mặt. Chiều sâu oxy hóa tương ứng với chiều sâu biến dạng dẻo, ở giai đoạn hao mòn ban đầu, sự oxy hóa sẽ tạo ra trên bề mặt chi tiết công tác một lớp dung dịch oxy, ở giai đoạn thứ hai sẽ tạo ra các hợp chất hóa học của oxy với kim loại và nhờ đó mà cấu trúc của các lớp bề mặt bị thay đổi. Quá trình khuếch tán (xâm nhập) của oxy và quá trình biến dạng dẻo, tăng cường, hỗ trợ lẫn nhau. Điều đó có nghĩa rằng, khi có biến dạng thì trên bề mặt ma sát của chi tiết sẽ tạo ra một số mặt phẳng trượt và nó tạo điều kiện cho oxy xâm nhập vào kim loại. Ngược lại, khi trên bề mặt trượt có một số lượng lớn các nguyên tử oxy chuyển động làm tăng độ di động của cấu trúc lớp bề mặt thì sự biến dạng dẻo lại được tăng cường. Ở thời kỳ đầu của quá trình mài mòn oxy hóa, xảy ra sự phá hủy các màng di động của dung dịch oxy rắn được tạo ra một cách liên tục và biến chúng thành các phân tử rất nhỏ. Giai đoạn thứ hai đặc trưng bởi sự tạo thành một cách có chu kỳ các màng oxy ròn, không biến dạng và bởi sự tróc vỡ của chúng. Độ chống mòn của chi tiết khi mòn oxy hóa phụ thuộc vào độ dẻo của kim loại, tốc độ oxy hóa và tính chất của các oxyt.

Mòn oxy hóa xuất hiện khi có ma sát trượt và ma sát lăn. Khi có ma sát trượt, nó là dạng hao mòn cơ bản, còn khi có ma sát lăn nó xảy ra đồng thời với mòn rỗ. Khác với mòn nhiệt xảy ra ở tốc độ trượt lớn và tải trọng đơn vị cao, mòn oxy hóa xuất hiện ở những chi tiết làm việc ở những điều kiện dễ dàng hơn. Mòn oxy hóa có thể xảy ra ở cổ trục khuỷu, xylanh, chốt pittông và các chi tiết khác.

### 4. Mòn do hạt mài

Mòn do hạt mài (hay gọi tắt là mòn hạt mài) xuất hiện do có biến dạng dẻo tế vi và do kim loại của những lớp bề mặt chi tiết bị cắt bởi những hạt mài (hạt căn bản) nằm giữa các bề mặt ma sát. Sự tiến triển của quá trình hao mòn không phụ thuộc vào sự xâm nhập của các hạt mài lên bề mặt ma sát. Dù các hạt mài đó từ bên ngoài xâm nhập vào, hoặc là chúng tồn tại ở một trong các vật làm việc, chẳng hạn như trong các chi tiết bằng gang hoặc cuối cùng có thể tạo ra ngay trong quá trình ma sát như ở giai đoạn thứ hai của mòn oxy hóa, thì đặc tính mài mòn vẫn không thay đổi.

Sự thay đổi kích thước của các chi tiết khi mài mòn do hạt mài phụ thuộc vào nhiều yếu tố như vật liệu và cơ tính của chi tiết, tính chất cắt của các hạt mài, áp lực đơn vị và vận tốc trượt khi ma sát.

Về bản chất thì mòn hạt mài giống như các hiện tượng khi cắt kim loại và khác ở chỗ là có những điểm đặc biệt như hình dạng hạt mài và mặt cắt của phoi nhỏ. Mòn hạt mài thường gặp ở các chi tiết làm việc ở chế độ ma sát, đặc biệt khi làm việc ở môi trường bụi bẩn. Mòn hạt mài có thể xuất hiện ở các chi tiết đầu máy khi phục hồi bằng mạ crôm, mạ sắt, phun kim loại.

### 5. Mòn rỗ (mòn đậu mùa)

Mòn rỗ xuất hiện khi có ma sát lăn và thể hiện khá rõ ràng trên các bề mặt làm việc của các ổ lăn và bề mặt răng của bánh răng. Khi các chi tiết máy bị mòn rỗ thì xuất hiện biến dạng nén dẻo tế vi và biến cứng các lớp bề mặt kim loại. Do bị biến cứng nên xuất hiện ứng suất nén dư. Các tải trọng thay đổi theo chu kỳ vượt quá giới hạn chảy của kim loại khi có ma sát lăn sẽ gây nên hiện tượng mỏi phá hủy các lớp bề mặt. Việc phá hủy các lớp bề mặt xảy ra do các vết nứt tế vi và vĩ mô đã xuất hiện từ trước, mà trong quá trình làm việc chúng phát triển thành những vết lõm đơn điệu hoặc thành những cụm vết rỗ. Chiều sâu của các vết nứt và vết lõm phụ thuộc vào cơ tính của vật liệu chi tiết, trị số áp lực đơn vị tại điểm tiếp xúc và kích thước các bề mặt tiếp xúc.

#### 2.1.2. Các dạng hư hỏng do tác động cơ giới

Các hư hỏng do tác động cơ giới thường có các biểu hiện dưới dạng nứt, vỡ, bong, tróc, thủng, cong, xoắn, v.v...



Trong quá trình làm việc của đầu máy, rất nhiều chi tiết chịu tải trọng thay đổi về trị số và về hướng. Dưới tác dụng của các tải trọng đó, ở những vị trí tập trung ứng suất, sau một thời gian vận dụng sẽ xuất hiện những vết nứt tế vi, những vết nứt tế vi đó, tùy thuộc vào trị số và tần số của lực tác dụng, sẽ dần dần lan truyền thành những vết nứt lớn và cuối cùng chi tiết bị phá hủy. Các hiện tượng phá hủy này được gọi là phá hủy do mỏi của chi tiết (hoặc kim loại). Các chi tiết trên đầu máy thường bị phá hủy do mỏi là trục khuỷu, thanh truyền, các trục dẫn động cơ cấu phối khí, các bánh răng, lò xo tròn, lò xo nhíp, ổ lăn, cũng như các gujiông chịu lực của bloc xylanh, v.v... Ngoài ra khi chi tiết làm việc ở tải trọng lớn hơn tải trọng tính toán và khi độ cứng bề mặt và sự bố trí tương hỗ giữa chúng thay đổi thì sẽ xuất hiện ứng suất dư, làm cho chi tiết bị cong, xoắn, dập, tróc, thủng, v.v... Bên cạnh đó, các loại hư hỏng này còn có thể xuất hiện do không tuân thủ quy trình công nghệ sửa chữa, lắp ráp, do biến dạng và ứng suất đột biến trong quá trình làm việc.

Hiện tượng mỏi của kim loại và ảnh hưởng tương hỗ của sự hao mòn với độ bền mỏi, là một trong những nguyên nhân làm hư hỏng các chi tiết.

Hiện tượng mỏi của kim loại là quá trình phá hủy kim loại dần dần và lâu dài trong điều kiện có ứng suất thay đổi theo chu kỳ. Sự phá hủy kim loại do tải trọng đổi hướng xảy ra không những ở những tải trọng có trị số nhỏ hơn giới hạn bền, mà cả ở những tải trọng có trị số nhỏ hơn giới hạn chảy. Sự xuất hiện các vết nứt mỏi có liên quan tới các đặc điểm cấu trúc tinh thể của kim loại. Những kim loại đa tinh thể được cấu tạo bởi một khối lượng lớn các tinh thể có hướng khác nhau, các tinh thể đó phân cách với nhau bởi các đường biên, các lỗ nhỏ và các tạp chất không kim loại. Các tinh thể này định hướng khác nhau do điều kiện kết tinh, điều kiện gia công gây nên do đó chúng không phải là đồng nhất. Do tính không đồng hướng đó, nên các tinh thể có độ chống tải trọng bên ngoài khác nhau, hay nói khác có độ bền khác nhau.

Trong các tinh thể nằm không cùng hướng với tác dụng của tải trọng bên ngoài sẽ xuất hiện các ứng suất lớn và trong các tinh thể đó xuất hiện biến dạng dẻo ở dạng trượt (cắt). Trong các tinh thể khác, biến dạng mang đặc tính đàn hồi. Trong kim loại có tạp chất và các lỗ rỗng sẽ tạo ra tập trung ứng suất. Khi bị biến dạng đàn hồi, khoảng cách giữa các nguyên tử và sự biến dạng không đáng kể của mạng tinh thể sẽ được hồi phục sau khi thoát tải. Khi bị biến dạng dẻo, mối liên hệ giữa các nguyên tử của mạng tinh thể bị phá hoại theo các mặt phẳng cắt hoặc theo các mặt phẳng trượt.

Ở những chu trình đầu tiên của ứng suất thay đổi, kết quả biến dạng dẻo là gia cường mặt phẳng trượt trong các phân tử khác nhau và làm cho kim loại được bền hóa. Tuy nhiên, khi các chu trình ứng suất thay đổi tăng lên thì quá trình biến dạng dẻo của các phân tử yếu có thể mất đi, còn mức độ biến dạng của mạng tinh thể có thể làm xuất hiện những vùng mà ở đó liên kết nguyên tử sẽ bị phá hủy và những liên kết mới không xuất hiện. Do đó độ kín mìn của kim loại bị phá hủy và bắt đầu xuất hiện những vết nứt tế vi.

Giai đoạn bắt đầu phá hủy do mỏi là kết quả tác dụng của các ứng suất tiếp tuyến gây nên biến dạng dẻo lặp đi lặp lại nhiều lần. Sự xuất hiện và tiếp tục lớn lên của các vết nứt tế vi đã có và sự xuất hiện các vết nứt tế vi mới có thể sẽ chấm dứt, nếu xảy ra trạng thái cân bằng. Trạng thái cân bằng xảy ra trong trường hợp khi dưới tác dụng của các ứng suất tiếp tuyến sự yếu dần do phá hủy các phân tử yếu hơn sẽ được bù trừ bởi sự bền hóa của những phân tử bền hơn. Nhưng cũng có thể có hiện tượng ngược lại, khi các vết nứt tế vi xuất hiện dưới ảnh hưởng của nguyên nhân này hoặc nguyên nhân khác tăng lên và liên kết lại thành một vết nứt chung. Trong trường hợp này ứng suất pháp đóng một vai trò quan trọng. Sự tạo thành các vết nứt mỏi trong phần lớn các trường hợp xảy ra theo hướng tác dụng của các ứng suất pháp tuyến lớn nhất.

Cơ cấu biến dạng dẻo và phá hủy kim loại ở tải trọng chu kỳ và tải trọng tĩnh về bản chất và nguyên tắc không có gì khác nhau. Trong cả hai trường hợp, mạng tinh thể đều bị biến dạng theo các mặt phẳng cắt. Tuy nhiên, ở tải trọng tĩnh biến dạng dẻo tác dụng về một hướng và lan truyền đều hơn lên tất cả các tinh thể, trong khi đó ở tải trọng chu kỳ biến dạng dẻo chỉ tập trung ở những phân tử gây ra cắt (trượt) thay đổi về hướng. Như vậy, độ bền của kim loại ở tải trọng tĩnh sẽ phụ thuộc vào sức chống phá hủy, tính trung bình cho tất cả các phân tử kim loại, còn ở tải trọng chu kỳ thì nó sẽ phụ thuộc vào những phân tử yếu hơn.

Quá trình mỏi của kim loại có thể chia ra làm 3 thời kỳ:

1. Thời kỳ xuất hiện các vết nứt tế vi mỗi đầu tiên;
2. Thời kỳ phát triển các vết nứt tế vi mỏi;
3. Thời điểm phá hủy chi tiết do mỏi.

Cơ cấu hình thành vết nứt rất phức tạp và có nhiều quan điểm không thống nhất về nguyên nhân phát sinh của nó. Sự hình thành vết nứt mỏi thường thấy ở bề mặt kim loại, ở những chỗ tập trung ứng suất lớn, nhưng cũng có thể hình thành ở bên trong kim loại. Vết nứt không lan truyền theo toàn bộ thể tích của kim loại chi tiết mà chỉ lan truyền theo một trong những mặt cắt, theo những phần tử tương đối yếu có cấu trúc vật lý không đồng nhất và như vậy, phá hủy do mỏi mang đặc tính cục bộ.

Sự hình thành vết nứt mỏi trên bề mặt chi tiết không chỉ do ứng suất uốn và xoắn có chu kỳ gây nên, mà cả khi kéo-nén theo chu kỳ. Vết nứt mỏi trong trường hợp này thường sinh ra trên bề mặt chi tiết vì các lớp bề mặt này chịu ứng suất chu kỳ kém hơn.

Mặt khác, khi các lớp bề mặt chi tiết được bền hóa bằng phương pháp gia công đặc biệt thì các vùng vết nứt mỏi thường xuất hiện dưới lớp bền hóa đó. Qua đây ta thấy sự xuất hiện vết nứt ở những chi tiết phục hồi bằng phủ đắp kim loại có thể xảy ra trên bề mặt kim loại cơ bản do có các tập trung ứng suất do mòn hoặc do phương pháp chuẩn bị bề mặt không kỹ lưỡng, cũng như trên bề mặt của lớp kim loại do đặc tính không đồng nhất về cấu trúc của chúng. Nguyên nhân làm giảm độ bền mỏi của các chi tiết phục hồi là:

1. Do trạng thái bề mặt chi tiết;
2. Do phủ đắp kim loại hoặc lấp thêm chi tiết phụ;
3. Do gia công cơ cho các chi tiết phục hồi.

Sở dĩ độ bền mỏi của kim loại giảm xuống khi trạng thái bề mặt thay đổi là vì lúc đó lớp bề mặt đã mang những khuyết tật do chi tiết bị mòn như vết xước, xây sạt, vết nứt tế vi hoặc do bề mặt chịu ảnh hưởng của các nguyên công chuẩn bị chi tiết để phủ đắp như cắt bằng ren, gia công cơ-dương cực, v.v...

Nhóm nguyên nhân thứ hai có liên quan tới các hiện tượng xảy ra trong quá trình phủ đắp, tới đặc tính không đồng nhất về cấu trúc của chúng và ứng suất dư bên trong.

Nhóm nguyên nhân thứ ba có liên quan tới lượng dư gia công, tới trị số và sự đồng đều của nó trong quá trình gia công cơ cho các chi tiết phục hồi. Việc cắt gọt làm kim loại phủ đắp có chứa oxy và các tạp chất khác một cách gián đoạn sẽ làm cho bề mặt bị rạch, bị lõm sâu và nhiều khi mài cũng không hết, do đó độ bền mỏi giảm xuống.

Ở một mức độ nào đó, các nguyên nhân kể trên cộng thêm với ứng suất dư bao giờ cũng là đặc trưng của các phương pháp phục hồi chi tiết bằng phủ đắp kim loại. Sự xuất hiện vết nứt làm giảm độ bền mỏi của đầu máy phụ thuộc vào bản chất của các liên kết lý-hóa của lớp phủ với kim loại cơ bản. Các phương pháp điện phân và tất cả các phương pháp phủ bằng hàn đắp không đòi hỏi phải có bề mặt thô để phục hồi cho tốt, trong khi đó khi phun kim loại điều đó lại rất cần thiết để tăng độ bền bám của lớp phủ với kim loại chi tiết. Các lớp phủ điện phân và hàn đắp đều làm việc đồng thời với kim loại cơ bản ở mọi tải trọng. Do đó các khuyết tật của lớp bề mặt chi tiết bị mòn, các đặc điểm của cấu trúc lớp phủ và ứng suất dư trong lớp bề mặt đó, ở mức độ nào đó, đều ảnh hưởng tới độ bền mỏi của chi tiết được phục hồi. Các lớp phun kim loại thường có độ bền bám nhỏ ( $1,2 - 2,5 \text{ kG/cm}^2$ ), do đó dưới tác dụng của tải trọng chu kỳ, như các nghiên cứu cho biết, lớp phun đó sẽ không làm việc đồng thời với kim loại cơ bản và tóm lại độ không đồng nhất về cấu trúc lớp kim loại phun, ứng suất dư bên trong của nó và việc gia công cơ khí của chi tiết đều không ảnh hưởng tới sự giảm độ bền mỏi. Ở đây ý nghĩa quyết định đối với độ bền mỏi là các phương pháp chuẩn bị bề mặt của chi tiết để phun kim loại và sự ảnh hưởng của quá trình phun kim loại tới sự xuất hiện những chỗ tập trung ứng suất. Do vậy, khi phục hồi chi tiết bằng những phương pháp khác nhau cần phải chú ý ảnh hưởng của lớp phủ tới độ bền mỏi của chi tiết.

### **2.1.3. Các dạng hư hỏng do tác dụng hóa - nhiệt**

Các hư hỏng do tác dụng hóa nhiệt thường biểu hiện dưới dạng cong vênh, ăn mòn, già hóa lớp cách điện, cháy, rỗ, v.v...

Mòn do nhiệt (hay mòn nhiệt) xuất hiện do tác dụng của lượng nhiệt sinh ra khi các chi tiết bị ma sát ở tốc độ trượt lớn và tải trọng đơn vị cao. Trong các điều kiện đó, trên các bề

mặt làm việc của chi tiết sản sinh ra một lượng nhiệt khá lớn không kịp tản sâu vào kim loại, do đó các lớp bề mặt chi tiết bị đốt nóng tới các nhiệt độ rất cao. Tùy thuộc vào vật liệu và chế độ gia công nhiệt luyện của chi tiết, nhiệt độ cao sinh ra do ma sát có thể dẫn đến sự gia công nhiệt có đặc thù riêng của các lớp bề mặt chi tiết kèm theo các hiện tượng như kết tinh lại, ram, tôi, tôi thứ cấp và nóng chảy bề mặt trong một số trường hợp. Do những hiện tượng đó, cấu trúc các lớp bề mặt chi tiết bị thay đổi và độ bền của kim loại giảm xuống nhanh chóng.

Ngoài ra, nhiệt độ cao của các lớp bề mặt còn làm cho chúng bị mềm ra, bị dính tiếp xúc, bị đập và các thể tích nhỏ của các bề mặt tiếp xúc của chi tiết bị phá hủy. Đối với chi tiết, độ ổn định nhiệt có ý nghĩa quan trọng và ảnh hưởng trực tiếp tới độ chống mòn của nó. Khi đốt nóng kim loại có độ ổn định nhiệt nhỏ thì chi tiết bị mòn nhanh và ngược lại. Mòn nhiệt xuất hiện ở các cam của trục phối khí, các nắm con đội, xupáp, trên bề mặt làm việc của xy lanh, cổ trục khuỷu, bánh răng và các chi tiết khác.

*Hư hỏng do tác động hóa nhiệt* có thể gặp ở các chi tiết như cổ trục khuỷu, thành xy lanh, chốt pittông, các cam của trục phối khí, các tán con đội, xupáp, v.v... Các chi tiết này làm việc trong điều kiện nhiệt độ cao, do đó ngoài sự mài mòn như trên đã trình bày, chúng còn bị tác dụng ăn mòn của chất khí và chịu ảnh hưởng tác động hóa học của nước làm mát và dầu bôi trơn. Trên bề mặt của các chi tiết đó có thể xuất hiện các vết rỗ, bị ăn mòn và nhiều chi tiết còn bị cong, vênh do nhiệt độ quá cao. Chẳng hạn như phần phía trên của xy lanh bị mòn nhiều không những là do sự cọ sát của xéc măng phía trên mà còn do ảnh hưởng của nhiệt độ cao tới điều kiện bôi trơn kém và của sự ăn mòn của chất khí với thành xy lanh. Để khắc phục hiện tượng ăn mòn phải sử dụng các chất phụ gia chống ăn mòn cho nước làm mát và dùng các chất bôi trơn có chất lượng tốt.

Nhìn chung, ta thấy phần lớn các hư hỏng của chi tiết đầu máy đều xảy ra do quá trình mài mòn tự nhiên của chúng. Còn lại, các hư hỏng có tính chất đột xuất thường xảy ra ít hơn và nguyên nhân của chúng phần lớn là do hậu quả của việc không tuân thủ đầy đủ và triệt để các quy trình, quy tắc. Để ngăn ngừa những hư hỏng đột xuất, người ta thiết lập một hệ thống bảo dưỡng và sửa chữa đầu máy theo kế hoạch định trước và hệ thống đó có một vai trò rất quan trọng.

Hao mòn là kết quả không tránh khỏi của các chi tiết máy khi chúng làm việc và nó là một trong những yếu tố làm giảm thời gian vận dụng hay tuổi thọ của đầu máy. Để tiến hành bảo dưỡng cũng như sửa chữa đầu máy một cách khoa học và đúng kỹ thuật phải tiến hành nghiên cứu và nắm được những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp tới tuổi thọ của đầu máy.

Việc phân tích các nguyên nhân hư hỏng của các chi tiết trên đầu máy cho thấy rằng, thời gian đầu tiên phát hiện ra các hư hỏng có liên quan tới chất lượng chế tạo ở nhà máy, còn sau đó các hư hỏng sinh ra do sửa chữa không kịp thời, chất lượng sửa chữa kém và do bảo dưỡng không chu đáo. Từ kinh nghiệm sử dụng đầu máy và tổ chức sửa chữa có thể thấy rằng, tay nghề của ban lái máy không chỉ đánh giá ở chỗ sử dụng hết công suất đầu máy mà còn ở chỗ biết phát hiện một cách nhanh chóng các trục trặc và khắc phục chúng một cách có hiệu quả. Do đó phải thường xuyên kiểm tra và bồi dưỡng kiến thức về nguyên lý, đặc tính của các cụm máy, sự tác động tương hỗ của chúng và về vấn đề công nghệ sửa chữa. Đồng thời để ngăn ngừa sự hao mòn quá lớn làm giảm tuổi thọ của đầu máy cần phải hiểu rõ sự diễn biến của nó theo thời gian và các hiện tượng xuất hiện trên lớp bề mặt chi tiết trong quá trình đó.

#### ***2.1.4. Vấn đề phân tích và đánh giá quá trình hao mòn các cụm chi tiết chính trên đầu máy diesel***

Tuổi thọ của đầu máy quyết định bởi tuổi thọ của các cụm máy chính như động cơ, bộ truyền động, bộ phận chạy, v.v... Tuổi thọ của các cụm máy lại quyết định bởi tuổi thọ của các chi tiết chính, do đó việc nghiên cứu hao mòn của chúng nhằm đưa ra những biện pháp nâng cao tuổi thọ là vấn đề cần được quan tâm. Trong tất cả các cụm máy thì các chi tiết của cụm động cơ bị hao mòn nhiều nhất vì rằng các chi tiết của nó phải làm việc ở những điều kiện nặng nhọc, khó khăn, điển hình là các nhóm chi tiết như cổ trục-bạc lót, xy lanh-xéc măng, cơ cấu phối khí, v.v... Nói chung người ta thường lấy mức độ mài mòn của xy lanh hoặc cổ trục khuỷu để làm mốc đưa vào sửa chữa.

Do khuôn khổ có hạn, trong chương này ta chỉ xét quá trình hao mòn của một số nhóm chi tiết có tính chất điển hình, đó là các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh, nhóm trục khuỷu-bạc trục và bộ trục bánh xe đầu máy.

## **2.2. Một số nguyên tắc về thu thập số liệu thống kê hao mòn các chi tiết trên đầu máy vận dụng trong điều kiện Việt Nam**

Để nghiên cứu hao mòn các mối ghép cơ bản (các cụm chi tiết chính) trên đầu máy như nhóm pittông-xéc măng-xylanh, nhóm gối đỡ-bạc trục khuỷu, cặp bánh xe... cần phải thu thập số liệu thống kê và tính toán các đặc tính hao mòn theo một trình tự xác định.

Để lấy số liệu đạt yêu cầu cần đảm bảo những nguyên tắc sau đây:

1. Khi thu thập số liệu thống kê, chỉ được đo kích thước của các chi tiết của cùng một loại động cơ hoặc đầu máy, với điều kiện tất cả các động cơ hoặc đầu máy đều được vận dụng ở những điều kiện tương tự như nhau.

2. Phải đo lường tất cả các chi tiết cùng kiểu loại cần nghiên cứu trước khi dò khuyết tật không kể tới nguyên nhân hư hỏng của chúng hoặc trạng thái của chúng. Không được phân nhóm sơ bộ theo mức độ hư hỏng cho các chi tiết hoặc bỏ qua các số đo có sai lệch lớn so với trị số bình thường. Các phương pháp lý thuyết xác suất chỉ có thể dùng các chuỗi số liệu thống kê ngẫu nhiên, do đó các chi tiết phân nhóm trước không tạo nên cụm số liệu ngẫu nhiên.

3. Để đo những chi tiết đã qua vận dụng, phải sử dụng dụng cụ đo và các thiết bị có độ chính xác không nhỏ hơn so với dụng cụ và thiết bị sử dụng khi chế tạo các chi tiết được nghiên cứu này.

4. Chi tiết của động cơ hoặc đầu máy được loại bỏ khi độ mòn của bề mặt ma sát dù chỉ ở một vị trí bất kỳ nào đó đã vượt quá giới hạn cho phép. Vì vậy, về mặt nguyên tắc, đối với mỗi chi tiết chỉ cần lựa chọn lấy độ mòn cục bộ lớn nhất là đủ.

Tuy nhiên, để phục vụ cho những nghiên cứu có tính toàn diện hơn, có thể thu thập hoặc ghi nhận tất cả các số đo ở tất cả những vị trí đo đã được quy định trong quy trình sửa chữa.

5. Trước khi xử lý số liệu cũng cần lưu ý vấn đề khử các sai số thô. ở đây cần nhận rõ là các số liệu thống kê chỉ được coi là có chứa sai số thô khi nó không phản ánh đúng bản chất vật lý hoặc phi lý so với thực tế chứ không phải số liệu có giá trị lớn hơn các giá trị trung bình quá nhiều.

6. Trong xử lý số liệu thống kê cần chú ý tới số lượng mẫu. Tuy nhiên vấn đề số lượng mẫu trong quá trình nghiên cứu hao mòn các chi tiết của đầu máy hiện đang vận dụng ở Việt Nam coi như không phải đề cập tới, vì các số liệu thống kê hầu như bao hàm toàn bộ số đầu máy hiện có và do đó các quy luật nhận được chắc chắn sẽ phản ánh đúng bản chất của tập hợp đầu máy đang khảo sát.

## **2.3. Đánh giá đặc trưng hao mòn các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh động cơ đầu máy diesel**

### **2.3.1. Phân tích quá trình hao mòn các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh**

Các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh phải làm việc trong những điều kiện khắc nghiệt như nhiệt độ cao, môi trường có chất ăn mòn, màng dầu bôi trơn luôn bị nhiên liệu làm loãng, dầu bôi trơn và nhiên liệu có lẫn cặn bẩn, v.v...

Trong toàn bộ hành trình của pittông, những vị trí khác nhau của xylanh chịu những điều kiện ma sát khác nhau và do đó độ mòn của xylanh theo chiều trục không đồng đều. Phía đỉnh xylanh bị mòn nhiều hơn phần dưới, do đó xylanh sau thời gian làm việc có dạng côn; theo chiều hướng kính xylanh bị mòn theo hình ô van. Lượng mài mòn lớn nhất trong xylanh ứng với điểm chết trên của xéc măng thứ nhất. Sở dĩ như vậy, là vì ở điểm chết trên của xéc măng thứ nhất điều kiện làm việc của xylanh là xấu nhất, áp suất của xéc măng lên xylanh là lớn nhất, nhiệt độ cháy cao nhất và bôi trơn kém nhất.

*Ảnh hưởng của áp suất tác dụng lên xéc măng*

Áp suất của xéc măng tác dụng lên xylanh phụ thuộc vào sức bật của xéc măng và áp lực của khí cháy tác dụng lên lưng xéc măng. Nếu coi áp suất của khí cháy là 100% thì áp lực tác dụng lên các xéc măng lần lượt sẽ là khoảng 76%, 20% và 7,6%. Áp lực tác dụng lên xéc măng thứ nhất là lớn nhất. Khi pittông đi xuống, áp lực trong xylanh giảm dần, do đó áp suất tác dụng lên xylanh cũng giảm dần. Khi lực tác dụng vuông góc với mặt ma sát càng lớn

thì những phân tử của các mặt ma sát găm vào nhau càng nhiều và do đó phần trên của xylan bị mòn nhiều nhất. Dạng đường cong đặc tính mài mòn tương tự như dạng đường cong phân bố áp lực trong xylan theo chiều trục và điều đó đã nói lên ảnh hưởng của áp lực đối với độ mòn.

Trong quá trình làm việc cũng như không làm việc xéc măng luôn áp sát vào thành xylan, để giải thích sự mài mòn của xéc măng có hai trường hợp:

- *Đẳng áp*: trong trường hợp này áp lực xéc măng lên thành xylan là đồng đều nhưng nó chỉ dùng trên lý thuyết để tính toán, trong thực tế thì không có vì có khe hở miệng của xéc măng. Qua thời gian sử dụng và thực tế nhiều lần đo đạc khảo sát, thấy rằng khu vực gần miệng xéc măng là chịu mài mòn lớn nhất. Do đó khi lắp xéc măng vào pittông người ta phải phân bố đều hướng miệng xéc măng để tránh hiện tượng lọt khí xuống các-te, bảo đảm cho sự bao kín buồng cháy.

- *Không đẳng áp*: hiện tượng phân bố lực theo hình trái lê mà áp lực ở miệng xéc măng là lớn nhất (có giá trị bằng 3P). Sau quá trình làm việc thì áp lực 3P giảm xuống còn từ 1P đến 2P do có sự mài mòn, do đó áp lực lớn nhất còn ở khu vực từ  $120^0$  đến  $240^0$ . Đây là trường hợp mới được nghiên cứu và áp dụng. Hiện nay trong công nghệ chế tạo xéc măng người ta mạ một lớp crôm xốp gần miệng xéc măng có chiều dày lớn hơn ở vị trí khác trên xéc măng.

Tác dụng của xéc măng là bao kín buồng cháy và phải đảm bảo lượng lọt khí nhỏ nhất. Xéc măng phải khít với thành xylan, khe hở giữa xéc măng và rãnh xéc măng phải đảm bảo ở trị số nhỏ nhất. Sự kín khít giữa xéc măng và xylan đảm bảo được là do áp lực khí cháy dẫn nở và sức bật của xéc măng. Ngoài quá trình giãn nở, thì ở các quá trình khác sức ép của khí trong xylan không đáng kể. Do đó tuổi thọ của xéc măng có thể coi là thời gian mà xéc măng còn ép khít được với xylan do sức bật của bản thân nó.

Sức bật của xéc măng sẽ giảm dần trong quá trình sử dụng do bị mòn theo hướng kính và nơi mòn nhiều nhất là miệng của xéc măng. Theo các nghiên cứu cho thấy, thì xéc măng thứ nhất sau khi sử dụng bị mòn nhiều nhất và như vậy sức bật của nó cũng giảm nhiều nhất. Các xéc măng càng ở phía sau bị mòn càng ít. Ngoài ra, nhiệt độ cao cũng làm cho sức bật của xéc măng giảm. Trong rãnh xéc măng thứ nhất còn tồn tại cả mài mòn do cặn bẩn, do đó độ hở của xéc măng và rãnh tăng lên.

Sự mài mòn của xylan có tác dụng tương hỗ với sự mài mòn của xéc măng. Đặc điểm mòn của xéc măng là chiều dày mòn nhiều, chiều cao mòn ít, xéc măng khí mòn nhiều hơn xéc măng dầu, trong đó xéc măng khí thứ nhất do chịu áp lực lớn nhất, bôi trơn kém nhất, nhiệt độ cao nhất là do đó bị mòn nhiều nhất.

Để kéo dài tuổi thọ của xéc măng và làm giảm hao mòn của nó cũng như xylan, người ta thường mạ crôm xốp cho những xéc măng thứ nhất là xéc măng làm việc ở những điều kiện khác nghiệt nhất.

#### *Điều kiện nhiệt độ*

Nhiệt độ ở các vị trí khác nhau trong xylan cũng khác nhau. Nhiệt độ của phần trên xylan cao nhất, chẳng hạn trong một số động cơ làm mát bằng nước tuần hoàn, nhiệt độ bình quân của khu vực điểm chết trên của pittông lên tới khoảng  $350^0\text{C}$  và ở khu vực điểm chết dưới là khoảng  $200^0\text{C}$ . Đối với một số động cơ làm mát bằng không khí, thì các nhiệt độ đó có thể lên tới khoảng  $430^0\text{C}$  và  $220^0\text{C}$ . Nhiệt độ của xéc măng thứ nhất ở điểm chết trên còn cao hơn nhiệt độ của xylan. Nhiệt độ tăng làm cho độ nhớt của dầu giảm và do đó làm yếu màng dầu; thậm chí màng dầu tại nơi nhiệt độ cao còn có thể bị cháy, mặt khác sự cung cấp dầu cho phần trên của xylan cũng khó khăn và đó cũng là lý do để giải thích tại sao phần trên của xylan lại bị mòn nhiều. Khi động cơ làm việc, trong xylan hình thành ba khu vực nhiệt độ:

#### *- Khu vực nhiệt độ cao*

Dầu nhờn trong vùng nhiệt độ cao không có tác dụng bôi trơn, màng dầu bị phá hủy, áp suất của nhiên liệu phun sương mạnh cũng làm ảnh hưởng đến màng dầu bôi trơn, đặc tính và trị số hao mòn của xylan phụ thuộc vào chế độ nhiệt, kết cấu động cơ và mức độ làm mát khác nhau của xylan trong cùng một động cơ. Khi nhiệt độ thành xylan giảm thấp hơn nhiệt độ tạo sương của các sản phẩm cháy trên thành xylan thì hơi nước bị ngưng tụ, các loại axit cao phân tử, lưu huỳnh và các hợp chất lưu huỳnh trong nhiên liệu cũng làm tăng nhanh sự hao mòn. Dầu nhờn trong vùng này bị cháy tạo ra muội than và nhựa bám vào các chi tiết của

pittông, xéc măng, xylan làm xấu quá trình công tác, giảm khả năng truyền nhiệt, gây tắc vòi phun, tạo sự mài mòn các bề mặt kim loại. Khi nhiên liệu bị đốt cháy, nhiệt độ tăng cao, màng dầu bôi trơn bị giãn nở cục bộ, bị làm loãng do nhiên liệu phun vào có tốc độ cao, do luồng khí nạp thổi vào xylan, do sự thay đổi áp suất ở thời kỳ giãn nở, do sự giảm tốc độ của pittông cho tới không và do sự đổi hướng chuyển động của nó, dẫn đến sự phá huỷ hoặc làm giảm chiều dày của màng dầu bôi trơn, làm cho các bề mặt kim loại tiếp xúc trực tiếp với nhau. Những yếu tố trên làm tăng ma sát và gây ra hao mòn không đồng đều trên chiều dài xylan. Độ mòn lớn nhất thường thấy ở vùng xéc măng lửa đầu tiên. Khi độ mòn xylan tăng lên thì khe hở của nhóm pittông-xéc măng-xylan càng tăng do đó càng làm tăng nhanh quá trình hao mòn.

*- Khu vực nhiệt độ trung bình*

Ở khu vực này các sản phẩm cháy và dầu bôi trơn tạo keo, gây bó kẹt xéc măng, làm mòn xylan và xéc măng.

*- Khu vực nhiệt độ thấp*

Ở khu vực này dầu bôi trơn hầu như vẫn giữ nguyên tính chất, ít bay hơi, do vậy khi khí cháy lọt xuống các te, trong dầu có chứa lẫn hạt nhiên liệu, trong nhiên liệu có lưu huỳnh, các axit hữu cơ, có tác dụng làm loãng dầu nhớt mất phẩm chất cũng gây nên hiện tượng ăn mòn. Để giảm tính chất ăn mòn ta thêm chất phụ gia đa chức năng để làm giảm tính oxy hoá, chống tạo nhựa, chống tính ăn mòn. Trong toàn bộ hành trình pittông làm việc ở những vị trí khác nhau của xylan, chịu những điều kiện ma sát khác nhau, do đó độ mòn xylan theo chiều trục không đồng đều: phía đỉnh xylan mòn nhiều hơn phần dưới theo hướng trục xylan có dạng hình côn, theo chiều hướng kính thì xylan bị mòn theo hình ôvan. Lượng mài mòn lớn nhất trong xylan ứng với điểm chết trên của xéc măng thứ nhất.

Trong một số tài liệu kỹ thuật đã lấy lực ngang  $N$  và kết quả của sự biến dạng của xylan và pittông ở nhiệt độ cao để cắt nghĩa sự mòn không đều của xylan. Song căn cứ vào đặc tính mòn thực tế của xylan thì quan điểm này chưa thể thỏa mãn được. Vì vậy nơi mòn nhiều nhất của xylan thường lại xuất hiện ở nơi lực ngang  $N = 0$  và ngược lại ở nơi  $N = N_{\max}$  thì lượng mòn lại nhỏ hơn. Mặt khác nếu dùng sự biến dạng của pittông để giải thích sự mòn không đều của xylan cũng chưa được vì phân đầu pittông không tiếp xúc với xylan.

Nói toám lại, xylan là chi tiết phải làm việc ở những điều kiện rất khắc nghiệt và đặc tính hao mòn của chúng đã được xét một cách sơ bộ, cụ thể theo hướng kính xylan bị mòn thành ôvan, theo chiều trục bị mòn thành hình côn, phần bị mòn nhiều nhất là phía đỉnh của nó (tức là phần ở buồng cháy).

*Ảnh hưởng của luồng khí nạp thổi quét trên thành xylan*

Luồng khí nạp thổi quét trên thành xylan cũng là nguyên nhân làm xylan mòn không đều trên mặt cắt ngang.

Có thể thấy độ mòn theo hướng kính của xylan (độ mòn lớn nhất) nằm ở vị trí đối diện với xupáp nạp. Tác dụng thổi quét của khí nạp lên thành xylan làm nhiệt độ của nó giảm xuống, do đó sự ăn mòn xảy ra mạnh hơn và như vậy cường độ mài mòn tăng lên. Bên cạnh đó điều kiện làm mát của động cơ cũng ảnh hưởng tới sự mài mòn của xylan theo hướng kính. Nhiều thí nghiệm cho thấy rằng vị trí mòn trên hướng kính của xylan không phải lúc nào cũng hoàn toàn đối diện với xupáp nạp, mà ở nơi nào nhiệt độ thấp nhất. Trong thực tế, trên một động cơ đặc tính mòn của các xylan nói chung giống nhau về căn bản nhưng lượng mòn tuyệt đối có khác nhau. Nơi mòn nhiều nhất là các xylan hai đầu có nhiệt độ thấp hơn các xylan khác. Vị trí mòn nhiều nhất của xylan của các động cơ khác nhau cũng khác nhau, điều đó phụ thuộc vào sự bố trí xupáp nạp và điều kiện làm mát của động cơ.

Trong quá trình nạp, không khí có tác dụng thổi quét lên thành xylan và nhiên liệu ở thể hơi ngưng tụ sẽ rửa dầu nhờn trên vách xylan, phá hoại màng dầu bôi trơn càng làm tăng cường độ mài mòn của phần trên xylan.

*Ảnh hưởng của nhiên liệu tới độ mòn các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylan*

Ảnh hưởng của nhiên liệu tới hao mòn chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylan được xác định chủ yếu bởi lượng tạp chất có trong nhiên liệu, trong đó có axit, nhất là axit cao phân tử

lưu huỳnh, và các hợp chất của lưu huỳnh có khả năng ăn mòn các chi tiết của động cơ, ngoài ra ta còn phải kể đến độ nhớt của nhiên liệu và chất lượng phun nhiên liệu vào xy lanh.

Khi động cơ làm việc sẽ tạo ra khí  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , trong khu vực cacte khí này kết hợp với hơi nước tạo ra axit  $\text{H}_2\text{SO}_3$  và  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , cả hai loại axit cùng với bụi và một số axit khác trong nhiên liệu gây nên ăn mòn động cơ rất mạnh.

Tính ăn mòn của những sản phẩm cháy cũng ảnh hưởng tới mức độ và đặc tính ăn mòn của nhóm pittông-xéc măng-xy lanh. Những sản phẩm cháy gồm có  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , hơi nước và các axit hữu cơ  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ , v.v... Chúng có thể trực tiếp ăn mòn xy lanh hoặc hòa tan trong hơi nước rồi ăn mòn xy lanh, vì vậy sự ăn mòn do hai loại cùng có tác dụng như nhau là loại ăn mòn hóa học và ăn mòn điện - hóa học.

Mức độ bị ăn mòn của xy lanh quyết định bởi nhiệt độ của vách xy lanh, nhiệt độ càng cao thì sự ăn mòn càng mạnh. Ta thấy, trong trường hợp này phần trên của xy lanh cũng lại chịu điều kiện làm việc xấu nhất. Cụ thể, tuy nhiệt độ phần trên xy lanh có cao nhưng do áp lực khí cũng lớn do đó hơi nước bị ngưng tụ dẫn đến việc bôi trơn khó khăn, tác dụng chống ăn mòn của màng dầu hầu như không có và tóm lại độ mòn cũng lớn.

Độ nhớt của nhiên liệu đúng yêu cầu thì động cơ sẽ làm việc bình thường, nếu độ nhớt lớn thì lúc lưu động sẽ gây ra cản trở lớn làm xấu chất lượng phun.

Độ nhớt bé làm giảm áp suất phun nhiên liệu, dễ bị rò rỉ qua khe hở giữa pittông - xéc măng - xy lanh, kim phun và đế kim phun nhiên liệu hoà lẫn vào dầu bôi trơn làm giảm tính lý hoá dẫn đến sự hao mòn chi tiết. Ta còn phải để ý tới trị số xetan của nhiên liệu vì khi động cơ diesel dùng nhiên liệu có trị số xetan bé thì kéo dài giai đoạn cháy trễ, động cơ có khói đen tạo muội than, sức tiêu hao nhiên liệu tăng, gây hiện tượng va đập, làm hao mòn xy lanh, pittông, xéc măng. Do đó để nâng cao các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật, làm giảm bớt sự mài mòn thì nhiên liệu động cơ diesel có những yêu cầu sau:

- Nhiệt độ đông đặc, nhiệt độ vẫn đục, độ nhớt cần phải đúng đảm bảo cho việc cấp nhiên liệu qua vòi phun không bị gián đoạn, chứa ít tạp chất axit, lưu huỳnh, bụi;
- Phải có giai đoạn cháy trễ càng ngắn càng tốt trong quá trình cháy;
- Phải có khả năng tự bốc cháy tốt (nâng cao trị số xetan);
- Đảm bảo cháy hoàn toàn không có khói đen, không tích muội than, nhiên liệu diesel nếu đạt yêu cầu trên thì nhóm pittông-xéc măng-xy lanh trong động cơ sẽ giảm rất nhiều về độ hao mòn.

#### *Ảnh hưởng chất lượng dầu bôi trơn*

Chất lượng dầu bôi trơn ảnh hưởng đáng kể tới độ mòn của các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xy lanh. Ngoài các nhiệm vụ cơ bản như: bôi trơn, làm sạch, làm mát, làm kín, chống han rỉ, dầu bôi trơn phải có tính năng làm giảm mài mòn, đảm bảo chi tiết máy làm việc lâu bền. Vì vậy dầu bôi trơn phải đạt các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Có khả năng tạo thành màng dầu vững chắc trên bề mặt công tác của chi tiết;
- Có khả năng đông đặc ở nhiệt độ thấp;
- Tạo muội than ít nhất;
- Bền vững hoá học đối với ôxy và không khí;
- Không có tạp chất cơ học và nước.

Hàm lượng nước ngưng tụ lẫn vào dầu bôi trơn khi động cơ làm việc ở chế độ nhiệt độ thấp cũng ảnh hưởng đến độ mài mòn. Nước sẽ làm xấu tính bôi trơn của màng dầu, khi lọt vào bề mặt xy lanh nó sẽ thúc đẩy quá trình ăn mòn khốc liệt hơn.

Một số chỉ tiêu đặc trưng của dầu ảnh hưởng tới sự mài mòn:

- *Nhiệt độ đông đặc*: là nhiệt độ thấp nhất mà ở nhiệt độ đó dầu mất tính lưu động, để đảm bảo dầu bôi trơn tốt nhất thì nhiệt độ đông đặc không phải lớn. Để làm giảm nhiệt độ đông đặc người ta pha thêm một chất phụ gia, việc làm giảm nhiệt độ đông đặc tức là tạo sự ổn định cho dầu khắc phục ít nhất sự mài mòn.

- *Độ nhớt*: là một trong những tiêu chuẩn giới hạn của dầu bôi trơn, nó biểu thị công suất cần thiết trong khắc phục ma sát, khi những phân tử của dầu chịu lực tác dụng bên ngoài thì dầu có lực đối kháng hay còn gọi là độ nhớt.

Độ nhớt của dầu là một trong những tính chất quan trọng nhất là trong những điều kiện nhiệt độ cao, các tính chất lý hoá của dầu cũng ảnh hưởng đến độ nhớt, khi nhiệt độ tăng thì

độ nhớt giảm, tăng khe hở các chi tiết, tăng hao dầu, tăng tải trọng đơn vị trên bề mặt ma sát. Khi nhiệt độ thấp thì độ nhớt tăng gây khó khăn cho việc dẫn dầu bôi trơn đến các chi tiết, ảnh hưởng đến sự luân chuyển tuần hoàn của dầu bôi trơn từ đó gây hao mòn chi tiết. Dầu bôi trơn phải có tính ổn định lý hoá tốt khi vận chuyển và bảo quản trong một thời gian dài. Khi ở nhiệt độ cao để làm giảm tính chất ăn mòn, người ta pha thêm chất phụ gia để dầu không bị biến chất (giữ vững tính lý hoá).

#### *Ảnh hưởng của quá trình khởi động động cơ*

Quá trình khởi động làm cho động cơ từ trạng thái tĩnh chuyển sang trạng thái động (làm việc), do đó không tránh khỏi hiện tượng hao mòn. Khi bắt đầu khởi động, trong lòng xylanh đã có hơi nước ngưng tụ từ trước, lúc này màng dầu bôi trơn chưa hình thành và quá trình ăn mòn xylanh xảy ra (hiện tượng xâm thực). Khi khởi động, các chi tiết chịu ma sát ở tốc độ trượt lớn và tải trọng đơn vị cao. Lúc này xuất hiện ma sát khô và ma sát giới hạn vì bề mặt kim loại tiếp xúc trực tiếp với nhau. Khi vật liệu bôi trơn chỉ tồn tại ở một số vùng trên bề mặt kim loại, bề mặt chi tiết sản sinh ra một lượng nhiệt không kịp tản sâu vào kim loại, nó làm thay đổi cấu trúc các lớp bề mặt chi tiết, độ chống mòn của kim loại giảm xuống nhanh chóng và làm tăng nhanh sự hao mòn, và đó là mài mòn cơ học. Độ mòn lớn nhất xảy ra trong khoảng 1 đến 2 giây đầu tiên sau khi khởi động, sau đó nó sẽ trở lại trạng thái ổn định. Trên đầu máy diesel hiện nay, khi động cơ dừng hoạt động thì dầu bôi trơn sẽ rơi về cacte và khi khởi động thì phải nâng cần gia tốc mục đích là để đạt tới trị số vòng quay hợp lý làm động cơ hoạt động, đó cũng là nguyên nhân dẫn tới sự hao mòn. Nhiều thí nghiệm tiến hành trong các điều kiện khác nhau đã chứng tỏ rằng sự khởi động động cơ nguội trong một mức độ nào đó đều làm tăng nhanh quá trình hao mòn chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh.

#### *Quá trình thay đổi khe hở miệng xéc măng*

Trong quá trình vận dụng, kể từ thời điểm tương ứng với trạng thái tối ưu của bề mặt ma sát đối với các chi tiết lắp ghép, sự làm việc tiếp theo của động cơ sẽ làm giảm các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của nó, độ giảm đó càng lớn khi mức độ hao mòn càng tăng. Đối với một động cơ, trong một quá trình làm việc, pittông chịu tác dụng của lực biến đổi về độ lớn và hướng như lực khí thể, quán tính và kể cả lực bên có xu hướng nén pittông vào mặt xylanh, sự đốt nóng không đồng đều theo hướng kính và dọc trục của pittông và xylanh gây nên ứng suất nhiệt bổ sung. Những vùng khác nhau của pittông sẽ chịu lực cục bộ như khoảng không gian của xéc măng khí, bề mặt trên và dưới của xéc măng chịu lực quán tính khi pittông thay đổi hướng chuyển động trong xylanh. Tác động tương hỗ của các lực đó gây nên sự hao mòn trong các chi tiết nhóm pittông, xylanh. Độ mòn này sẽ ảnh hưởng đến trị số khe hở miệng trong mối ghép pittông-xylanh và ảnh hưởng đến trị số tiết diện thông qua của khe hở miệng xéc măng.

#### **2.3.2. Phương pháp và mô hình nghiên cứu hao mòn**

Khi nghiên cứu quá trình hao mòn và độ tin cậy nhóm pittông-xéc măng-xylanh động cơ đầu máy diesel, cần quan tâm trước hết tới độ mòn và khe hở của các chi tiết và cặp chi tiết sau đây:

1- Hao mòn của xylanh tại vùng điểm chết trên (ĐCT) và vùng điểm chết dưới (ĐCD), trong đó có các vị trí: vuông góc với đường tâm trục khuỷu (VG) và song song với đường tâm trục khuỷu (SS);

2- Hao mòn của pittông tại vùng phía trên thân pittông (VPT) và vùng phía dưới thân pittông (VPD), trong đó có các vị trí: vuông góc với đường tâm trục khuỷu (VG) và song song với đường tâm trục khuỷu (SS);

3- Sự gia tăng khe hở miệng của các loại xéc măng bao gồm xéc măng khí và xéc măng dầu.

Để thực hiện mục tiêu nghiên cứu, cần tiến hành khảo sát quá trình hao mòn các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh của các loại động cơ đầu máy diesel vận dụng tại các Xi nghiệp Đầu máy thông qua việc theo dõi, đo đạc, thu thập và thống kê các số liệu về hao mòn các chi tiết đó ở các cấp sửa chữa có giải thể trong một khoảng thời gian xác định. Các số liệu này được đo đạc cho từng vị trí cụ thể của từng xylanh, pittông, từng xéc măng theo đúng các quy định trong các Quy trình sửa chữa hiện hành.



Thông qua quá trình thống kê, khảo sát và đo đạc về độ mòn của các chi tiết, sẽ xác lập được các tập số liệu đơn vị về độ mòn và cường độ mòn của từng xylanh hoặc từng pittông tại từng vị trí vuông góc (VG) và song song (SS) với đường tâm trục khuỷu tương ứng với các vùng ĐCT (hoặc VPT) và ĐCD (hoặc VPD), và độ gia tăng khe hở miệng của từng loại xéc măng.

Mô hình tổng quát xử lý số liệu thống kê xác định các đặc trưng hao mòn xylanh, pittông, khe hở miệng xéc măng được thể hiện trong bảng 2.1.

Việc sử lý số liệu thống kê về độ mòn, cường độ hao mòn và khe hở miệng xéc măng được tiến hành trên cơ sở lý thuyết độ tin cậy và thống kê toán học nhờ chương trình xử lý số liệu chuyên dùng. Mỗi tập số liệu được xử lý theo 7 luật phân bố khác nhau, bao gồm các luật phân bố: Chuẩn (Gauss), Lôga chuẩn, Mũ, Gamma, Veibull, Rolei và Maxoen. Kết quả xử lý mỗi tập số liệu cho ta các hàm mật độ phân bố về đại lượng ngẫu nhiên đang xét (độ mòn, cường độ mòn hoặc khe hở) và các đặc trưng bằng số của chúng như kỳ vọng toán, phương sai, sai lệch bình phương trung bình, v.v... Chương trình xử lý cũng cho phép xác định quy luật phân bố lý thuyết phù hợp hoặc phù hợp nhất với phân bố thực nghiệm của các đại lượng ngẫu nhiên đang xét.

Như vậy với chương trình đã nêu, có thể xác định được các hàm mật độ và các đặc trưng bằng số của từng tập số liệu đơn vị (thông số hao mòn cục bộ của từng xylanh, pittông, và khe hở miệng của từng xéc măng), ngoài ra chương trình còn cho phép tổng hợp các tập số liệu đơn vị thành các tập số liệu có kích thước lớn hơn và cho kết quả là các đặc trưng hao mòn tổng hợp.

Việc xử lý tổng hợp các tập số liệu đơn vị bao gồm 3 giai đoạn: tổng hợp đối với vùng ĐCT cho từng xylanh hoặc VPT cho từng pittông; tổng hợp đối với vùng ĐCD cho từng xylanh hoặc VPD cho từng pittông; tổng hợp cả vùng ĐCT và ĐCD cho từng xylanh hoặc VPT và VPD cho từng pittông; tổng hợp cho xylanh (hoặc pittông) toàn động cơ theo từng vị trí VG và SS, theo từng vùng ĐCT, ĐCD (hoặc VPT, VPD) và cho tất cả các xylanh (hoặc pittông) trong toàn động cơ.



Bảng 2.1. Mô hình tổng quát xử lý số liệu thống kê xác định đặc trưng hao mòn xanh (hoặc pitông, xéc măng) động cơ đầu máy diesel

TT số liệu	Hao mòn xanh (XL) số 1				Hao mòn xanh (XL) số 2				Hao mòn xanh (XL) số ...				Hao mòn xanh (XL) số m				TỔNG HỢP			
	ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD	
	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	---	---	---
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	---	---	---
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	---	---	---
⋮	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	---	---	---
⋮	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	---	---	---
n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	---	---	---
Tập n số liệu	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn cục bộ	Đặc trưng mòn TH (Tập mn số liệu)	Đặc trưng mòn TH (Tập mn số liệu)	Đặc trưng mòn TH (Tập mn số liệu)	Đặc trưng mòn TH (Tập mn số liệu)
Tập 2n số liệu	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tại vùng ĐCT XL số 1		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tại vùng ĐCD XL số 1		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tại vùng ĐCT XL số 2		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tại vùng ĐCD XL số 2		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tại vùng ĐCT XL số ...		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tại vùng ĐCD XL số ...		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tại vùng ĐCT XL số m		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tại vùng ĐCD XL số m		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng hao mòn tổng hợp tại vùng ĐCT của tất cả các XL trong động cơ (Tập 2mn số liệu)		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng hao mòn tổng hợp tại vùng ĐCD của tất cả các XL trong động cơ (Tập 2mn số liệu)	
Tập 4n số liệu	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tổng hợp của XL số 1				Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tổng hợp của XL số 2				Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tổng hợp của XL số ...				Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn tổng hợp của XL số m				Hàm mật độ phân bố và đặc trưng hao mòn tổng hợp của tất cả XL trong động cơ (Tập tổng hợp 4mn số liệu)			

Trong đó:

- Số số liệu thống kê về hao mòn :  $i = 1, 2, \dots, n$
- Số xi lanh của động cơ cần khảo sát :  $j = 1, 2, \dots, m$
- \* Động cơ đầu máy D9E :  $m = 12$
- \* Động cơ đầu máy D12E :  $m = 6$
- \* Động cơ đầu máy D13E :  $m = 6$
- \* Động cơ đầu máy D18E :  $m = 8$



### 2.3.3. Xác định một số đặc trưng hao mòn nhóm pittông-xéc măng-xylanh động cơ đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam

Chất lượng vận dụng của đầu máy được thể hiện qua hàng loạt các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của nó, trong đó có các chỉ tiêu về độ tin cậy, thể hiện khả năng làm việc, mức độ hao mòn, hư hỏng của các chi tiết trên đầu máy trong các điều kiện làm việc cụ thể.

Để góp phần làm sáng tỏ những biến đổi về chất lượng của các chi tiết đầu máy trong quá trình khai thác cũng như góp phần nghiên cứu nâng cao hiệu quả vận dụng và hoàn thiện quy trình sửa chữa đầu máy, cần tiến hành những khảo sát và nghiên cứu về hao mòn các cụm chi tiết chính trên các loại đầu máy.

Đặc tính kỹ thuật nói chung và một số thông số cơ bản của các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh động cơ đầu máy D9E, D12E, D13E và D18E được thể hiện trong bảng 2.2.

Bảng 2.2. Đặc tính kỹ thuật các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh của một số động cơ đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam

TT	Đặc tính kỹ thuật	D9E	D12E	D13E	D18E
1	Nước chế tạo	Mỹ	Séc	Ấn Độ	Bỉ
2	Năm chế tạo	-	1985	1983	1983
3	Năm sử dụng tại VN	1963	1986	1985	1984
4	Loại động cơ diesel	Caterpilla D398	K6S 230 DR	ALCO 251-D	CKL-8TR 240 CO
5	Công suất định mức (ML)	900	1200	1300	1800
6	Vòng quay định mức (v/ph)	1365	1150	1100	1000
7	Vòng quay không tải (v/ph)	450	500	400	500
8	Số kỳ động cơ	4	4	4	4
	<b>Xylanh</b>				
9	Số xi lanh	12	6	6	8
10	Cách bố trí xylanh	V	⊥	⊥	⊥
11	Đường kính trong (mm)	158,75 +0,04	230,00+0,046	228,56	241,30
12	Đường kính ngoài, mm	184,00	274	260,45	270,00
13	Chiều dài, mm	382,00	538,00	560,00	610,00
	<b>Pittông</b>				
14	Hành trình pittông (mm)	203,20	260,00	266,70	304,80
15	Đường kính pittông, mm	157,65 -0,07	230,00 -0,05	226,51+0,08	241,30
16	Chiều dài pittông, mm	208,00	296,00	309,00	346,50
17	Số rãnh pittông	3	4	5	4
	<b>Xéc măng</b>				
	<i>Xéc măng lửa</i>				
18	Số lượng	1	-	1	-
19	Đường kính ngoài, mm	158,75-0,02	-	228,56-0,02	-
20	Đường kính trong, mm	144,75+0,02	-	212,56 ± 0,02	-
21	Khe hở miệng, mm	0,63+0,02	-	0,76+0,02	-
	<i>Xéc măng khí</i>				
22	Số lượng	1	3	2	3
23	Đường kính ngoài, mm	158,75-0,02	-	228,56-0,02	241,35
24	Đường kính trong, mm	146,35 ± 0,03	-	212,56 ± 0,05	233,15
25	Khe hở miệng, mm	0,58	1,10-1,50	0,76+0,02	0,80
	<i>Xéc măng dầu</i>				
26	Số lượng	1	1	2	1
27	Đường kính ngoài, mm	158,75-0,02	230,00 ± 0,05	228,56-0,02	241,35
28	Đường kính trong, mm	149,75 ± 0,05	222,10+0,02	210,56 ± 0,05	233,15

29	Khe hở miệng, mm	0,43+0,02	0,9-1,2	0,76+0,02	0,80
----	------------------	-----------	---------	-----------	------

Để thực hiện mục tiêu nghiên cứu, đã tiến hành khảo sát quá trình hao mòn các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh của các loại động cơ đầu máy diesel D9E, D12E, D13E và D18E vận dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn, Đà Nẵng, Vinh và Hà Nội thông qua việc theo dõi, đo đạc, thu thập và thống kê các số liệu về hao mòn các chi tiết đó ở các cấp sửa chữa có giải thể như cấp 2, cấp 3, cấp ky (100.000, 200.000, 250.000, 400.000 và 500.000 km chạy của đầu máy) trong khoảng thời gian từ 1990 đến 1999. Các số liệu này được đo đạc cho từng vị trí cụ thể của từng xylanh, pittông, từng xéc măng theo đúng các quy định trong Quy trình sửa chữa do Liên hiệp Đường sắt Việt Nam ban hành.

Kết quả nhận được sau quá trình xử lý số liệu bao gồm các thông số đặc trưng hao mòn khác nhau (chủ yếu là kỳ vọng toán độ mòn ở một thời điểm xác định, tương ứng với một cấp sửa chữa xác định, và quy luật hao mòn hay cường độ hao mòn), trong đó quan trọng nhất là các giá trị kỳ vọng toán cường độ hao mòn của xylanh, pittông và cường độ gia tăng khe hở miệng của xéc măng theo thời gian làm việc của đầu máy tính bằng kilômét chạy ( $\text{mm}/10^5\text{km}$ ).

Dưới đây đơn cử giới thiệu các giá trị kỳ vọng toán độ mòn tổng hợp của xylanh, pittông ở các cấp sửa chữa và cường độ hao mòn tổng hợp của chúng, độ gia tăng khe hở miệng tổng hợp của các loại xéc măng ở các cấp sửa chữa và cường độ gia tăng khe hở miệng xéc măng.

Các đồ thị hàm mật độ và hàm phân bố xác suất các thông số hao mòn nhóm pittông-xéc măng-xylanh động cơ đầu máy D12E, D9E, D13E và D18E được thể hiện trên các hình 2.1 - 2.6. Các kết quả được cho trong các bảng 2.3-2.8.

#### **2.3.4. Phân tích kết quả nghiên cứu**

Các kết quả nhận được cho thấy: Các phân bố hao mòn thực nghiệm tuân theo luật phân bố lý thuyết Gauss, lôga chuẩn, gamma hoặc Veibull, trong đó hầu hết các phân bố có xu hướng tuân theo luật phân bố lý thuyết Gamma.

##### **Đối với xylanh động cơ**

1-Cường độ hao mòn tổng hợp của xylanh nằm trong phạm vi 0,0171 - 0,0839  $\text{mm}/10^5\text{ km}$ , trong đó cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất là của xylanh đầu máy D12E (Đà Nẵng), sau đó là D18E, D12E (HN), D13E và lớn nhất là của D9E.

2-Nếu lấy giá trị cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất của xylanh động cơ đầu máy D12E (ĐN) làm cơ sở so sánh thì cường độ hao mòn tổng hợp của xylanh động cơ đầu máy D18E lớn hơn gấp 1,228 lần, đầu máy D12E(HN) gấp 1,298 lần, đầu máy D13E gấp 3,216 lần và đầu máy D9E gấp 4,906 lần.

3-Cường độ hao mòn tổng hợp của xylanh trong mặt phẳng vuông góc (VG) với đường tâm trục khuỷu lớn hơn so với trong mặt phẳng song song (SS), tỷ lệ cường độ hao mòn của xylanh giữa hai mặt phẳng đó nằm trong phạm vi 1,09-1,58.

4-Cường độ hao mòn tổng hợp của xylanh tại vùng ĐCT lớn hơn so với tại vùng ĐCD và nằm trong phạm vi 1,17-3,62.

##### **Đối với pittông động cơ**

1-Cường độ hao mòn tổng hợp của pittông nằm trong phạm vi 0,0156-0,0815  $\text{mm}/10^5\text{ km}$ , trong đó cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất là của pittông đầu máy D18E, sau đó là D12E(ĐN), D9E và lớn nhất là của đầu máy D13E.

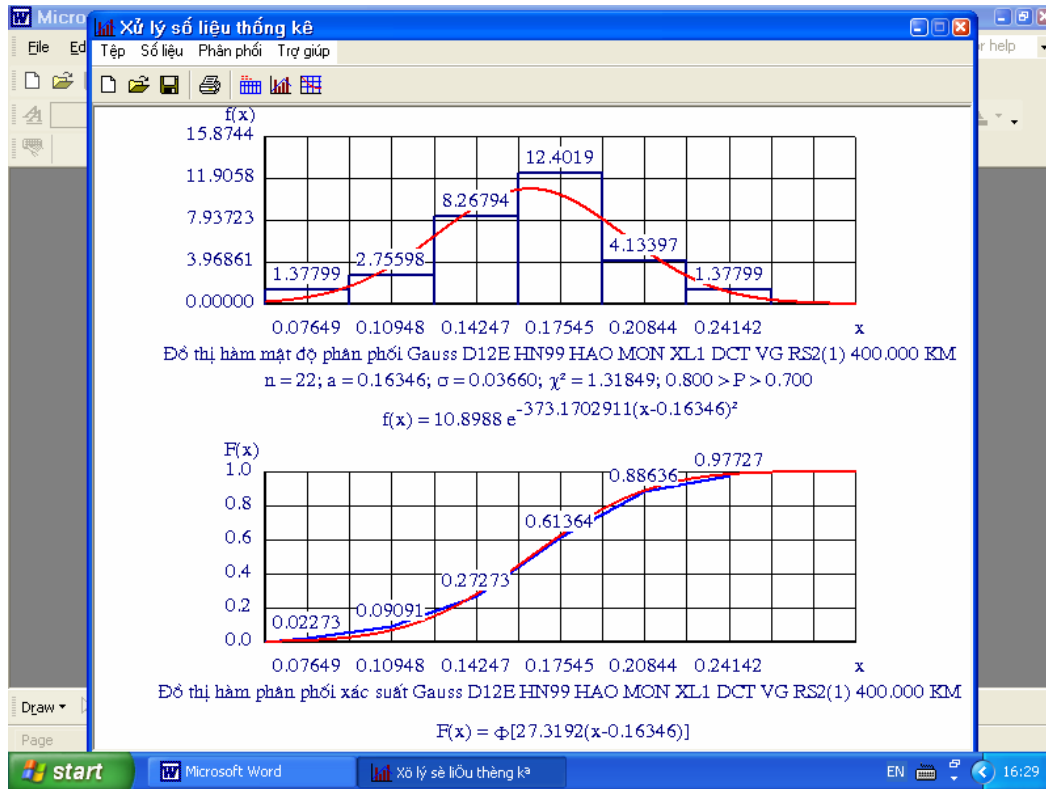
2- Nếu lấy giá trị cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất của pittông động cơ đầu máy D18E làm cơ sở so sánh thì cường độ hao mòn tổng hợp của pittông động cơ đầu máy D12E(ĐN) lớn hơn gấp 1,045 lần, đầu máy D12E(ĐN) gấp 1,298 lần, đầu máy D9E gấp 5,224 lần và đầu máy D13E gấp 6,801 lần.

3-Cường độ hao mòn tổng hợp của pittông trong mặt phẳng vuông góc (VG) với đường tâm trục khuỷu lớn hơn so với trong mặt phẳng song song (SS), tỷ lệ cường độ hao mòn của xylanh giữa hai mặt phẳng đó nằm trong phạm vi 1,133-1,340.

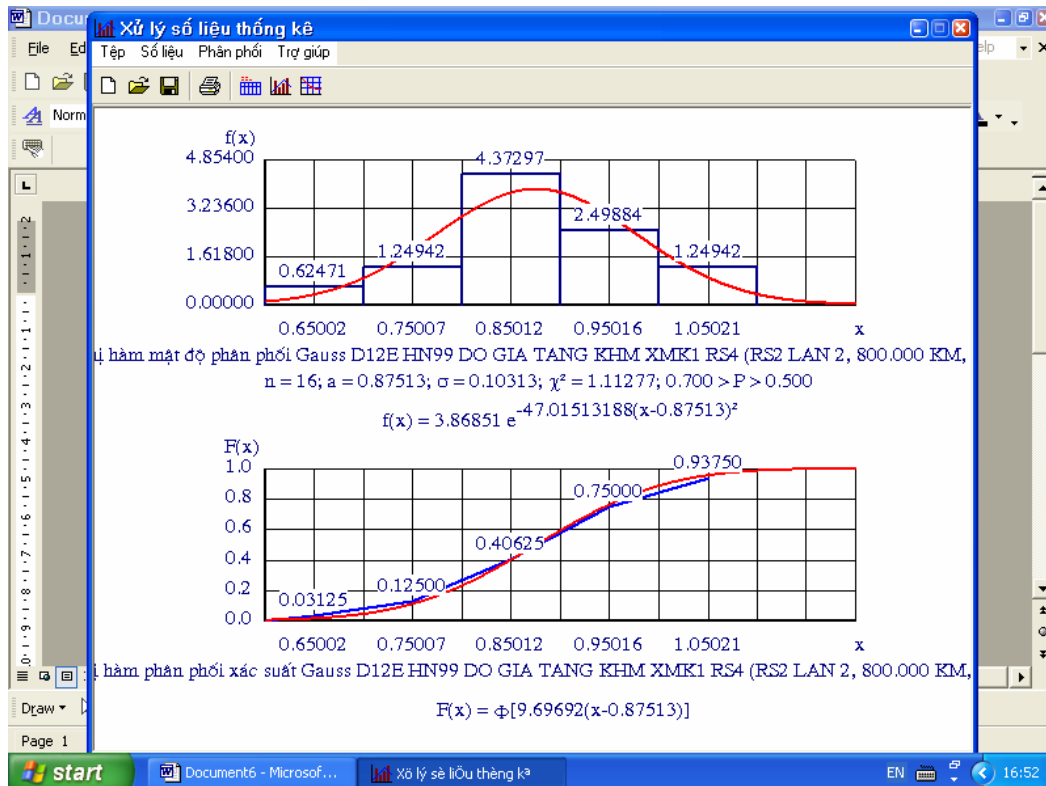
##### **Đối với các loại xéc măng động cơ**

1-Cường độ gia tăng khe hở miệng tổng hợp của xéc măng khí thứ nhất nằm trong giới hạn 0,2285-0,9939  $\text{mm}/10^5\text{ km}$ , trong đó cường độ gia tăng khe hở miệng tổng hợp nhỏ nhất là của đầu máy D12E(HN), sau đó là của đầu máy D18E, D13E và lớn nhất là của đầu máy D9E.

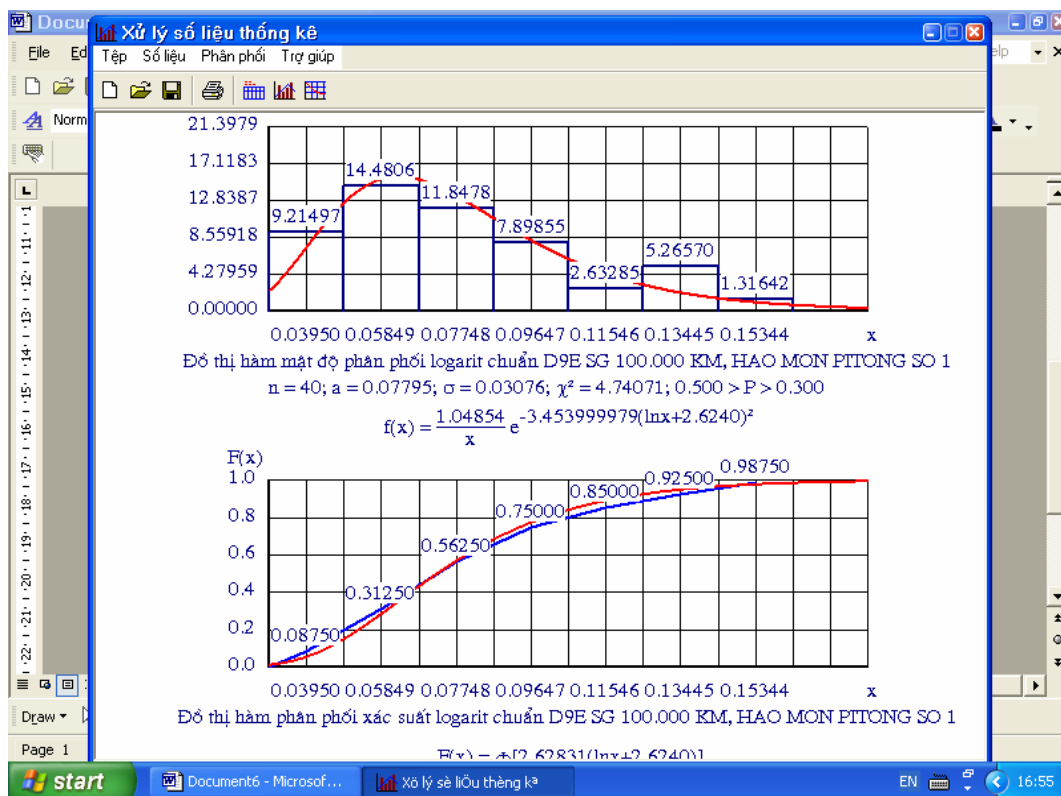
2-Cường độ gia tăng khe hở miệng tổng hợp của xéc măng đầu thứ nhất nằm trong giới hạn 0,1165-0,5319 mm/10<sup>5</sup> km, trong đó cường độ gia tăng khe hở miệng tổng hợp nhỏ nhất là của đầu máy D18E, sau đó là của đầu máy D12E(ĐN), D9E và lớn nhất là của D13E.



Hình 2.1. Đồ thị kết quả xử lý số liệu hao mòn XL1 (ĐCT VG) động cơ đầu máy D12E



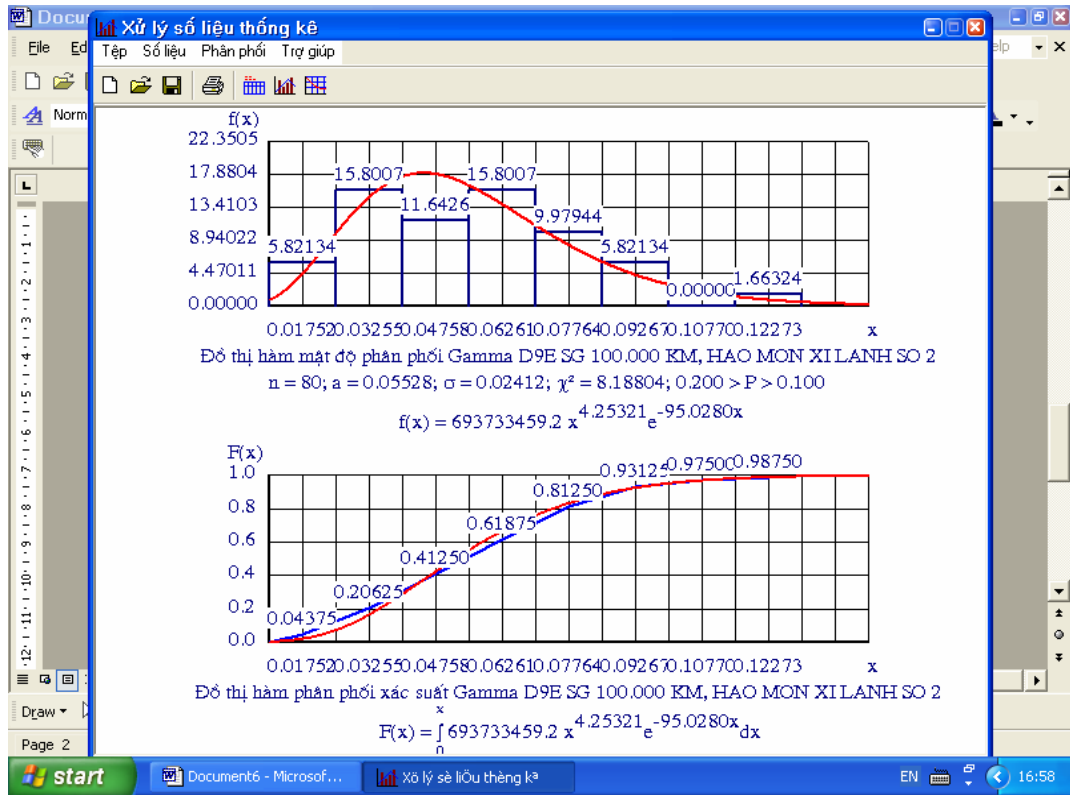
Hình 2.2. Đồ thị kết quả xử lý số liệu độ gia tăng khe hở miệng XMK số 1



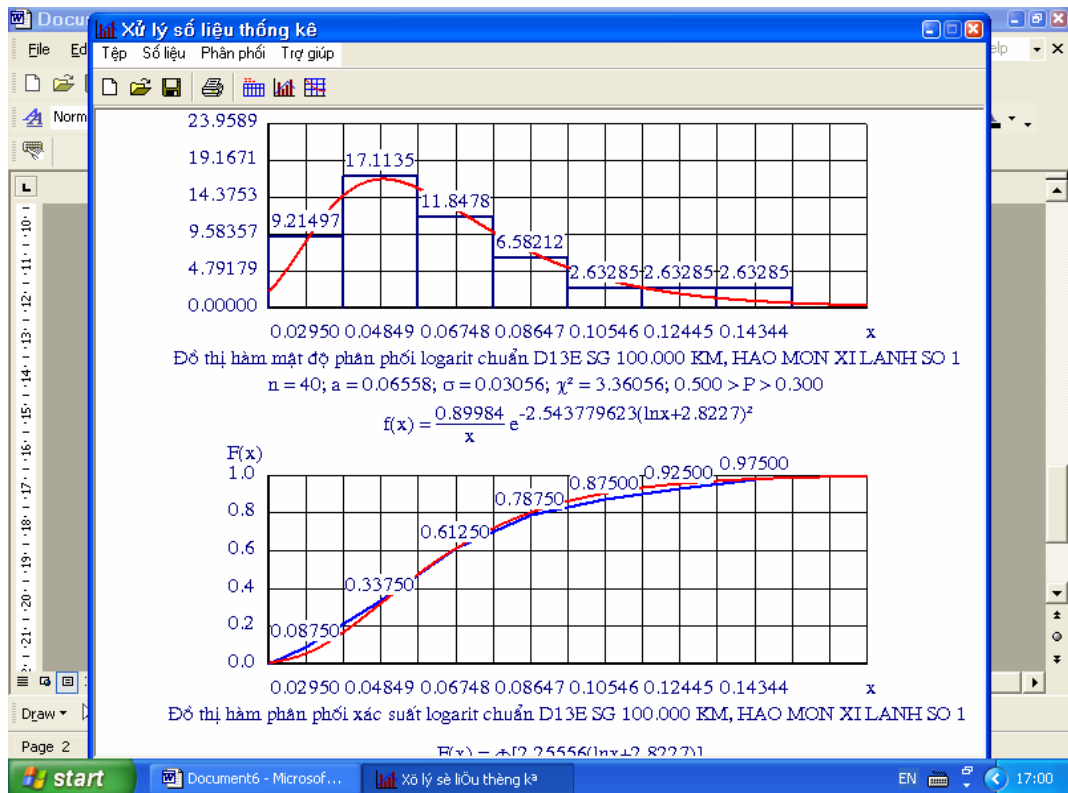
động cơ đầu máy D12E

Hình 2.3. Đồ thị kết quả xử lý số liệu hao mòn PT1 động cơ đầu máy D9E

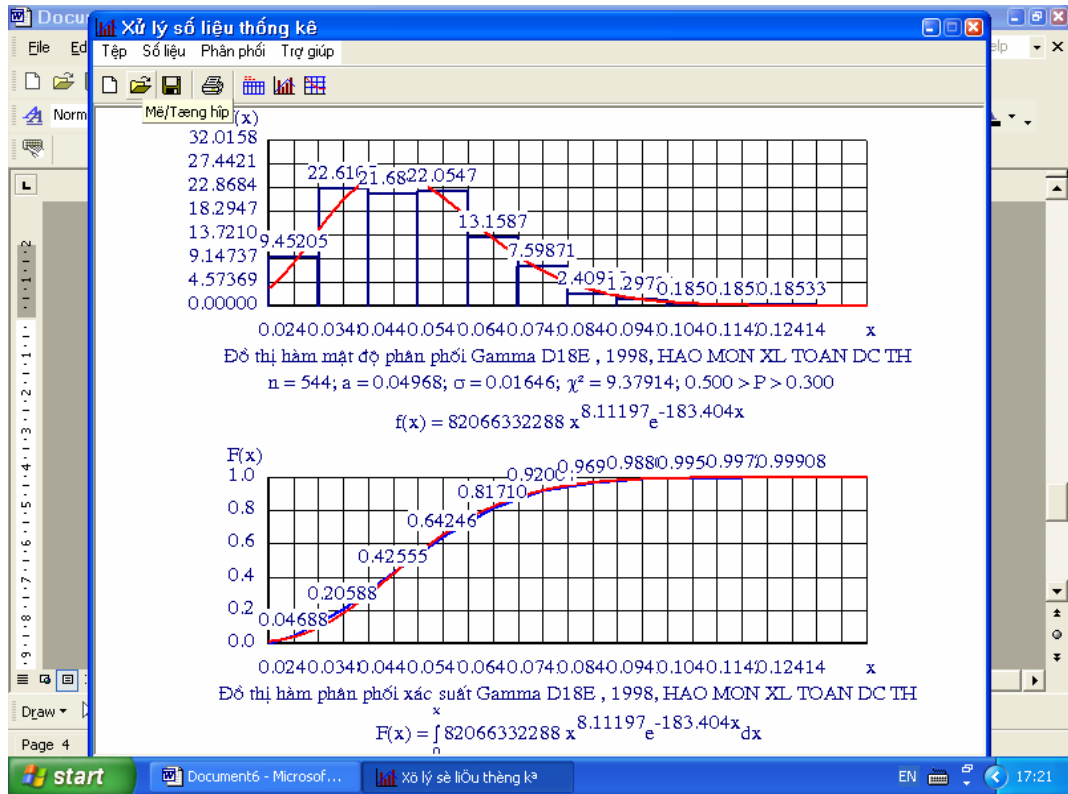




Hình 2.4. Đồ thị kết quả xử lý số liệu hao mòn XL2 động cơ đầu máy D9E



Hình 2.5. Đồ thị kết quả xử lý số liệu hao mòn XL1 động cơ đầu máy D13E



Hình 2.6. Đồ thị kết quả xử lý số liệu hao mòn xylanh động cơ đầu máy D18E

Bảng 2.3. Giá trị kỳ vọng toán độ mòn tổng hợp (mm) của xilanh động cơ các loại đầu máy diesel D9E, D12E, D13E và D18E ở các cấp sửa chữa

D9E (SG) (Cấp ky: 200.000 km)				D12E (HN) (Cấp RS2: 400.000 km)				D12E (ĐN) (Cấp RS2(2): 400.000 km)				D13E (SG) (Cấp ky: 200.000 km)				D18E (Vinh) (Cấp RK2: 500.000 km)			
ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT(VT2)		ĐCD(VT5)	
VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS
0,1968	0,1692	0,1612	0,1475	0,1613	0,1391	0,0455	0,0417	0,0976	0,0723	0,0632	0,0401	0,1490	0,1120	0,0967	0,0759	0,1294	0,1103	0,0878	0,0708
0,1824		0,1554		0,1505		0,0417		0,0850		0,0516		0,1299		0,0850		0,1198		0,0804	
0,1678				0,0886				0,0683				0,1099				0,1006			

Bảng 2. 4. Giá trị cường độ hao mòn tổng hợp (mm/10<sup>5</sup> km) của xilanh các loại động cơ đầu máy diesel D9E, D12E, D13E và D18E sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam

D9E (SG)				D12E (HN)				D12E (ĐN)				D13E (SG)				D18E (Vinh)			
ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD	
VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS
0,0984	0,0846	0,0806	0,0738	0,0403	0,0348	0,0114	0,0104	0,0244	0,0181	0,0158	0,0100	0,0744	0,0560	0,0485	0,0380	0,0259	0,0221	0,0176	0,0142
0,0911		0,0776		0,0376		0,0104		0,0212		0,0129		0,0646		0,0425		0,0234		0,0161	
0,0839				0,0222				0,0171				0,0550				0,0201			
Tỷ lệ cường độ hao mòn				Tỷ lệ cường độ hao mòn				Tỷ lệ cường độ hao mòn				Tỷ lệ cường độ hao mòn				Tỷ lệ cường độ hao mòn			
ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD		ĐCT		ĐCD	
VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS	VG/SS
1,16		1,09		1,158		1,096		1,348		1,58		1,3285		1,176		1,172		1,239	
ĐCT/ĐCD				ĐCT/ĐCD				ĐCT/ĐCD				ĐCT/ĐCD				ĐCT/ĐCD			
1,17				3,62				1,64				1,52				1,45			

Bảng 2.5. Kỳ vọng toán độ mòn tổng hợp của pittông các loại động cơ đầu máy diesel D9E, D12E(ĐN), D13E và D18E ở các cấp sửa chữa (mm)

D9E (SG) (Cấp ky, L=200.000 km)		D12E (ĐN) (Cấp RS2, L=400.000 km)		D13E (SG) (Cấp ky, L=200.000 km)		D18E (Vinh) (Cấp RK1, L=250.000 km)	
VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS
0,1722	0,1520	0,0754	0,0565	0,2302	0,1825	0,0435	0,0342
0,1630		0,0652		0,2124		0,0390	

Bảng 2.6. Cường độ hao mòn tổng hợp của pittông các loại động cơ đầu máy diesel D9E, D12E(ĐN), D13E và D18E (mm/10<sup>5</sup> km)

D9E (SG)		D12E (ĐN)		D13E (SG)		D18E (Vinh)	
VG	SS	VG	SS	VG	SS	VG	SS
0,0861	0,0760	0,0189	0,0141	0,1151	0,0913	0,0174	0,0137
0,0815		0,0163		0,1062		0,0156	
Tỷ lệ VG/SS		Tỷ lệ VG/SS		Tỷ lệ VG/SS		Tỷ lệ VG/SS	
1,133		1,340		1,261		1,270	

Bảng 2.7. Độ gia tăng khe hở miệng tổng hợp của xéc măng các loại động cơ đầu máy D9E, D12E(HN), D13E và D18E ở các cấp sửa chữa (mm).

Đầu máy	XMK1	XMK2	XMK3	XMD1	XMD2
D12E (L=400.000 km)	0,91380	0,65202	0,64277	1,05577	-
D18E (L=250.000 km)	1,17660	1,04580	1,01818	0,29130	-
D9E (L=100.000 km)	0,99389	0,78909	-	0,53190	-
D13E (L=200.000 km)	1,84247	1,14898	1,04862	1,03598	0,90832

Bảng 2.8. Cường độ gia tăng khe hở miệng tổng hợp của xéc măng các loại động cơ đầu máy D9E, D12E, D13E và D18E (mm/10<sup>5</sup> km).

Đầu máy	XMK1	XMK2	XMK3	XMD1	XMD2
D12E(HN)	0,2285	0,1631	0,1607	0,2639	-
D18E	0,4706	0,4183	0,4073	0,1165	-
D9E	0,9939	0,7891	-	0,5319	-
D13E	0,9212	0,5745	0,5243	0,5180	0,4542

### 2.3.5. Ý nghĩa thực tiễn của việc nghiên cứu hao mòn chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh

1-Các giá trị cường độ hao mòn hay quy luật hao mòn theo thời gian làm việc của từng xylanh, pittông, cường độ gia tăng khe hở miệng của từng xéc măng một cách riêng biệt và các giá trị cường độ hao mòn tổng hợp của chúng trên các loại động cơ đầu máy D9E, D12E, D13E và D18E cho phép phân tích, đánh giá và so sánh hao mòn của chi tiết tại những vị trí khác nhau, so sánh hao mòn giữa các chi tiết với nhau trong cùng một loại động cơ, và so sánh hao mòn của một loại chi tiết trên các loại động cơ khác nhau.

2-Các quy luật hao mòn chi tiết hay các thông số về cường độ hao mòn của xylanh, pittông, cường độ gia tăng khe hở miệng xéc măng còn là các thông số quan trọng, làm cơ sở để xác định thời gian làm việc của động cơ diesel giữa hai kỳ giải thể, sửa chữa nhóm pittông-xéc măng-xylanh theo giá trị cho phép của khe hở miệng xéc măng, của khe hở giữa pittông và xylanh, hay nói khác, có thể xác định được thời hạn làm việc của nhóm chi tiết cho tới khi xuất hiện các giá trị độ mòn giới hạn tương ứng. Nói một cách tổng quát, các đặc trưng cường

độ hao mòn còn là cơ sở cho việc kiểm nghiệm và hiệu chỉnh (rút ngắn hoặc kéo dài) chu kỳ giải thể, bảo dưỡng, sửa chữa hiện hành của nhóm pittông-xéc măng-xylanh của các loại động cơ đầu máy đã nêu.

3-Theo kết quả nhận được và theo đánh giá sơ bộ, các chu kỳ sửa chữa hiện hành, hay nói chính xác hơn các chu kỳ giải thể nhóm pittông-xéc măng-xylanh các loại động cơ đầu máy đã khảo sát nêu trên đều có thể kéo dài thêm. Nếu chu kỳ sửa chữa được kéo dài thêm, hiệu quả vận dụng của đầu máy sẽ được nâng cao hơn.

4-Căn cứ lượng dự trữ hao mòn, các giá trị hao mòn giới hạn và cường độ hao mòn thực tế của mỗi loại chi tiết, có thể xác định được tuổi thọ kỹ thuật hay thời hạn phục vụ của các loại chi tiết đã khảo sát.

5-Các thông số về cường độ hao mòn của các loại chi tiết còn cho phép phân tích, đánh giá chất lượng của các chi tiết trong quá trình vận dụng, mối quan hệ giữa điều kiện khai thác với quá trình hao mòn, cho phép dự báo được trạng thái kỹ thuật và thời hạn làm việc hay tuổi thọ còn lại của chúng, lập kế hoạch chi phí phụ tùng vật tư dự trữ cho đầu máy trong quá trình khai thác và bảo dưỡng, sửa chữa.

## **2.4. Đánh giá đặc trưng hao mòn các chi tiết nhóm trục khuỷu-bạc trục động cơ đầu máy diesel**

### **2.4.1. Phân tích quá trình hao mòn nhóm trục khuỷu, bạc lót**

#### *1. Điều kiện ma sát của mối ghép*

Điều kiện ma sát của các chi tiết trong động cơ phụ thuộc rất nhiều yếu tố, nhưng quan trọng nhất là yếu tố cơ - lý và hoá học của vật liệu, hình dạng hình học và kích thước chi tiết, độ nhám của bề mặt ma sát, các chế độ vận tốc, tải trọng và chế độ nhiệt của mối ghép, số lượng, chất lượng và phương pháp bôi trơn. Ngoài ra chế độ ma sát còn được xác định bởi đặc trưng về lượng và chất của các hạt mài tồn tại trong mối ghép, các yếu tố môi trường và nhiều yếu tố khác. Do ảnh hưởng của ma sát, lớp bề mặt cường hoá của các loại chi tiết, mối ghép sẽ bị thay đổi về tính chất cơ lý hoá, đôi khi còn thay đổi cả về cấu trúc.

Trong các điều kiện vận dụng thực tế, sự làm việc của các mối ghép trong các pha ma sát không ổn định là không thể tránh khỏi. Trong quá trình khởi động trục tựa trên màng dầu bôi trơn và một phần tựa trực tiếp trên các đỉnh nhấp nhô của bề mặt gối đỡ. Khi có độ cứng vững của màng ôxy hoá và màng dầu bôi trơn có thể không đủ lớn thì có thể dẫn tới tiếp xúc trực tiếp của các bề mặt kim loại. Việc chuyển từ chế độ làm việc không ổn định sang miền ma sát ướt có thể thực hiện được bằng cách tăng vòng quay trục khuỷu. Khi đó, hệ số ma sát giảm nhanh hơn so với độ tăng vận tốc do vậy nhiệt độ mối ghép giảm.

Trong điều kiện bôi trơn giới hạn không thể hạn chế được hao mòn kể cả khi có tải trọng lớn, vì màng dầu giữa hai bề mặt chịu một áp lực lớn phân bố không đều trên bề mặt tiếp xúc; tại điểm có áp lực lớn nhất màng dầu bị gián đoạn và tại đó xảy ra sự tương tác của các phần tử kim loại. Trong quá trình làm việc của cặp ma sát cổ trục gối đỡ, độ nhấp nhô tế vi bị là phẳng. Các điều kiện ma sát sẽ dần dần ổn định và một chế độ ổn định sẽ được xác lập trong mối ghép. Lúc này sự thay đổi về phát nhiệt và sự gia tăng quá lớn lực ma sát sẽ làm giảm xấu các điều kiện ma sát.

Diện tích tiếp xúc thực tế của vùng tiếp xúc khi có ma sát giới hạn tỷ lệ thuận với tỷ số bán kính  $r$  của đỉnh nhấp nhô với chiều cao nhấp nhô  $R$ . Đồng thời khi độ nhấp nhô tế vi tăng lên thì tỷ số đó giảm xuống. Như vậy diện tích tiếp xúc thực tế của các bề mặt gia công bằng giấy nhám nhỏ hơn so với bề mặt tiếp xúc gia công bằng đánh bóng bề mặt và trên các đỉnh nhấp nhô độ nhám lớn hơn tồn tại màng dầu bôi trơn khá mỏng. Khi đó sức cản ma sát xuất hiện, các vùng tiếp xúc kim loại sẽ tăng lên, khi tải trọng tăng lên thì diện tích tiếp xúc trực tiếp tăng lên. Nhưng sự tăng diện tích tiếp xúc xảy ra chậm hơn so với sự tăng tải trọng. Do đó nó tiến tới giới hạn xác định nào đó. Trong những điều kiện ma sát nửa ướt, sức cản dịch chuyển nhờ sự tổng hợp các lực xuất hiện trên các vùng tiếp xúc của các mặt và lực cản nhớt của màng dầu.

Khi tăng vận tốc dịch chuyển tương đối của các bề mặt ma sát thì lực nâng thủy động cũng tăng lên. Lực này có tác dụng làm cho trục khuỷu ngày càng quay tròn đều trong gối đỡ. Trị số lực nâng phụ thuộc vận tốc dịch chuyển tương đối và độ nhớt của vật liệu bôi trơn, khe hở hướng kính, tải trọng và các thông số kết cấu của trục và gối đỡ. Khi lực nâng càng lên thì

tải trọng sẽ được phân bố lại, phần lớn tải trọng sẽ do màng dầu tiếp nhận và do đó biến dạng tiếp xúc sẽ giảm xuống.

Sự tăng tải trọng ở cổ trục sẽ làm cho biến dạng ở các vòng tiếp xúc tăng lên. Hệ số ma sát nhỏ nhất đối với các mối ghép tương tự như ở những trị số áp lực khác nhau có giá trị gần như nhau, nhưng nó nghiêng về phía có vận tốc lớn hơn. Khi tăng áp lực lên, cổ trục sẽ chuyển tiếp từ chế độ ma sát hỗn hợp sang chế độ ma sát ướt xảy ra khi có tốc độ trượt tương đối lớn. Sự chuyển tiếp đó cũng xảy ra khi độ nhớt của vật liệu bôi trơn tăng.

Khi lượng dầu bôi trơn thiếu, lực nâng sẽ giảm. Từ đó trục chuyển động không linh hoạt, lúc này lực ma sát tăng kéo theo sự tăng nhiệt độ dẫn đến dầu bôi trơn giảm độ nhớt.

Cuối cùng chế độ ma sát chuyển sang ma sát khô. Vật liệu của cặp chi tiết cũng ảnh hưởng đến chế độ ma sát và quá trình chuyển tiếp.

Ở chế độ ma sát nửa khô sự hao mòn bề mặt ma sát phụ thuộc chiều cao của độ nhấp nhô tế vi và tỷ số giữa chiều cao và chiều dài của chúng. Ngoài ra lực nâng sẽ tăng khi chiều dài của chêm dầu tăng, do vậy các bề mặt có chiều cao độ nhấp nhô là như nhau nhưng có bước khác nhau sẽ hao mòn khác nhau.

Sự chuyển tiếp từ ma sát hỗn hợp sang chế độ ma sát ướt được qui định bởi hàng loạt các yếu tố. Trong đó yếu tố cơ bản là yếu tố cơ-lý của vật liệu, tải trọng, độ nhớt của dầu bôi trơn, hình dạng nhấp nhô tế vi của các mặt ma sát, tốc độ trượt và chất lượng dầu bôi trơn.

### *2. Ảnh hưởng của khe hở mối ghép tới điều kiện ma sát*

Độ cứng không đủ lớn của kết cấu, độ không chính xác khi chế tạo và lắp ráp, ảnh hưởng của nhiệt độ và biến dạng của chi tiết trong quá trình làm việc đều dẫn đến thay đổi hình học của kết cấu và chi tiết.

Ảnh hưởng của hình dạng hình học sẽ được giảm bớt khi sử dụng những mối ghép trục - gối đỡ có khe hở gia tăng trong quá trình lắp ráp. Tuy nhiên độ bền của chi tiết sẽ bị ảnh hưởng.

Để nâng cao độ bền của mối ghép trục - gối đỡ thì khe hở ban đầu phải có giá trị bé nhất. Tuy vậy cần thấy rằng những khe hở ban đầu quá nhỏ trong mối ghép trục - ổ đỡ có thể làm hư hỏng bề mặt ma sát, làm tăng hệ số ma sát gây ra cào xước, tiếp xúc cục bộ gây bó kẹt và nóng chảy lớp phủ chống mòn của gối đỡ. Ở những khe hở nhỏ, khi tăng chúng lên 0,01mm sẽ làm giảm được đáng kể độ phát nhiệt bên trong của màng dầu so với khi chuyển tiếp từ vận tốc lớn xuống vận tốc nhỏ hơn.

Khi hình thành các vùng ma sát giới hạn và nhất là ma sát nửa khô, thì các qui luật thủy động sẽ không còn đúng nữa, nhiệt độ tăng làm cho độ nhớt của dầu bôi trơn giảm. Xuất phát từ lý thuyết bôi trơn thủy động cần phải sử dụng những loại dầu bôi trơn có độ nhớt đủ lớn cho quá trình làm việc của động cơ khi có tải. Tuy nhiên khi sử dụng những loại dầu bôi trơn có độ nhớt thấp thì có thể giảm được thời kỳ chạy rà. Nhưng hao mòn chi tiết lại tăng nhanh và độ ổn định của quá trình chạy rà không được đảm bảo. Những loại dầu bôi trơn có độ nhớt lớn khả năng linh hoạt của dầu bôi trơn kém. Do đó làm mát và làm sạch bề mặt ma sát kém, vì vậy khi sử dụng chúng, hao mòn chi tiết tăng nhanh.

Sự giảm độ nhớt của vùng ma sát khi tăng số vòng quay của trục trong gối đỡ cũng ảnh hưởng đến độ giảm giá trị nhỏ nhất của màng dầu. Do đó đối với mối ghép cụ thể và tải trọng cho trước thì trị số hợp lý của chiều dài màng dầu nhỏ nhất sẽ xuất hiện tại một tần số quay xác định của trục khuỷu.

Khe hở mà tại đó điều kiện ma sát ướt không được đảm bảo. Tại đó xuất hiện va đập và độ mòn của các chi tiết tăng lên mãnh liệt, được gọi là khe hở giới hạn cho phép.

Khi giảm tải trọng mối ghép, do ma sát ướt được xác lập khi giảm giá trị tần số vòng quay tới hạn của trục khuỷu, nên khi khởi động động cơ không nên cho tải tăng một cách đột ngột. Cần để động cơ chạy không tải một thời gian để thiết lập chế độ ma sát ướt.

Việc dùng loại dầu bôi trơn có độ nhớt thấp làm xuất hiện ma sát nửa khô, vì lúc này ma sát ướt xuất hiện ở tần số vòng quay tương đối cao của trục khuỷu.

### *3. Hao mòn của cổ trục và bạc lót*

Trong quá trình vận dụng đầu máy, cổ trục khuỷu và bạc lót của động cơ phải làm việc ở những điều kiện hết sức nặng nề, khó khăn. Bạc lót phải chịu áp suất lớn, tải trọng tác dụng lại không ổn định, nó thay đổi trong phạm vi lớn và tùy theo tốc độ vận hành của động

cơ đồng thời thay đổi theo chu kỳ. Tốc độ dịch chuyển giữa cổ trục và bạc lót rất lớn, có thể vượt quá trị số 10m/s, nhiệt độ bề mặt cũng rất cao, nhiệt độ bôi trơn có thể đạt tới 100 - 150°C. Trong quá trình làm việc trục khuỷu có thể bị biến dạng đàn hồi, bị cong, xoắn... và do tất cả những yếu tố nói trên, ma sát ướt giữa cổ trục và bạc lót không được đảm bảo.

Như ta đã biết, ma sát ướt không đảm bảo thì trong quá trình làm việc của cổ trục khuỷu và bạc lót có những lúc các mặt ma sát tiếp xúc với nhau, do đó tại chỗ tiếp xúc tải trọng đơn vị tăng lên và nhiệt độ cũng tăng lên làm ảnh hưởng tới điều kiện bôi trơn và mài mòn tăng lên.

Tất cả các cổ trục và cổ biên cùng với các bạc lót đều mòn không đều, hình thành độ ô van (méo) và độ côn. Lượng mài mòn quyết định bởi tính chất của tải trọng, chất lượng bôi trơn, kết cấu cụ thể và các điều kiện vận dụng khác.

Nguyên nhân chính gây nên đặc tính mòn không đều là do đặc tính di chuyển của các chi tiết có ma sát. Trong quá trình làm việc, mặt trong của cổ trục khuỷu tiếp xúc với bạc nhiều do đó mòn nhiều. Các điểm trên chu vi của bạc tuy cũng lần lượt tiếp xúc, nhưng từ quá trình nén đến quá trình nổ do tải trọng đổi hướng và trị số của nó thay đổi cho nên gây ra lực dòn và làm cho độ mòn không đồng đều. Tốc độ di trượt của cổ biên lớn hơn cổ trục, điều kiện bôi trơn kém hơn, do đó cổ biên mòn nhiều hơn cổ trục.

Độ mòn không đều trên chiều trục của cổ biên và cổ trục là do kết cấu trục khuỷu. Ở một số động cơ, do thanh biên không đối xứng, vì vậy lực tác dụng lên cổ biên không đều, nơi chịu lực lớn sẽ mòn nhiều hơn và ngược lại. Căn cứ vào sự bố trí không giống nhau và độ lệch của biên, phần mòn nhiều nhất sẽ sinh ra ở phần đầu cổ trục hoặc phần sau cổ trục.

Độ mòn không đều của cổ trục còn chịu ảnh hưởng của điều kiện bôi trơn. Các đường dầu trong trục khuỷu có độ nghiêng so với mặt ngoài cổ trục. Những tạp chất cơ học trong dầu nhờn dưới tác dụng của lực ty lâm sẽ dạt lên phần trên của đường dầu và sẽ từ miệng lỗ đường dầu đi vào mặt ma sát. Sự phân bố của các tạp chất này không đồng đều, ở ngay cửa ra của đường dầu tạp chất ít, còn ở vị trí khuất đường dầu tạp chất nhiều do đó mòn cũng không đều. Lượng mòn của cổ biên và bạc lót của nó, độ mòn của các cổ trục cũng không giống nhau, chẳng hạn có những động cơ cổ trục ở hai đầu trục khuỷu chỉ mòn bằng khoảng 30 - 40% các cổ trục ở giữa. Bên cạnh đó, độ mòn hướng kính của các cổ trục cũng không đều và thường những vị trí mòn ít nhất đều đối xứng với những vị trí mòn nhiều nhất.

#### *a. Vật liệu cặp ma sát bạc lót - cổ trục*

Trục khuỷu được chế tạo từ thép hợp kim, nhiệt luyện bằng phương pháp thấm ni-tơ. Độ cứng bề mặt làm việc đạt 67- 70 HRC. Độ bóng bề mặt đạt  $\nabla 8 - \nabla 9$ .

Do đặc điểm kết cấu làm việc của động cơ đốt trong, vật liệu chịu mòn dùng làm ổ trục phải thỏa mãn những yêu cầu sau: có tính chống mòn tốt, có độ cứng thích đáng và độ dẻo cần thiết, chống rã khít với bề mặt cổ trục, ở nhiệt độ cao sức bền ít bị suy giảm, truyền dẫn nhiệt tốt, ít giãn nở, giữ được dầu bôi trơn, dễ đúc và dễ bám vào vỏ thép.

Vật liệu chế tạo bạc lót gồm: nhóm kim loại và nhóm phi kim loại.

Nhóm kim loại gồm: hợp kim babit, đồng thanh-thiếc, đồng thanh-chì, hợp kim nhôm, hợp kim kẽm, v.v... Ngày nay hợp kim babit và hợp kim đồng chì thuộc nhóm kim loại chống mòn được dùng phổ biến.

Hợp kim babit dùng phổ biến để làm bạc lót trong động cơ đốt trong. Tùy theo hàm lượng thiếc và chì có trong babit mà có babit thiếc và babit chì nên thiếc.

Ví dụ: Nền chì (Pb) có thành phần như sau: 9 - 11% Sn; 1,5 - 2,00%Cu; 13 - 15%Sb; 1,25 - 1,27%Cd; 0,7 - 1,25%Ni; 0,5 - 0,9%As còn lại là chì. Ngoài ra có tạp chất 0,10%Fe và 0,15%Zn.

Do tổ chức kim cương của hợp kim babit gồm những tinh thể cứng Cu, Sb phân bố đều trên các nền mềm, do đó nó có tính dẻo tốt và chịu được mòn đồng thời dễ rã khít với trục. Hợp kim babit dễ đúc và bám chắc vào thép. Tuy nhiên, ở nhiệt độ cao độ cứng giảm nhiều. Để nâng cao tuổi thọ, người ta thường dùng bạc lót có ba lớp: lớp babit có chiều dài không vượt quá 0,15 mm phủ lên lớp hợp kim đồng - chì có chiều dày 0,6 - 0,65 mm và phủ lên lớp bạc lót làm bằng kẽm. Đôi khi người ta thay lớp babit bằng lớp chì mỏng có tấm indi nhằm nâng cao tính chống ăn mòn. Ngoài ra, trong bạc còn có một vài kim loại khác; nói chung loại bạc ba lớp chế tạo rất phức tạp.

Bạc lót có tráng hợp kim đồng chì làm việc kém hơn bạc babit, thường làm cho các cổ trục bị mòn nhanh. Để khắc phục sự mòn dính phải gia công với độ bóng và độ chính xác cao. Độ mòn của hợp kim đồng chì còn chịu ảnh hưởng của vận tốc và nhiệt độ ma sát.

Ở một giai đoạn xác định của quá trình biến dạng dẻo, lớp màng bị phá hủy, khi đó trên bề mặt kim loại đồng tăng lên độ mòn lớn nhất trong phạm vi :  $T = 100 \div 150^{\circ}\text{C}$ . Các tinh thể mòn đồng chì dễ bị phân hủy sẽ phân cách kim loại gốc dẫn đến độ bền của bạc giảm.

Hợp kim đồng chì có sức bền cơ học cao, chịu được nhiệt độ cao nhưng khi đúc dễ bị thiên tích, gia công khó khăn, dầu bôi trơn tuyệt đối không được lẫn nước để không làm hư hỏng hợp kim đồng chì.

Việc dùng vật liệu chống mòn làm gối đỡ và dùng vật liệu bôi trơn có tính chất đảm bảo sẽ nâng cao đáng kể tuổi thọ của mối ghép.

#### *b. Các thông số về độ nhám bề mặt*

Độ nhám nhỏ tế vi tại các bề mặt tiếp xúc của cặp chi tiết trong mối ghép phụ thuộc vào điều kiện ma sát, các quá trình biến dạng dẻo xảy ra trong vùng ma sát của hạt mài, phụ thuộc vào vật liệu chi tiết của mối ghép, độ dẫn nhiệt và các thông số khác.

Sau khi chạy rà động cơ, độ nhám bề mặt ổn định tùy thuộc vào điều kiện ma sát mối ghép. Độ nhám bề mặt tương ứng với độ mòn nhỏ nhất của cặp ma sát được gọi là độ nhám tối ưu. Việc lựa chọn độ nhám hợp lý được tiến hành bằng phương pháp thực nghiệm.

Những bề mặt có độ nhám lớn hơn độ nhám tối ưu, thì trong quá trình chạy rà sẽ được là phẳng. Ngược lại, các bề mặt có độ nhám nhỏ hơn độ nhám tối ưu sau khi chạy rà sẽ trở nên nhám hơn. Đối với những điều kiện ma sát nặng nhọc, không cần thiết phải tạo bề mặt ma sát quá bóng bởi vì độ nhám tối ưu có thể sẽ lớn hơn.

Do độ nhám bề mặt của cùng một loại chi tiết mối ghép không ổn định trong quá trình làm việc, cho nên phải nắm được độ nhám tối ưu như một độ nhám xác định mà tại đó, ở những điều kiện ma sát cho trước các chi tiết hao mòn ít nhất. Đối với mỗi cặp ma sát ở những điều kiện hao mòn cụ thể, xác lập thông số tối ưu đảm bảo độ chống mòn lớn nhất.

Phương pháp lựa chọn khách quan để xác lập thông số tối ưu là dựa vào điều kiện vận dụng của mối ghép, lựa chọn các thông số về độ nhám tương đối phù hợp với điều kiện làm việc của chi tiết mối ghép và sử dụng các phương pháp thống kê toán học.

Nói chung, cặp chi tiết trong mối ghép cổ trục-bạc, bề mặt làm việc phải có độ nhám tương đối nhỏ, độ nhám đó phụ thuộc vào phương pháp gia công cơ khí. Đối với cổ trục khuỷu phương pháp gia công chủ yếu là mài và đánh bóng để đạt độ bóng  $\nabla 8 - \nabla 9$  với chiều cao nhấp nhô tế vi bề mặt  $R_{\max} = 0.005 \div 0.0016$  mm. Trường hợp không có đánh bóng, thì chế độ mài tinh chỉ đạt  $\nabla 8$  với  $R_{\max} = 0.0016 \div 0.0032$  mm. Với bạc lót, chế độ gia công chủ yếu là khoét và doa để đạt  $\nabla 8 - \nabla 9$  với các thông số tế vi tương tự như cổ trục.

#### **2.4.2. Phương pháp và mô hình nghiên cứu hao mòn**

Khi nghiên cứu quá trình hao mòn nhóm trục khuỷu-bạc trục động cơ diesel cần quan tâm trước hết tới độ mòn và khe hở của các chi tiết và cặp chi tiết sau đây:

- 1- Độ mòn của cổ trục, cổ biên trục khuỷu;
- 2- Độ mòn của bạc trục, bạc biên trục khuỷu;
- 3- Khe hở mối ghép cổ trục-bạc trục, cổ biên-bạc biên.

Để thực hiện mục tiêu nghiên cứu, đã tiến hành khảo sát quá trình hao mòn các chi tiết nhóm trục khuỷu-bạc trục của các loại động cơ đầu máy diesel vận dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy thông qua việc theo dõi, đo đạc, thu thập và thống kê các số liệu về hao mòn của các chi tiết ở các cấp sửa chữa có giải thể như trong khoảng thời gian xác định. Các số liệu này được đo đạc, xác định cho từng vị trí cụ thể của từng cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên, khe hở của từng cổ trục và từng cổ biên theo đúng các quy định trong Quy trình sửa chữa hiện hành.

Thông qua quá trình thống kê, khảo sát và đo đạc về độ mòn của các chi tiết, đã xác lập được các tập số liệu đơn vị về độ mòn và cường độ mòn của từng cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên và sự thay đổi khe hở trong từng cổ trục, cổ biên.

Mô hình tổng quát xử lý số liệu thống kê xác định các đặc trưng hao mòn cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên, khe hở mối ghép cổ trục-bạc trục, cổ biên-bạc biên được thể hiện trong bảng 2.9.



Như vậy với mô hình đã nêu, có thể xác định được các hàm mật độ và các đặc trưng bằng số của từng tập số liệu đơn vị (thông số hao mòn cục bộ của từng từng cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên và sự thay đổi khe hở trong từng cổ trục, cổ biên), ngoài ra mô hình còn cho phép tổng hợp các tập số liệu đơn vị thành các tập số liệu có kích thước lớn hơn và cho kết quả là các đặc trưng hao mòn tổng hợp.

#### 2.4.3. Xác định một số đặc trưng hao mòn nhóm trục khuỷu-bạc trục động cơ đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam

Đặc tính kỹ thuật nói chung và một số thông số cơ bản của các chi tiết nhóm trục khuỷu-bạc trục động cơ đầu máy D9E, D12E, D13E và D18E được thể hiện trong bảng 2.10.

Để thực hiện mục tiêu nghiên cứu, đã tiến hành khảo sát quá trình hao mòn các chi tiết nhóm trục khuỷu-bạc trục của các loại động cơ đầu máy diesel D9E, D12E, D13E và D18E vận dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn, Đà Nẵng, Vinh và Hà Nội thông qua việc theo dõi, đo đạc, thu thập và thống kê các số liệu về hao mòn của các chi tiết ở các cấp sửa chữa có giải thể như cấp 2, cấp 3, cấp ky (100.000, 200.000, 250.000, 400.000 và 500.000 km chạy của đầu máy) trong khoảng thời gian từ 1990 đến 1999. Các số liệu này được đo đạc, xác định cho từng vị trí cụ thể của từng cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên, khe hở của từng cổ trục và từng cổ biên theo đúng các quy định trong Quy trình sửa chữa do LHĐSVN ban hành.

Bảng 2.10. Đặc tính kỹ thuật nhóm trục khuỷu-bạc trục một số động cơ đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam

TT	Đặc tính kỹ thuật	D9E	D12E	D13E	D18E
1	Nước chế tạo	Mỹ	Séc	Ấn Độ	Bỉ
2	Năm chế tạo	-	1985	1983	1983
3	Năm sử dụng tại VN	1963	1986	1985	1984
4	Loại động cơ diesel	Caterpilla D398	K6S 230 DR	ALCO 251-D	CKL-8TR 240 CO
5	Công suất định mức (ML)	900	1200	1300	1800
6	Vòng quay định mức (v/ph)	1365	1150	1100	1000
7	Vòng quay không tải (v/ph)	450	500	400	500
8	Số xi lanh	12	6	6	8
9	Cách bố trí xylanh	V	⊥	⊥	⊥
10	Đường kính xylanh (mm)	158,75	230	228,6	241,3
11	Hành trình pittông (mm)	203,2	260	266,7	304,8
12	Số kỳ động cơ	4	4	4	4
	<b>Trục khuỷu</b>				
13	Đường kính cổ trục nguyên thủy, mm	146,02- 146,05	175,0-0,12	146,02- 146,05	241,12 ± 0,03
14	Đường kính cổ trục nhỏ nhất cho phép, mm	144,50	-	-	238,07 ± 0,03
15	Lượng dự trữ hao mòn cổ trục (hai phía), mm	1,50	-	-	3,0
16	Đường kính cổ biên nguyên thủy, mm	126,97- 127,00	175,0-0,12	126,97- 127,00	182,00 ± 0,02
17	Đường kính cổ biên nhỏ nhất cho phép, mm	125,50	-	-	178,95
18	Lượng dự trữ hao mòn cổ biên (hai phía), mm	1,50	-	-	3,0
19	Chiều dài cổ trục, mm	117	97;100;102	142;180	108
20	Chiều dài cổ biên, mm	77	85	102	101
21	Đường kính bạc trục, mm				
22	-Đường kính ngoài	162,20- 162,22	184,89 ± 0,01	229,04- 229,06	249,68

23	-Đường kính trong	146,17- 146,20	175,05 ± 0,02	215,98- 216,02	241,38
24	Đường kính bạc biên, mm				
25	-Đường kính ngoài	138,20- 138,22	184,89 ± 0,01	162,50- 162,52	190,65
26	-Đường kính trong	127,12- 127,14	175,05 ± 0,02	152,46- 152,54	182,16
27	Chiều dài bạc trục, mm	54	90,00	119;141,6;157	90
28	Chiều dài bạc biên, mm	47	77	75	83
29	Khe hở cổ trục, mm	0,127-0,20	0,14-0,28	0,13-0,20	0,26-0,50
30	Khe hở cổ biên,mm	0,11-0,183	-	0,11-0,18	0,17-0,26
31	Khe hở cổ trục lớn nhất cho phép, mm	<u>0,38</u>	0,28	<u>0,35</u>	0,50
32	Khe hở cổ biên lớn nhất cho phép, mm	<u>0,31</u>	-	<u>0,30</u>	0,26

Thông qua quá trình thống kê, khảo sát và đo đạc về độ mòn của các chi tiết, đã xác lập được các tập số liệu đơn vị về độ mòn và cường độ mòn của từng cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên và sự thay đổi khe hở trong từng cổ trục, cổ biên.

Thông qua phương pháp xử lý nêu trên, ta nhận được các thông số đặc trưng hao mòn khác nhau, chủ yếu là kỳ vọng toán độ mòn và khe hở ở một thời điểm xác định, tương ứng với một cấp sửa chữa xác định hay với thời gian làm việc xác định tính bằng kilômét chạy của đầu máy, và cường độ hao mòn hay quy luật hao mòn theo thời gian. Dưới đây đơn cử giới thiệu các giá trị cường độ hao mòn tổng hợp của cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên và cường độ gia tăng khe hở tổng hợp của cổ trục, cổ biên.

Các đồ thị hàm mật độ và hàm phân bố xác suất các thông số hao mòn cổ trục, cổ biên D18E được thể hiện trên các hình 2.7 - 2.10. Các kết quả được cho trong các bảng 2.11- 2.15.

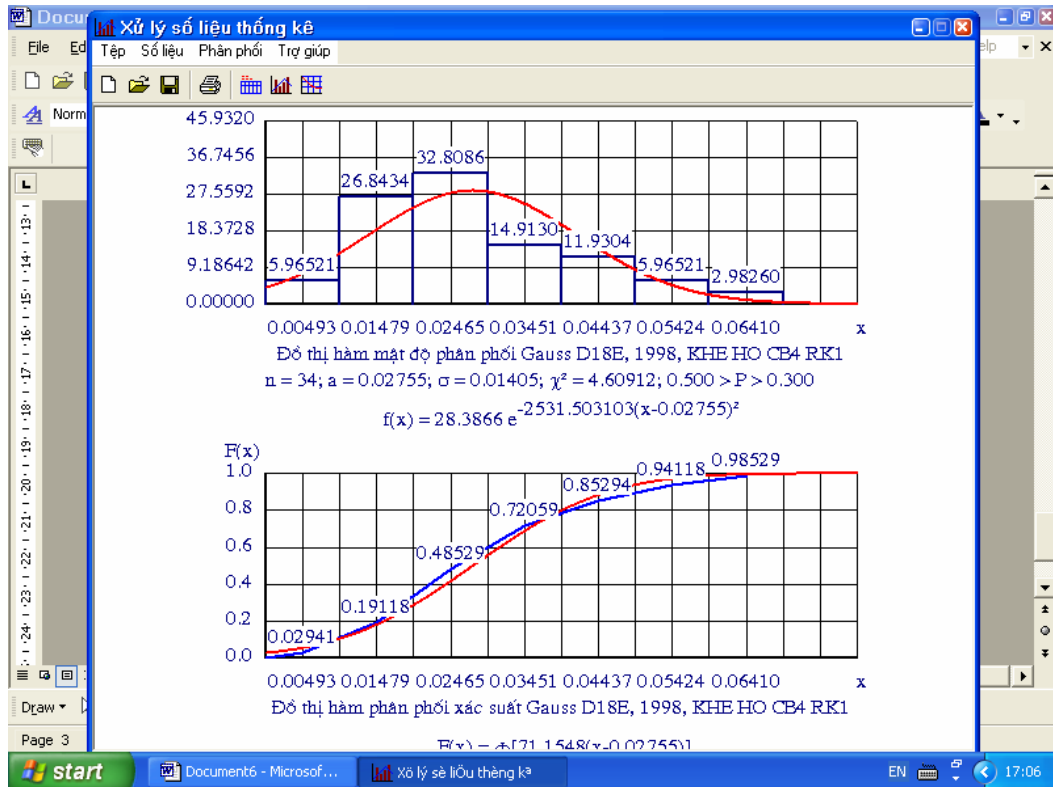


Bảng 2.9. Mô hình tổng quát xử lý số liệu thống kê xác định đặc trưng hao mòn cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên động cơ đầu máy diesel

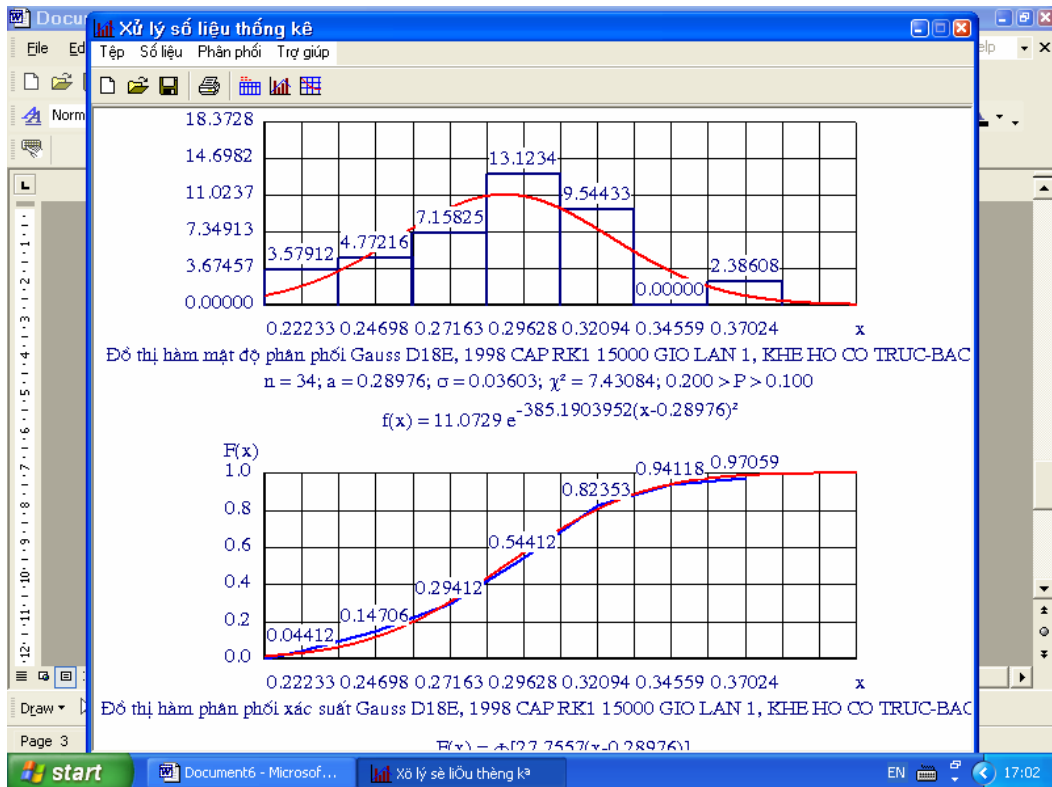
TT số liệu	Hao mòn cổ trục, bạc trục cổ biên, bạc biên hoặc khe hở cổ trục, cổ biên số 1	Hao mòn cổ trục, bạc trục cổ biên, bạc biên hoặc khe hở cổ trục, cổ biên số 2	Hao mòn cổ trục, bạc trục cổ biên, bạc biên hoặc khe hở cổ trục, cổ biên số 3	Hao mòn cổ trục, bạc trục cổ biên, bạc biên hoặc khe hở cổ trục, cổ biên số ...	Hao mòn cổ trục, bạc trục cổ biên, bạc biên hoặc khe hở cổ trục, cổ biên số m	TỔNG HỢP
1	$X_{11}$	$X_{21}$	$X_{31}$	...	$X_{m1}$	$X_{11}, X_{21}, \dots, X_{m1}$
2	$X_{12}$	$X_{22}$	$X_{32}$	...	$X_{m2}$	$X_{12}, X_{22}, \dots, X_{m2}$
3	$X_{13}$	$X_{23}$	$X_{33}$	...	$X_{m3}$	$X_{13}, X_{23}, \dots, X_{m3}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	$X_{1n}$	$X_{2n}$	$X_{3n}$	...	$X_{mn}$	$X_{1n}, X_{2n}, \dots, X_{mn}$
Tập n số liệu	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn hoặc khe hở cổ trục, bạc trục, cổ biên, bạc biên số 1	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn hoặc khe hở cổ trục, bạc trục, cổ biên, bạc biên số 2	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn hoặc khe hở cổ trục, bạc trục, cổ biên, bạc biên số 3	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn hoặc khe hở cổ trục, bạc trục, cổ biên, bạc biên số ...	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn hoặc khe hở cổ trục, bạc trục, cổ biên, bạc biên số m	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bằng số hao mòn hoặc khe hở cổ trục, bạc trục, cổ biên, bạc biên tổng hợp (Tập n.m số liệu)

Trong đó:

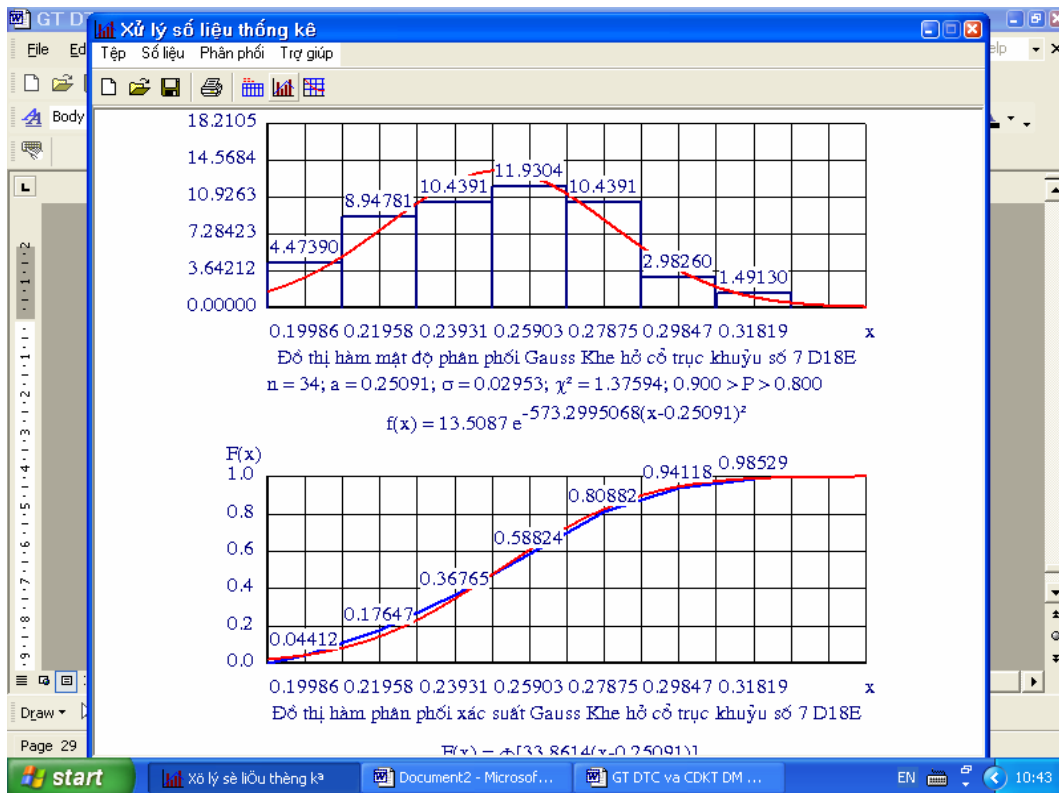
- Số số liệu thống kê về hao mòn :  $i = 1, 2, \dots, N$
- Số lượng cổ trục, cổ biên hoặc bạc trục, bạc biên của động cơ cần khảo sát :  $j = 1, 2, \dots, m$ 
  - \* Động cơ đầu máy D9E :  $m_t = 7; m_b = 6$
  - \* Động cơ đầu máy D12E :  $m_t = 7; m_b = 6$
  - \* Động cơ đầu máy D13E :  $m_t = 7; m_b = 6$
  - \* Động cơ đầu máy D18E :  $m_t = 9; m_b = 8$



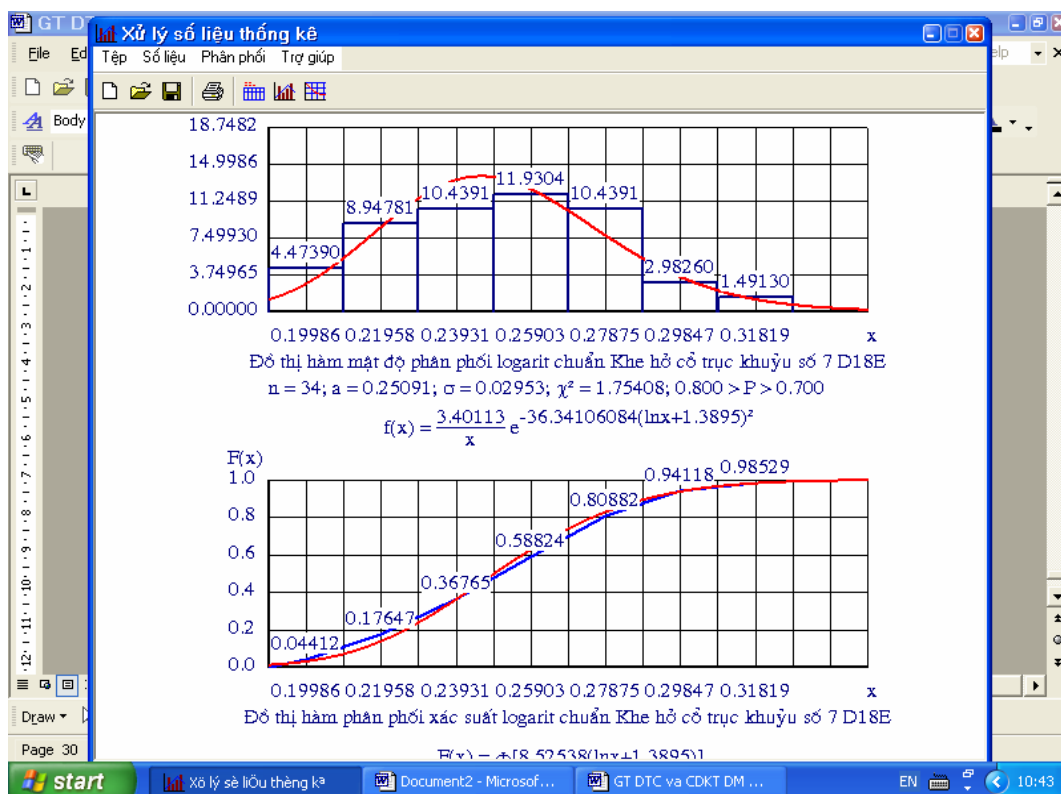
Hình 2.7. Đồ thị kết quả xử lý số liệu khe hở cổ biên số 4 động cơ đầu máy D18E



Hình 2.8. Đồ thị kết quả xử lý số liệu khe hở cổ trục động cơ đầu máy D18E



Hình 2.9. Đồ thị kết quả xử lý số liệu khe hở cổ trục số 7 động cơ đầu máy D18E



Hình 2.10. Đồ thị kết quả xử lý số liệu khe hở cổ trục số 7 động cơ đầu máy D18E  
 Bảng 2.11. Kỳ vọng toán cường độ hao mòn cổ trục, cổ biên trục khuỷu các loại động cơ đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam (mm/10<sup>6</sup> km)

D12E: RS-400.000 km; D9E: C3-100.000 km; D9E, D13E: Ky-200.000 km;

D18E: RK1-250.000 km, RK2-500.000 km

Đầu máy	$\frac{CT_1}{CB_1}$	$\frac{CT_2}{CB_2}$	$\frac{CT_3}{CB_3}$	$\frac{CT_4}{CB_4}$	$\frac{CT_5}{CB_5}$	$\frac{CT_6}{CB_6}$	$\frac{CT_7}{CB_7}$	$\frac{CT_8}{CB_8}$	$\frac{CT_9}{CB_9}$	$\frac{CT_{TH}}{CB_{TH}}$
D12E (HN) (RS2)	$\frac{0,0420}{0,0643}$	$\frac{0,0425}{0,0838}$	$\frac{0,0415}{0,0756}$	$\frac{0,0448}{0,0842}$	$\frac{0,0473}{0,0756}$	$\frac{0,0516}{0,0728}$	$\frac{0,0621}{-}$	-	-	$\frac{0,0443}{0,0808}$
D18E (RK1)	$\frac{0,0624}{0,0864}$	$\frac{0,0596}{0,0848}$	$\frac{0,0604}{0,1122}$	$\frac{0,0549}{0,1096}$	$\frac{0,0588}{0,1000}$	$\frac{0,068}{0,1122}$	$\frac{0,0732}{0,1212}$	$\frac{0,0400}{0,1048}$	$\frac{0,0708}{-}$	$\frac{0,0576}{0,0984}$
D18E (RK2)	$\frac{0,0570}{0,0742}$	$\frac{0,0521}{0,0742}$	$\frac{0,0527}{0,0807}$	$\frac{0,0508}{0,0813}$	$\frac{0,0543}{0,0761}$	$\frac{0,0594}{0,0766}$	$\frac{0,0589}{0,0848}$	$\frac{0,0585}{0,0744}$	$\frac{0,0612}{-}$	$\frac{0,0523}{0,0736}$
D12E (ĐN) (RS2)	$\frac{0,0570}{0,0490}$	$\frac{0,0515}{0,0463}$	$\frac{0,0598}{0,0550}$	$\frac{0,0625}{0,0788}$	$\frac{0,0570}{0,0723}$	$\frac{0,0510}{0,0600}$	$\frac{0,0583}{-}$	-	-	$\frac{0,0538}{0,0558}$
D9E (C3)	$\frac{0,1442}{0,1447}$	$\frac{0,1450}{0,1534}$	$\frac{0,1357}{0,1346}$	$\frac{0,1704}{0,1641}$	$\frac{0,1409}{0,1554}$	$\frac{0,1282}{0,1459}$	$\frac{0,1423}{-}$	-	-	$\frac{0,1517}{0,1501}$
D9E (Ky)	$\frac{0,1437}{0,1313}$	$\frac{0,1336}{0,1274}$	$\frac{0,1754}{0,1415}$	$\frac{0,1584}{0,1418}$	$\frac{0,1575}{0,1334}$	$\frac{0,1498}{0,1329}$	$\frac{0,1518}{-}$	-	-	$\frac{0,1475}{0,1339}$
D13E (Ky)	$\frac{0,0770}{0,0865}$	$\frac{0,0740}{0,0855}$	$\frac{0,0765}{0,0915}$	$\frac{0,0805}{0,0955}$	$\frac{0,0720}{0,1150}$	$\frac{0,0720}{0,0940}$	$\frac{0,0849}{-}$	-	-	$\frac{0,0709}{0,0970}$

Bảng 2.12. Kỳ vọng toán cường độ hao mòn bạc trục, bạc biên trục khuỷu các loại động cơ đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam ( $\text{mm}/10^6 \text{ km}$ )

D12E (ĐN): Ky (1)-200.000 km; D9E: C3-100.000 km; D9E, D13E: Ky-200.000 km

Đầu máy	$\frac{BT_1}{BB_1}$	$\frac{BT_2}{BB_2}$	$\frac{BT_3}{BB_3}$	$\frac{BT_4}{BB_4}$	$\frac{BT_5}{BB_5}$	$\frac{BT_6}{BB_6}$	$\frac{BT_7}{BB_7}$	$\frac{BT_8}{BB_8}$	$\frac{BT_9}{-}$	$\frac{BT_{TH}}{BB_{TH}}$
D12E (ĐN) (Ky 1)	$\frac{0,1415}{0,1535}$	$\frac{0,1635}{0,1485}$	$\frac{0,1555}{0,1465}$	$\frac{0,1585}{0,1430}$	$\frac{0,1480}{0,1556}$	$\frac{0,1605}{0,1480}$	$\frac{0,1840}{-}$	-	-	$\frac{0,1585}{0,1520}$
Tỷ lệ	0,922	1,10	1,06	1,10	0,95	1,08	-	-	-	1,04
D9E (C3)	$\frac{0,187}{0,204}$	$\frac{0,182}{0,201}$	$\frac{0,209}{0,205}$	$\frac{0,179}{0,196}$	$\frac{0,141}{0,155}$	$\frac{0,189}{0,196}$	$\frac{0,219}{-}$	-	-	$\frac{0,188}{0,198}$
Tỷ lệ	0,917	0,905	1,020	0,913	0,910	0,964	-	-	-	0,949
D13E (Ky)	$\frac{0,2180}{0,1975}$	$\frac{0,2050}{0,1975}$	$\frac{0,2155}{0,1835}$	$\frac{0,1825}{0,1895}$	$\frac{0,2195}{0,1745}$	$\frac{0,2285}{0,1745}$	$\frac{0,2295}{-}$	-	-	$\frac{0,2180}{0,1870}$
Tỷ lệ	1,10	1,04	1,17	0,96	1,26	1,31	-	-	-	1,17

Bảng 2.13. Giá trị tỷ lệ cường độ hao mòn giữa cổ biên và cổ trục khuỷu các loại động cơ đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam

D12E: RS2-400.000 km; D9E: C3-100.000 km; D9E, D13E: Ky-200.000 km;

D18E: RK1-250.000 km, RK2-500.000 km

Đầu máy	$\frac{CB_1}{CT_1}$	$\frac{CB_2}{CT_2}$	$\frac{CB_3}{CT_3}$	$\frac{CB_4}{CT_4}$	$\frac{CB_5}{CT_5}$	$\frac{CB_6}{CT_6}$	$\frac{CB_7}{CT_7}$	$\frac{CB_8}{CT_8}$	$\frac{CT_9}{-}$	$\frac{CB_{TH}}{CT_{TH}}$
D12E (HN) (RS2)	1,53	1,97	1,82	1,88	1,60	1,41	-	-	-	1,82
D18E (RK1)	1,38	1,42	1,86	2,00	1,70	1,65	1,66	2,62	-	1,71
D18E (RK2)	1,30	1,42	1,53	1,60	1,40	1,29	1,44	1,27	-	1,41
D12E (ĐN) (RS2)	0,86	0,90	0,92	1,26	1,27	1,18	-	-	-	1,04
D9E (C3)	1,00	1,06	0,99	0,96	1,10	1,14	-	-	-	0,99
D9E (Ky)	0,91	0,95	0,81	0,90	0,85	0,89	-	-	-	0,91
D13E (Ky)	1,12	1,16	1,20	1,19	1,43	1,31	-	-	-	1,37

Bảng 2.14. Kỳ vọng toán cường độ hao mòn và tỷ lệ cường độ hao mòn bạc trục, bạc biên so với cổ trục, cổ biên một số loại động cơ đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam  
D12E (ĐN): Ky(1)-200.000 km; D9E: C3-100.000 km; D9E, D13E: Ky-200.000 km

Đầu máy	$\frac{BT_{TH}}{CT_{TH}}$	$\frac{BB_{TH}}{CB_{TH}}$
D12E (ĐN)-Ky (1)	$\frac{0,1585}{0,0538} = 2,96$	$\frac{0,1520}{0,0558} = 2,724$
D9E-C3	$\frac{0,1880}{0,1517} = 1,239$	$\frac{0,1980}{0,1501} = 1,319$
D13E-Ky	$\frac{0,2180}{0,0709} = 3,075$	$\frac{0,1870}{0,0970} = 1,928$

Bảng 2.15. Kỳ vọng toán cường độ thay đổi khe hở cổ trục, cổ biên trục khuỷu các loại động cơ đầu máy diesel sử dụng ở Việt Nam (mm/10<sup>5</sup> km)  
D12E: RS2-400.000 km; D18E: RK1-250.000 km, RK2-500.000 km

Đầu máy	$\frac{CT_1}{CB_1}$	$\frac{CT_2}{CB_2}$	$\frac{CT_3}{CB_3}$	$\frac{CT_4}{CB_4}$	$\frac{CT_5}{CB_5}$	$\frac{CT_6}{CB_6}$	$\frac{CT_7}{CB_7}$	$\frac{CT_8}{CB_8}$	$\frac{CT_9}{-}$	$\frac{CT_{TH}}{CB_{TH}}$
D12E (HN) (RS2)	$\frac{0,0553}{-}$	$\frac{0,0583}{-}$	$\frac{0,0557}{-}$	$\frac{0,0551}{-}$	$\frac{0,0572}{-}$	$\frac{0,0570}{-}$	$\frac{0,0575}{-}$	-	-	$\frac{0,0568}{-}$
D18E (RK1)	$\frac{0,1158}{0,0971}$	$\frac{0,1143}{0,0988}$	$\frac{0,1135}{0,0986}$	$\frac{0,1036}{0,0984}$	$\frac{0,1183}{0,0968}$	$\frac{0,1162}{0,0957}$	$\frac{0,1176}{0,1003}$	$\frac{0,1156}{0,1003}$	$\frac{0,1183}{-}$	$\frac{0,1159}{0,0967}$
D18E (RK2)	$\frac{0,1102}{0,0838}$	$\frac{0,1057}{0,0842}$	$\frac{0,1030}{0,0855}$	$\frac{0,1052}{0,0877}$	$\frac{0,1056}{0,0898}$	$\frac{0,1067}{0,0882}$	$\frac{0,1070}{0,0893}$	$\frac{0,1060}{0,0896}$	$\frac{0,1018}{-}$	$\frac{0,1060}{0,0878}$



#### **2.4.4. Phân tích kết quả nghiên cứu**

Các kết quả nhận được cho thấy: các phân bố hao mòn thực nghiệm tuân theo luật phân bố lý thuyết Gauss, lôga chuẩn, gamma hoặc Veibull, trong đó hầu hết các phân bố có xu hướng tuân theo luật phân bố lý thuyết gamma.

##### **Đối với cổ trục, cổ biên**

1- Cường độ hao mòn tổng hợp của cổ trục nằm trong phạm vi 0,0443 - 0,1517 mm/10<sup>6</sup> km, trong đó cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất là của đầu máy D12E(HN), sau đó là D12E(ĐN), D18E, D13E và lớn nhất là D9E.

2- Nếu lấy giá trị cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất của cổ trục khuỷu động cơ đầu máy D12E (HN) làm cơ sở so sánh, thì cường độ hao mòn tổng hợp của cổ trục khuỷu động cơ đầu máy D12 E(ĐN) lớn hơn gấp 1,214 lần, D18E lớn hơn gấp 1,30 lần, D13E gấp 1,60 lần và D9E gấp 3,424 lần.

3- Cường độ hao mòn tổng hợp của cổ biên nằm trong phạm vi 0,0558 - 0,1501 mm/10<sup>6</sup> km, trong đó cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất là của đầu máy D12E (ĐN), sau đó là D12E (HN), D13E, D18E và lớn nhất là D9E.

4- Nếu lấy giá trị cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất của cổ biên trục khuỷu động cơ đầu máy D12E (ĐN) làm cơ sở so sánh, thì cường độ hao mòn tổng hợp của cổ biên trục khuỷu động cơ đầu máy D12E (HN) lớn hơn gấp 1,448 lần, D13E gấp 1,738 lần, D18E gấp 1,763 lần và D9E gấp 2,69 lần.

5- Nhìn chung, cường độ hao mòn tổng hợp của các cổ biên lớn hơn cường độ hao mòn tổng hợp của các cổ trục, rõ nét nhất là đối với các động cơ đầu máy D12E (HN), D18E và D13E. Tỷ lệ cường độ hao mòn tổng hợp giữa cổ trục và cổ biên nằm trong phạm vi 1,37-1,82

Tuy nhiên, đối với động cơ đầu máy D12E (ĐN) thì cường độ hao mòn tổng hợp của cổ trục và cổ biên hầu như tương đương (tỷ lệ cường độ hao mòn giữa cổ trục với cổ biên là 1,04), còn cường độ hao mòn tổng hợp của cổ biên động cơ đầu máy D9E lại có xu hướng nhỏ hơn cường độ hao mòn tổng hợp của cổ trục ( tỷ lệ cường độ hao mòn tổng hợp giữa cổ biên với cổ trục là 0,91-0,99).

6- Đối với các loại trục khuỷu được khảo sát ở hai thời điểm (2 cấp sửa chữa kế tiếp nhau), cường độ hao mòn tổng hợp của cổ trục và cổ biên ở hai giai đoạn khác biệt nhau không đáng kể.

##### **Đối với bạc trục, bạc biên**

1- Cường độ hao mòn tổng hợp của bạc trục nằm trong phạm vi 0,1585 - 0,2185 mm/10<sup>6</sup> km, trong đó cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất là của đầu máy D12E(ĐN), sau đó là D9E, và lớn nhất là D13E.

2- Nếu lấy giá trị cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất của bạc trục khuỷu động cơ đầu máy D12E (ĐN) làm cơ sở so sánh, thì cường độ hao mòn tổng hợp của bạc trục khuỷu động cơ đầu máy D9E lớn hơn gấp 1,186 lần và D13E gấp 1,375 lần.

3- Cường độ hao mòn tổng hợp của bạc biên nằm trong phạm vi 0,1520 - 0,1980 mm/10<sup>6</sup> km, trong đó cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất là của đầu máy D12E (ĐN), sau đó là D13E và lớn nhất là D9E.

4- Nếu lấy giá trị cường độ hao mòn tổng hợp nhỏ nhất của bạc biên trục khuỷu động cơ đầu máy D12E (ĐN) làm cơ sở so sánh, thì cường độ hao mòn tổng hợp của bạc biên trục khuỷu động cơ đầu máy D13E lớn hơn gấp 1,23 lần và D9E gấp 1,30 lần.

5- Nhìn chung, cường độ hao mòn tổng hợp của bạc trục lớn hơn so với cường độ hao mòn tổng hợp của bạc biên; đối với các động cơ đầu máy D12E (HN) và D13E tỷ lệ cường độ hao mòn tổng hợp giữa bạc trục và bạc biên nằm trong phạm vi 1,04- 1,17. Riêng đối với động cơ đầu máy D9E, bạc biên có xu hướng hao mòn nhiều hơn bạc trục, tỷ lệ cường độ hao mòn tổng hợp giữa bạc biên với bạc trục là 1,053.

##### **Mối quan hệ hao mòn giữa bạc và trục, sự gia tăng khe hở cổ trục, cổ biên**

1- Cường độ hao mòn tổng hợp của bạc trục lớn hơn cổ trục, tỷ lệ cường độ hao mòn nằm trong phạm vi 1,239-3,075 trong đó từ thấp đến cao là D9E, D12E(HN) và D13E.

2- Cường độ hao mòn tổng hợp của bạc biên lớn hơn cổ biên, tỷ lệ cường độ hao mòn nằm trong phạm vi 1,319-2,724 trong đó từ thấp đến cao là D9E, D13E và D12E(HN).

3- Cường độ thay đổi khe hở cổ trục nằm trong phạm vi 0,0568-0,1159 (mm/10<sup>5</sup> km), trong đó nhỏ nhất là D12E(ĐN), sau đó là D18E (RK2) và D18E(RK1).

4- Cường độ thay đổi khe hở cổ biên nằm trong phạm vi 0,1060-0,1159 (mm/10<sup>5</sup> km), trong đó nhỏ nhất là D18E (RK2) và sau đó là D18E(RK1).

#### **2.4.5. ý nghĩa thực tiễn của việc nghiên cứu hao mòn nhóm chi tiết cổ trục-bạc trục**

1- Các giá trị cường độ hao mòn từng cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên, cường độ gia tăng khe hở trong từng cặp cổ trục, cổ biên một cách riêng biệt và các giá trị cường độ hao mòn tổng hợp của chúng cho phép phân tích, đánh giá và so sánh hao mòn của chi tiết tại những vị trí khác nhau, so sánh hao mòn giữa các chi tiết với nhau trong cùng một loại động cơ, và so sánh hao mòn của một loại chi tiết trên các loại động cơ khác nhau.

2- Các thông số về cường độ hao mòn của cổ trục, cổ biên, bạc trục, bạc biên là cơ sở để xác định thời gian làm việc của động cơ diesel giữa hai kỳ giải thể, sửa chữa nhóm trục khuỷu-bạc trục. Nói một cách tổng quát hơn, các đặc trưng cường độ hao mòn còn là cơ sở cho việc kiểm nghiệm và hiệu chỉnh (rút ngắn hoặc kéo dài) chu kỳ giải thể, bảo dưỡng, sửa chữa hiện hành của nhóm trục khuỷu-bạc trục của các loại động cơ đầu máy đã nêu.

3- Căn cứ lượng dự trữ hao mòn, các giá trị hao mòn giới hạn và cường độ hao mòn thực tế của mỗi loại chi tiết, có thể xác định được tuổi thọ kỹ thuật hay thời hạn phục vụ của các loại chi tiết đã khảo sát.

4- Các thông số về cường độ hao mòn của các loại chi tiết còn cho phép phân tích, đánh giá chất lượng của các chi tiết trong quá trình vận dụng, mối quan hệ giữa điều kiện khai thác với quá trình hao mòn, cho phép dự báo được trạng thái kỹ thuật và thời hạn làm việc hay tuổi thọ còn lại của chúng, lập kế hoạch chi phí phụ tùng vật tư dự trữ cho đầu máy trong quá trình khai thác và bảo dưỡng, sửa chữa.

## **2.5. Đánh giá hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy diesel**

### **2.5.1. Phân tích quá trình hao mòn bánh xe đầu máy diesel**

Bộ trục bánh xe là cụm chi tiết quan trọng trong bộ phận chạy đầu máy, nó đóng vai trò quyết định trong việc hình thành lực kéo và lực hãm và liên quan trực tiếp đến sự chuyển động an toàn của đoàn tàu.

Hiện tượng hư hỏng, hao mòn của bộ trục bánh xe khá đa dạng nhưng có thể phân thành hai nhóm chính:

*Nhóm 1: Hư hỏng do hao mòn*

Hao mòn có thể phân ra làm hai loại:

- *Hao mòn bình thường*

Loại hao mòn này xảy ra chủ yếu do ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc của mặt lăn bánh xe với mặt đỉnh ray, giữa gờ bánh xe với má (hông) ray. Trong quá trình vận dụng, bánh xe chịu tải trọng thay đổi, do đó tại vùng tiếp xúc giữa bánh xe với ray phát sinh ứng suất tiếp xúc khá lớn. Ngoài ra, nguyên nhân gây hao mòn mặt lăn còn là do sức kéo bám phát huy không đồng đều giữa các bánh xe, do hiện tượng chuyển động rần bò của đầu máy, bánh xe dịch chuyển và trượt theo phương ngang dẫn đến mặt lăn và gờ bánh đều bị hao mòn. Đây là quá trình hao mòn tất yếu, xảy ra có quy luật và có thể xác định được quy luật đó theo thời gian làm việc tính bằng kilômét chạy của đầu máy.

- *Hao mòn không bình thường*

Là hao mòn có cường độ hao mòn bất thường, xảy ra không ổn định với phạm vi cục bộ, chẳng hạn: mòn vẹt mặt lăn và gờ bánh bánh xe đầu máy do tác động cơ giới, do bó hãm, do bánh xe bị trượt lết trên ray khi có chênh lệch đường kính bánh xe quá giới hạn cho phép, hoặc hao mòn bất thường một bên gờ bánh xe nào đó của đầu máy, v.v...

Đây là loại hao mòn xảy ra do không tuân thủ các quy định vận hành.

*Nhóm 2: Hư hỏng đột xuất hay hư hỏng sự cố*

Loại hư hỏng này chủ yếu là do tác động cơ giới và ngoại cảnh khách quan gây ra như:

- Nứt, mẻ gờ bánh xe khi cán phải chướng ngại vật trên đường;

- Cong trục, nứt bánh do trật bánh, đổ tàu;

- Cào xước nơi lắp ổ đỡ động cơ điện kéo do thiếu dầu bôi trơn;

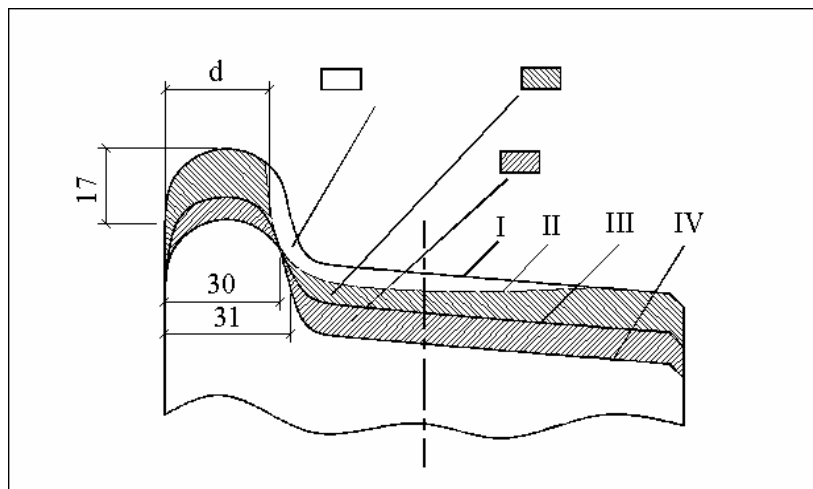
- Nứt, rỗ bề mặt làm việc của bánh răng truyền động khi chất lượng bôi trơn không tốt;

- Mài mòn cổ trục bánh xe do độ dôi của mối ghép giữa vòng trong của ổ lăn và cổ trục không đảm bảo, làm vòng trong của ổ lăn đầu trục bị xoay.

Những hư hỏng này do không tuân thủ đúng các yêu cầu của quy trình kỹ thuật và chế độ làm việc của đầu máy.

Khi bánh xe bị hao mòn sẽ làm xuất hiện sức cản phụ, đặc biệt khi đầu máy chuyển động vào đường cong, lực ma sát tăng lên làm cản trở chuyển động bình thường của đầu máy; khi gờ bánh bị mòn nhiều có thể gây trật bánh (đặc biệt khi đi qua ghi), ảnh hưởng nghiêm trọng đến an toàn chạy tàu.

Biên dạng mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy được thể hiện trên hình 2.11.



Hình 2.11. Biên dạng mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy

Đường I. Biên dạng ban đầu của bánh xe;

Đường II. Biên dạng mòn của bánh xe sau quá trình vận dụng;

Đường III. Biên dạng của bánh xe sau khi phục hồi có hàn đắp gờ bánh;

Đường IV. Biên dạng của bánh xe sau khi phục hồi không có hàn đắp gờ bánh.

Bộ trục bánh xe đầu máy có rất nhiều dạng hư hỏng, ta có thể phân hư hỏng làm ba khu vực theo chi tiết là bánh xe, trục bánh và bánh răng truyền động.

#### 1. Các hư hỏng đối với bánh xe

Bánh xe là chi tiết quan trọng và bị hao mòn nhiều nhất, dẫn đến việc thường xuyên phải tiện khôi phục biên dạng mặt lăn, cuối cùng đi đến thay thế cả bánh xe. Nguyên nhân là do quá trình vận hành, mặt lăn bánh xe làm việc ở điều kiện nặng nhọc, thường phát sinh ứng suất tiếp xúc rất lớn với đường ray, có khi vượt quá giới hạn chảy. Ngoài ra bánh xe thường bị trượt, làm mài mòn mặt lăn quá nhanh, sự trượt của mặt lăn bánh xe theo ray thông thường xảy ra khi bánh xe vừa tịnh tiến vừa lăn theo ray. Nguyên nhân gây ra sự trượt này bao gồm:

- Do kết cấu hình học

Mặt lăn bánh xe không phải lúc nào cũng phù hợp với nhu cầu vào đường cong của đầu máy. Ta biết rằng bánh xe tiếp xúc với ray không phải ở một điểm mà trên bề mặt rộng có diện tích khoảng  $2,5 \text{ cm}^2$ , vì dạng hình học của mặt lăn bánh xe có độ côn, nên những điểm nằm trên đường tròn có đường kính nhỏ, sẽ có vận tốc tiếp tuyến nhỏ hơn so với những điểm nằm trên đường tròn có đường kính lớn. Trong khi đó bánh xe quay với một tốc độ góc xác định, như vậy hai điểm cùng nằm trên mặt lăn của bánh xe lại có vận tốc tiếp tuyến khác nhau và phải thực hiện quãng đường dài như nhau, điều này không thể chấp nhận được.

Vì thế trục bánh xe có sự tự điều chỉnh tốc độ cho các điểm nằm trên mặt lăn bánh xe khi lăn theo ray sẽ thực hiện được quãng đường là như nhau. Sự tự điều chỉnh này thông qua việc “trượt” tương đối giữa các điểm nói trên với đường ray, sự trượt này gây ra sức cản cơ bản. Nếu ở giai đoạn khởi động, giá trị sức cản này tăng lên một cách đáng kể.

- Do phát huy sức kéo bám không đồng đều

Giữa các trục bánh xe đầu máy truyền động điện có các động cơ điện kéo treo gá kiểu tựa trục, thì hệ số lợi dụng bám nhỏ.

- *Chuyển động rần bò của đầu máy*

Chuyển động rần bò của đầu máy tồn tại ngay trong quá trình vận động tịnh tiến của nó, do có sự dịch chuyển theo phương ngang, về phía phải hay phía trái tùy thuộc vào kết cấu của đường và bộ phận chạy, mà dẫn đến sự trượt ngang và dọc của mặt lăn. Sự trượt này cũng là một trong các nguyên nhân gây ra hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe.

- *Sự sai sót trong chế tạo:*

Việc sửa chữa biên dạng mặt lăn và lắp ráp cụm bánh xe không chính xác cũng làm tăng sự trượt phụ và cũng là nguyên nhân gây ra hao mòn mặt lăn bánh xe do trượt.

Hiện tượng mài mòn của bề mặt làm việc của mặt lăn bánh xe chủ yếu tập trung vào vùng tiếp xúc giữa mặt lăn với ray và ở chân gờ bánh xe nơi sát mặt lăn.

## 2. Các hư hỏng đối với trục bánh

Trong các chi tiết hợp thành bộ trục bánh xe thì các hư hỏng bình thường do hao mòn của trục bánh là ổn định nhất. Vì các bề mặt lắp ghép của trục với hai bánh xe và bánh răng là lắp chặt, duy nhất có thân giữa trục với bạc lót là mối ghép lỏng và có chế độ bôi trơn thủy động, cường độ hao mòn của kích thước này rất nhỏ. Sau đây ta chỉ đề cập các hư hỏng bất thường (tai nạn) của trục đã xảy ra như:

- Cào xước thân giữa trục, vị trí lắp ổ đỡ động cơ điện kéo, do chế độ bôi trơn không đảm bảo hoặc hư hỏng của bạc lót như tróc lớp chịu mòn, mặt kim loại lấn vào màng dầu bôi trơn làm lây lan sự cào xước nhanh chóng;

- Cào xước cổ trục, do vòng trong của ổ lăn đầu trục xoay, nguyên nhân thường là độ dôi lắp ghép giữa hai bề mặt chi tiết trên không đảm bảo;

- Cong trục do tai nạn chạy tàu như trật bánh, đổ tàu, v.v...

- Nứt do mỏi hoặc tải trọng lớn trong quá trình làm việc.

### a. ảnh hưởng của hao mòn bánh xe tới quá trình làm việc của đầu máy

Sự hao mòn hư hỏng của bánh xe gây ảnh hưởng rất lớn tới quá trình làm việc của đầu máy, trong đó có việc gây gia tăng số vòng quay của bánh xe. Với cùng một quãng đường như nhau thì bánh xe có đường kính nhỏ phải quay nhiều vòng hơn bánh xe có đường kính lớn.

Ví dụ, với quãng đường chạy 100.000 km của đầu máy D9E (vận dụng tại Xí nghiệp đầu máy Sài Gòn), thì khi bánh xe đường kính 1016 mm, nó phải quay 31.345.604 vòng; còn khi đường kính giảm xuống còn 900 mm thì nó phải quay 35.385.704 vòng.

Như vậy, với cùng một vận tốc chạy tàu cho phép, thì các trục bánh xe có đường kính nhỏ sẽ kéo theo các bộ phận tham gia chuyển động quay của bánh xe như hai ổ lăn đầu trục và 2 ổ lăn đỡ rôto động cơ điện kéo cũng phải quay với vận tốc góc khá lớn, có thể gây quá tải về vòng quay. Các ổ lăn này rất dễ bị vượt tốc độ quay cho phép, đặc biệt là ổ đỡ rôto động cơ điện kéo, do có tỷ số truyền của trục bánh xe với bánh răng thụ động xấp xỉ bằng 5 lần. Tương tự cổ góp động cơ điện kéo sẽ bị mòn nhanh hơn.

### b. nh hưởng hao mòn gờ bánh xe đến vận hành của đầu máy

- *Đầu máy bị lắc ngang:* Khi gờ bánh xe bị mòn, khe hở làm việc giữa cặp bánh với 2 ray tăng lên, làm cho biên độ các dao động theo phương ngang của đầu máy tăng lên. Mặt khác do chuyển động “rần bò”, là chuyển động đặc trưng của phương tiện đường sắt, mà bánh xe bị dao động qua lại và làm cho gờ bánh xe áp vào hai hông đường ray. Hay nói cách khác, sự hao mòn gờ bánh xe làm tăng tần số và biên độ dao động ngang của trục bánh xe và giá chuyển hướng, dẫn đến gia tăng cường độ hao mòn gờ và mặt lăn, do bánh xe bị trượt theo phương ngang trên mặt ray.

- *Gây ra sức cản phụ:* Khi đầu máy chuyển động vào đường cong, phụ tải tăng lên ở các má trượt chịu mòn, sinh ra các ma sát cản trở chuyển động bình thường của đầu máy.

- *Hao mòn bề mặt bạc lót ổ đỡ động cơ điện kéo và trục bánh xe tăng,* do trục bánh xe bị dao động ngang nhiều hơn bình thường.

### c. ảnh hưởng của hao mòn biên dạng mặt lăn

Quan trọng nhất của biên dạng mặt lăn là độ côn của nó, trong quá trình đầu máy vận hành giữa hai cấp sửa chữa (cấp 3), sự hao mòn mặt lăn diễn ra từ từ ở vùng quanh vòng lăn và chân gờ bánh xe, làm mất dần độ côn cần thiết nói trên. Hậu quả của hao mòn này là khi đầu

máy đi vào đường cong, hai bánh xe không có độ côn của mặt lăn điều chỉnh tốc độ thích hợp như được thiết kế đã đề cập ở phần 1-3, buộc mặt lăn bánh xe phải trượt dọc trên mặt ray để tự điều chỉnh bằng cách:

- Nếu bánh xe phía ray lưng lăn thuần tuý thì bánh xe phía ray trong (bụng) sẽ bị xoắn do quay đủ tốc độ góc, nhưng lại phải “quay tròn” tại chỗ để “chờ” bánh xe ngoài thực hiện quãng đường lớn hơn, bản chất của sự “quay tròn” này là “quay trượt” bánh xe hay còn gọi là hiện tượng rẩy máy.

- Ngược lại, bánh xe ở phía ray trong được quay thuần tuý, bánh xe ở phía ray ngoài không lăn theo kịp, buộc bánh xe ngoài phải trượt lết trên mặt ray, bản chất của sự trượt này là bị lết dọc theo ray hay còn gọi là lết trượt.

Cả hai hiện tượng trên đều làm cho mặt lăn bánh xe vốn đã bị mòn lại càng bị mòn nhanh hơn và gây ra hư hỏng cả mặt đường ray đặc biệt là bề mặt của ray bụng, chỗ đường cong.

Mặt khác khi độ côn mặt lăn thiếu, thì khả năng tự định tâm của trục bánh xe với trục tâm của đường sắt cũng sẽ giảm, tần số chuyển động “rần rờ” tăng lên và cũng là nguyên nhân dẫn đến làm mòn gờ bánh xe.

### **2.5.2. Phương pháp và mô hình nghiên cứu hao mòn**

Trong tài liệu này chỉ trình bày các nội dung nghiên cứu liên quan tới quá trình hao mòn bình thường của mặt lăn và gờ bánh xe một số loại đầu máy đang sử dụng trên đường sắt Việt Nam.

Các đại lượng ngẫu nhiên liên tục cần xử lý trong trường hợp này là độ mòn mặt lăn và gờ bánh xe của các loại đầu máy đang sử dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy trong khoảng thời gian khảo sát xác định.

Thông qua quá trình khảo sát, đo đạc và thống kê về độ mòn của mặt lăn và gờ bánh xe trong quá trình vận dụng và đặc biệt khi giải thể ở các cấp sửa chữa, tiến hành đã xác lập các tập số liệu đơn vị về độ mòn và cường độ mòn của mặt lăn cũng như của gờ bánh xe đối với từng bánh xe bên phải và bên trái của một bộ trục bánh.

Mô hình tổng quát xử lý số liệu thống kê xác định các đặc trưng hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy được thể hiện trong bảng 1.15.

Quá trình xử lý các số liệu tổng hợp bao gồm:

- Xử lý độ mòn và cường độ hao mòn tổng hợp cho các bánh xe của từng trục bánh (bao gồm cả bánh xe bên trái và bên phải);

- Xử lý độ mòn và cường độ hao mòn tổng hợp cho tất cả các bánh xe trong cùng một vế (phải và trái) cho các bộ trục bánh trong một giá chuyển hướng và cho toàn bộ đầu máy;

- Xử lý độ mòn và cường độ hao mòn tổng hợp của các bánh xe trong từng giá chuyển hướng và của toàn bộ đầu máy.

Thông qua phương pháp xử lý nêu trên, ta nhận được các thông số đặc trưng hao mòn khác nhau, (chủ yếu là kỳ vọng toán độ mòn ở một thời điểm xác định, tương ứng với một cấp sửa chữa xác định, với thời gian làm việc tính bằng kilômét chạy xác định của đầu máy, và cường độ hao mòn hay quy luật hao mòn theo thời gian), trong đó quan trọng nhất là các giá trị kỳ vọng toán cường độ hao mòn của mặt lăn và gờ bánh xe theo thời gian làm việc của đầu máy tính bằng kilômét chạy ( $\text{mm}/10^5\text{km}$ ).



Bảng 2.15. Mô hình tổng quát xử lý số liệu thống kê xác định đặc trưng hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy diesel

TT Số liệu	hao mòn Mặt lăn bánh xe (BX)								Hao mòn Gờ bánh xe (BX)							
	Trục số 1		Trục số ...		Trục số m		Tổng hợp		Trục số 1		.....		Trục số m		Tổng hợp	
	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P
1	$X_{11T}$	$X_{11P}$	$X_{...1T}$	$X_{...1P}$	$X_{m1T}$	$X_{m1P}$	$X_{1...m1T}$	$X_{1...m1P}$	$X_{11T}$	$X_{11P}$	$X_{...1T}$	$X_{...1P}$	$X_{m1T}$	$X_{m1P}$	$X_{1...m1T}$	$X_{1...m1P}$
2	$X_{12T}$	$X_{12P}$	$X_{...2T}$	$X_{...2P}$	$X_{m2T}$	$X_{m2P}$	$X_{1...m2T}$	$X_{1...m2P}$	$X_{12T}$	$X_{12P}$	$X_{...2T}$	$X_{...2P}$	$X_{m2T}$	$X_{m2P}$	$X_{1...m2T}$	$X_{1...m2P}$
3	$X_{13T}$	$X_{13P}$	$X_{...3T}$	$X_{...3P}$	$X_{m3T}$	$X_{m3P}$	$X_{1...m3T}$	$X_{1...m3P}$	$X_{13T}$	$X_{13P}$	$X_{...3T}$	$X_{...3P}$	$X_{m3T}$	$X_{m3P}$	$X_{1...m3T}$	$X_{1...m3P}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
n	$X_{1nT}$	$X_{1nP}$	$X_{...nT}$	$X_{...nP}$	$X_{mnT}$	$X_{mnP}$	$X_{1...mnT}$	$X_{1...mnP}$	$X_{1nT}$	$X_{1nP}$	$X_{...nT}$	$X_{...nP}$	$X_{mnT}$	$X_{mnP}$	$X_{1...mnT}$	$X_{1...mnP}$
Tập n số liệu	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX 1T	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX 1P	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX...T	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX...P	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX mT	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX mP	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX T (tập m.n số liệu)	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX P (tập m.n số liệu)	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX 1T	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX 1P	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX...T	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX...P	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX mT	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX mP	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX T (tập m.n số liệu)	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX P (tập m.n số liệu)
Tập 2n số liệu	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số 1		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số ...		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số m		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp các BX ĐM (tập 2m.n số liệu)		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số 1		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số ...		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số m		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp các BX ĐM (tập 2m.n số liệu)	

Trong đó:

- Số số liệu thống kê về hao mòn :  $i = 1, 2, \dots, n$
- Số trục bánh xe của đầu máy cần khảo sát :  $j = 1, 2, \dots, m$
- \* Đầu máy D5H, D9E, D12E :  $m = 4$
- \* Đầu máy D13E :  $m = 6$
- Các ký hiệu : BX T - Bánh xe bên trái  
BX P - Bánh xe bên phải

**2.5.3. Xác định một số đặc trưng hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam**

Một số đặc tính kỹ thuật cơ bản của các loại đầu máy này, trong đó có một số thông số kỹ thuật chủ yếu của bộ trục bánh xe, được cho trong bảng 2.17.

Bảng 2.17. Một số đặc tính kỹ thuật của bộ trục bánh xe đầu máy D5H, D12E, D9E và D13E

TT	Thông số kỹ thuật	D5H	D12E	D9E	D13E
1	Nước chế tạo	australia	Séc	Mỹ	ấn Độ
2	Năm chế tạo	-	1985	1962	1983
3	Năm sử dụng tại VN	1993	1986	1963	1985
4	Đơn vị sử dụng	Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào	Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội	Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn	Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn
5	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1000
6	Loại động cơ diesel	Caterpilla D353	K6S 230 DR	Caterpilla D398	ALCO 251-D
7	Công suất động cơ (ML)	500	1200	900	1300
8	Phương thức truyền động	Thủy lực	Điện MC-MC	Điện MC-MC	Điện MC-MC
9	Trọng lượng chính bị (T)	40	56	52	72
10	Tải trọng trục, (T/trục)	10	14	13	12
11	Tốc độ cấu tạo (km/h)	65	80	114	96
12	Bán kính cong $R_{min}$ (m)	46	75	75	75
13	Công thức trục	B-B (2-2)	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> (2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> (2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub> )
14	Đường kính bánh xe mới (mm)	915	1000	1016	965
15	Đường kính bánh xe nhỏ nhất cho phép (mm)	810	930	870	882
16	Dự trữ hao mòn mặt lăn, (mm)	105	70	146	83
17	Bề rộng bản bánh xe, (mm)	127	135	139,7	120
18	Giăng cách giữa hai bánh xe,(mm)	924 ± 3	925 ± 2	924 ± 3	927 ± 0,5
19	Đường kính cổ trục, (mm)	110	170	144,564	119,164
20	Đường kính vai trục, (mm)	158,25	-	206,375	207,800
21	Số lượng đầu máy hiện có	13	25	32	14

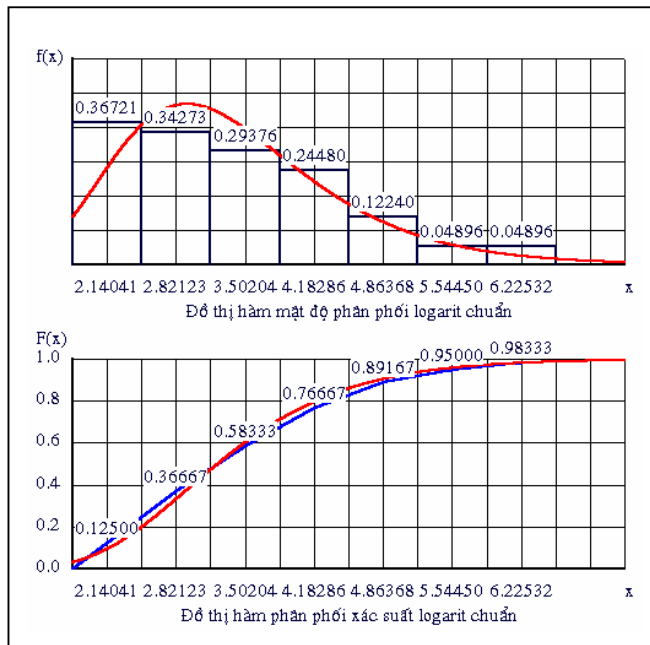
Các đại lượng ngẫu nhiên liên tục cần xử lý trong trường hợp này là độ mòn mặt lăn và gờ bánh xe của các loại đầu máy D5H, D9E, D12E và D13E đang sử dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào, Hà Nội và Sài Gòn thuộc Liên hiệp Đường sắt Việt Nam trong khoảng thời gian khảo sát 1990-1999.

Thông qua quá trình khảo sát, đo đạc và thống kê về độ mòn của mặt lăn và gờ bánh xe trong quá trình vận dụng và đặc biệt khi giải thể ở các cấp sửa chữa RV với chu kỳ chạy 100.000 km đối với đầu máy D5H và D12E; ở các cấp sửa chữa 3 với chu kỳ chạy 100.000 km đối với đầu máy D9E và D12E, đã xác lập được các tập số liệu đơn vị về độ mòn và cường độ mòn của mặt lăn cũng như của gờ bánh xe đối với từng bánh xe bên phải và bên trái của một bộ trục bánh.

Các đồ thị hàm mật độ và hàm phân bố xác suất cường độ hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy D9E được đơn cử giới thiệu trên các hình 2.12 và 2.13.

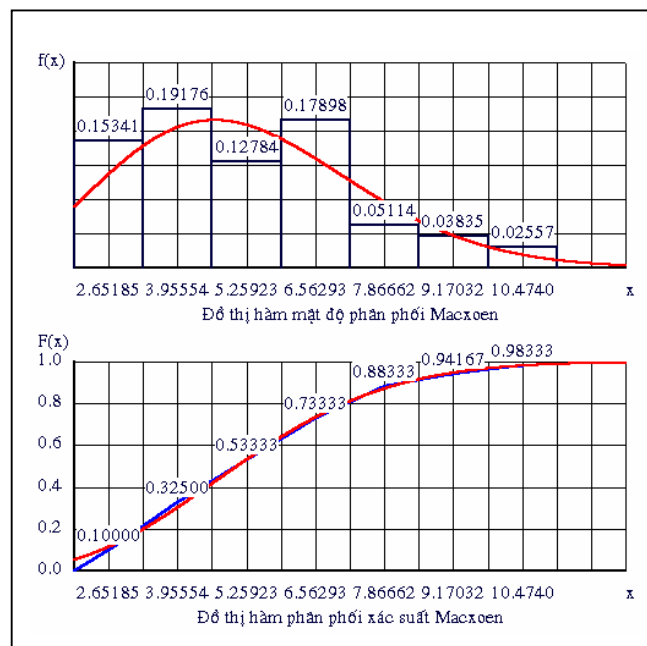
Các giá trị kỳ vọng toán cường độ hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe của các loại đầu máy đã khảo sát được thể hiện trong các bảng 2.18-2.20.





Hình 2.12. Hàm mật độ và hàm phân bố xác suất cường độ hao mòn mật lần bánh xe số 1 đầu máy D9E

- Kỳ vọng toán học:  $a = 3,38857 \text{ mm}/10^5 \text{ km}$
- Sai lệch bình phương trung bình:  $\sigma = 1,08481 \text{ mm}$
- Tiêu chuẩn khi bình phương:  $3,360 < \chi^2 = 4,54263 < 4,880$
- Xác suất phù hợp:  $0,300 < P < 0,500$



Hình 2.13. Hàm mật độ và hàm phân bố xác suất cường độ hao mòn gờ bánh xe số 1 đầu máy D9E

- Kỳ vọng toán học:  $a = 5,25923 \text{ mm}/10^5 \text{ km}$
- Sai lệch bình phương trung bình:  $\sigma = 2,07502 \text{ mm}$
- Tiêu chuẩn khi bình phương:  $4,35 < \chi^2 = 4,82933 < 6,06$
- Xác suất phù hợp:  $0,300 < P < 0,500$

Bảng 2.18. Kỳ vọng toán cường độ hao mòn (một phía) mặt lăn bánh xe đầu máy D12E, D9E và D13E (mm/10<sup>5</sup> km)

Đầu máy	Bánh xe	Trục số 1	Trục số 2	Trục số 3	Trục số 4	Trục số 5	Trục số 6	Tổng hợp
D12E (HN)	Trái	5,5336	5,6468	5,8571	5,6978	-	-	5,6390
	Phải	5,5895	5,7319	5,7576	5,7278	-	-	5,6944
	<b>TH</b>	<b>5,5884</b>	<b>5,7037</b>	<b>5,7797</b>	<b>5,6368</b>	-	-	<b>5,6943</b>
D9E (SG)	Trái	3,398	3,496	3,548	4,113	-	-	3,689
	Phải	3,487	3,583	3,431	4,385	-	-	3,774
	<b>TH</b>	<b>3,395</b>	<b>3,353</b>	<b>3,320</b>	<b>4,139</b>	-	-	<b>3,598</b>
D13E (SG)	Trái	3,424	3,593	3,695	3,498	3,885	3,958	3,601
	Phải	3,555	3,510	3,661	3,340	3,852	4,037	3,633
	<b>TH</b>	<b>3,395</b>	<b>3,575</b>	<b>3,671</b>	<b>3,323</b>	<b>3,769</b>	<b>3,911</b>	<b>3,624</b>

Bảng 2.19. Kỳ vọng toán cường độ hao mòn gờ bánh xe đầu máy D5H, D12E, D9E và D13E (mm/10<sup>5</sup> km)

Đầu máy	Bánh xe	Trục số 1	Trục số 2	Trục số 3	Trục số 4	Trục số 5	Trục số 6	Tổng hợp
D5H (HL)	Trái	13,646	11,240	13,385	11,924	-	-	12,505
	Phải	13,433	11,304	13,267	11,999	-	-	12,473
	TH	13,539	11,272	13,318	11,923	-	-	12,516
	Tỷ lệ	$\gamma_{12} = C_{g1}/C_{g2} = 1,20$		$\gamma_{34} = C_{g3}/C_{g4} = 1,12$				
	$\gamma_{\max} = C_{g1}/C_{g2} = 1,20$							
D12E (HN)	Trái	12,026	5,6876	11,895	6,8339	-	-	9,2060
	Phải	12,052	5,5590	11,922	6,8015	-	-	9,0571
	TH	12,054	5,6246	11,947	6,8299	-	-	9,0937
	Tỷ lệ	$\gamma_{12} = C_{g1}/C_{g2} = 2,14$		$\gamma_{34} = C_{g3}/C_{g4} = 1,75$				
	$\gamma_{\max} = C_{g1}/C_{g2} = 2,14$							
D9E (SG)	Trái	5,477	5,604	5,562	5,784	-	-	5,521
	Phải	4,996	5,759	4,928	5,297	-	-	4,936
	TH	5,250	5,640	5,178	5,737	-	-	5,037
	Tỷ lệ	$\gamma_{21} = C_{g2}/C_{g1} = 1,07$		$\gamma_{43} = C_{g4}/C_{g3} = 1,11$				
	$\gamma_{\max} = C_{g4}/C_{g3} = 1,11$							
D13E (SG)	Trái	6,114	4,419	2,603	5,514	6,429	4,784	4,864
	Phải	7,035	5,686	3,891	5,734	5,168	5,358	5,571
	TH	6,525	5,297	3,619	5,836	5,376	5,247	5,351
	Tỷ lệ	$\gamma_{13} = C_{g1}/C_{g3} = 1,80$			$\gamma_{46} = C_{g4}/C_{g6} = 1,11$			
	$\gamma_{\max} = C_{g1}/C_{g3} = 1,80$							

Bảng 2.20. Kết quả tính toán xác định thời hạn làm việc và tuổi thọ kỹ thuật của bánh xe theo các thông số giới hạn và theo cường độ hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe.

TT	Thông số kỹ thuật	D5H	D12E	D9E	D13E
1	Đường kính bánh xe mới(mm)	915	1000	1016	925
2	Đường kính bánh xe nhỏ nhất cho phép (mm)	810	930	870	882
3	Độ mòn mặt lăn cho phép trong một kỳ giải thể sửa chữa, mm	7,0	7,0	7,0	7,0
4	Cường độ hao mòn mặt lăn tổng hợp, mm/10 <sup>5</sup> km	-	5,6943	3,598	3,624
5	Chu kỳ giải thể sửa chữa tính theo cường độ hao mòn mặt lăn thực tế, 10 <sup>5</sup> km	-	1,23	1,95	1,93
6	Độ mòn gờ bánh cho phép trong quá trình vận dụng (mm)	15,0	15,0	15,0	15,0
7	Cường độ hao mòn gờ bánh tổng hợp, mm/10 <sup>5</sup> km	12,516	9,0937	5,037	5,351
8	Chu kỳ giải thể sửa chữa tính theo cường độ hao mòn gờ bánh thực tế, 10 <sup>5</sup> km	1,2	1,65	2,98	2,80
9	Dự trữ hao mòn mặt lăn, (mm)	105	70	146	83
10	Dự trữ hao mòn mặt lăn một phía (mm)	52,5	35	73	41,5
11	Tuổi thọ kỹ thuật bánh xe theo dự trữ hao mòn mặt lăn, 10 <sup>5</sup> km	-	6,15	20,29	11,45

#### 2.5.4. Phân tích kết quả nghiên cứu

Từ các kết quả nghiên cứu thấy rằng:

1- Các phân bố hao mòn thực nghiệm tuân theo luật phân bố lý thuyết Gauss, Lôga chuẩn, Gamma hoặc Veibull, trong đó hầu hết các phân bố có xu hướng tuân theo luật phân bố lý thuyết Gamma và Veibull.

2- Hao mòn mặt lăn các bánh xe của tất cả các loại đầu máy đã khảo sát nói chung tương đối đồng đều, không có sự khác biệt đáng kể giữa các bánh xe bên phải và bên trái, giữa các bánh xe của trục dẫn hướng và trục không dẫn hướng, và giữa các bánh xe trong các trục trên đầu máy.

3- Cường độ hao mòn tổng hợp của mặt lăn bánh xe đầu máy D12E là lớn nhất, sau đó là đầu máy D13E, và nhỏ nhất là D9E và nằm trong phạm vi 5,6943 - 3,598 mm/10<sup>5</sup> km

4- Cường độ hao mòn gờ bánh xe nói chung có sự khác biệt khá rõ rệt: cường độ hao mòn gờ các bánh xe của trục phía trước (dẫn hướng) lớn hơn một cách rõ rệt so với cường độ hao mòn của các gờ bánh xe các trục phía sau (không dẫn hướng), cụ thể, tỷ số cường độ hao mòn của gờ bánh xe dẫn hướng so với gờ bánh xe không dẫn hướng đối với đầu máy D5H là 1,12-1,20; đầu máy D12E là 1,75-2,14, đầu máy D9E là 1,07-1,11, và đầu máy D13E là 1,11-1,80.

5- Cường độ hao mòn tổng hợp của gờ bánh xe đầu máy D5H là lớn nhất, sau đó là đầu máy D12E, D13E và nhỏ nhất là D9E và nằm trong phạm vi 12,516-5,037 mm/10<sup>5</sup> km.

#### 2.5.5. ý nghĩa thực tiễn của việc nghiên cứu hao mòn cặp bánh xe

1. Thông số về cường độ hao mòn cho phép so sánh các đặc trưng hao mòn của các trục bánh xe với nhau, của các bánh xe bên trái và bên phải với nhau, của các bánh xe dẫn hướng với các bánh xe không dẫn hướng, của các bánh xe trong các giá chuyển hướng với nhau và tổng hợp cho tất cả các bánh xe trong toàn đầu máy.

2. Cường độ hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe là các thông số quan trọng, cho phép xác định được thời gian làm việc của bánh xe theo giá trị độ mòn cho phép của mặt lăn hoặc gờ bánh, mặt khác, có thể xác định được tuổi thọ kỹ thuật của bánh xe theo lượng dự trữ hao mòn mặt lăn và gờ bánh, hay cho tới khi xuất hiện các giá trị độ mòn giới hạn tương ứng. Ngoài ra, các đặc trưng về cường độ hao mòn còn là cơ sở cho việc kiểm nghiệm và hiệu chỉnh (rút ngắn hoặc kéo dài) chu kỳ giải thể, sửa chữa bộ trục bánh xe của các loại đầu máy đã nêu.

3- Các thông số về cường độ hao mòn của mặt lăn và gờ bánh xe còn cho phép phân tích, đánh giá chất lượng của các chi tiết trong quá trình vận dụng, mối quan hệ giữa điều kiện khai thác với quá trình hao mòn, cho phép dự báo được trạng thái kỹ thuật và thời hạn làm việc hay tuổi thọ còn lại của chúng, lập kế hoạch chi phí phụ tùng vật tư dự trữ cho đầu máy trong quá trình khai thác và bảo dưỡng, sửa chữa.

4- Căn cứ giá trị độ mòn cho phép của mặt lăn và gờ bánh xe trong quá trình vận dụng của đầu máy và cường độ hao mòn tổng hợp (hao mòn bình thường) của chúng, đã xác định được thời hạn làm việc của cặp bánh xe giữa hai kỳ giải thể và sửa chữa bộ trục bánh xe theo từng *chỉ tiêu tương ứng, nhằm khôi phục biên dạng mặt lăn đúng yêu cầu kỹ thuật (bảng 2.20)*, qua đó thấy rằng chu kỳ giải thể, sửa chữa tính theo giá trị hao mòn cho phép của mặt lăn ngắn hơn so với tính theo giá trị hao mòn cho phép của gờ bánh, điều đó có nghĩa là chu kỳ giải thể, sửa chữa phụ thuộc chủ yếu vào cường độ hao mòn thuần túy của mặt lăn chứ không phụ thuộc vào cường độ hao mòn thuần túy của gờ bánh.

5- Theo kết quả nhận được và theo đánh giá sơ bộ, các chu kỳ sửa chữa hiện hành, hay nói chính xác hơn các chu kỳ giải thể bộ trục bánh xe các loại đầu máy đã khảo sát nêu trên đều có thể kéo dài thêm, cụ thể là có thể hiệu chỉnh chu kỳ này bằng cách kéo dài thêm khoảng 20.000 km chạy đối với đầu máy D12E và khoảng 90.000 km đối với đầu máy D9E và D13E. Nếu chu kỳ sửa chữa được kéo dài thêm, hiệu quả vận dụng của đầu máy sẽ được nâng cao hơn.

6- Căn cứ lượng dự trữ hao mòn của mặt lăn bánh xe và cường độ hao mòn tổng hợp của mặt lăn, có thể dự báo sơ bộ được tuổi thọ kỹ thuật thuần túy (không kể đến lượng gia công cơ khí biên dạng mặt lăn và gờ bánh xe ở các cấp sửa chữa) của bánh xe đầu máy D12E là khoảng 600.000 km, của đầu máy D9E là khoảng 2.000.000 km và của D13E là khoảng 1.000.000 km (bảng 2.20).

## **2.6. Xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của phần tử có hư hỏng tiệm tiến (hao mòn)**

### **2.6.1. Xác định chỉ tiêu độ tin cậy theo các biểu hiện mòn**

Để xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của nhóm chi tiết bị mài mòn có thể tiến hành theo hai cách:

- Đánh giá những quy luật vật lý trong quá trình hư hỏng;
- Đánh giá các thông tin về thời gian hỏng hoặc về quá trình hao mòn nhờ phương pháp thống kê toán học.

Theo cách thứ nhất, ảnh hưởng của các yếu tố chủ yếu đến độ tin cậy cần biết được bằng con đường giải tích, dựa trên kết quả nghiên cứu các quá trình cơ, lý, hoá lý, nhiệt, điện và sự cân bằng năng lượng. Nhưng do tính chất phức tạp của quá trình biến đổi tính chất của cặp chi tiết, tính đa dạng của các yếu tố ảnh hưởng thường không cho phép tìm ra một nghiệm kín. Theo cách thứ hai, có thể đánh giá các chỉ tiêu độ tin cậy theo thời gian hỏng và theo các biểu hiện mòn qua kết quả thử nghiệm, khảo sát, đo đạc, v.v... Vì vậy trong thực tế phân tích độ tin cậy, người ta thường áp dụng phương pháp này.

Khi xác định độ tin cậy theo thời gian hỏng, điều cần thiết là phải có số liệu thống kê về thời gian hỏng. Việc thu thập số liệu ấy là nhiệm vụ quan trọng hàng đầu. Nó liên quan tới mức độ chính xác của các kết luận được rút ra từ đó. Khi nghiên cứu những cặp chi tiết mẫu trong điều kiện thử không tự nhiên cần chú ý sao cho cơ chế mòn của mẫu thử phải thống nhất với cơ chế mòn của cặp chi tiết thực trong điều kiện làm việc thực tế.

Tuy nhiên những hư hỏng quan sát được thường quá ít ỏi, nhiều tổn phí, nên khó mà quyết định được luật phân phối của tập tổng thể (tập toàn bộ). Những nghiên cứu có hệ thống cho biết, tuổi thọ của cặp ma sát thường có phân phối chuẩn hoặc phân phối Weibull. Nếu tham số hình dạng  $\alpha = 1$ , thì phân phối có dạng mũ. Khi đó cường độ hỏng không đổi, ứng với

giai đoạn làm việc ổn định của cặp chi tiết sau thời gian chạy rà. Nếu  $\alpha \neq 1$  thì cường độ hỏng phụ thuộc thời gian. Cường độ hỏng giảm ( $\alpha < 1$ ) ứng với những hư hỏng sớm, thường do sai lầm trong lắp ráp và chế độ bôi trơn. Cường độ hỏng tăng ( $\alpha > 1$ ) ứng với những hư hỏng muộn do mài mòn tăng dần, dẫn tới tình trạng mòn khốc liệt. Đặc biệt khi  $\alpha = 3 - 4$ , phân phối thời gian hỏng có dạng khá gần với dạng chuẩn.

Nhược điểm của cách đánh giá độ tin cậy theo thời gian hỏng là ở chỗ, nó không cho biết mối quan hệ giữa các tham số của phân phối với các thông số kết cấu cũng như các thông số làm việc của cặp ma sát. Vì vậy không cho phép rút ra những kết luận về tính chất vật lý của quá trình hư hỏng, tức là khó có thể đưa ra những biện pháp hữu hiệu để nâng cao độ tin cậy của cặp ma sát đang xét. Đánh giá độ tin cậy theo các biểu hiện mòn do đó tỏ ra thích hợp hơn.

Các đại lượng đo được, đặc trưng cho quá trình mòn, thường là độ mòn, thể tích mòn, cường độ mòn và mật độ năng lượng ma sát. Xác định độ tin cậy theo các biểu hiện mòn là tìm mối quan hệ hàm số giữa các đặc trưng xác suất của các đại lượng ngẫu nhiên nói trên với thời gian khai thác.

Trong đa số trường hợp, cường độ của quá trình mòn sau thời kỳ chạy rà có thể mô tả bởi một quá trình dừng, tức là theo nghĩa hẹp, kỳ vọng và phương sai của cường độ là các hằng số. Nói cách khác, các biểu hiện mòn được coi là các đường thẳng, có hệ số góc (cường độ mòn) là  $c = tg\alpha$  (hình 2.14).

Như vậy mô hình của một biểu hiện mòn được biểu diễn bởi quan hệ tuyến tính

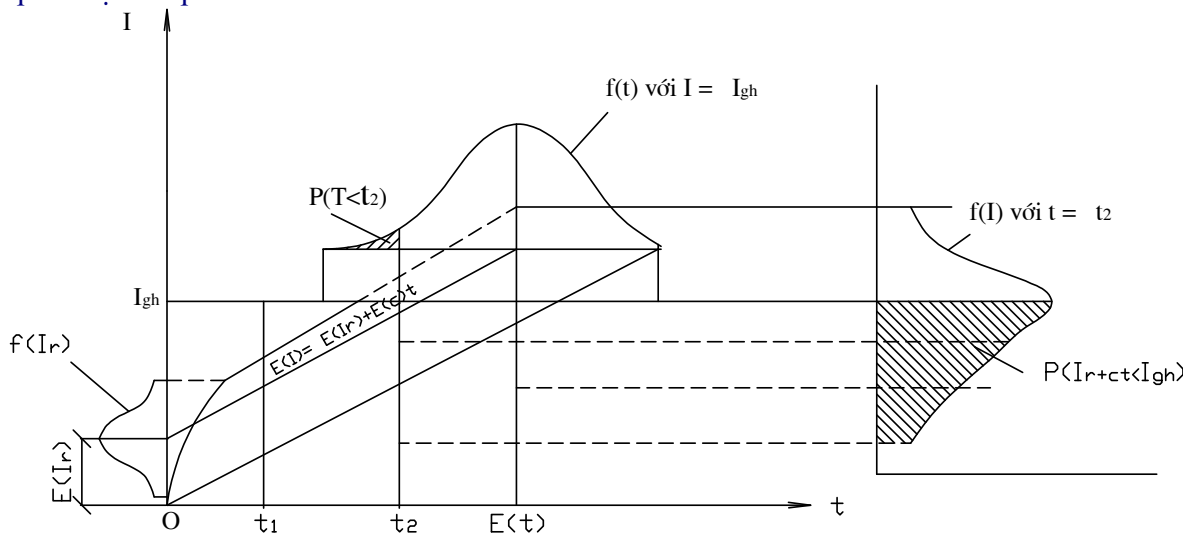
$$I(t) = I_r + ct \text{ hay } I(L) = I_r + cL, \quad (2.1)$$

trong đó:  $I_r$  - Độ mòn sau thời gian chạy rà;  
 $c$  - Cường độ hao mòn.

Nếu không kể thời kỳ chạy rà, vì thời kỳ đó quá ngắn so với toàn bộ thời gian phục vụ, ta có

$$I(t) = ct, \quad (2.2)$$

Quá trình mòn ngẫu nhiên với thời gian liên tục và phổ thực liên tục như vậy được quan niệm là quá trình Gauss.



Hình 2.14. Các biểu hiện mòn tuyến tính và các hàm mật độ  $f(I)$ ,  $f(t)$

### 2.6.2. Quan hệ giữa độ tin cậy và cường độ hao mòn

Giả sử sau thời gian sử dụng  $t = t_2$ , độ mòn có mật độ  $f(I)$ , được biểu diễn trên hình 1.14. Ta sẽ xét xem ở thời điểm ấy các biểu hiện đạt và vượt mức giới hạn  $I_{gh}$  như thế nào.

Nếu độ mòn có phân phối chuẩn với  $I_r = 0$ , thì hàm mật độ có dạng

$$f(I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(I)} \exp\left\{-\frac{[I - E(c)]^2}{2\sigma^2(I)}\right\}, \quad (2.3)$$

và mật độ của cường độ hao mòn, khi xét đoạn dừng của quá trình, có dạng

$$f(c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(c)} \exp\left\{-\frac{[c - E(c)]^2}{2\sigma^2(c)}\right\}, \quad (2.4)$$

Xác suất không hỏng của cặp chi tiết ở thời điểm  $t$  là xác suất để độ mòn ở thời điểm đó không vượt quá giá trị giới hạn, tức là

$$P(t) = P[I(T) < I_{gh}], \quad (2.5)$$

Nếu mật độ có dạng chuẩn, thì xác suất không hỏng bằng

$$P(t) = \int_{-\infty}^{I_{gh}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(I)} \exp\left\{-\frac{[I - E(I)]^2}{2\sigma^2(I)}\right\}, \quad (2.6)$$

Xác suất này có số đo bằng diện tích phần hình dưới đường cong  $f(I)$  với các giới hạn tương ứng (phần gạch chéo trên hình 2.14).

Một cách tổng quát, có thể xét mô hình dạng (2.1). Khi đó độ mòn khi chạy rà  $I_r$  và cường độ hao mòn  $c$  được xem như các đại lượng ngẫu nhiên độc lập với nhau.

Độ mòn khi chạy rà, như nhiều kết quả nghiên cứu đã chỉ ra, có thể coi như có phân phối chuẩn. Còn cường độ hao mòn cũng tuân theo phân phối chuẩn, khi cho rằng, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình mòn là độc lập với nhau và cường độ hao mòn của cặp chi tiết là tổng các cường độ hao mòn do riêng từng nguyên nhân tác dụng gây ra. Ta đã biết, hàm tuyến tính của các biến ngẫu nhiên phân phối chuẩn cũng phân phối chuẩn. Do vậy kỳ vọng của độ mòn bây giờ bằng

$$E[I(t)] = E(I_r) + E(c)t, \quad (2.7)$$

và phương sai

$$D[I(t)] = D(I_r) + D(c)t^2, \quad (2.8)$$

Với giả thiết  $I$  có phân phối chuẩn ở thời điểm  $t$ , ta có hàm mật độ tuổi thọ

$$f(t) = \frac{I_{gh} - E(I_r)D(c)t + E(I)D(I_r)}{\sqrt{2\pi}[D(I_r) + D(c)t^2]^{3/2}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \frac{[E(I_r) + E(c)t - I_{gh}]^2}{D(I_r) + D(c)t^2}\right\}, \quad (2.9)$$

Các xác suất làm việc không hỏng và hỏng tương ứng bằng

$$P(t) = P(T > t) = \int_t^{+\infty} f(t)dt, \quad (2.10)$$

$$Q(t) = P(T < t) = \int_{-\infty}^t f(t)dt, \quad (2.11)$$

Thay  $f(t)$  từ (5.9) vào các biểu thức này, ta được

$$P(t) = \Phi\left\{\frac{I_{gh} - E(I_r) - E(c)t}{[D(I_r) + D(c)t^2]^{1/2}}\right\}, \quad (2.12)$$

$$Q(t) = \Phi\left\{\frac{E(I_r) + E(c)t - I_{gh}}{[D(I_r) + D(c)t^2]^{1/2}}\right\}, \quad (2.13)$$

Trong đó hàm  $\Phi(\cdot)$  là hàm phân phối chuẩn hoá được lấy giá trị bằng cách tra bảng.

Trong bảng 2.21 cho biết độ tin cậy của cặp chi tiết ứng với các dạng biểu hiện mòn khác nhau. Trong thực tế thường gặp các mô hình 1 và 3, còn các mô hình 2 và 4 là các trường hợp đặc biệt.

Khi đã biết  $n$  biểu hiện nhờ đo đạc, khảo sát hoặc thống kê và biết độ mòn hoặc khe hở giới hạn nhờ phương pháp tính toán hoặc theo các tiêu chuẩn, quy trình quy định, việc xác định độ tin cậy của một cặp ma sát có thể được tiến hành theo trình tự sau đây:

- Mỗi biểu hiện mòn được thay thế bằng một đường thẳng theo phương pháp bình phương bé nhất;

- Xác định độ mòn trong quá trình chạy rà  $I_r$  (nếu cần) và cường độ hao mòn  $c_i$  cho mỗi biểu hiện;
- Xác định quy luật phân phối thực nghiệm và phân phối lý thuyết;
- Kiểm nghiệm sự phù hợp của phân phối thực nghiệm với phân phối lý thuyết bằng tiêu chuẩn  $\chi^2$  hoặc tiêu chuẩn Kolmogorop;
- Xác định các giá trị kỳ vọng và phương sai tương ứng:  $E(I_r)$ ;  $E(c)$ ;  $D(I_r)$  và  $D(c)$ ;
- Với độ mòn giới hạn đã biết tiến hành xác định các chỉ tiêu độ tin cậy theo (2.10) và (2.11);

Ngoài ra có thể xác định các chỉ tiêu khác của độ tin cậy. Chẳng hạn để xác định tuổi thọ gamma phần trăm, từ (2.11) có thể rút ra phân vị x đối với phân phối chuẩn:

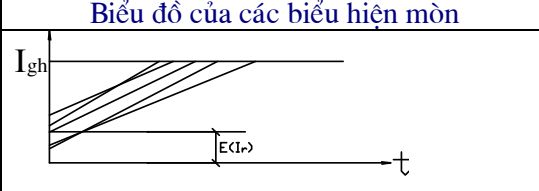
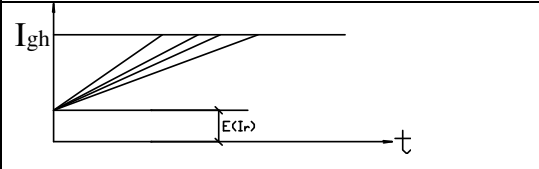
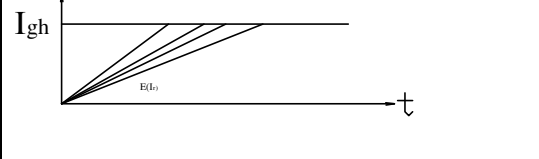
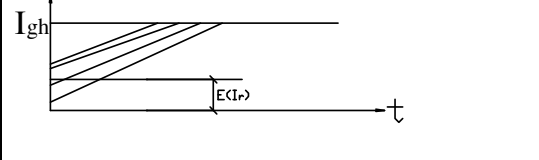
$$x[D(I_r) + D(c)t^2]^{1/2} = E(I_r) + E(c)t - I_{gh} \quad (2.14)$$

Với xác suất  $\gamma\%$  cho trước, có thể xác định được x bằng cách tra bảng. Thay các giá trị đã biết vào (1.14) và giải phương trình này theo t, ta được tuổi thọ gamma phần trăm.

Tuổi thọ trung bình là tuổi thọ ứng với  $\gamma\% = 50\%$ , khi đó  $\Phi = 0,5$ . Vậy từ (2.14) ta được

$$t_{50} = \frac{I_{gh} - E(I_r)}{E(c)}, \quad (2.15)$$

Bảng 2.21. Xác suất hỏng của các dạng biểu hiện mòn khác nhau

Biểu đồ của các biểu hiện mòn	Các thông số về độ tin cậy
	$E[I(t)] = E(I_r) + E(c)t$ $D[I(t)] = D(I_r) + D(c)t^2$ $Q(t) = \Phi \left\{ \frac{E(I_r) + E(c)t - I_{gh}}{[D(I_r) + D(c)t^2]^{1/2}} \right\}$
	$E[I(t)] = I_r + E(c)t$ ; $E(I_r) = I_r = \text{const}$ $D[I(t)] = D(c)t^2$ ; $D(I_r) = 0$ $Q(t) = \Phi \left[ \frac{E(I_r) + E(c)t - I_{gh}}{\sqrt{D(c)t}} \right]$
	$E[I(t)] = E(c)t$ ; $E(I_r) = 0$ $D[I(t)] = D(c)t^2$ ; $D(I_r) = 0$ $Q(t) = \Phi \left[ \frac{E(c)t - I_{gh}}{\sqrt{D(c)t}} \right]$
	$E[I(t)] = E(I_r) + ct$ ; $E(c) = c = \text{const}$ $D[I(t)] = D(I_r)$ ; $D(c) = 0$ $Q(t) = \left[ \frac{E(I_r) + ct - I_{gh}}{\sqrt{D(I_r)}} \right]$

Cũng có thể xác định gần đúng tuổi thọ trung bình theo GOST 19460-74 ứng với phân phối Bernstein:

$$\bar{t} \approx \frac{I_{gh} - E(I_r)}{E(c)} \left[ 1 + \frac{D(c)}{E^2(c)} \right],$$

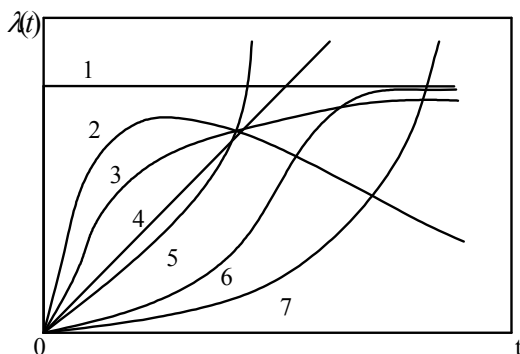
hoặc

$$\bar{t} \approx t_{50} [1 + \nu^2(c)], \quad (2.16)$$

Công thức (2.16) cho kết quả càng chính xác khi hệ số biến động của cường độ hao mòn  $\nu(c)$  càng nhỏ.

Đôi khi người ta cần giải quyết vấn đề ngược lại: xác định các đại lượng đặc trưng của quá trình mòn sao cho cặp chi tiết đạt được độ tin cậy cho trước. Khi đó từ (2.11); (2.12) và (2.15) có thể rút ra được  $I_{gh}$  và  $c$ .

Các dạng hàm cường độ hỏng đối với các loại phân bố khác nhau được thể hiện trên hình 1.15.



Hình 2.15. Các dạng hàm cường độ hỏng đối với các loại phân bố khác nhau: 1- Mũ; 2- Logarit chuẩn; 3- Erlang; 4- Rolei; 5- Veibull; 6- Gamma; 7- Chuẩn.

### 2.6.3. Một số lưu ý khi xử lý số liệu đánh giá độ tin cậy của phân tử có hao mòn

Giả sử rằng tiến hành quan trắc  $N$  phân tử cùng kiểu trong khoảng thời gian  $t$ , còn  $n(t)$  là số lượng phân tử bị hư hỏng trong khoảng thời gian đó, và xác định được thời điểm xuất hiện hư hỏng đầu tiên của từng phân tử. Trên cơ sở các số liệu thống kê đó, tiến hành xác định giá trị gần đúng của hàm tin cậy đối với các thời điểm  $t_1, t_2, \dots, t_k$ ;  $P_N(t_1)$ ;  $P_N(t_2)$ ; ...;  $P_N(t_k)$  theo công thức

$$P(t) \approx P_N(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \quad (2.17)$$

và giá trị tương ứng của hàm  $Q_N(t)$  theo công thức

$$Q_N(t) = 1 - P_N(t), \quad (2.18)$$

trong đó:

$Q_N(t)$  - Hàm thực nghiệm của phân phối đại lượng ngẫu nhiên

$T$ - Thời gian làm việc tới hư hỏng đầu tiên (km hoặc khối lượng làm việc của đầu máy).

Nếu như có thể xác định chính xác thời điểm hư hỏng của từng chi tiết thì  $Q_N(t)$  có thể biểu diễn một cách gần đúng cho  $[0, t]$  từ biểu thức (2.18)

$$Q_N(t) \approx \frac{n(t)}{N}, \quad (2.19)$$

Nhưng thông thường ta chỉ biết chính xác các hư hỏng đột xuất, có nghĩa là ta có thể xác định  $Q_{dx}(t)$  một cách thực tế theo biểu thức (2.19), còn  $Q_{dd}(t)$  thì ta chưa biết (xem biểu thức  $P(t) = [1 - Q_{dx}(t)] \cdot [1 - Q_{dd}(t)]$ ).

Trong trường hợp này nên sử dụng phương pháp luận sau đây cho việc đánh giá  $Q_{dd}(t)$ . Đầu tiên xác định đặc trưng diễn biến hao mòn theo thời gian và giá trị cho phép giới hạn  $I_{gh}$  của nó. Trên mỗi khoảng thời gian tiến hành xác định giá trị độ mòn trung bình  $\bar{I}_t$  và độ lệch  $\sigma_t$  của nó theo biểu thức tổng quát sau đây:

- Giá trị trung bình của kích thước mẫu:



$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{x}_j n_j}{\sum_{j=1}^k n_j}, \quad (2.20)$$

trong đó:  $k$  - Số lượng nhóm  $[(x_1, x_2 \dots) (x_5, x_6 \dots), \dots x_{n-1}, x_n]$ ;  
 $\bar{x}_j$  - Giá trị trung bình số học của tham số trong nhóm;  
 $n_j$  - Số lượng giá trị của thông số trong nhóm.

- Độ lệch của tham số khảo sát hay độ lệch cơ bản  $\bar{\sigma}$ :

$$\bar{\sigma} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2 n_j}{n}} \quad (2.21)$$

trong đó:  $n$  - Tổng số quan trắc của tham số;  
 $\bar{x}_j, \bar{x}, n_j$  - Xem biểu thức (2.20).

sau đó liên kết chúng bằng hàm số theo thời gian. Thường thường các hàm này được mô tả bằng các biểu thức thực nghiệm parabol.

$$\left. \begin{aligned} \bar{I}_t &= a(t-t_0)^b \\ \bar{\sigma}_t &= c(t-t_0)^d + \bar{\sigma} \end{aligned} \right\} \text{ đối với } t > t_0 \quad (2.22)$$

trong đó:  $t$  - Thời kỳ làm việc của chi tiết;  
 $\bar{\sigma}$  - Sai lệch kích thước cơ bản ở chi tiết mới;  
 $a, b, c, d$  - Các hệ số đặc trưng, xác định bằng phương pháp xấp xỉ;  
 $[0, t_0]$  - Thời kỳ khảo sát.

Nếu các mối quan hệ này được xác định trong thời kỳ quan trắc trùng hợp với thời gian làm việc không hỏng thì chúng cho phép thực hiện phép ngoại suy và tính toán thời kỳ làm việc không hỏng  $T_{bd}$  từ điều kiện  $P(t)=0,9973$ , có nghĩa là:

$$I_{gh} = \bar{I}_t + 3\bar{\sigma}_t \quad (2.24)$$

trong đó:  $t = T_{bd}$ .

Xác suất các hư hỏng tham số theo biểu thức (2.24) có thể xác định theo các công thức:

$$Q_{dd}(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{I_{gh} - \bar{I}_t}{\bar{\sigma}_t}\right), \quad (2.25)$$

với  $I_{gh} < \bar{I}_t$

$$Q_{dd}(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{\bar{I}_t - I_{gh}}{\bar{\sigma}_t}\right), \quad (2.26)$$

với  $I_{gh} > \bar{I}_t$

trong đó:  $\Phi(x)$  - Giá trị bảng của tích phân Gauss đối với hàm Laplat (bảng 2.22).

Khi  $I_{gh} = \bar{I}_t$  giá trị  $Q_{dd}(t) = 0,5$

Bảng 2.22. Bảng giá trị  $\Phi(x)$

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,00	0,0000	1,00	0,6827	2,00	0,9545
0,05	0,0399	1,05	0,7063	2,05	0,9596
0,10	0,0797	1,10	0,7287	2,10	0,9643
0,15	0,1192	1,15	0,7499	2,15	0,9684
0,20	0,1585	1,20	0,7699	2,20	0,9722
0,25	0,1974	1,25	0,7887	2,25	0,9756
0,30	0,2358	1,30	0,8064	2,30	0,9786
0,35	0,2737	1,35	0,8230	2,35	0,9812
0,40	0,3108	1,40	0,8385	2,40	0,9836
0,45	0,3473	1,45	0,8529	2,45	0,9857
0,50	0,3829	1,50	0,8664	2,50	0,9876
0,55	0,4177	1,55	0,8789	2,55	0,9892
0,60	0,4545	1,60	0,8904	2,60	0,9907
0,65	0,4843	1,65	0,9011	2,65	0,9920
0,70	0,5161	1,70	0,9109	2,70	0,9931
0,75	0,5467	1,75	0,9199	2,75	0,9940
0,80	0,5763	1,80	0,9218	2,80	0,9949
0,85	0,6047	1,85	0,9357	2,85	0,9956
0,90	0,6319	1,90	0,9426	2,90	0,9963
0,95	0,6579	1,95	0,9488	2,95	0,9968
1,00	0,6827	2,00	0,9545	3,00	0,9973

Việc xác định  $Q(t)$  sẽ gặp nhiều khó khăn khi có sự thay thế một phần các chi tiết trong quá trình sửa chữa trung gian, có nghĩa là khi hệ thống có phục hồi. Trong những trường hợp này đầu tiên xác định xác suất hỏng của các chi tiết theo biểu thức (2.25) và (2.26), sau đó là xác suất hỏng thực tế đã giảm đi một lượng bằng xác suất chuẩn thay thế chúng khi sửa chữa trước đó:

$$Q(t) = Q_2(t) - Q_1(t), \quad (2.27)$$

trong đó:  $Q_1(t)$  - Xác suất thay thế khi sửa chữa trước đó  
 $Q_2(t)$  - Xác suất thay thế ở lần sửa chữa đang xét.

Nếu các chi tiết đã được thay thế cùng hư hỏng với xác suất  $Q_3(t)$  thì khi đó xác suất thay thế thực tế có thể được xác định theo biểu thức:

$$Q(t) = Q_2(t) - Q_1(t) + Q_1(t) \cdot Q_3(t), \quad (2.28)$$

Đồng thời theo các biểu thức (2.27) và (2.28) có thể xác định  $Q(t)$  và các thành phần  $Q_{dx}(t)$  và  $Q_{dd}(t)$  của nó.

Trên cơ sở các giá trị  $Q_N(t)$  hoặc  $P_N(t)$  nhận được theo các số liệu thống kê tiến hành lựa chọn các hàm phân phối: chuẩn, siêu bội, Veibull v.v...

Các hàm phân phối được kiểm nghiệm theo các tiêu chuẩn phù hợp đã biết (tiêu chuẩn  $\chi^2$ ).

Thường thường, nhất là đối với các hệ thống phục hồi, các hàm thực nghiệm  $Q_N(t)$  và  $P_N(t)$  thường rất phức tạp xuất phát từ quan điểm lựa chọn các phân phối lý thuyết, bởi vì có thể có các bước nhảy đột ngột tại các thời điểm phục hồi hoặc sửa chữa. Trong những trường hợp này có thể sử dụng biểu thị hình học (đồ thị) của các hàm này theo các điểm thiết lập bằng các số liệu thực nghiệm. Khi đó, để xác định các chi tiết và bộ phận “xung yếu” cần tiến hành xây dựng toán đồ  $T_{bd}$ . Trên toán đồ này biểu thị các vùng tương ứng với các vùng sửa chữa. Các chi tiết mà tuổi thọ  $T_{bd}$  của nó nhỏ hơn chu kỳ sửa chữa được gọi là các chi tiết “xung yếu” theo quan điểm độ tin cậy.



Bảng 2.15. Mô hình tổng quát xử lý số liệu thống kê xác định đặc trưng hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy diesel

TT Số liệu	hao mòn Mặt lăn bánh xe (BX)								Hao mòn Gờ bánh xe (BX)							
	Trục số 1		Trục số ...		Trục số m		Tổng hợp		Trục số 1		.....		Trục số m		Tổng hợp	
	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P	BX T	BX P
1	$X_{11T}$	$X_{11P}$	$X_{...1T}$	$X_{...1P}$	$X_{m1T}$	$X_{m1P}$	$X_{1...m1T}$	$X_{1...m1P}$	$X_{11T}$	$X_{11P}$	$X_{...1T}$	$X_{...1P}$	$X_{m1T}$	$X_{m1P}$	$X_{1...m1T}$	$X_{1...m1P}$
2	$X_{12T}$	$X_{12P}$	$X_{...2T}$	$X_{...2P}$	$X_{m2T}$	$X_{m2P}$	$X_{1...m2T}$	$X_{1...m2P}$	$X_{12T}$	$X_{12P}$	$X_{...2T}$	$X_{...2P}$	$X_{m2T}$	$X_{m2P}$	$X_{1...m2T}$	$X_{1...m2P}$
3	$X_{13T}$	$X_{13P}$	$X_{...3T}$	$X_{...3P}$	$X_{m3T}$	$X_{m3P}$	$X_{1...m3T}$	$X_{1...m3P}$	$X_{13T}$	$X_{13P}$	$X_{...3T}$	$X_{...3P}$	$X_{m3T}$	$X_{m3P}$	$X_{1...m3T}$	$X_{1...m3P}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
n	$X_{1nT}$	$X_{1nP}$	$X_{...nT}$	$X_{...nP}$	$X_{mnT}$	$X_{mnP}$	$X_{1...mnT}$	$X_{1...mnP}$	$X_{1nT}$	$X_{1nP}$	$X_{...nT}$	$X_{...nP}$	$X_{mnT}$	$X_{mnP}$	$X_{1...mnT}$	$X_{1...mnP}$
Tập n số liệu	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX 1T	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX 1P	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX...T	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX...P	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX mT	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX mP	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX T (tập m.n số liệu)	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX P (tập m.n số liệu)	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX 1T	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX 1P	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX...T	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX...P	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX mT	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn BX mP	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX T (tập m.n số liệu)	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX P (tập m.n số liệu)
Tập 2n số liệu	Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số 1		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số ...		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số m		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp các BX ĐM (tập 2m.n số liệu)		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số 1		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số ...		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp BX trục số m		Hàm mật độ phân bố và đặc trưng bảng số hao mòn tổng hợp các BX ĐM (tập 2m.n số liệu)	

Trong đó:

- Số số liệu thống kê về hao mòn :  $i = 1, 2, \dots, n$
- Số trục bánh xe của đầu máy cần khảo sát :  $j = 1, 2, \dots, m$
- \* Đầu máy D5H, D9E, D12E :  $m = 4$
- \* Đầu máy D13E :  $m = 6$
- Các ký hiệu : BX T - Bánh xe bên trái  
BX P - Bánh xe bên phải

**2.5.3. Xác định một số đặc trưng hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam**

Một số đặc tính kỹ thuật cơ bản của các loại đầu máy này, trong đó có một số thông số kỹ thuật chủ yếu của bộ trục bánh xe, được cho trong bảng 2.17.

Bảng 2.17. Một số đặc tính kỹ thuật của bộ trục bánh xe đầu máy D5H, D12E, D9E và D13E

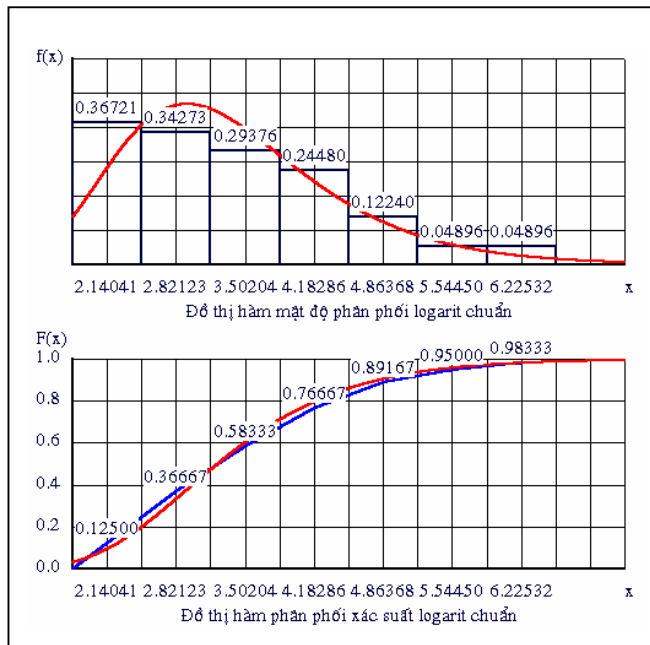
TT	Thông số kỹ thuật	D5H	D12E	D9E	D13E
1	Nước chế tạo	australia	Séc	Mỹ	ấn Độ
2	Năm chế tạo	-	1985	1962	1983
3	Năm sử dụng tại VN	1993	1986	1963	1985
4	Đơn vị sử dụng	Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào	Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội	Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn	Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn
5	Khổ đường (mm)	1000	1000	1000	1000
6	Loại động cơ diesel	Caterpilla D353	K6S 230 DR	Caterpilla D398	ALCO 251-D
7	Công suất động cơ (ML)	500	1200	900	1300
8	Phương thức truyền động	Thủy lực	Điện MC-MC	Điện MC-MC	Điện MC-MC
9	Trọng lượng chính bị (T)	40	56	52	72
10	Tải trọng trục, (T/trục)	10	14	13	12
11	Tốc độ cấu tạo (km/h)	65	80	114	96
12	Bán kính cong $R_{min}$ (m)	46	75	75	75
13	Công thức trục	B-B (2-2)	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> (2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> (2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> (3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub> )
14	Đường kính bánh xe mới (mm)	915	1000	1016	965
15	Đường kính bánh xe nhỏ nhất cho phép (mm)	810	930	870	882
16	Dự trữ hao mòn mặt lăn, (mm)	105	70	146	83
17	Bề rộng bản bánh xe, (mm)	127	135	139,7	120
18	Giăng cách giữa hai bánh xe,(mm)	924 ± 3	925 ± 2	924 ± 3	927 ± 0,5
19	Đường kính cổ trục, (mm)	110	170	144,564	119,164
20	Đường kính vai trục, (mm)	158,25	-	206,375	207,800
21	Số lượng đầu máy hiện có	13	25	32	14

Các đại lượng ngẫu nhiên liên tục cần xử lý trong trường hợp này là độ mòn mặt lăn và gờ bánh xe của các loại đầu máy D5H, D9E, D12E và D13E đang sử dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào, Hà Nội và Sài Gòn thuộc Liên hiệp Đường sắt Việt Nam trong khoảng thời gian khảo sát 1990-1999.

Thông qua quá trình khảo sát, đo đạc và thống kê về độ mòn của mặt lăn và gờ bánh xe trong quá trình vận dụng và đặc biệt khi giải thể ở các cấp sửa chữa RV với chu kỳ chạy 100.000 km đối với đầu máy D5H và D12E; ở các cấp sửa chữa 3 với chu kỳ chạy 100.000 km đối với đầu máy D9E và D12E, đã xác lập được các tập số liệu đơn vị về độ mòn và cường độ mòn của mặt lăn cũng như của gờ bánh xe đối với từng bánh xe bên phải và bên trái của một bộ trục bánh.

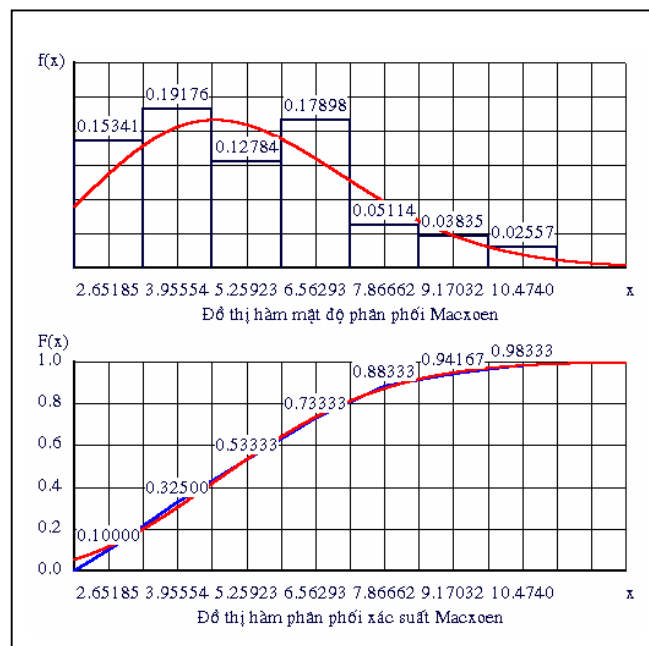
Các đồ thị hàm mật độ và hàm phân bố xác suất cường độ hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy D9E được đơn cử giới thiệu trên các hình 2.12 và 2.13.

Các giá trị kỳ vọng toán cường độ hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe của các loại đầu máy đã khảo sát được thể hiện trong các bảng 2.18-2.20.



Hình 2.12. Hàm mật độ và hàm phân bố xác suất cường độ hao mòn mặt lăn bánh xe số 1 đầu máy D9E

- Kỳ vọng toán học:  $a = 3,38857 \text{ mm}/10^5 \text{ km}$
- Sai lệch bình phương trung bình:  $\sigma = 1,08481 \text{ mm}$
- Tiêu chuẩn khi bình phương:  $3,360 < \chi^2 = 4,54263 < 4,880$
- Xác suất phù hợp:  $0,300 < P < 0,500$



Hình 2.13. Hàm mật độ và hàm phân bố xác suất cường độ hao mòn gờ bánh xe số 1 đầu máy D9E

- Kỳ vọng toán học:  $a = 5,25923 \text{ mm}/10^5 \text{ km}$
- Sai lệch bình phương trung bình:  $\sigma = 2,07502 \text{ mm}$
- Tiêu chuẩn khi bình phương:  $4,35 < \chi^2 = 4,82933 < 6,06$
- Xác suất phù hợp:  $0,300 < P < 0,500$

Bảng 2.18. Kỳ vọng toán cường độ hao mòn (một phía) mặt lăn bánh xe đầu máy D12E, D9E và D13E (mm/10<sup>5</sup> km)

Đầu máy	Bánh xe	Trục số 1	Trục số 2	Trục số 3	Trục số 4	Trục số 5	Trục số 6	Tổng hợp
D12E (HN)	Trái	5,5336	5,6468	5,8571	5,6978	-	-	5,6390
	Phải	5,5895	5,7319	5,7576	5,7278	-	-	5,6944
	TH	<b>5,5884</b>	<b>5,7037</b>	<b>5,7797</b>	<b>5,6368</b>	-	-	<b>5,6943</b>
D9E (SG)	Trái	3,398	3,496	3,548	4,113	-	-	3,689
	Phải	3,487	3,583	3,431	4,385	-	-	3,774
	TH	<b>3,395</b>	<b>3,353</b>	<b>3,320</b>	<b>4,139</b>	-	-	<b>3,598</b>
D13E (SG)	Trái	3,424	3,593	3,695	3,498	3,885	3,958	3,601
	Phải	3,555	3,510	3,661	3,340	3,852	4,037	3,633
	TH	<b>3,395</b>	<b>3,575</b>	<b>3,671</b>	<b>3,323</b>	<b>3,769</b>	<b>3,911</b>	<b>3,624</b>

Bảng 2.19. Kỳ vọng toán cường độ hao mòn gờ bánh xe đầu máy D5H, D12E, D9E và D13E (mm/10<sup>5</sup> km)

Đầu máy	Bánh xe	Trục số 1	Trục số 2	Trục số 3	Trục số 4	Trục số 5	Trục số 6	Tổng hợp
D5H (HL)	Trái	13,646	11,240	13,385	11,924	-	-	12,505
	Phải	13,433	11,304	13,267	11,999	-	-	12,473
	TH	13,539	11,272	13,318	11,923	-	-	12,516
	Tỷ lệ	$\gamma_{12} = C_{g1}/C_{g2} = 1,20$		$\gamma_{34} = C_{g3}/C_{g4} = 1,12$				
	$\gamma_{\max} = C_{g1}/C_{g2} = 1,20$							
D12E (HN)	Trái	12,026	5,6876	11,895	6,8339	-	-	9,2060
	Phải	12,052	5,5590	11,922	6,8015	-	-	9,0571
	TH	12,054	5,6246	11,947	6,8299	-	-	9,0937
	Tỷ lệ	$\gamma_{12} = C_{g1}/C_{g2} = 2,14$		$\gamma_{34} = C_{g3}/C_{g4} = 1,75$				
	$\gamma_{\max} = C_{g1}/C_{g2} = 2,14$							
D9E (SG)	Trái	5,477	5,604	5,562	5,784	-	-	5,521
	Phải	4,996	5,759	4,928	5,297	-	-	4,936
	TH	5,250	5,640	5,178	5,737	-	-	5,037
	Tỷ lệ	$\gamma_{21} = C_{g2}/C_{g1} = 1,07$		$\gamma_{43} = C_{g4}/C_{g3} = 1,11$				
	$\gamma_{\max} = C_{g4}/C_{g3} = 1,11$							
D13E (SG)	Trái	6,114	4,419	2,603	5,514	6,429	4,784	4,864
	Phải	7,035	5,686	3,891	5,734	5,168	5,358	5,571
	TH	6,525	5,297	3,619	5,836	5,376	5,247	5,351
	Tỷ lệ	$\gamma_{13} = C_{g1}/C_{g3} = 1,80$			$\gamma_{46} = C_{g4}/C_{g6} = 1,11$			
	$\gamma_{\max} = C_{g1}/C_{g3} = 1,80$							

Bảng 2.20. Kết quả tính toán xác định thời hạn làm việc và tuổi thọ kỹ thuật của bánh xe theo các thông số giới hạn và theo cường độ hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe.

TT	Thông số kỹ thuật	D5H	D12E	D9E	D13E
1	Đường kính bánh xe mới(mm)	915	1000	1016	925
2	Đường kính bánh xe nhỏ nhất cho phép (mm)	810	930	870	882
3	Độ mòn mặt lăn cho phép trong một kỳ giải thể sửa chữa, mm	7,0	7,0	7,0	7,0
4	Cường độ hao mòn mặt lăn tổng hợp, mm/10 <sup>5</sup> km	-	5,6943	3,598	3,624
5	Chu kỳ giải thể sửa chữa tính theo cường độ hao mòn mặt lăn thực tế, 10 <sup>5</sup> km	-	1,23	1,95	1,93
6	Độ mòn gờ bánh cho phép trong quá trình vận dụng (mm)	15,0	15,0	15,0	15,0
7	Cường độ hao mòn gờ bánh tổng hợp, mm/10 <sup>5</sup> km	12,516	9,0937	5,037	5,351
8	Chu kỳ giải thể sửa chữa tính theo cường độ hao mòn gờ bánh thực tế, 10 <sup>5</sup> km	1,2	1,65	2,98	2,80
9	Dự trữ hao mòn mặt lăn, (mm)	105	70	146	83
10	Dự trữ hao mòn mặt lăn một phía (mm)	52,5	35	73	41,5
11	Tuổi thọ kỹ thuật bánh xe theo dự trữ hao mòn mặt lăn, 10 <sup>5</sup> km	-	6,15	20,29	11,45

#### 2.5.4. Phân tích kết quả nghiên cứu

Từ các kết quả nghiên cứu thấy rằng:

1- Các phân bố hao mòn thực nghiệm tuân theo luật phân bố lý thuyết Gauss, Lôga chuẩn, Gamma hoặc Veibull, trong đó hầu hết các phân bố có xu hướng tuân theo luật phân bố lý thuyết Gamma và Veibull.

2- Hao mòn mặt lăn các bánh xe của tất cả các loại đầu máy đã khảo sát nói chung tương đối đồng đều, không có sự khác biệt đáng kể giữa các bánh xe bên phải và bên trái, giữa các bánh xe của trục dẫn hướng và trục không dẫn hướng, và giữa các bánh xe trong các trục trên đầu máy.

3- Cường độ hao mòn tổng hợp của mặt lăn bánh xe đầu máy D12E là lớn nhất, sau đó là đầu máy D13E, và nhỏ nhất là D9E và nằm trong phạm vi 5,6943 - 3,598 mm/10<sup>5</sup> km

4- Cường độ hao mòn gờ bánh xe nói chung có sự khác biệt khá rõ rệt: cường độ hao mòn gờ các bánh xe của trục phía trước (dẫn hướng) lớn hơn một cách rõ rệt so với cường độ hao mòn của các gờ bánh xe các trục phía sau (không dẫn hướng), cụ thể, tỷ số cường độ hao mòn của gờ bánh xe dẫn hướng so với gờ bánh xe không dẫn hướng đối với đầu máy D5H là 1,12-1,20; đầu máy D12E là 1,75-2,14, đầu máy D9E là 1,07-1,11, và đầu máy D13E là 1,11-1,80.

5- Cường độ hao mòn tổng hợp của gờ bánh xe đầu máy D5H là lớn nhất, sau đó là đầu máy D12E, D13E và nhỏ nhất là D9E và nằm trong phạm vi 12,516-5,037 mm/10<sup>5</sup> km.

#### 2.5.5. ý nghĩa thực tiễn của việc nghiên cứu hao mòn cặp bánh xe

1. Thông số về cường độ hao mòn cho phép so sánh các đặc trưng hao mòn của các trục bánh xe với nhau, của các bánh xe bên trái và bên phải với nhau, của các bánh xe dẫn hướng với các bánh xe không dẫn hướng, của các bánh xe trong các giá chuyển hướng với nhau và tổng hợp cho tất cả các bánh xe trong toàn đầu máy.



2. Cường độ hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe là các thông số quan trọng, cho phép xác định được thời gian làm việc của bánh xe theo giá trị độ mòn cho phép của mặt lăn hoặc gờ bánh, mặt khác, có thể xác định được tuổi thọ kỹ thuật của bánh xe theo lượng dự trữ hao mòn mặt lăn và gờ bánh, hay cho tới khi xuất hiện các giá trị độ mòn giới hạn tương ứng. Ngoài ra, các đặc trưng về cường độ hao mòn còn là cơ sở cho việc kiểm nghiệm và hiệu chỉnh (rút ngắn hoặc kéo dài) chu kỳ giải thể, sửa chữa bộ trục bánh xe của các loại đầu máy đã nêu.

3- Các thông số về cường độ hao mòn của mặt lăn và gờ bánh xe còn cho phép phân tích, đánh giá chất lượng của các chi tiết trong quá trình vận dụng, mối quan hệ giữa điều kiện khai thác với quá trình hao mòn, cho phép dự báo được trạng thái kỹ thuật và thời hạn làm việc hay tuổi thọ còn lại của chúng, lập kế hoạch chi phí phụ tùng vật tư dự trữ cho đầu máy trong quá trình khai thác và bảo dưỡng, sửa chữa.

4- Căn cứ giá trị độ mòn cho phép của mặt lăn và gờ bánh xe trong quá trình vận dụng của đầu máy và cường độ hao mòn tổng hợp (hao mòn bình thường) của chúng, đã xác định được thời hạn làm việc của cặp bánh xe giữa hai kỳ giải thể và sửa chữa bộ trục bánh xe theo từng *chỉ tiêu tương ứng, nhằm khôi phục biên dạng mặt lăn đúng yêu cầu kỹ thuật (bảng 2.20)*, qua đó thấy rằng chu kỳ giải thể, sửa chữa tính theo giá trị hao mòn cho phép của mặt lăn ngắn hơn so với tính theo giá trị hao mòn cho phép của gờ bánh, điều đó có nghĩa là chu kỳ giải thể, sửa chữa phụ thuộc chủ yếu vào cường độ hao mòn thuần túy của mặt lăn chứ không phụ thuộc vào cường độ hao mòn thuần túy của gờ bánh.

5- Theo kết quả nhận được và theo đánh giá sơ bộ, các chu kỳ sửa chữa hiện hành, hay nói chính xác hơn các chu kỳ giải thể bộ trục bánh xe các loại đầu máy đã khảo sát nêu trên đều có thể kéo dài thêm, cụ thể là có thể hiệu chỉnh chu kỳ này bằng cách kéo dài thêm khoảng 20.000 km chạy đối với đầu máy D12E và khoảng 90.000 km đối với đầu máy D9E và D13E. Nếu chu kỳ sửa chữa được kéo dài thêm, hiệu quả vận dụng của đầu máy sẽ được nâng cao hơn.

6- Căn cứ lượng dự trữ hao mòn của mặt lăn bánh xe và cường độ hao mòn tổng hợp của mặt lăn, có thể dự báo sơ bộ được tuổi thọ kỹ thuật thuần túy (không kể đến lượng gia công cơ khí biên dạng mặt lăn và gờ bánh xe ở các cấp sửa chữa) của bánh xe đầu máy D12E là khoảng 600.000 km, của đầu máy D9E là khoảng 2.000.000 km và của D13E là khoảng 1.000.000 km (bảng 2.20).

## **2.6. Xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của phần tử có hư hỏng tiệm tiến (hao mòn)**

### **2.6.1. Xác định chỉ tiêu độ tin cậy theo các biểu hiện mòn**

Để xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của nhóm chi tiết bị mài mòn có thể tiến hành theo hai cách:

- Đánh giá những quy luật vật lý trong quá trình hư hỏng;
- Đánh giá các thông tin về thời gian hỏng hoặc về quá trình hao mòn nhờ phương pháp thống kê toán học.

Theo cách thứ nhất, ảnh hưởng của các yếu tố chủ yếu đến độ tin cậy cần biết được bằng con đường giải tích, dựa trên kết quả nghiên cứu các quá trình cơ, lý, hoá lý, nhiệt, điện và sự cân bằng năng lượng. Nhưng do tính chất phức tạp của quá trình biến đổi tính chất của cặp chi tiết, tính đa dạng của các yếu tố ảnh hưởng thường không cho phép tìm ra một nghiệm kín. Theo cách thứ hai, có thể đánh giá các chỉ tiêu độ tin cậy theo thời gian hỏng và theo các biểu hiện mòn qua kết quả thử nghiệm, khảo sát, đo đạc, v.v... Vì vậy trong thực tế phân tích độ tin cậy, người ta thường áp dụng phương pháp này.

Khi xác định độ tin cậy theo thời gian hỏng, điều cần thiết là phải có số liệu thống kê về thời gian hỏng. Việc thu thập số liệu ấy là nhiệm vụ quan trọng hàng đầu. Nó liên quan tới mức độ chính xác của các kết luận được rút ra từ đó. Khi nghiên cứu những cặp chi tiết mẫu trong điều kiện thử không tự nhiên cần chú ý sao cho cơ chế mòn của mẫu thử phải thống nhất với cơ chế mòn của cặp chi tiết thực trong điều kiện làm việc thực tế.

Tuy nhiên những hư hỏng quan sát được thường quá ít ỏi, nhiều tổn phí, nên khó mà quyết định được luật phân phối của tập tổng thể (tập toàn bộ). Những nghiên cứu có hệ thống cho biết, tuổi thọ của cặp ma sát thường có phân phối chuẩn hoặc phân phối Weibull. Nếu tham số hình dạng  $\alpha = 1$ , thì phân phối có dạng mũ. Khi đó cường độ hỏng không đổi, ứng với

giai đoạn làm việc ổn định của cặp chi tiết sau thời gian chạy rà. Nếu  $\alpha \neq 1$  thì cường độ hỏng phụ thuộc thời gian. Cường độ hỏng giảm ( $\alpha < 1$ ) ứng với những hư hỏng sớm, thường do sai lầm trong lắp ráp và chế độ bôi trơn. Cường độ hỏng tăng ( $\alpha > 1$ ) ứng với những hư hỏng muộn do mài mòn tăng dần, dẫn tới tình trạng mòn khốc liệt. Đặc biệt khi  $\alpha = 3 - 4$ , phân phối thời gian hỏng có dạng khá gần với dạng chuẩn.

Nhược điểm của cách đánh giá độ tin cậy theo thời gian hỏng là ở chỗ, nó không cho biết mối quan hệ giữa các tham số của phân phối với các thông số kết cấu cũng như các thông số làm việc của cặp ma sát. Vì vậy không cho phép rút ra những kết luận về tính chất vật lý của quá trình hư hỏng, tức là khó có thể đưa ra những biện pháp hữu hiệu để nâng cao độ tin cậy của cặp ma sát đang xét. Đánh giá độ tin cậy theo các biểu hiện mòn do đó tỏ ra thích hợp hơn.

Các đại lượng đo được, đặc trưng cho quá trình mòn, thường là độ mòn, thể tích mòn, cường độ mòn và mật độ năng lượng ma sát. Xác định độ tin cậy theo các biểu hiện mòn là tìm mối quan hệ hàm số giữa các đặc trưng xác suất của các đại lượng ngẫu nhiên nói trên với thời gian khai thác.

Trong đa số trường hợp, cường độ của quá trình mòn sau thời kỳ chạy rà có thể mô tả bởi một quá trình dừng, tức là theo nghĩa hẹp, kỳ vọng và phương sai của cường độ là các hằng số. Nói cách khác, các biểu hiện mòn được coi là các đường thẳng, có hệ số góc (cường độ mòn) là  $c = tg\alpha$  (hình 2.14).

Như vậy mô hình của một biểu hiện mòn được biểu diễn bởi quan hệ tuyến tính

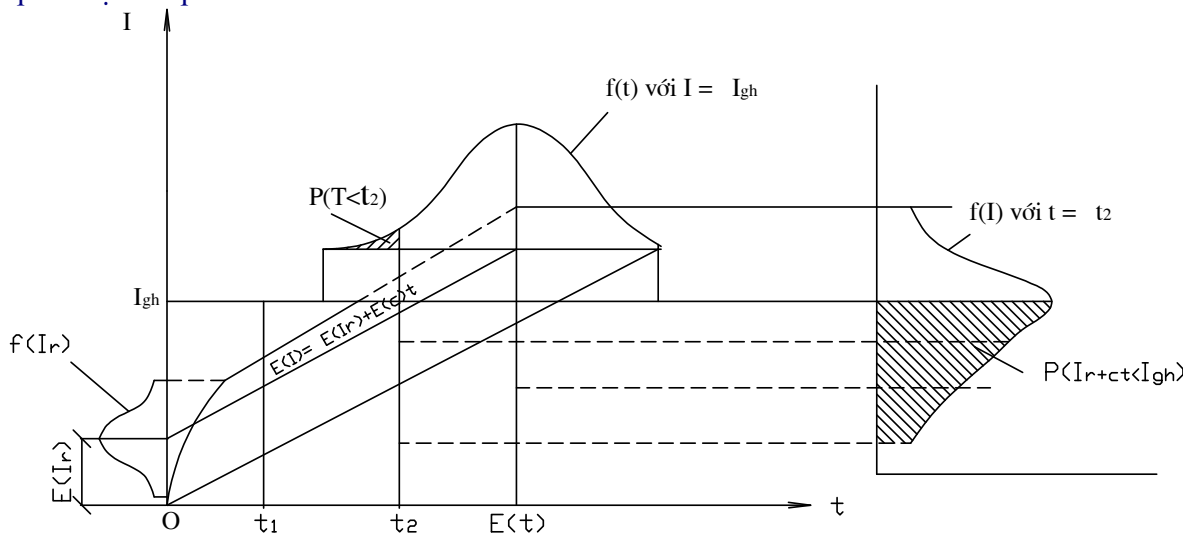
$$I(t) = I_r + ct \text{ hay } I(L) = I_r + cL, \quad (2.1)$$

trong đó:  $I_r$  - Độ mòn sau thời gian chạy rà;  
 $c$  - Cường độ hao mòn.

Nếu không kể thời kỳ chạy rà, vì thời kỳ đó quá ngắn so với toàn bộ thời gian phục vụ, ta có

$$I(t) = ct, \quad (2.2)$$

Quá trình mòn ngẫu nhiên với thời gian liên tục và phổ thực liên tục như vậy được quan niệm là quá trình Gauss.



Hình 2.14. Các biểu hiện mòn tuyến tính và các hàm mật độ  $f(I)$ ,  $f(t)$

### 2.6.2. Quan hệ giữa độ tin cậy và cường độ hao mòn

Giả sử sau thời gian sử dụng  $t = t_2$ , độ mòn có mật độ  $f(I)$ , được biểu diễn trên hình 1.14. Ta sẽ xét xem ở thời điểm ấy các biểu hiện đạt và vượt mức giới hạn  $I_{gh}$  như thế nào.

Nếu độ mòn có phân phối chuẩn với  $I_r = 0$ , thì hàm mật độ có dạng

$$f(I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(I)} \exp\left\{-\frac{[I - E(c)]^2}{2\sigma^2(I)}\right\}, \quad (2.3)$$

và mật độ của cường độ hao mòn, khi xét đoạn dừng của quá trình, có dạng

$$f(c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(c)} \exp\left\{-\frac{[c - E(c)]^2}{2\sigma^2(c)}\right\}, \quad (2.4)$$

Xác suất không hỏng của cặp chi tiết ở thời điểm  $t$  là xác suất để độ mòn ở thời điểm đó không vượt quá giá trị giới hạn, tức là

$$P(t) = P[I(T) < I_{gh}], \quad (2.5)$$

Nếu mật độ có dạng chuẩn, thì xác suất không hỏng bằng

$$P(t) = \int_{-\infty}^{I_{gh}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(I)} \exp\left\{-\frac{[I - E(I)]^2}{2\sigma^2(I)}\right\}, \quad (2.6)$$

Xác suất này có số đo bằng diện tích phần hình dưới đường cong  $f(I)$  với các giới hạn tương ứng (phần gạch chéo trên hình 2.14).

Một cách tổng quát, có thể xét mô hình dạng (2.1). Khi đó độ mòn khi chạy rà  $I_r$  và cường độ hao mòn  $c$  được xem như các đại lượng ngẫu nhiên độc lập với nhau.

Độ mòn khi chạy rà, như nhiều kết quả nghiên cứu đã chỉ ra, có thể coi như có phân phối chuẩn. Còn cường độ hao mòn cũng tuân theo phân phối chuẩn, khi cho rằng, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình mòn là độc lập với nhau và cường độ hao mòn của cặp chi tiết là tổng các cường độ hao mòn do riêng từng nguyên nhân tác dụng gây ra. Ta đã biết, hàm tuyến tính của các biến ngẫu nhiên phân phối chuẩn cũng phân phối chuẩn. Do vậy kỳ vọng của độ mòn bây giờ bằng

$$E[I(t)] = E(I_r) + E(c)t, \quad (2.7)$$

và phương sai

$$D[I(t)] = D(I_r) + D(c)t^2, \quad (2.8)$$

Với giả thiết  $I$  có phân phối chuẩn ở thời điểm  $t$ , ta có hàm mật độ tuổi thọ

$$f(t) = \frac{I_{gh} - E(I_r)D(c)t + E(I)D(I_r)}{\sqrt{2\pi}[D(I_r) + D(c)t^2]^{3/2}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \frac{[E(I_r) + E(c)t - I_{gh}]^2}{D(I_r) + D(c)t^2}\right\}, \quad (2.9)$$

Các xác suất làm việc không hỏng và hỏng tương ứng bằng

$$P(t) = P(T > t) = \int_t^{+\infty} f(t)dt, \quad (2.10)$$

$$Q(t) = P(T < t) = \int_{-\infty}^t f(t)dt, \quad (2.11)$$

Thay  $f(t)$  từ (5.9) vào các biểu thức này, ta được

$$P(t) = \Phi\left\{\frac{I_{gh} - E(I_r) - E(c)t}{[D(I_r) + D(c)t^2]^{1/2}}\right\}, \quad (2.12)$$

$$Q(t) = \Phi\left\{\frac{E(I_r) + E(c)t - I_{gh}}{[D(I_r) + D(c)t^2]^{1/2}}\right\}, \quad (2.13)$$

Trong đó hàm  $\Phi(\cdot)$  là hàm phân phối chuẩn hoá được lấy giá trị bằng cách tra bảng.

Trong bảng 2.21 cho biết độ tin cậy của cặp chi tiết ứng với các dạng biểu hiện mòn khác nhau. Trong thực tế thường gặp các mô hình 1 và 3, còn các mô hình 2 và 4 là các trường hợp đặc biệt.

Khi đã biết  $n$  biểu hiện nhờ đo đạc, khảo sát hoặc thống kê và biết độ mòn hoặc khe hở giới hạn nhờ phương pháp tính toán hoặc theo các tiêu chuẩn, quy trình quy định, việc xác định độ tin cậy của một cặp ma sát có thể được tiến hành theo trình tự sau đây:

- Mỗi biểu hiện mòn được thay thế bằng một đường thẳng theo phương pháp bình phương bé nhất;

- Xác định độ mòn trong quá trình chạy rà  $I_r$  (nếu cần) và cường độ hao mòn  $c_i$  cho mỗi biểu hiện;
- Xác định quy luật phân phối thực nghiệm và phân phối lý thuyết;
- Kiểm nghiệm sự phù hợp của phân phối thực nghiệm với phân phối lý thuyết bằng tiêu chuẩn  $\chi^2$  hoặc tiêu chuẩn Kolmogorop;
- Xác định các giá trị kỳ vọng và phương sai tương ứng:  $E(I_r)$ ;  $E(c)$ ;  $D(I_r)$  và  $D(c)$ ;
- Với độ mòn giới hạn đã biết tiến hành xác định các chỉ tiêu độ tin cậy theo (2.10) và (2.11);

Ngoài ra có thể xác định các chỉ tiêu khác của độ tin cậy. Chẳng hạn để xác định tuổi thọ gamma phần trăm, từ (2.11) có thể rút ra phân vị x đối với phân phối chuẩn:

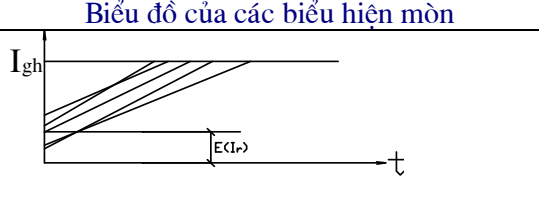
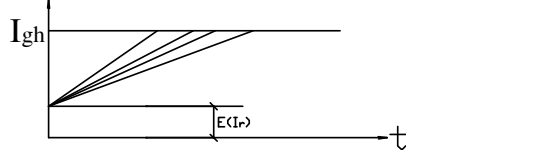
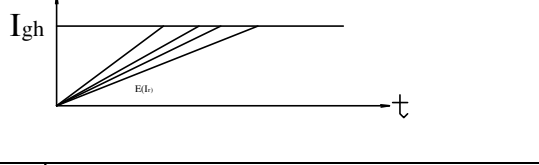
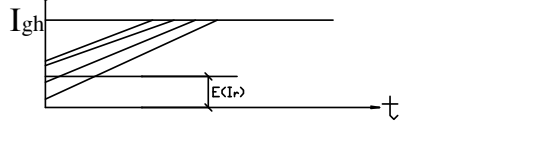
$$x[D(I_r) + D(c)t^2]^{1/2} = E(I_r) + E(c)t - I_{gh} \quad (2.14)$$

Với xác suất  $\gamma\%$  cho trước, có thể xác định được x bằng cách tra bảng. Thay các giá trị đã biết vào (1.14) và giải phương trình này theo t, ta được tuổi thọ gamma phần trăm.

Tuổi thọ trung bình là tuổi thọ ứng với  $\gamma\% = 50\%$ , khi đó  $\Phi = 0,5$ . Vậy từ (2.14) ta được

$$t_{50} = \frac{I_{gh} - E(I_r)}{E(c)}, \quad (2.15)$$

Bảng 2.21. Xác suất hỏng của các dạng biểu hiện mòn khác nhau

Biểu đồ của các biểu hiện mòn	Các thông số về độ tin cậy
	$E[I(t)] = E(I_r) + E(c)t$ $D[I(t)] = D(I_r) + D(c)t^2$ $Q(t) = \Phi \left\{ \frac{E(I_r) + E(c)t - I_{gh}}{\left[ D(I_r) + D(c)t^2 \right]^{1/2}} \right\}$
	$E[I(t)] = I_r + E(c)t$ ; $E(I_r) = I_r = \text{const}$ $D[I(t)] = D(c)t^2$ ; $D(I_r) = 0$ $Q(t) = \Phi \left[ \frac{E(I_r) + E(c)t - I_{gh}}{\sqrt{D(c)t}} \right]$
	$E[I(t)] = E(c)t$ ; $E(I_r) = 0$ $D[I(t)] = D(c)t^2$ ; $D(I_r) = 0$ $Q(t) = \Phi \left[ \frac{E(c)t - I_{gh}}{\sqrt{D(c)t}} \right]$
	$E[I(t)] = E(I_r) + ct$ ; $E(c) = c = \text{const}$ $D[I(t)] = D(I_r)$ ; $D(c) = 0$ $Q(t) = \left[ \frac{E(I_r) + ct - I_{gh}}{\sqrt{D(I_r)}} \right]$

Cũng có thể xác định gần đúng tuổi thọ trung bình theo GOST 19460-74 ứng với phân phối Bernstein:

$$\bar{t} \approx \frac{I_{gh} - E(I_r)}{E(c)} \left[ 1 + \frac{D(c)}{E^2(c)} \right],$$

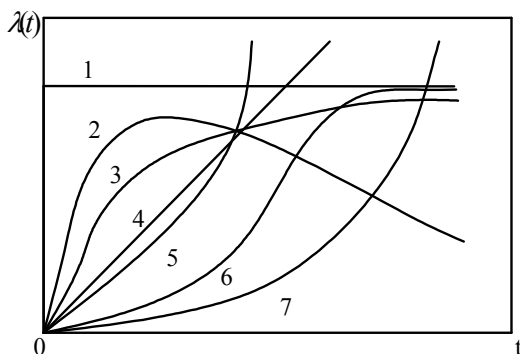
hoặc

$$\bar{t} \approx t_{50} [1 + \nu^2(c)], \quad (2.16)$$

Công thức (2.16) cho kết quả càng chính xác khi hệ số biến động của cường độ hao mòn  $\nu(c)$  càng nhỏ.

Đôi khi người ta cần giải quyết vấn đề ngược lại: xác định các đại lượng đặc trưng của quá trình mòn sao cho cặp chi tiết đạt được độ tin cậy cho trước. Khi đó từ (2.11); (2.12) và (2.15) có thể rút ra được  $I_{gh}$  và  $c$ .

Các dạng hàm cường độ hỏng đối với các loại phân bố khác nhau được thể hiện trên hình 1.15.



Hình 2.15. Các dạng hàm cường độ hỏng đối với các loại phân bố khác nhau: 1- Mũ; 2- Logarit chuẩn; 3- Erlang; 4- Rolei; 5- Veibull; 6- Gamma; 7- Chuẩn.

### 2.6.3. Một số lưu ý khi xử lý số liệu đánh giá độ tin cậy của phân tử có hao mòn

Giả sử rằng tiến hành quan trắc  $N$  phân tử cùng kiểu trong khoảng thời gian  $t$ , còn  $n(t)$  là số lượng phân tử bị hư hỏng trong khoảng thời gian đó, và xác định được thời điểm xuất hiện hư hỏng đầu tiên của từng phân tử. Trên cơ sở các số liệu thống kê đó, tiến hành xác định giá trị gần đúng của hàm tin cậy đối với các thời điểm  $t_1, t_2, \dots, t_k$ ;  $P_N(t_1)$ ;  $P_N(t_2)$ ; ...;  $P_N(t_k)$  theo công thức

$$P(t) \approx P_N(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \quad (2.17)$$

và giá trị tương ứng của hàm  $Q_N(t)$  theo công thức

$$Q_N(t) = 1 - P_N(t), \quad (2.18)$$

trong đó:

$Q_N(t)$  - Hàm thực nghiệm của phân phối đại lượng ngẫu nhiên

T- Thời gian làm việc tới hư hỏng đầu tiên (km hoặc khối lượng làm việc của đầu máy).

Nếu như có thể xác định chính xác thời điểm hư hỏng của từng chi tiết thì  $Q_N(t)$  có thể biểu diễn một cách gần đúng cho  $[0, t]$  từ biểu thức (2.18)

$$Q_N(t) \approx \frac{n(t)}{N}, \quad (2.19)$$

Nhưng thông thường ta chỉ biết chính xác các hư hỏng đột xuất, có nghĩa là ta có thể xác định  $Q_{dx}(t)$  một cách thực tế theo biểu thức (2.19), còn  $Q_{dd}(t)$  thì ta chưa biết (xem biểu thức  $P(t) = [1 - Q_{dx}(t)] \cdot [1 - Q_{dd}(t)]$ ).

Trong trường hợp này nên sử dụng phương pháp luận sau đây cho việc đánh giá  $Q_{dd}(t)$ . Đầu tiên xác định đặc trưng diễn biến hao mòn theo thời gian và giá trị cho phép giới hạn  $I_{gh}$  của nó. Trên mỗi khoảng thời gian tiến hành xác định giá trị độ mòn trung bình  $\bar{I}_t$  và độ lệch  $\bar{\sigma}_t$  của nó theo biểu thức tổng quát sau đây:

- Giá trị trung bình của kích thước mẫu:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{x}_j n_j}{\sum_{j=1}^k n_j}, \quad (2.20)$$

trong đó:  $k$  - Số lượng nhóm  $[(x_1, x_2 \dots) (x_5, x_6 \dots), \dots x_{n-1}, x_n]$ ;  
 $\bar{x}_j$  - Giá trị trung bình số học của tham số trong nhóm;  
 $n_j$  - Số lượng giá trị của thông số trong nhóm.

- Độ lệch của tham số khảo sát hay độ lệch cơ bản  $\bar{\sigma}$ :

$$\bar{\sigma} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2 n_j}{n}} \quad (2.21)$$

trong đó:  $n$  - Tổng số quan trắc của tham số;  
 $\bar{x}_j, \bar{x}, n_j$  - Xem biểu thức (2.20).

sau đó liên kết chúng bằng hàm số theo thời gian. Thường thường các hàm này được mô tả bằng các biểu thức thực nghiệm parabol.

$$\left. \begin{aligned} \bar{I}_t &= a(t-t_0)^b \\ \bar{\sigma}_t &= c(t-t_0)^d + \bar{\sigma} \end{aligned} \right\} \text{ đối với } t > t_0 \quad (2.22)$$

trong đó:  $t$  - Thời kỳ làm việc của chi tiết;  
 $\bar{\sigma}$  - Sai lệch kích thước cơ bản ở chi tiết mới;  
 $a, b, c, d$  - Các hệ số đặc trưng, xác định bằng phương pháp xấp xỉ;  
 $[0, t_0]$  - Thời kỳ khảo sát.

Nếu các mối quan hệ này được xác định trong thời kỳ quan trắc trùng hợp với thời gian làm việc không hỏng thì chúng cho phép thực hiện phép ngoại suy và tính toán thời kỳ làm việc không hỏng  $T_{bd}$  từ điều kiện  $P(t)=0,9973$ , có nghĩa là:

$$I_{gh} = \bar{I}_t + 3\bar{\sigma}_t \quad (2.24)$$

trong đó:  $t = T_{bd}$ .

Xác suất các hư hỏng tham số theo biểu thức (2.24) có thể xác định theo các công thức:

$$Q_{dd}(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{I_{gh} - \bar{I}_t}{\bar{\sigma}_t}\right), \quad (2.25)$$

với  $I_{gh} < \bar{I}_t$

$$Q_{dd}(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{\bar{I}_t - I_{gh}}{\bar{\sigma}_t}\right), \quad (2.26)$$

với  $I_{gh} > \bar{I}_t$

trong đó:  $\Phi(x)$  - Giá trị bảng của tích phân Gauss đối với hàm Laplat (bảng 2.22).

Khi  $I_{gh} = \bar{I}_t$  giá trị  $Q_{dd}(t) = 0,5$

Bảng 2.22. Bảng giá trị  $\Phi(x)$

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,00	0,0000	1,00	0,6827	2,00	0,9545
0,05	0,0399	1,05	0,7063	2,05	0,9596
0,10	0,0797	1,10	0,7287	2,10	0,9643
0,15	0,1192	1,15	0,7499	2,15	0,9684
0,20	0,1585	1,20	0,7699	2,20	0,9722
0,25	0,1974	1,25	0,7887	2,25	0,9756
0,30	0,2358	1,30	0,8064	2,30	0,9786
0,35	0,2737	1,35	0,8230	2,35	0,9812
0,40	0,3108	1,40	0,8385	2,40	0,9836
0,45	0,3473	1,45	0,8529	2,45	0,9857
0,50	0,3829	1,50	0,8664	2,50	0,9876
0,55	0,4177	1,55	0,8789	2,55	0,9892
0,60	0,4545	1,60	0,8904	2,60	0,9907
0,65	0,4843	1,65	0,9011	2,65	0,9920
0,70	0,5161	1,70	0,9109	2,70	0,9931
0,75	0,5467	1,75	0,9199	2,75	0,9940
0,80	0,5763	1,80	0,9218	2,80	0,9949
0,85	0,6047	1,85	0,9357	2,85	0,9956
0,90	0,6319	1,90	0,9426	2,90	0,9963
0,95	0,6579	1,95	0,9488	2,95	0,9968
1,00	0,6827	2,00	0,9545	3,00	0,9973

Việc xác định  $Q(t)$  sẽ gặp nhiều khó khăn khi có sự thay thế một phần các chi tiết trong quá trình sửa chữa trung gian, có nghĩa là khi hệ thống có phục hồi. Trong những trường hợp này đầu tiên xác định xác suất hỏng của các chi tiết theo biểu thức (2.25) và (2.26), sau đó là xác suất hỏng thực tế đã giảm đi một lượng bằng xác suất chuẩn thay thế chúng khi sửa chữa trước đó:

$$Q(t) = Q_2(t) - Q_1(t), \quad (2.27)$$

trong đó:  $Q_1(t)$  - Xác suất thay thế khi sửa chữa trước đó  
 $Q_2(t)$  - Xác suất thay thế ở lần sửa chữa đang xét.

Nếu các chi tiết đã được thay thế cùng hư hỏng với xác suất  $Q_3(t)$  thì khi đó xác suất thay thế thực tế có thể được xác định theo biểu thức:

$$Q(t) = Q_2(t) - Q_1(t) + Q_1(t) \cdot Q_3(t), \quad (2.28)$$

Đồng thời theo các biểu thức (2.27) và (2.28) có thể xác định  $Q(t)$  và các thành phần  $Q_{dx}(t)$  và  $Q_{dd}(t)$  của nó.

Trên cơ sở các giá trị  $Q_N(t)$  hoặc  $P_N(t)$  nhận được theo các số liệu thống kê tiến hành lựa chọn các hàm phân phối: chuẩn, siêu bội, Veibull v.v...

Các hàm phân phối được kiểm nghiệm theo các tiêu chuẩn phù hợp đã biết (tiêu chuẩn  $\chi^2$ ).

Thường thường, nhất là đối với các hệ thống phục hồi, các hàm thực nghiệm  $Q_N(t)$  và  $P_N(t)$  thường rất phức tạp xuất phát từ quan điểm lựa chọn các phân phối lý thuyết, bởi vì có thể có các bước nhảy đột ngột tại các thời điểm phục hồi hoặc sửa chữa. Trong những trường hợp này có thể sử dụng biểu thị hình học (đồ thị) của các hàm này theo các điểm thiết lập bằng các số liệu thực nghiệm. Khi đó, để xác định các chi tiết và bộ phận “xung yếu” cần tiến hành xây dựng toán đồ  $T_{bd}$ . Trên toán đồ này biểu thị các vùng tương ứng với các vùng sửa chữa. Các chi tiết mà tuổi thọ  $T_{bd}$  của nó nhỏ hơn chu kỳ sửa chữa được gọi là các chi tiết “xung yếu” theo quan điểm độ tin cậy.





### CHƯƠNG III

## ĐỘ TIN CẬY CỦA ĐẦU MÁY NHƯ MỘT HỆ THỐNG KỸ THUẬT ĐỘC LẬP

### 3.1. Cơ sở đánh giá độ tin cậy của đầu máy như một hệ thống kỹ thuật độc lập

Hiệu quả hoạt động của một hệ thống kỹ thuật phức hợp được đánh giá bằng đặc trưng chất lượng hoạt động, thể hiện qua xác suất các trạng thái của nó. Đối với một hệ kỹ thuật phức hợp như đầu máy diesel, một trong những đặc trưng chất lượng của nó được biểu hiện ở chỗ, trong quá trình vận dụng đầu máy phải kéo đoàn tàu trên tuyến (trên đường vận hành) một cách thông suốt, theo đúng quy định của biểu đồ chạy tàu đã thiết lập, không có các sự cố gây trở ngại chạy tàu, làm phá vỡ biểu đồ chạy tàu kế hoạch và gây gián đoạn quá trình chạy tàu.

Theo quan điểm độ tin cậy, đầu máy là một hệ thống bao gồm nhiều phân tử cấu thành, mỗi phân tử có những chức năng xác định và có những chỉ tiêu độ tin cậy riêng của nó. Trên đầu máy diesel có hàng ngàn chi tiết với những chức năng khác nhau. Tuy nhiên, theo quan điểm kết cấu cũng như theo quan điểm độ tin cậy, một đầu máy có thể phân thành 5 phân hệ cơ bản, bao gồm: động cơ diesel, bộ phận truyền động, bộ phận chạy, trang thiết bị phụ và điều khiển.

Khi vận hành kéo đoàn tàu trên tuyến, do có các sự cố hoặc hư hỏng của một trong các bộ phận như: động cơ diesel, truyền động, bộ phận chạy, trang thiết bị phụ và điều khiển, dẫn đến đầu máy phải dừng tàu để phát hiện và khắc phục sự cố hoặc hư hỏng, và như vậy sẽ phá vỡ biểu đồ chạy tàu theo kế hoạch, làm giảm hiệu quả khai thác của đầu máy nói riêng và khu đoạn đường sắt nói chung.

Xét về mặt cấu trúc và theo quan điểm độ tin cậy, tất cả các phân hệ trên đầu máy đều liên kết nối tiếp với nhau, có nghĩa là sự hư hỏng hoàn toàn của một trong số các phân tử đó sẽ làm cho toàn bộ hệ thống (đầu máy) bị hư hỏng. Thời gian giữa các lần hư hỏng của các phân tử hệ thống và thời gian phục hồi khả năng làm việc của chúng là các đại lượng ngẫu nhiên.

Trạng thái của hệ thống tại thời điểm  $t$  được xác định bằng trạng thái của các phân tử (hoặc các phân hệ) của nó tại thời điểm đó. Khi tất cả các phân tử (hoặc phân hệ) đều hoàn hảo (không hỏng) thì hệ cũng hoàn hảo (không hỏng). Khi có các phân tử (hoặc phân hệ) nào đó bị hư hỏng thì cả hệ thống sẽ mất khả năng làm việc.

Cùng với hai trạng thái giới hạn (trạng thái biên) kể trên, hệ còn nằm ở các trạng thái trung gian khác, khi mà nó vẫn còn một phần khả năng làm việc. Sự chuyển tiếp của hệ thống từ một trạng thái này sang một trạng thái khác liên quan tới sự hư hỏng hoặc sự phục hồi của các phân tử (hoặc phân hệ) của nó.

Như vậy, để đánh giá chất lượng làm việc của hệ thống cần phải biết xác suất của các trạng thái của nó trong một khoảng thời gian xác định nào đó.

Đối với một hệ thống kỹ thuật như đầu máy, trạng thái của hệ ở thời điểm bất kỳ được biểu diễn một cách tổng quát bởi vectơ  $X(t)$ , biểu thị mô hình toán học hoạt động của nó [1-6]:

$$X(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \\ \dots \\ x_n(t) \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

Trong đó:  $n$  - Số lượng các phân tử (hoặc các phân hệ) của hệ thống;  
 $x_i(t)$  - Hàm mô tả trạng thái của phân tử (phân hệ) thứ  $i$  của hệ.

Hàm biểu diễn trạng thái của từng phân tử thứ  $i$  của hệ thống được xác định như sau:

$$x_i(t) = \begin{cases} 1 & \text{nếu phần tử thứ } i \text{ có khả năng làm việc} \\ 0 < x_i(t) < 1 & \text{nếu phần tử thứ } i \text{ mất một phần khả năng làm việc} \\ 0 & \text{nếu phần tử thứ } i \text{ không có khả năng làm việc} \end{cases}$$

Ở đây cần có một số giả thiết như sau:

- Các dòng hư hỏng và dòng phục hồi của hệ thống là dòng đơn trị, có nghĩa là tại mỗi thời điểm không có quá một phần tử có thể bị hư hỏng hoặc có thể được phục hồi xong;

- Quá trình hoạt động của hệ thống và các phần tử của nó là quá trình xác lập (quá trình dừng), nghĩa là cường độ hư hỏng của các phần tử là không đổi theo thời gian.

Như vậy, đầu máy có thể nằm ở trạng thái làm việc và đảm bảo thực hiện 100% biểu đồ chạy tàu, có thể ở trạng thái làm việc với hiệu quả giảm thấp do một trong các phần tử bị hư hỏng một phần, và cuối cùng là nằm ở trạng thái không làm việc do một trong các phần tử bị hư hỏng hoàn toàn, và khi đó khả năng thực hiện biểu đồ chạy tàu là 0%. Tập hợp đầy đủ các trạng thái của hệ thống (đầu máy) bao gồm:

Trạng thái 1- Trạng thái làm việc của hệ thống: tất cả các phần tử-phần hệ đều hoàn hảo (không hỏng) và sẵn sàng thực hiện quá trình vận chuyển.

Trạng thái 2 - Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì phân hệ động cơ diesel bị mất một phần khả năng làm việc (làm việc kém chất lượng).

Trạng thái 3- Hệ thống không làm việc vì phân hệ động cơ diesel hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

Trạng thái 4- Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì phân hệ truyền động bị mất một phần khả năng làm việc (làm việc kém chất lượng).

Trạng thái 5- Hệ thống không làm việc vì phân hệ truyền động hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

Trạng thái 6- Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì phân hệ bộ phận chạy bị mất một phần khả năng làm việc (làm việc kém chất lượng).

Trạng thái 7- Hệ thống không làm việc vì phân hệ bộ phận chạy mất hoàn toàn khả năng làm việc (bị hư hỏng).

Trạng thái 8- Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp do phân hệ trang thiết bị phụ bị mất một phần khả năng làm việc (làm việc kém chất lượng).

Trạng thái 9- Hệ thống không làm việc vì phân hệ trang thiết bị phụ hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

Trạng thái 10- Hệ thống không làm việc vì phân hệ điều khiển hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

Sự chuyển tiếp của đầu máy (hệ thống) từ trạng thái này sang trạng thái khác được đặc trưng bởi sự hư hỏng hoặc sự phục hồi của một phần tử-phần hệ nào đó của hệ thống. Mỗi phần tử-phần hệ được đặc trưng bởi kỳ vọng thời gian làm việc giữa các lần hư hỏng của chúng  $T_{lvi}$  và cường độ hỏng  $\lambda_{ij}$ ; bởi kỳ vọng thời gian phục hồi  $T_{fhi}$  và cường độ phục hồi  $\mu_{ji}$  [6,7].

Trong trường hợp các đại lượng ngẫu nhiên về thời gian làm việc giữa các lần hỏng và thời gian phục hồi (thời gian gián đoạn chạy tàu) tuân theo luật phân bố mũ thì cường độ hỏng và cường độ phục hồi của từng phần tử -phần hệ được xác định bằng

$$\lambda_{ij} = 1/T_{lvi}, \quad (3.2)$$

và 
$$\mu_{ji} = 1/T_{fhi}. \quad (3.3)$$

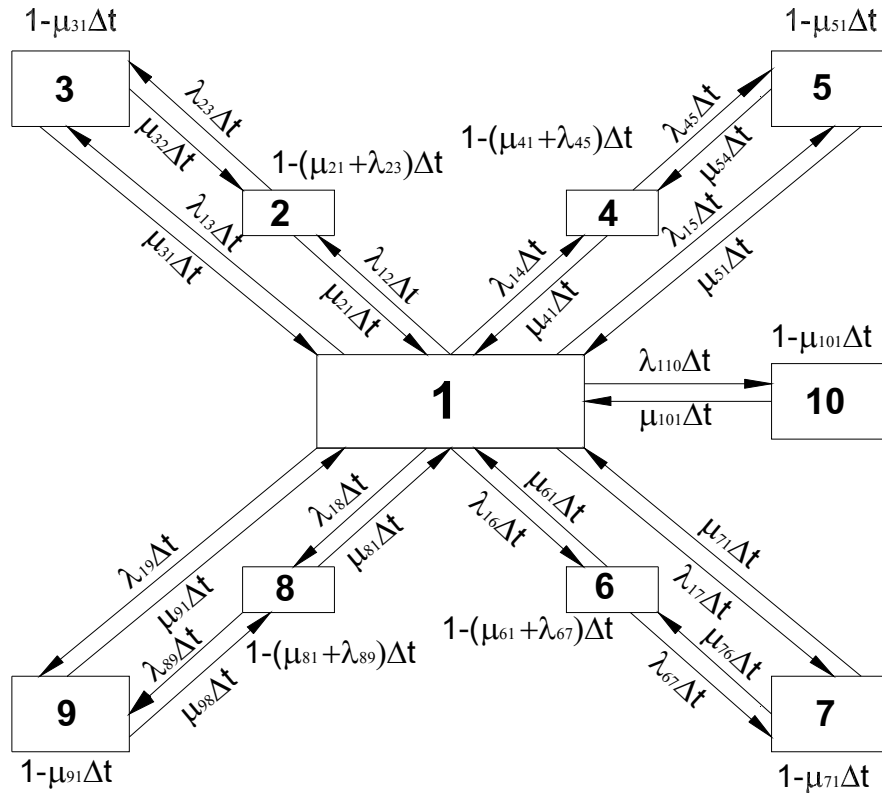
Trong đó:

$\lambda_{ij}$  - cường độ chuyển tiếp của hệ từ trạng thái làm việc không hỏng sang trạng thái j nào đó khi một phần tử nào đó mất một phần khả năng làm việc hoặc mất hoàn toàn khả năng làm việc (bị hư hỏng); [ hay nói khác,  $\lambda_{ij}$  là cường độ hỏng của phần tử thứ i, hoặc cường độ chuyển tiếp của hệ từ trạng thái làm việc không hỏng sang trạng thái mất khả năng làm việc j do hư hỏng của phần tử thứ i];

$T_{vi}$  - Kỳ vọng thời gian làm việc giữa các lần hư hỏng của phần tử thứ  $i$ ;  
 $\mu_{ji}$  - Cường độ chuyển tiếp của hệ từ trạng thái  $j$  nào đó sang trạng thái có khả năng làm việc khi *sự hư hỏng một phần* hoặc *sự hư hỏng hoàn toàn* của một phần tử nào đó được phục hồi; [ hay nói khác,  $\mu_{ji}$  là cường độ phục hồi của phần tử thứ  $i$ , hoặc cường độ chuyển tiếp của hệ từ trạng thái mất khả năng làm việc  $j$  do hư hỏng của phần tử thứ  $i$  sang trạng thái làm việc của hệ sau khi phần tử thứ  $i$  được phục hồi].

$T_{fi}$  - Kỳ vọng thời gian phục hồi của phần tử thứ  $i$ .

Trong trường hợp này hệ thống được xác định bằng các xác suất trạng thái ban đầu và bằng ma trận xác suất chuyển tiếp  $P_{ij}(t_1, t_2)$ , ma trận này có thể được xây dựng nhờ grap trạng thái (hình 3.1).



Hình 3.1. Grap các trạng thái của hệ thống đầu máy diesel

Giả sử rằng hàm  $P_{ij}(t_1, t_2)$  xác định đối với các giá trị bất kỳ của  $t_1$  và  $t_2 (\geq t_1)$ . Các xác suất này thoả mãn điều kiện:

$$P_{ij}(t_1, t_2) \geq 0$$

$$\lim_{t_2 \rightarrow t_1} P_{ij}(t_1, t_2) = \begin{cases} 0 & \text{đối với } i \neq j \\ 1 & \text{đối với } i = j \end{cases}$$

$$\sum P_{ij}(t_1, t_2) = 1 \text{ đối với } i \text{ bất kỳ.}$$

Vì rằng quá trình tồn tại của hệ thống là đồng nhất cho nên  $P_{ij}(t_1, t_2) = P_{ij}(\Delta t)$  và đối với các trạng thái  $i$  và  $j$  bất kỳ có thể chỉ ra một giá trị  $t (> 0)$  mà  $P_i(t) > 0$ .

Tập hợp các cường độ chuyển tiếp trạng thái được cho trong bảng 3.1.



Nếu phân bố xác suất trạng thái tại thời điểm  $t$  được biểu diễn bằng vectơ  $\overline{P}_i(t)$ , còn phân bố xác suất trạng thái tại thời điểm  $(t+\Delta t)$  bằng vectơ  $\overline{P}_i(t+\Delta t)$ , thì các vectơ này được liên hệ với nhau bằng quan hệ:

$$\overline{P}_i(t+\Delta t) = \overline{P}_i(t) \cdot \overline{P}_{ij}(\Delta t), \quad (3.4)$$

Trong đó:  $\overline{P}_{ij}(\Delta t)$  - ma trận vuông các xác suất chuyển tiếp cấp  $N$ .

Để xác định các xác suất chuyển tiếp, tất cả các trạng thái ( $N$ ) của grap trạng thái được đánh số từ 1 đến 10. Các xác suất chuyển tiếp đối với các trạng thái  $i \neq j$  được thể hiện dưới dạng:

$$P_{ij}(\Delta t) = \lambda_{ij}\Delta t \quad \text{hoặc} \quad P_{ij}(\Delta t) = \mu_{ji}\Delta t,$$

Xác suất  $P_{ij}(\Delta t)$  nằm trong trạng thái  $i$  được xác định như xác suất của biến cố bổ sung vào tổng thể các chuyển tiếp khả dĩ từ trạng thái này sang trạng thái khác  $j \neq i$ .

$$P_{ij}(\Delta t) = 1 - \sum a_{ij}\Delta t$$

Trong đó:  $a_{ij}$  - cường độ chuyển tiếp từ trạng thái  $i$  sang trạng thái  $j$  (tức là  $\lambda_{ij}$  hoặc  $\mu_{ji}$ ).

Trong khi đó:

$$P_{ij}(\Delta t) = \begin{cases} a_{ij}\Delta t, & j \neq i \\ 1 - \sum_{j \neq i} a_{ij}\Delta t, & j = i \end{cases} \quad (3.5)$$

Thay các biểu thức xác suất chuyển tiếp (3.5) và  $P_i(t)$  vào biểu thức (3.4) ta được một hệ phương trình. Rút  $P_i(t)$  ra khỏi 2 vế của phương trình và chia cả 2 vế cho  $\Delta t$ , sau đó tìm giới hạn khi  $\Delta t \rightarrow 0$ .

$$\frac{d}{dt} P_i(t) = \sum_{j=1}^N a_{ij} P_i(t), \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, N \\ j = 1, 2, \dots, N \end{cases} \quad (3.6)$$

Trong đó:

$$a_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}, \quad j \neq i$$

$$a_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t) - 1}{\Delta t}, \quad j = i$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{0\Delta t}{\Delta t} = 0, \quad j \neq i$$

với: 
$$\sum_{j=1}^N a_{ij} = 0, \quad a_{ji} \leq 0; \quad a_{ij} \geq 0.$$

Phương trình (3.6) là một hệ phương trình vi phân có hệ số không đổi, liên kết các xác suất trạng thái với ma trận cường độ chuyển tiếp.

Ở dạng ma trận, phương trình (3.6) có thể viết như sau:

$$\frac{d}{dt} \overline{P}(t) = A \overline{P}(t)$$

Trong đó:  $A$  - Ma trận cường độ chuyển tiếp (3.7),

$\overline{P}(t)$  - Vectơ xác suất trạng thái tại thời điểm  $t$ .

Ma trận cường độ chuyển tiếp  $A$  là ma trận các hệ số của hệ phương trình vi phân (3.6) đối với các xác suất trạng thái  $P_i(t)$  của hệ thống.

Để tìm nghiệm của hệ phương trình vi phân (3.6), cần cho trước các điều kiện đầu dưới dạng xác suất  $P_i(0)$ , trong đó  $i = 1, 2, \dots, 10$  trạng thái của hệ thống tại thời điểm ban đầu  $t = 0$ .

Giải hệ phương trình vi phân (3.6) ở các điều kiện đầu  $P_i(0)$  sẽ xác định được các xác suất trạng thái  $P_i(t)$  của hệ thống tại thời điểm  $t$  bất kỳ.

$$\begin{array}{c}
-\sum_{j=2}^{10} \lambda_{ij} \\
\mu_{21} \\
\mu_{31} \\
\mu_{41} \\
\mu_{51} \\
\mu_{61} \\
\mu_{71} \\
\mu_{81} \\
\mu_{91} \\
\mu_{101}
\end{array}
\begin{array}{cccccccccc}
\lambda_{12} & \lambda_{13} & \lambda_{14} & \lambda_{15} & \lambda_{16} & \lambda_{17} & \lambda_{18} & \lambda_{19} & \lambda_{110} & \\
-(\mu_{21}+\lambda_{23}) & \lambda_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \\
0 & -(\mu_{31}+\mu_{32}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \\
0 & 0 & -(\mu_{41}+\lambda_{45}) & \lambda_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \\
0 & 0 & 0 & -(\mu_{51}+\mu_{54}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \\
0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{61}+\lambda_{67}) & \lambda_{67} & 0 & 0 & 0 & \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{71}+\mu_{76}) & 0 & 0 & 0 & \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{81}+\lambda_{89}) & \lambda_{89} & 0 & \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{91}+\mu_{98}) & 0 & \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_{101} & 
\end{array}
\quad (3.7)$$

Các phần tử đường chéo của ma trận vi phân (3.7) được cho bởi đẳng thức:

$$a_{ii} = -\sum_{j \neq i} a_{ij} \quad (\text{với } i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N).$$

Do quá trình hoạt động của hệ thống là quá trình dừng và đơn trị cho nên  $\frac{d}{dt} P_i(t) = 0$

khi  $t \rightarrow \infty$ , vì rằng các xác suất giới hạn  $P_i$  là không đổi. Khi đó ta có hệ phương trình tuyến tính N phương trình, N ẩn:

$$0 = \sum_{j=1}^N a_{ij} P_j; \quad \text{với } i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N \text{ là số lượng các trạng thái.}$$

Hệ phương trình này với điều kiện phụ  $\sum_{j=1}^N P_j = 1$  đủ để xác định các xác suất giới hạn

của các trạng thái  $P_i$ .

Để đơn giản hoá việc giải hệ phương trình vi phân (3.6) ta xét đầu máy vận hành trên một khu đoạn đường sắt như một hệ thống phức hợp, có thể nằm ở trạng thái làm việc (1) và các trạng thái không làm việc (3,5,7,9,10) do các phân hệ động cơ diesel, truyền động, bộ phận chạy, trang thiết bị phụ và điều khiển bị hư hỏng hoàn toàn, hay nói khác, trong trường hợp chỉ xem xét các hư hỏng ở trạng thái giới hạn (các hư hỏng làm phá vỡ biểu đồ chạy tàu và gây gián đoạn chạy tàu), thì đầu máy có thể nằm ở một trong các trạng thái sau đây:

1- Trạng thái làm việc (trạng thái 1);

2- Trạng thái không làm việc (các trạng thái 3,5,7,9,10) do phân hệ động cơ diesel, phân hệ truyền động, phân hệ bộ phận chạy, phân hệ trang thiết bị phụ và phân hệ điều khiển bị hư hỏng.

Khi đó hàm biểu diễn trạng thái của từng phần tử thứ  $i$  của hệ thống được xác định như sau:

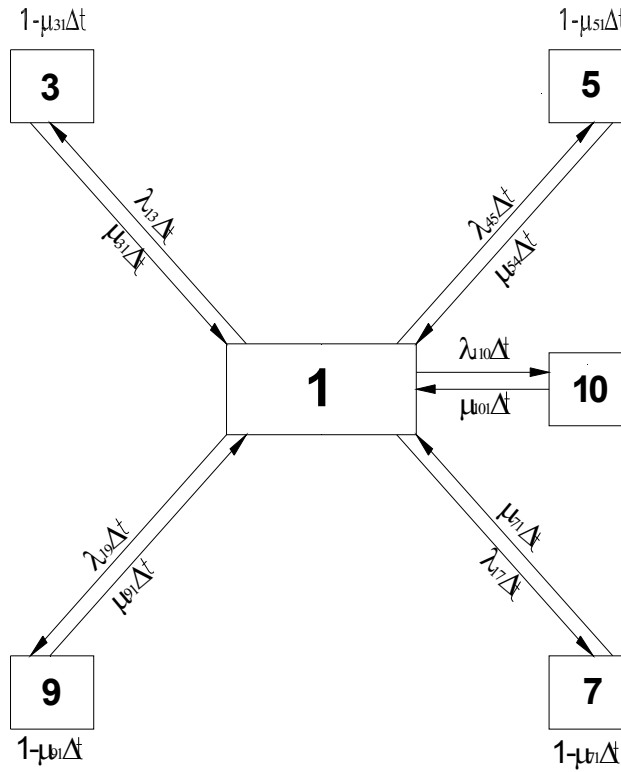
$$x_i(t) = \begin{cases} 1 & \text{Nếu phần tử thứ } i \text{ có khả năng làm việc} \\ 0 & \text{Nếu phần tử thứ } i \text{ không có khả năng làm việc} \end{cases}$$

Khi đó grap trạng thái giới hạn của đầu máy có dạng như sau: (hình 3.2).

Trong đó:

$\lambda_{13}, \lambda_{15}, \lambda_{17}, \lambda_{19}, \lambda_{110}$  - Cường độ chuyển tiếp từ trạng thái làm việc không hỏng của đầu máy (trạng thái 1) sang trạng thái mất khả năng làm việc do hư hỏng của: phân hệ động cơ diesel (trạng thái 3), phân hệ truyền động (trạng thái 5), phân hệ bộ phận chạy (trạng thái 7), phân hệ thiết bị phụ (trạng thái 9) và phân hệ điều khiển (trạng thái 10).

$\mu_{31}, \mu_{51}, \mu_{71}, \mu_{91}, \mu_{101}$  - Cường độ chuyển tiếp từ trạng thái không làm việc của đầu máy do hư hỏng của: phân hệ động cơ diesel (trạng thái 3), phân hệ truyền động (trạng thái 5), phân hệ bộ phận chạy (trạng thái 7), phân hệ thiết bị phụ (trạng thái 9) và phân hệ điều khiển (trạng thái 10) sang trạng thái làm việc của đầu máy (trạng thái 1) sau khi phục hồi các hư hỏng tương ứng.



Hình 3.2. Grap các trạng thái giới hạn của hệ thống đầu máy diesel

Ma trận cường độ chuyển tiếp (3.7) các trạng thái của hệ thống trong trường hợp này có thể viết dưới dạng:

$$\begin{array}{cccccc}
 -(\lambda_{13} + \lambda_{15} + \lambda_{17} + \lambda_{19} + \lambda_{110}) & \lambda_{13} & \lambda_{15} & \lambda_{17} & \lambda_{19} & \lambda_{110} \\
 \mu_{31} & -\mu_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \mu_{51} & 0 & -\mu_{51} & 0 & 0 & 0 \\
 \mu_{71} & 0 & 0 & -\mu_{71} & 0 & 0 \\
 \mu_{91} & 0 & 0 & 0 & -\mu_{91} & 0 \\
 \mu_{101} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_{101}
 \end{array}$$

Vì rằng ta nghiên cứu quá trình dừng cho nên hệ phương trình tuyến tính để xác định các xác suất giới hạn để khu đoạn đường sắt nằm trong mỗi trạng thái đang xét có thể viết dưới dạng sau:

$$\begin{aligned}
 -(\lambda_{13} + \lambda_{15} + \lambda_{17} + \lambda_{19} + \lambda_{110})P_1 + \mu_{31}P_3 + \mu_{51}P_5 + \mu_{71}P_7 + \mu_{91}P_9 + \mu_{101}P_{10} &= 0 \\
 \lambda_{13}P_1 - \mu_{31}P_3 &= 0 \\
 \lambda_{15}P_1 - \mu_{51}P_5 &= 0 \\
 \lambda_{17}P_1 - \mu_{71}P_7 &= 0 \\
 \lambda_{19}P_1 - \mu_{91}P_9 &= 0 \\
 \lambda_{110}P_1 - \mu_{101}P_{10} &= 0
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

Giải hệ phương trình tuyến tính (3.8) với các ẩn số  $P_i$ ,  $i = 1, 3, 5, 7, 9, 10$  với điều kiện  $\sum_{i=1}^N P_i = 1$ , và thay vào vị trí  $\lambda_{ij}$  và  $\mu_{ji}$  các giá trị của chúng, ta sẽ được biểu thức xác định các xác suất giới hạn của hệ thống.

Để đánh giá được độ tin cậy của từng phân hệ, cần có số liệu thống kê về thời gian làm việc giữa các lần hỏng và các lần phục hồi, cần xử lý số liệu để xác định kỳ vọng toán thời gian giữa các lần hỏng và thời gian phục hồi và xác định các chỉ tiêu độ tin cậy tương ứng.

Ngoài ra, từ các giá trị cường độ hỏng và cường độ phục hồi của các phân hệ, có thể xác định được các thông số độ tin cậy của tổng thể đầu máy:

1- Cường độ hỏng của hệ thống-đầu máy:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (3.9)$$

2- Cường độ phục hồi của hệ thống-đầu máy:

$$\mu_s = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i}, \quad (3.10)$$

với  $\gamma_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, 5.$

3- Xác suất để tại thời điểm t hệ thống-đầu máy đang ở trạng thái làm việc (hàm tin cậy hay xác suất làm việc không hỏng)

$$P_s(t) = \frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s} \left[ 1 + \frac{\lambda_s}{\mu_s} \cdot e^{-(\lambda_s + \mu_s)t} \right], \quad (3.11)$$

4- Xác suất để tại thời điểm t hệ thống-đầu máy đang ở trạng thái phục hồi-trạng thái không sẵn sàng làm việc ( xác suất hỏng)

$$Q_s(t) = \frac{\lambda_s}{\lambda_s + \mu_s} \left[ 1 - e^{-(\lambda_s + \mu_s)t} \right], \quad (3.12)$$

5- Hệ số sẵn sàng của hệ thống-đầu máy

$$S_s = \frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s} \quad \text{hoặc} \quad S_s = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}, \quad (3.13)$$

6- Hệ số không sẵn sàng của hệ thống-đầu máy

$$K_s = \frac{\lambda_s}{\lambda_s + \mu_s} \quad \text{hoặc} \quad K_s = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}, \quad (3.14)$$

7- Hàm sẵn sàng của hệ thống của hệ thống-đầu máy

$$S_s(t) = S_s + K_s \cdot \exp \left[ -t \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i + \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i} \right) \right], \quad (3.15)$$

Các biểu thức xác định độ tin cậy của hệ thống được tổng kết trong bảng 3.2.



Bảng 3.2. Các biểu thức xác định độ tin cậy của các phân hệ (i) và hệ thống (s)

Độ tin cậy của hệ thống đầu máy-một hệ thống nối tiếp	
Các phân tử không phục hồi	Các phân tử có phục hồi
1. Hàm tin cậy (xác suất làm việc không hỏng)	1. Hàm tin cậy (xác suất làm việc không hỏng), hàm sẵn sàng
Phân bố Mũ $P_s(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_i t\right), \quad (1)$	Phân bố Mũ $P_s(t) = \frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s} \left\{ 1 + \frac{\lambda_s}{\mu_s} \cdot \exp[-(\lambda_s + \mu_s)t] \right\}, \quad (5)$
Phân bố Gauss $P_s(t) = \prod_{i=1}^n \frac{1 - F\left(\frac{t - a_i}{\sigma_i}\right)}{F\left(\frac{a_i}{\sigma_i}\right)}, \quad (2)$	Phân bố Mũ $S_s(t) = S_s + K_s \cdot \exp\left[-\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i + \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i}\right)t\right], \quad (5')$
-	Hệ số sẵn sàng
-	$S_s = \frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s} \text{ hoặc } S_s = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}, \quad (6)$
2. Xác suất hỏng	2. Xác suất hỏng, hàm không sẵn sàng
Phân bố Mũ $Q_s(t) = 1 - \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_i t\right), \quad (3)$	Phân bố Mũ $Q_s(t) = \frac{\lambda_s}{\lambda_s + \mu_s} \{1 - \exp[-(\lambda_s + \mu_s)t]\}, \quad (7)$
Phân bố Gauss $Q_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^n \frac{1 - F\left(\frac{t - a_i}{\sigma_i}\right)}{F\left(\frac{a_i}{\sigma_i}\right)}, \quad (4)$	Phân bố Mũ $K_s(t) = \frac{\lambda_s}{\lambda_s + \mu_s} \left\{ 1 + \frac{\mu_s}{\lambda_s} \cdot \exp[-(\lambda_s + \mu_s)t] \right\}, \quad (7')$
-	Hệ số không sẵn sàng
-	$K_s = \frac{\lambda_s}{\lambda_s + \mu_s} \text{ hoặc } K_s = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}, \quad (8)$

Phương pháp đã nêu cho phép đánh giá được độ tin cậy của từng phân hệ trong hệ thống nối tiếp, hay nói khác của từng phân hệ trên đầu máy một cách riêng rẽ và của cả đầu máy.

Các chỉ tiêu độ tin cậy nêu trên là cơ sở cho việc phân tích, so sánh độ tin cậy làm việc của các bộ phận trong một loại đầu máy và giữa các loại đầu máy với nhau, và là cơ sở cho việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của độ tin cậy vận dụng đầu máy tới chất lượng và hiệu quả vận tải đường sắt.

### 3.2. Xác định các thông số độ tin cậy của các phân hệ cơ bản trên đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam

#### 3.2.1. Trình tự xác định các thông số độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy diesel

Để xác định các thông số độ tin cậy của các phân hệ cơ bản trên đầu máy, đã tiến hành khảo sát, thu thập các số liệu thống kê về các chỉ tiêu vận dụng, thời gian gián đoạn chạy tàu, thời gian làm việc của các phân hệ tương ứng trên đầu máy tới khi xuất hiện hư hỏng gây gián đoạn chạy tàu (thời gian làm việc giữa các lần xảy ra hư hỏng hay thời gian làm việc tới hỏng) của các loại đầu máy diesel truyền động điện D9E và D13E sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn, đầu máy D12E sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội và đầu máy D18E sử dụng tại Xí nghiệp đầu máy Vinh trong giai đoạn từ năm 1998 đến hết năm 2001.

Từ các số liệu thống kê, tiến hành xác lập:

1-Các tập số liệu thống kê đại lượng ngẫu nhiên về thời gian làm việc của từng phân hệ trên đầu máy giữa hai lần xảy ra hư hỏng kế tiếp khi đầu máy vận hành trên tuyến, dẫn đến gây gián đoạn chạy tàu nói chung và gây cứu viện nói riêng (hay thời gian làm việc tới hỏng)  $T_{vi}$ ,

2- Các tập số liệu thống kê đại lượng ngẫu nhiên về thời gian gián đoạn chạy tàu do một hư hỏng của từng phân hệ trên đầu máy gây ra khi vận hành trên tuyến (thời gian phục hồi)  $T_{th}$

#### 3.2.2. Xử lý các tập số liệu thống kê đại lượng ngẫu nhiên

1.Việc xử lý số liệu thống kê được tiến hành trên cơ sở lý thuyết độ tin cậy và thống kê toán học nhờ chương trình xử lý số liệu chuyên dùng [1]. Mỗi tập số liệu được xử lý theo 7 luật phân bố khác nhau, bao gồm các luật phân bố: Chuẩn (Gauss), lôga chuẩn, mũ, gamma, Veibull, Rolei và Maxoen.

Khi xử lý số liệu bằng phương pháp nêu trên sẽ xác định được:

a. Các quy luật phân bố (hàm mật độ phân bố) của các đại lượng ngẫu nhiên về thời gian làm việc giữa các lần hỏng và thời gian gián đoạn chạy tàu do hư hỏng của từng phân hệ nói riêng và của đầu máy nói chung;

b. Các đặc trưng bằng số tương ứng của các quy luật phân bố, bao gồm: kỳ vọng toán, phương sai, sai lệch bình phương trung bình v.v... của thời gian làm việc giữa các lần hỏng và thời gian phục hồi của từng phân hệ thống nói riêng và của đầu máy nói chung.

2. Từ các giá trị kỳ vọng toán tương ứng, tiến hành xác định cường độ hỏng và cường độ phục hồi của từng phân hệ trên đầu máy nói riêng  $\lambda_i$ ,  $\mu_i$ , và của đầu máy nói chung  $\lambda_s$ ,  $\mu_s$ .

3. Từ các giá trị cường độ hỏng và cường độ phục hồi của từng phân hệ, tiến hành xác định các thông số độ tin cậy: hàm tin cậy (xác suất làm việc không hỏng) hay hàm sẵn sàng, hệ số sẵn sàng, xác suất hỏng hay hàm không sẵn sàng, hệ số không sẵn sàng của từng phân hệ và cho hệ thống-đầu máy theo từng năm và cho cả quá trình khảo sát 1998-2001.

4. Việc xác định các thông số độ tin cậy được tiến hành theo hai phương án:

*Phương án 1.* Xác định độ tin cậy của các phân hệ với tư cách là các phân tử liên kết nối tiếp không phục hồi (tức là chỉ xét thời gian làm việc tới hỏng của các phân hệ mà không xét tới quá trình phục hồi);

*Phương án 2.* Xác định độ tin cậy của các phân hệ với tư cách là các phân tử liên kết nối tiếp có phục hồi (tức là xét đồng thời thời gian làm việc tới hỏng của các phân hệ và quá trình phục hồi các hư hỏng của chúng);

Các biểu thức xác định các thông số độ tin cậy của từng phân hệ trong hệ thống theo hai phương án đã nêu được thể hiện trong bảng 3.2, trong đó:

*Cường độ hỏng của hệ thống (đầu máy):*

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i,$$

*Cường độ phục hồi của hệ thống (đầu máy):*

$$\mu_s = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i}, \text{ với } \gamma_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}, i = 1, 2, 3, \dots, 5.$$

5. Xác định xác suất giới hạn (xác suất chuyển tiếp trạng thái) của đầu máy :

$$\begin{aligned} &-(\lambda_{13} + \lambda_{15} + \lambda_{17} + \lambda_{19} + \lambda_{110})P_1 + \mu_{31}P_3 + \mu_{51}P_5 + \mu_{71}P_7 + \mu_{91}P_9 + \mu_{101}P_{10} = 0 \\ &\lambda_{13}P_1 - \mu_{31}P_3 = 0 \\ &\lambda_{15}P_1 - \mu_{51}P_5 = 0 \\ &\lambda_{17}P_1 - \mu_{71}P_7 = 0 \\ &\lambda_{19}P_1 - \mu_{91}P_9 = 0 \\ &\lambda_{110}P_1 - \mu_{101}P_{10} = 0 \end{aligned}$$

Trong đó:

$\lambda_{13}, \lambda_{15}, \lambda_{17}, \lambda_{19}, \lambda_{110}$  - cường độ chuyển tiếp từ trạng thái làm việc không hỏng của đầu máy (trạng thái 1) sang trạng thái mất khả năng làm việc do hư hỏng của: phân hệ động cơ diesel (trạng thái 3), phân hệ truyền động (trạng thái 5), phân hệ bộ phận chạy (trạng thái 7), phân hệ trang thiết bị phụ (trạng thái 9) và phân hệ điều khiển (trạng thái 10).

$\mu_{31}, \mu_{51}, \mu_{71}, \mu_{91}, \mu_{101}$  - cường độ chuyển tiếp từ trạng thái không làm việc của đầu máy do hư hỏng của: phân hệ động cơ diesel (trạng thái 3), phân hệ truyền động (trạng thái 5), phân hệ bộ phận chạy (trạng thái 7), phân hệ trang thiết bị phụ (trạng thái 9) và phân hệ điều khiển (trạng thái 10) sang trạng thái làm việc của đầu máy (trạng thái 1) sau khi phục hồi các hư hỏng tương ứng.

### **3.2.3. Kết quả xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam giai đoạn 1998-2001**

Các số liệu thống kê về các chỉ tiêu vận dụng và thời gian gián đoạn chạy tàu của các loại đầu máy diesel truyền động điện D9E, D13E, D12E và D18E vận dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn, Hà Nội và Vinh trong giai đoạn 1998-2001 đã được xử lý bằng chương trình xử lý số liệu chuyên dùng [10]. Quá trình xử lý số liệu cho thấy hầu hết các đại lượng ngẫu nhiên đã nêu đều tuân theo luật phân bố Mũ, do đó các thông số độ tin cậy của các phân hệ và của tổng thể đầu máy được xác định theo các biểu thức trong bảng 3.2.

Kết quả tính toán các thông số độ tin cậy của các hệ thống trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E bao gồm: giá trị kỳ vọng toán thời gian làm việc giữa hai lần hỏng, giá trị kỳ vọng toán thời gian gián đoạn chạy tàu do hư hỏng của từng phân hệ trên đầu máy bao gồm: phân hệ động cơ diesel, phân hệ truyền động, phân hệ bộ phận chạy, phân hệ trang thiết bị phụ và phân hệ điều khiển gây ra trên đường vận hành (thời gian phục hồi), các giá trị cường độ hỏng và cường độ phục hồi tương ứng.

Kết quả tính toán các thông số độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E tổng hợp cho cả giai đoạn 1998-2001 được thể hiện trong bảng 3.3.

Kết quả tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy tổng hợp của đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E theo từng năm và cho cả giai đoạn 1998-2001 được thể hiện trong bảng 3.4.

#### **3.2.3.1. Độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy với tư cách là các phần tử liên kết nối tiếp không phục hồi của hệ thống**

Khi coi các phân hệ trên đầu máy là các phần tử liên kết nối tiếp không phục hồi, tức là không xét tới cường độ phục hồi  $\mu$ , hàm tin cậy của từng phân hệ và của hệ thống-đầu máy được xác định theo các biểu thức bảng 3.2. Kết quả tính toán được cho trong bảng 3.5.

Các đồ thị hàm tin cậy  $P(t)$  của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E với tư cách là các phần tử không phục hồi và của hệ thống-đầu máy trong giai đoạn 1998-2001 (phương án 1) được thể hiện trên các hình 3.3-3.6.

Bảng 3.3. Kết quả tính toán các thông số độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E và của cả hệ thống đầu máy giai đoạn 1998-2001

TT	Các thông số	Phân hệ truyền động điện	Phân hệ điều khiển	Phân hệ động cơ diesel	Phân hệ bộ phận chạy	Phân hệ trang thiết bị phụ	Tổng hợp cho đầu máy
		1998-2001	1998-2001	1998-2001	1998-2001	1998-2001	1998-2001
I	Đầu máy D9E						
1.1	Kỳ vọng toán thời gian gián đoạn chạy tàu do một lần hư hỏng, $T_{gđi} = T_{thi}$ [h]	1,13	0,69	0,71	0,74	0,72	0,72
1.2	Cường độ phục hồi hư hỏng, $\mu_i$ , [h <sup>-1</sup> ]	0,88	1,45	1,41	1,35	1,39	1,29
1.3	Kỳ vọng toán thời gian làm việc giữa các lần hỏng, $T_{lvi}$ , [h]	6403,20	4243,68	3407,28	7189,68	4152,72	4359,12
1.4	Cường độ hỏng, $\lambda_i$ , [10 <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup> ]	0,156	0,236	0,294	0,139	0,241	1,066
1.5	Hệ số sẵn sàng, $S_i$	0,9998	0,99984	0,99979	0,9999	0,9998	0,9992
II	Đầu máy D13E						
2.1	Kỳ vọng toán thời gian gián đoạn chạy tàu do một lần hư hỏng, $T_{gđi} = T_{thi}$ [h]	1,68	1,60	1,60	0,84	1,65	1,55
2.2	Cường độ phục hồi hư hỏng, $\mu_i$ , [h <sup>-1</sup> ]	0,60	0,63	0,63	1,19	0,61	0,69
2.3	Kỳ vọng toán thời gian làm việc giữa các lần hỏng, $T_{lvi}$ , [h]	4145,28	3524,16	3770,40	3282,72	3586,08	3619,68
2.4	Cường độ hỏng, $\lambda_i$ , [10 <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup> ]	0,241	0,284	0,265	0,305	0,279	1,374
2.5	Hệ số sẵn sàng, $S_i$	0,9996	0,9995	0,9996	0,9997	0,9995	0,9980
III	Đầu máy D12E						
3.1	Kỳ vọng toán thời gian gián đoạn chạy tàu do một lần hư hỏng, $T_{gđi} = T_{thi}$ [h]	0,905	1,091	0,611	0,544	1,104	0,960
3.2	Cường độ phục hồi hư hỏng, $\mu_i$ , [h <sup>-1</sup> ]	1,105	0,917	1,637	1,838	0,906	1,1207
3.3	Kỳ vọng toán thời gian làm việc giữa các lần hỏng, $T_{lvi}$ , [h]	7949,52	4637,28	6563,28	9854,64	6233,76	6331,68
3.4	Cường độ hỏng, $\lambda_i$ , [10 <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup> ]	0,1258	0,2156	0,1524	0,1015	0,1604	0,7557
3.5	Hệ số sẵn sàng, $S_i$	0,9998861	0,9997649	0,9999069	0,9999447	0,9998229	0,9993258
IV	Đầu máy D18E						
4.1	Kỳ vọng toán thời gian gián đoạn chạy tàu do một lần hư hỏng, $T_{gđi} = T_{thi}$ [h]	1,757	2,625	1,176	5,170	1,897	2,148
4.2	Cường độ phục hồi hư hỏng, $\mu_i$ , [h <sup>-1</sup> ]	0,569	0,318	0,850	0,193	0,527	0,5385
4.3	Kỳ vọng toán thời gian làm việc giữa các lần hỏng, $T_{lvi}$ , [h]	4065,60	4115,76	1945,44	18689,76	4129,20	6317,52



Bảng 3.4. Kết quả tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy tổng hợp của đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E theo từng năm và cho cả giai đoạn 1998-2001

TT	Thông số	1998	1999	2000	2001	1998-2001
1	Đầu máy D9E					
1.1	Cường độ hỏng, $\lambda_s [10^{-3}h^{-1}]$	1,617	1,334	0,841	0,966	1,066
1.2	Cường độ phục hồi, $\mu_s [h^{-1}]$	1,135	1,305	1,481	1,133	1,292
1.3	Xác suất làm việc không hỏng, P(t)	$0,99912(1+0,001425.exp(-1,136.t))$	$0,99923(1+0,00122.exp(-1,306.t))$	$0,99932(1+0,000568.exp(-1,482.t))$	$0,99912(1+0,000852.exp(-1,134.t))$	$0,99923(1+0,000825.exp(-1,293.t))$
1.4	Xác suất hỏng, Q(t)	$0,001423[1-exp(-1,136.t)]$	$0,001021[1-exp(-1,306.t)]$	$0,000567[1-exp(-1,482.t)]$	$0,000852[1-exp(-1,134.t)]$	$0,000824[1-exp(-1,293.t)]$
1.5	Hệ số sẵn sàng, $S_s$	0,99912	0,99923	0,99932	0,99912	0,99923
1.6	Hàm sẵn sàng, S(t)	$0,99912+0,001423.exp(-1,136.t)$	$0,99923+0,001021.exp(-1,306.t)$	$0,99932+0,000567.exp(-1,482.t)$	$0,99912+0,000852.exp(-1,134.t)$	$0,99923+0,000824.exp(-1,293.t)$
2	Đầu máy D13E					
2.1	Cường độ hỏng, $\lambda_s [10^{-3}h^{-1}]$	2,129	1,052	1,139	0,726	1,374
2.2	Cường độ phục hồi, $[h^{-1}]$	0,5546	0,5907	0,5290	0,6722	0,6916
2.3	Xác suất làm việc không hỏng, P(t)	$0,9962[1+0,003839.exp(-0,5567.t)]$	$0,9981[1+0,001780.exp(-0,5918.t)]$	$0,9979[1+0,002153.exp(-0,5301.t)]$	$0,9990[1+0,001080.exp(-0,6729.t)]$	$0,9980[1+0,001987.exp(-0,6930.t)]$
2.4	Xác suất hỏng, Q(t)	$0,003824[1-exp(-0,5567.t)]$	$0,001778[1-exp(-0,5918.t)]$	$0,002199[1-exp(-0,5301.t)]$	$0,001079[1-exp(-0,6729.t)]$	$0,001982[1-exp(-0,6930.t)]$
2.5	Hệ số sẵn sàng, $S_s$	0,9962	0,9981	0,9979	0,9990	0,9980
2.6	Hàm sẵn sàng, S(t)	$0,9962+0,003824.exp(-0,5567.t)$	$0,9981+0,001778.exp(-0,5918.t)$	$0,9979+0,002199.exp(-0,5301.t)$	$0,9990+0,001079.exp(-0,6729.t)$	$0,9980+0,001982.exp(-0,6930.t)$
3	Đầu máy D12E					
3.1	Cường độ hỏng, $\lambda_s [10^{-3}h^{-1}]$	1,5640	0,7057	0,6230	0,5516	0,7557
3.2	Cường độ phục hồi, $[h^{-1}]$	0,8224	1,1534	1,3881	1,1991	1,1207
3.3	Xác suất làm việc không hỏng, P(t)	$0,9881[1+1,9018.10^{-3}.exp(-0,8240.t)]$	$0,9994[1+0,6118.10^{-3}.exp(-1,1541.t)]$	$0,9996[1+0,4488.10^{-3}.exp(-1,3887.t)]$	$0,9995[1+0,4600.10^{-3}.exp(-1,1997.t)]$	$0,9993[1+0,6743.10^{-3}.exp(-1,1215.t)]$
3.4	Xác suất hỏng, Q(t)	$1,8982.10^{-3}[1-exp(-0,8240.t)]$	$0,6115.10^{-3}[1-exp(-1,1541.t)]$	$0,4486.10^{-3}[1-exp(-1,3887.t)]$	$0,4598.10^{-3}[1-exp(-1,1997.t)]$	$0,6737.10^{-3}[1-exp(-1,1215.t)]$
3.5	Hệ số sẵn sàng, $S_s$	0,9981	0,9994	0,9996	0,9995	0,9993
3.6	Hàm sẵn sàng, S(t)	$0,9981+1,8982.10^{-3}.exp(-0,8240.t)$	$0,9994+0,6115.10^{-3}.exp(-1,1541.t)$	$0,9996+0,4486.10^{-3}.exp(-1,3887.t)$	$0,9995+0,4598.10^{-3}.exp(-1,1997.t)$	$0,9993+0,6739.10^{-3}.exp(-1,1215.t)$
4	Đầu máy D18E					
4.1	Cường độ hỏng, $\lambda_s [10^{-3}h^{-1}]$	1,696	1,214	1,527	0,829	1,2987
4.2	Cường độ phục hồi, $[h^{-1}]$	0,474	0,498	0,592	0,521	0,5385
4.3	Xác suất làm việc không hỏng, P(t)	$0,9964[1+3,5781.10^{-3}.exp(-0,47570.t)]$	$0,9976[1+2,4378.10^{-3}.exp(-0,49921.t)]$	$0,9974[1+2,5794.10^{-3}.exp(-0,59353.t)]$	$0,9984[1+1,5912.10^{-3}.exp(-0,52183.t)]$	$0,9976[1+2,4117.10^{-3}.exp(-0,53980.t)]$
4.4	Xác suất hỏng, Q(t)	$3,5653.10^{-3}[1-exp(-0,47570.t)]$	$2,4318.10^{-3}[1-exp(-0,49921.t)]$	$2,5728.10^{-3}[1-exp(-0,59353.t)]$	$1,5886.10^{-3}[1-exp(-0,52183.t)]$	$2,4059.10^{-3}[1-exp(-0,53980.t)]$
4.5	Hệ số sẵn sàng, $S_s$	0,9964	0,9976	0,9974	0,9984	0,9976
4.6	Hàm sẵn sàng, S(t)	$0,9964+3,5781.10^{-3}.exp(-0,47570.t)$	$0,9976+2,4378.10^{-3}.exp(-0,49921.t)$	$0,9974+2,5794.10^{-3}.exp(-0,59353.t)$	$0,9984+1,5912.10^{-3}.exp(-0,52183.t)$	$0,9976+2,4117.10^{-3}.exp(-0,53980.t)$

Bảng 3.5. Kết quả tính toán hàm tin cậy của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E theo hai phương án tổng hợp cho cả giai đoạn 1998-2001

TT	Các thông số	D9E	D13E	D12E	D18E
	Phương án 1 Không xét quá trình phục hồi				
1	Hàm tin cậy P(t)	$t = [10^3 \text{ h}]$	$t = [10^3 \text{ h}]$	$t = [10^3 \text{ h}]$	$t = [10^3 \text{ h}]$
1.1	Phân hệ động cơ diesel	$P_1(t) = \exp(-0,294.t)$	$P_1(t) = \exp(-0,1524.t)$	$P_1(t) = \exp(-0,265.t)$	$P_1(t) = \exp(-0,514.t)$
1.2	Phân hệ truyền động điện	$P_2(t) = \exp(-0,156.t)$	$P_2(t) = \exp(-0,1258.t)$	$P_2(t) = \exp(-0,241.t)$	$P_2(t) = \exp(-0,246.t)$
1.3	Phân hệ bộ phận chạy	$P_3(t) = \exp(-0,139.t)$	$P_3(t) = \exp(-0,1015.t)$	$P_3(t) = \exp(-0,305.t)$	$P_3(t) = \exp(-0,0535.t)$
1.4	Phân hệ trang thiết bị phụ	$P_4(t) = \exp(-0,241.t)$	$P_4(t) = \exp(-0,1604.t)$	$P_4(t) = \exp(-0,279.t)$	$P_4(t) = \exp(-0,2422.t)$
1.5	Phân hệ điều khiển	$P_5(t) = \exp(-0,236.t)$	$P_5(t) = \exp(-0,2156.t)$	$P_5(t) = \exp(-0,284.t)$	$P_5(t) = \exp(-0,243.t)$
1.6	Tổng hợp cho đầu máy	$P_6(t) = \exp(-1,066.t)$	$P_6(t) = \exp(-0,7557.t)$	$P_6(t) = \exp(-1,374.t)$	$P_6(t) = \exp(-1,2987.t)$
	Phương án 1 Có xét tới quá trình phục hồi				
	Hàm tin cậy P(t)	$t = [\text{h}]$	$t = [\text{h}]$	$t = [\text{h}]$	$t = [\text{h}]$
2.1	Phân hệ động cơ diesel	$0,9998[1+0,2085.10^{-3}.\exp(-1,4093.t)]$	$0,9996[1+0,4206.10^{-3}.\exp(-0,6253.t)]$	$0,9999[1+0,0931.10^{-3}.\exp(-1,6372.t)]$	$0,9994[1+0,6047.10^{-3}.\exp(-0,85051.t)]$
2.2	Phân hệ truyền động điện	$0,9998[1+0,1764.10^{-3}.\exp(-0,8852.t)]$	$0,9996[1+0,4017.10^{-3}.\exp(-0,5954.t)]$	$0,9999[1+0,1139.10^{-3}.\exp(-1,1051.t)]$	$0,9996[1+0,4323.10^{-3}.\exp(-0,56925.t)]$
2.3	Phân hệ bộ phận chạy	$0,9999[1+0,1030.10^{-3}.\exp(-1,3511.t)]$	$0,9997[1+0,2563.10^{-3}.\exp(-1,1913.t)]$	$0,9999[1+0,0552.10^{-3}.\exp(-1,8381.t)]$	$0,9997[1+0,2772.10^{-3}.\exp(-0,19305.t)]$
2.4	Phân hệ trang thiết bị phụ	$0,9998[1+0,1734.10^{-3}.\exp(-1,3892.t)]$	$0,9995[1+0,4574.10^{-3}.\exp(-0,6063.t)]$	$0,9998[1+0,1770.10^{-3}.\exp(-0,9062.t)]$	$0,9995[1+0,4596.10^{-3}.\exp(-0,52724.t)]$
2.5	Phân hệ điều khiển	$0,9998[1+0,1628.10^{-3}.\exp(-1,4492.t)]$	$0,9996[1+0,4508.10^{-3}.\exp(-0,6253.t)]$	$0,9998[1+0,2351.10^{-3}.\exp(-0,9172.t)]$	$0,9994[1+0,6378.10^{-3}.\exp(-0,38124.t)]$
2.6	Tổng hợp cho đầu máy	$0,9992[1+0,8243.10^{-3}.\exp(-1,2931.t)]$	$0,9980[1+1,9997.10^{-3}.\exp(-0,6883.t)]$	$0,9993[1+0,6743.10^{-3}.\exp(-1,1215.t)]$	$0,9976[1+2,4117.10^{-3}.\exp(-0,53980.t)]$

Bảng 3.6. Kết quả tính toán xác suất giới hạn do hư hỏng của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E theo từng năm và tổng hợp cho cả giai đoạn 1998-2001

TT	Năm	Xác suất chuyển tiếp của đầu máy sang trạng thái không làm việc do hư hỏng của:																							
		Xác suất chuyển tiếp của đầu máy sang trạng thái làm việc, $P_1$ .				Hệ thống động cơ diesel, $P_3[10^{-3}]$ .				Hệ thống truyền động điện, $P_4[10^{-3}]$ .				Hệ thống bộ phận chạy, $P_5[10^{-3}]$ .				Hệ thống trang thiết bị phụ, $P_6[10^{-3}]$ .				Hệ thống điều khiển, $P_{10}[10^{-3}]$ .			
		D9E	D13E	D12E	D18E	D9E	D13E	D12E	D18E	D9E	D13E	D12E	D18E	D9E	D13E	D12E	D18E	D9E	D13E	D12E	D18E	D9E	D13E	D12E	D18E
1	1998	0,9986	0,9962	0,9981	0,9964	0,4800	1,7153	0,1308	0,7890	0,3069	0,6392	0,4133	-	0,2044	-	0,1083	-	0,1404	1,0482	0,3529	1,5705	0,2912	0,4214	0,8929	1,2034
2	1999	0,9990	0,9982	0,9994	0,9976	0,1902	0,4528	0,1210	1,0573	0,3579	0,2163	0,1651	0,3887	0,1135	-	-	-	0,1633	0,3979	0,1868	0,6286	0,1965	0,7112	0,1386	0,3576

3	2000	0,9994	0,9979	0,9996	0,9974	0,1563	0,2042	0,0795	0,8392	0,1771	0,9600	0,1055	0,7173	-	0,0227	-	0,1520	0,5346	0,1052	0,1765	0,0821	0,4499	0,1358	0,8404	
4	2001	0,9992	0,9989	0,9995	0,9984	0,2055	0,4618	0,0079	0,3737	0,1235	-	0,0646	0,3370	-	-	0,2702	0,1809	0,2867	0,1350	0,2746	0,3049	0,3360	0,1823	0,3328	
5	1998-2001	0,9992	0,9980	0,9993	0,9976	0,2083	0,4198	0,0930	0,6032	0,1771	0,4009	0,1138	0,4313	0,1029	0,2558	0,0552	0,2765	0,1732	0,4565	0,1769	0,4585	0,1626	0,4499	0,2350	0,6363



Bảng 3.7. Kết quả tính toán các xác suất giới hạn do hư hỏng của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E tổng hợp cho cả giai đoạn 1998-2001

TT	Các thông số	D9E	D13E	D12E	D18E
I	Xác suất chuyển tiếp của đầu máy sang trạng thái làm việc $P_1$ .	0,99236	0,98941	0,9993	0,9976
II	Xác suất chuyển tiếp của đầu máy sang trạng thái không làm việc do hư hỏng của:				
2.1	Phân hệ động cơ diesel $P_3$	0,002323	0,002731	0,0930	0,6032
2.2	Phân hệ truyền động điện $P_5$	0,001128	0,000989	0,1138	0,4313
2.3	Phân hệ bộ phận chạy $P_7$	0,000294	0,000109	0,0552	0,2765
2.4	Phân hệ trang thiết bị phụ $P_9$	0,002113	0,003288	0,1769	0,4585
2.5	Phân hệ điều khiển $P_{10}$	0,001779	0,003543	0,2350	0,6363

Bảng 3.8. Mức độ tin cậy của các phân hệ thống trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E trong giai đoạn 1998-2001

Mức tin cậy	D9E	D13E	D12E	D18E
1	Phân hệ bộ phận chạy	Phân hệ bộ phận chạy	Phân hệ bộ phận chạy	Phân hệ bộ phận chạy
2	Phân hệ điều khiển	Phân hệ truyền động điện	Phân hệ động cơ diesel	Phân hệ truyền động điện
3	Phân hệ trang thiết bị phụ	Phân hệ động cơ diesel	Phân hệ truyền động điện	Phân hệ trang thiết bị phụ
4	Phân hệ truyền động điện	Phân hệ điều khiển	Phân hệ trang thiết bị phụ	Phân hệ động cơ diesel
5	Phân hệ động cơ diesel	Phân hệ trang thiết bị phụ	Phân hệ điều khiển	Phân hệ điều khiển

3.2.3.2. Độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy với tư cách là các phần tử liên kết nối tiếp có phục hồi của hệ thống

Khi coi các phân hệ trên đầu máy là các phần tử liên kết nối tiếp có phục hồi, tức là có xét tới cường độ phục hồi  $\mu$ , hàm tin cậy của từng phân hệ và của tổng thể hệ thống-đầu máy được xác định theo các biểu thức (5), (7) bảng 3.2. Kết quả tính toán được cho trong bảng 3.5.

Các đồ thị hàm tin cậy  $P(t)$  của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E với tư cách là các phần tử có phục hồi và của tổng thể hệ thống-đầu máy trong giai đoạn 1998-2001 (phương án 2) được thể hiện trên các hình 3.7-3.10.

3.2.3.3. Xác suất giới hạn do hư hỏng của các phân hệ trên đầu máy

Khi coi các phân hệ trên đầu máy là các phần tử liên kết nối tiếp có phục hồi, tức là có xét tới cường độ phục hồi  $\mu$ , xác suất giới hạn của từng phân hệ và của tổng thể hệ thống-đầu máy được xác định theo các biểu thức (9) - (11) bảng 3.2.

Kết quả tính toán xác suất giới hạn do hư hỏng của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E theo từng năm và tổng hợp cho cả giai đoạn 1998-2001 được thể hiện trong bảng 3.6.

Kết quả tính toán các xác suất giới hạn do hư hỏng của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E tổng hợp cho cả giai đoạn 1998-2001 được thể hiện trong bảng 3.7.

Mức độ tin cậy của các phân hệ thống trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E trong giai đoạn 1998-2001 được thể hiện trong bảng 3.8.

### **3.2.4. Nhận xét về các thông số độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy D9E, D13E, D12E và D18E**

1. Nhìn một cách tổng quát thấy rằng, độ tin cậy tổng hợp của đầu máy D12E là cao nhất, sau đó đến D18E, D9E và cuối cùng đầu máy D13E có độ tin cậy là thấp nhất.

2. Độ tin cậy của các phân hệ trên mỗi loại đầu máy là khác nhau, nhưng có một điểm chung, đó là phân hệ bộ phận chạy của tất cả các loại đầu máy đã khảo sát có độ tin cậy vận hành là cao nhất. Có thể so sánh độ tin cậy của các phân hệ trên mỗi loại đầu máy thông qua kết quả xếp thứ tự trong bảng 3.8 hoặc các đồ thị 3.3 - 3.10.

3. Đối với 2 phân hệ đặc trưng của đầu máy diesel truyền động điện, thấy rằng:

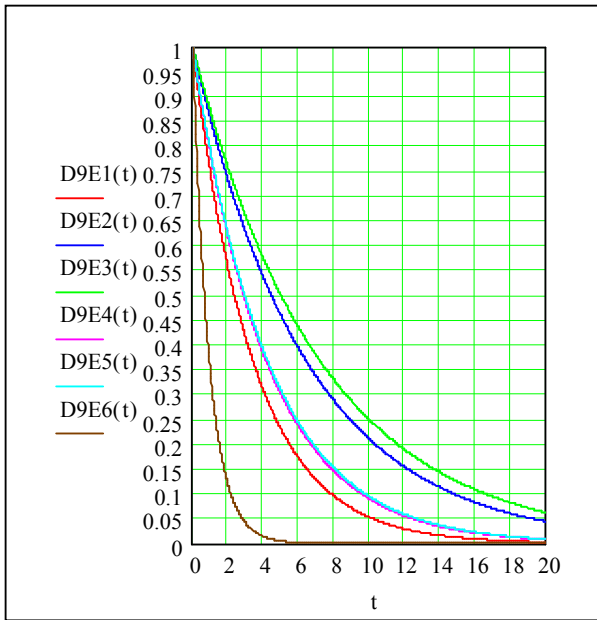
a- Phân hệ truyền động điện trên đầu máy D13E và D18E có độ tin cậy tương đối cao, đứng thứ hai so với các phân hệ khác, mặt khác cao hơn so với độ tin cậy của phân hệ truyền động điện trên đầu máy D12E và D9E. Phân hệ truyền động điện của đầu máy D12E và D9E có độ tin cậy tương đối thấp, đứng thứ ba và thứ tư so với các phân hệ khác trên đầu máy.

b- Phân hệ điều khiển của các loại đầu máy D13E, D12E và D18E có độ tin cậy tương đương nhau và tương đối thấp, đứng thứ 4 và thứ 5 so với các phân hệ khác trên đầu máy, trong đó độ tin cậy của phân hệ điều khiển trên đầu máy D12E và D18E là thấp nhất.

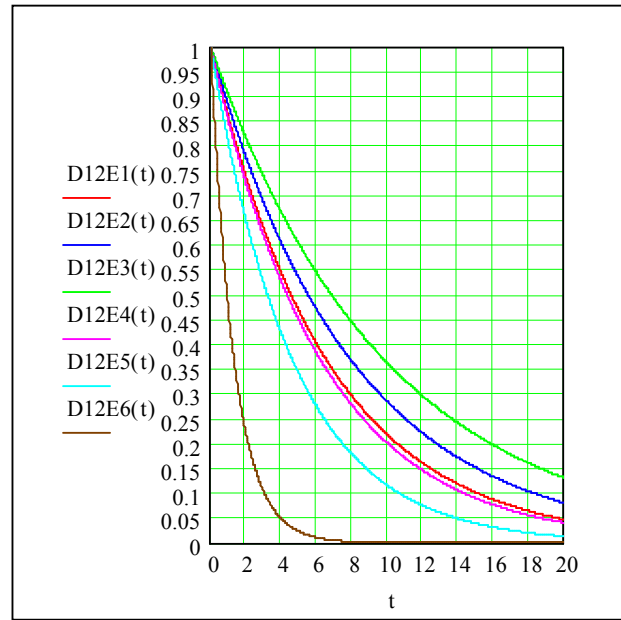
4. Các chỉ tiêu độ tin cậy nêu trên là cơ sở cho việc phân tích, so sánh độ tin cậy làm việc của các phân hệ trong một loại đầu máy và giữa các loại đầu máy với nhau, và là cơ sở cho việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của độ tin cậy vận dụng đầu máy tới chất lượng và hiệu quả vận tải đường sắt.

5. Nhìn chung, mặc dù độ tin cậy tổng hợp của đầu D12E là lớn nhất, nhưng độ tin cậy của phân hệ truyền động điện và điều khiển trên đầu máy D12E lại hầu như thấp nhất so với các hệ thống khác trên đầu máy. Như vậy, có thể thấy, phân hệ truyền động điện và đặc biệt là phân hệ điều khiển trên các loại đầu máy diesel TĐĐ đã khảo sát hiện là một trong những khâu xung yếu nhất, cần phải được quan tâm hơn trong quá trình sử dụng, bảo dưỡng và sửa chữa.

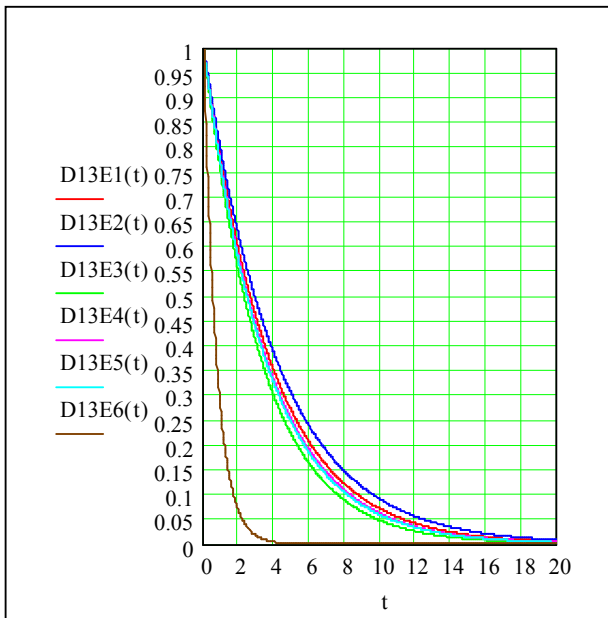
6. Đây là lần đầu tiên vấn đề độ tin cậy được tiến hành khảo sát, nghiên cứu một cách có hệ thống và tương đối toàn diện đối với các loại đầu máy diesel truyền động điện công suất lớn đang sử dụng ở Việt Nam.



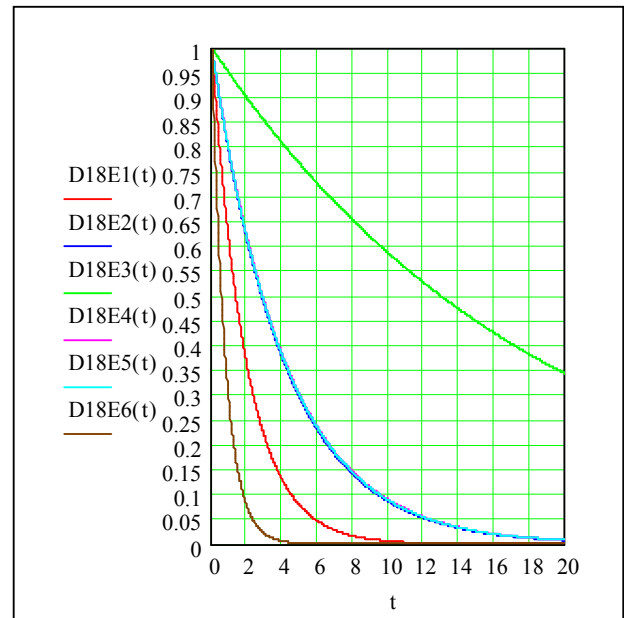
**Hình 3.3.** Xác suất làm việc không hỏng của các phân hệ và của tổng thể đầu máy D9E giai đoạn 1998-2001 không xét tới cường độ phục hồi,  $t = [10^3 \text{ h}]$



**Hình 3.4.** Xác suất làm việc không hỏng của các phân hệ và của tổng thể đầu máy D12E giai đoạn 1998-2001 không xét tới cường độ phục hồi,  $t = [10^3 \text{ h}]$



**Hình 3.5.** Xác suất làm việc không hỏng của các phân hệ và của tổng thể đầu máy D13E giai đoạn 1998-2001 không xét tới cường độ phục hồi,  $t = [10^3 \text{ h}]$

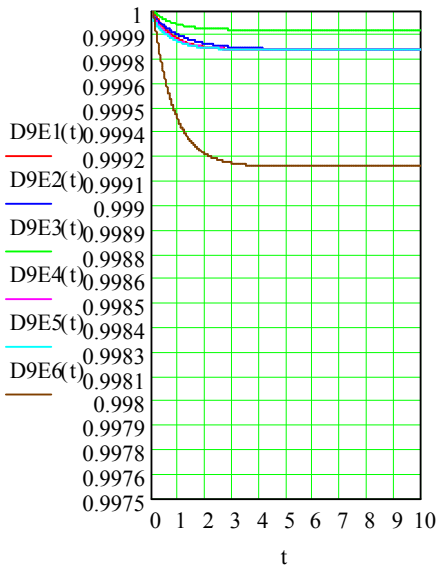


**Hình 3.6.** Xác suất làm việc không hỏng của các phân hệ và của tổng thể đầu máy D18E giai đoạn 1998-2001 không xét tới cường độ phục hồi,  $t = [10^3 \text{ h}]$

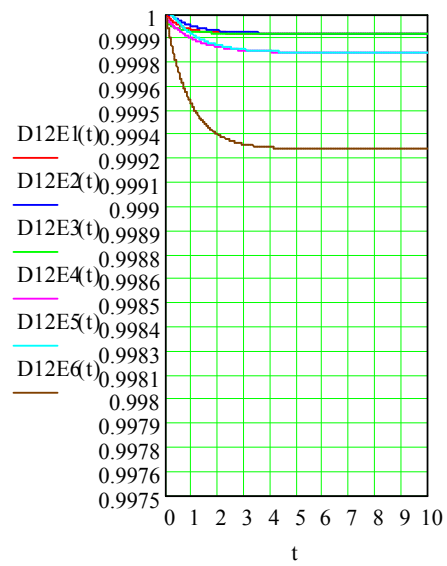
**Ghi chú:**

- 1- Phân hệ động cơ diesel
- 3- Phân hệ bộ phận chạy
- 5- Phân hệ điều khiển

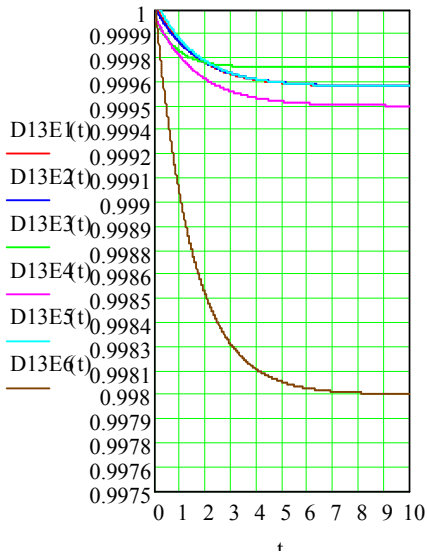
- 2- Phân hệ truyền động điện
- 4- Phân hệ trang thiết bị phụ
- 6- Tổng thể hệ thống-đầu máy



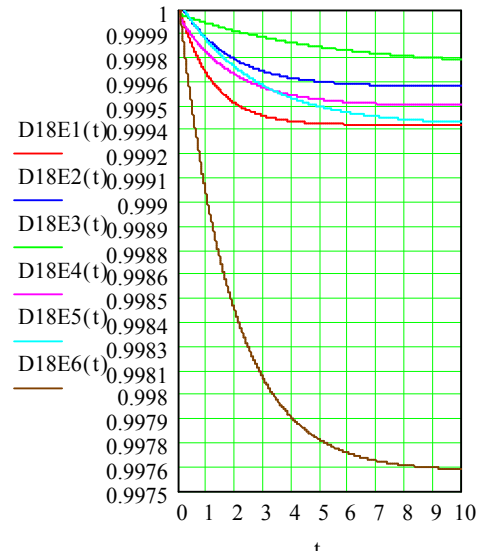
**Hình 3.7. Xác suất làm việc không hỏng của các phân hệ và của tổng thể đầu máy D9E giai đoạn 1998-2001 có xét tới cường độ phục hồi,  $t=[h]$**



**Hình 3.8. Xác suất làm việc không hỏng của các phân hệ và của tổng thể đầu máy D12E giai đoạn 1998-2001 có xét tới cường độ phục hồi,  $t=[h]$**



**Hình 3.9. Xác suất làm việc không hỏng của các phân hệ và của tổng thể đầu máy D13E giai đoạn 1998-2001 có xét tới cường độ phục hồi,  $t=[h]$**



**Hình 3.10. Xác suất làm việc không hỏng của các phân hệ và của tổng thể đầu máy D18E giai đoạn 1998-2001 có xét tới cường độ phục hồi,  $t=[h]$**

**Ghi chú:**  
 1- Phân hệ động cơ diesel  
 3- Phân hệ bộ phận chạy  
 5- Phân hệ điều khiển

2- Phân hệ truyền động điện  
 4- Phân hệ trang thiết bị phụ  
 6- Tổng thể của hệ thống-đầu máy



## CHƯƠNG IV

### ĐỘ TIN CẬY CỦA ĐẦU MÁY NHƯ MỘT PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT

#### 4.1. Một số chỉ tiêu độ tin cậy của các thiết bị kỹ thuật trong hệ thống vận tải đường sắt

##### 4.1.1. Khái niệm chung

Giao thông vận tải đường sắt là một hệ thống vận tải phức hợp cấu thành từ toàn bộ các trang thiết bị kỹ thuật liên quan tương hỗ với nhau trong một quá trình công nghệ thống nhất là vận tải hành khách và hàng hoá. Các trang thiết bị kỹ thuật ở đây là đầu máy, toa xe, thông tin, tín hiệu, cầu, đường..., trong đó mỗi thiết bị nêu trên là một phần tử của hệ thống vận tải đường sắt thực hiện một nhiệm vụ xác định trong quá trình công nghệ vận tải. Để đánh giá độ tin cậy làm việc của hệ thống này trước hết cần phải xác định các chỉ tiêu đặc trưng cho độ tin cậy của từng phần tử trong hệ thống đó.

Đặc điểm của việc xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của các phần tử trong hệ thống vận tải là ở chỗ các phần tử cố định (các trang thiết bị cố định) lại được cấu thành từ các trang thiết bị, các bộ phận liên kết với nhau trên toàn bộ chiều dài tuyến đường, còn khi xác định độ tin cậy của các phần tử di động (các trang thiết bị di động) là đầu máy, toa xe thì lại cần xem xét toàn bộ số lượng đầu máy, toa xe vận dụng cần thiết cho việc thực hiện khối lượng vận tải cho trước của tuyến đường.

Độ tin cậy của các thiết bị trong hệ thống ảnh hưởng tới chất lượng hoạt động của hệ thống, tới hiệu quả cuối cùng (hiệu quả đầu ra) và các chỉ tiêu kinh tế về hoạt động của các bộ phận và các khu đoạn đường sắt.

Khi đầu máy, toa xe, thông tin, tín hiệu, cầu, đường bị mất khả năng làm việc thì cần phải phục hồi hoặc thay thế các bộ phận và chi tiết của chúng, hoặc phải điều chỉnh chúng trong thời gian giữa các lần bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa theo kế hoạch, hoặc trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa.

Đặc trưng của các thiết bị kỹ thuật là một trong những biến cố (biểu hiện) sau đây:

- Không thực hiện được các chỉ tiêu của biểu đồ chạy tàu (trọng lượng đoàn tàu, tốc độ, thời gian chạy trên các khu gian, số lần dừng tàu, thời gian gián đoạn chạy tàu v.v...).
- Sự cần thiết phải phục hồi khả năng làm việc của đầu máy, toa xe, của các thiết bị cố định mà không làm gián đoạn biểu đồ chạy tàu.
- Sự cần thiết phải thực hiện sửa chữa ngoài kế hoạch (đột xuất).
- Sự gia tăng khối lượng sửa chữa (phục hồi, thay thế, điều chỉnh bất kỳ thiết bị kỹ thuật nào) trong bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ dẫn đến làm tăng thời gian dừng sửa chữa.

Xét theo sự ảnh hưởng tới các chỉ tiêu kinh tế và khai thác (vận dụng) của tuyến thì hư hỏng của các trang thiết bị kỹ thuật được chia làm hai nhóm:

Nhóm 1: Các hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật gây ra gián đoạn chạy tàu làm ảnh hưởng lớn nhất tới các chỉ tiêu vận dụng và chỉ tiêu kinh tế của khu đoạn.

Nhóm 2: Các hư hỏng không phá vỡ biểu đồ chạy tàu nhưng làm giảm xấu các chỉ tiêu sử dụng đầu máy, toa xe, giảm hiệu quả sử dụng của các quỹ cơ bản, giảm năng suất lao động và tăng giá thành vận tải.

Các chỉ tiêu độ tin cậy được sử dụng để phân tích về mặt chất lượng và số lượng các hư hỏng, đánh giá mức tin cậy thực tế của đầu máy, toa xe, thông tin, tín hiệu, cầu và đường trong các điều kiện vận dụng (khai thác) của chúng hoặc để xác định hiệu quả kinh tế của các biện pháp nâng cao độ tin cậy của các thiết bị cố định.

##### 4.1.2. Các chỉ tiêu độ tin cậy tổng hợp của thiết bị kỹ thuật trên đường sắt

1. Xác suất làm việc không hỏng của các đối tượng sửa chữa trong khoảng thời gian làm việc từ  $t_1$  đến  $t_2$  (đối với dòng hỏng Poát-xông):

$$P(t_1, t_2) = \exp \left[ - \int_{t_1}^{t_2} \omega(t) dt \right], \quad (4.1)$$

Trong đó:  $\omega(t)$  - Mật độ xác suất xuất hiện hư hỏng của đối tượng phục hồi.

2. Thông số dòng hỏng của đầu máy và các thiết bị cố định được xác định theo số liệu thống kê, bằng tỷ số của tổng số hư hỏng của mỗi đối tượng trong tập quan trắc trong khoảng thời gian làm việc đủ nhỏ với số lượng các đối tượng trong tập và trị số bước của thời gian làm việc:

$$\omega(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N_n} m_i(t)}{N_n \Delta t}, \quad (4.2)$$

Trong đó:

$m_i(t)$  - Số hư hỏng trên mỗi đối tượng thứ  $i$  của tập quan trắc trong khoảng thời gian  $\Delta t$ ;  
 $N_n$  - Số đối tượng bị hư hỏng trong khoảng thời gian  $\Delta t$ .

3. Thông số dòng hỏng của toa xe có thể xác định bằng công thức:

$$\omega(t) = \frac{n \delta_1}{\sum nS}, \quad (4.3)$$

Trong đó:

$n$  - Số hư hỏng của toa xe dẫn đến phải dừng tàu trên cung đoạn khảo sát trong khoảng thời gian  $t$ ;

$\delta_1$  - Hệ số mức chính xác đánh giá;

$\sum nS$  - Khối lượng toa xe-km thực hiện được trên cung đoạn sau khoảng thời gian  $t$ .

4. Thời gian làm việc tới hỏng của thiết bị kỹ thuật được xác định trên cơ sở thống kê:

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\sum_{i=1}^N m_i(t)}, \quad (4.4)$$

Trong đó:  $m_i(t)$  - Số hư hỏng của đối tượng thứ  $i$  trong quá trình quan trắc.

5. Thời gian phục hồi trung bình của các thiết bị kỹ thuật bị hư hỏng:

$$T_B = \sum_{j=1}^m \frac{\tau_j}{m}, \quad (4.5)$$

Trong đó:

$\tau_j$  - Thời gian phục hồi thiết bị kỹ thuật sau hư hỏng thứ  $j$ ;

$m$  - Số hư hỏng của  $N$  đối tượng quan trắc trong quá trình quan trắc.

6. Hệ số sẵn sàng:

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^N t_{pi}}{\left( \sum_{i=1}^N t_{pi} + \sum_{j=1}^m \tau_j \right)}, \quad (4.6)$$

Trong đó:

$t_{pi}$  - Thời gian đối tượng thứ  $i$  nằm ở trạng thái làm việc;

$\tau_j$  - Thời gian phục hồi khả năng làm việc của đối tượng thứ  $i$  sau hư hỏng thứ  $j$ .

7. Hệ số sử dụng kỹ thuật:

$$K_{KT} = \frac{\sum_{i=1}^N t_{pi}}{\left( \sum_{i=1}^N t_{pi} + \sum_{i=1}^N \theta_{0i} + \sum_{i=1}^N \theta_{pi} + \sum_{j=1}^m \tau_j \right)}, \quad (4.7)$$

Trong đó:

$\theta_{0i}, \theta_{pi}$  - Thời gian dừng của đối tượng thứ  $i$  ở cấp bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa.

8. Giờ công trung bình phục hồi khả năng làm việc của các thiết bị kỹ thuật sau khi bị hư hỏng:

$$W_B = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m W_j}{\sum_{i=1}^N m_i(t)}, \quad (4.8)$$

Trong đó:  $W_j$  - Giờ công phục hồi khả năng làm việc của đối tượng thứ  $i$  sau hư hỏng thứ  $j$ .

9. Chi phí trung bình cho việc phục hồi khả năng làm việc của các thiết bị kỹ thuật sau khi bị hư hỏng:

$$C_B = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m C_j}{\sum_{i=1}^N m_i(t)}, \quad (4.9)$$

Trong đó:  $C_j$  - Chi phí phục hồi khả năng làm việc của đối tượng thứ  $i$  sau hư hỏng thứ  $j$ .

#### **4.1.3. Các chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng của đầu máy khi vận hành trên tuyến và phương pháp xác định**

Các chỉ tiêu cơ bản liên quan đến độ tin cậy vận dụng bao gồm:

1. Các hư hỏng do đầu máy gây ra trên đường vận hành dẫn đến phá vỡ biểu đồ chạy tàu, gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện đầu máy

Tổng số hư hỏng của đầu máy gây gián đoạn chạy tàu nói chung

$$m_{gd} = \sum_{i=1}^n m_{i,gd}, \quad (4.10)$$

Tổng số hư hỏng của đầu máy gây cứu viện

$$m_{cv} = \sum_{i=1}^n m_{i,cv}, \quad (4.11)$$

Trong đó:

$m_{gd}, m_{cv}$  - Tổng số hư hỏng của đầu máy gây gián đoạn chạy tàu nói chung và gây cứu viện trong khoảng thời gian khảo sát (tháng, quý, năm, giai đoạn);

$m_{i,gd}, m_{i,cv}$  - Số hư hỏng của đầu máy thứ  $i$  gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện trong khoảng thời gian khảo sát.

$n$  - Số lượng đầu máy tham gia vận dụng

2. Quãng đường chạy trung bình ngày đêm của đầu máy

$$S_{ngd}^{tb} = \frac{S_{tong}}{N_{vd} \cdot T_{ng}} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_i \cdot L_i}{N_{vd} \cdot T_{ng}} \right), \text{ km/ngày đêm}; \quad (4.12)$$

Trong đó:



$$S_{tong} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot L_i - \text{Tổng quãng đường chạy của đầu máy trong khoảng thời gian khảo}$$

sát, km; 0

$N_i$  - Số đôi tàu do đầu máy thứ  $i$  kéo trong khoảng thời gian khảo sát;

$L_i$  - Chiều dài đường quay vòng do đầu máy thứ  $i$  thực hiện kéo các đôi tàu  $N_i$ ;

$N_{vd}$  - Số lượng đầu máy vận dụng trong khoảng thời gian khảo sát;

$T_{ng}$  - Khoảng thời gian khảo sát, tính bằng ngày đêm.

3. Quãng đường chạy trung bình của đầu máy giữa các lần xảy ra hư hỏng gây gián đoạn chạy tàu nói chung và gây cứu viện nói riêng

a- Gây gián đoạn chạy tàu:

$$L_{gd}^{tb} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_i \cdot L_i}{m_{gd}} \right), \text{ km;} \quad (4.13)$$

b- Gây cứu viện:

$$L_{cv}^{tb} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_i \cdot L_i}{m_{cv}} \right), \text{ km;} \quad (4.14)$$

4. Mật độ thời gian gián đoạn chạy tàu trung bình do hư hỏng của đầu máy gây ra

$$T_{gd} = \frac{T_{tong}}{S_{tong}} = \left( \frac{\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^n T_{ji}}{\sum_{i=1}^n N_i \cdot L_i} \right), \text{ phút}/10^3 \text{ km;} \quad (4.15)$$

Trong đó:

$$T_{tong} = \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^n T_{ji} - \text{Tổng thời gian gián đoạn chạy tàu do hư hỏng thứ } j \text{ của đầu máy thứ}$$

$i$  gây ra trong khoảng thời gian khảo sát, phút.

5. Thời gian dừng tàu trung bình do một lần hư hỏng của đầu máy gây nên (thời gian phục hồi)

$$T_d^{tb} = T_{ph}^{tb} = \frac{T_{tong}}{m_{gd}} = \left( \frac{\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^n T_{ji}}{\sum_{i=1}^n m_i} \right), \text{ phút/ 1 lần hư hỏng gây gián đoạn chạy tàu;} \quad (4.16)$$

6. Thời gian dừng tàu trung bình trong một ngày đêm do hư hỏng của đầu máy gây nên

$$T_{ngd}^{tb} = \frac{T_{tong}}{T_{ngd}} = \left( \frac{\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^n T_{ji}}{T_{ngd}} \right), \text{ phút;} \quad (4.17)$$

7. Thời gian trung bình giữa các lần xảy ra hư hỏng gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện

a- Gây gián đoạn chạy tàu:

$$T_{gd}^{tb} = \left( \frac{T_{ngd} \cdot 24}{m_{gd}} \right), \text{ giờ;} \quad (4.18)$$

b- Gây cứu viện:

$$T_{cv}^{ib} = \left( \frac{T_{ngd} \cdot 24}{m_{cv}} \right), \text{ giờ}; \quad (4.19)$$

Trong đó:

$T_{ngd}$  - Khoảng thời gian khảo sát, tính bằng ngày đêm;

24- Số giờ trong một ngày đêm, h.

8. Thông số dòng hỏng gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện

a- Gây gián đoạn chạy tàu:

$$\lambda_{gd} = \left( \frac{m_{gd}}{\sum_{i=1}^n N_i \cdot L_i} \right) = \left( \frac{\sum_{i=1}^n m_{i,gd}}{\sum_{i=1}^n N_i \cdot L_i} \right), 1/10^6; \quad (4.20)$$

b- Gây cứu viện:

$$\lambda_{cv} = \left( \frac{m_{cv}}{\sum_{i=1}^n N_i \cdot L_i} \right) = \left( \frac{\sum_{i=1}^n m_{i,cv}}{\sum_{i=1}^n N_i \cdot L_i} \right), 1/10^6; \quad (4.21)$$

9. Độ tin cậy vận dụng của đầu máy (xác suất xuất hiện hư hỏng của đầu máy trên đường vận hành gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện).

$$F_i = 1 - \exp(-\lambda_{ij}t); \quad (4.22)$$

$$\text{và} \quad F_i = 1 - \exp(-\mu_{ij}t); \quad (4.23)$$

Trong đó:

$$\lambda_{ij} = \left( \frac{1}{T_{h_i}} \right) - \text{Thông số dòng hỏng}; \quad (4.24)$$

$$\mu_{ij} = \left( \frac{1}{T_{ph_i}} \right) - \text{Thông số dòng phục hồi}; \quad (4.25)$$

Trong các chỉ tiêu nêu trên, chỉ tiêu thông số dòng hỏng gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện và chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng là hai chỉ tiêu đặc trưng nhất, phản ánh một cách tổng hợp chất lượng vận dụng và khai thác của đầu máy trong quá trình vận hành kéo đoàn tàu trên tuyến. Tuy nhiên, trong nhiều năm qua các chỉ tiêu này vẫn chưa được quan tâm nghiên cứu và chưa được đưa vào phân tích trong quá trình đánh giá chất lượng khai thác đầu máy nói chung và đặc biệt trong việc phân tích, đánh giá chất lượng vận dụng và khai thác đầu máy khi vận hành trên tuyến nói riêng.

#### **4.1.4. Mô hình tổng quát xây dựng chương trình xử lý số liệu thống kê thời gian gián đoạn chạy tàu do hư hỏng của đầu máy gây ra trên đường vận hành**

Khi nghiên cứu độ tin cậy vận dụng của đầu máy người ta quan tâm đến khoảng thời gian đầu máy phải ngừng hoạt động khi đang vận hành trên tuyến do hư hỏng hoặc trục trặc của các chi tiết hoặc bộ phận của đầu máy gây ra. Khoảng thời gian ngừng hoạt động này chính là thời gian gây ra chậm tàu, làm phá vỡ biểu đồ chạy tàu, hay còn gọi là thời gian gián đoạn chạy tàu. Khoảng thời gian đầu máy phải ngừng hoạt động được phân ra:

1- Thời gian gián đoạn chạy tàu gây cứu viện đầu máy. Trong trường hợp này hư hỏng xảy ra không thể khắc phục được tại chỗ, đòi hỏi phải điều động cứu viện đầu máy (CV);

2- Thời gian gián đoạn chạy tàu để khắc phục hư hỏng vừa xảy ra, và hư hỏng đó được khắc phục tại chỗ, hay còn gọi là thời gian phục hồi (PH);

3- Thời gian tổng cộng cho cả hai trường hợp trên, gọi chung là thời gian gián đoạn chạy tàu (GD).

Các tập đơn vị trong trường hợp này thường được cấu thành từ các số liệu thống kê về thời gian gián đoạn chạy tàu gây cứu viện, thời gian phục hồi cho từng loại đầu máy gây ra theo từng năm. Việc tổng hợp bao gồm:

- a- Tổng hợp thời gian cứu viện, thời gian phục hồi cho từng loại đầu máy trong từng năm và trong toàn bộ quá trình khảo sát (trong một số năm hoặc nhiều năm);
- b- Tổng hợp thời gian gián đoạn nói chung (GD = CV+PH) cho từng loại đầu máy trong toàn bộ quá trình khảo sát;
- c- Tổng hợp cho từng Xí nghiệp Đầu máy theo (a) và (b);
- d- Tổng hợp cho từng Liên hợp (trước năm 2002) hoặc cho từng Công ty Vận tải đường sắt (sau năm 2002) theo (a) và (b);
- e- Tổng hợp cho từng loại đầu máy trong toàn ngành theo (a) và (b).

Mô hình tổng quát xây dựng chương trình xử lý số liệu thống kê thời gian gián đoạn chạy tàu do hư hỏng của đầu máy gây ra trên đường vận hành được thể hiện trong bảng 4.1.

*Cần lưu ý rằng, mô hình trong bảng 4.1 được thiết lập để nghiên cứu ở thời điểm trước năm 2002, khi cơ cấu tổ chức của ngành đường sắt chưa thay đổi. Đến nay, khi cơ cấu tổ chức đã thay đổi, thay vì xét cho các Liên hợp, có thể tiến hành xét cho các Công ty Vận tải hàng hoá hoặc hành khách.*

**4.1.5. Vấn đề khảo sát, thu thập và xử lý số liệu thống kê về hư hỏng của đầu máy gây gián đoạn chạy tàu trên các khu đoạn**

Việc khảo sát và thu thập số liệu thống kê các hư hỏng của đầu máy trong quá trình vận dụng gây gián đoạn chạy tàu trên các tuyến và khu đoạn đã được tiến hành cho từng loại đầu máy đối với từng Xí nghiệp Đầu máy, sau đó tổng hợp lại cho từng Xí nghiệp Liên hợp Vận tải đường sắt khu vực (hoặc các Công ty vận tải) và cuối cùng tổng hợp cho toàn ngành theo thời gian từng tháng, từng năm và tổng hợp cho cả giai đoạn khảo sát.

Việc khảo sát và thu thập số liệu thống kê được tiến hành thông qua biểu mẫu thể hiện trên bảng 4.2.

Bảng 4.2. Biểu mẫu khảo sát và thu thập số liệu thống kê về hư hỏng của đầu máy gây trở ngại chạy tàu trên các tuyến và khu đoạn

TT	Xí nghiệp Đầu máy	Số hiệu đầu máy	Ngày, tháng, năm	Mác tàu	Địa điểm xảy ra hư hỏng	Nguyên nhân xảy ra hư hỏng	Thời gian		
							Dừng tàu trên chính tuyến	Khắc phục hư hỏng	Cứu viện
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
2									
3									
·									
·									
·									
m									

Bảng 4.1. Mô hình tổng quát xây dựng chương trình xử lý số liệu thống kê thời gian gián đoạn chạy tâu do hư hỏng của đầu máy gây ra trên đường vận hành

(Mô hình này được sử dụng trước năm 2002 khi cơ cấu tổ chức của ngành đường sắt chưa thay đổi)

Liên hợp	Xí nghiệp đầu máy	Loại đầu máy	Số liệu thống kê	Năm thứ 1 ( $X_1$ )			....			Năm thứ k ( $X_k$ )			TH ( $X_1-X_k$ )		
				CV	PH	GĐ	CV	PH	GĐ	CV	PH	GĐ	CV	PH	GĐ
Liên hợp 1	Hà Nội	D4H	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			...	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			n	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH
		2n	Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			
		D12E													
		D19E													
		D16E													
	...														
	Hà Lào	D4H													
		D5H													
		D14H													
	Vinh	D4H													
D18E															
D13E															
Tổng hợp Liên hợp I	Theo loại đầu máy		Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	
			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			
	Theo Liên hợp		Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	
			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			
Liên hợp 2	Đà Nẵng	D4H													
		D11H													
		D12E													
Liên hợp 3	Sài Gòn	D9E													
		D13E													
		D19E													
Tổng hợp toàn ngành	Theo loại đầu máy		Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	
			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			
	Theo Xí nghiệp		Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	
			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			
	Toàn ngành		Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	Tệp con	Tệp con	TH	
			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			Tệp tổng hợp			





#### 4.1.5. Đánh giá một số chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng của đầu máy trong ngành vận tải đường sắt Việt Nam

##### 4.1.5.1. Xác định các chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng của đầu máy trong ngành vận tải đường sắt Việt Nam giai đoạn 1990-1997

Việc khảo sát và thu thập số liệu thống kê các hư hỏng của đầu máy trong quá trình vận dụng gây gián đoạn chạy tàu trên các tuyến và khu đoạn của ngành Đường sắt Việt Nam đã được tiến hành cho từng loại đầu máy đối với từng Xí nghiệp Đầu máy, sau đó tổng hợp lại cho từng Xí nghiệp Liên hợp vận tải đường sắt khu vực và cuối cùng tổng hợp cho toàn ngành theo thời gian từng tháng, từng năm và tổng hợp cho cả giai đoạn 1990-1997.

Thông qua việc khảo sát, thu thập các số liệu thống kê về các chỉ tiêu vận dụng và thời gian gián đoạn chạy tàu của các loại đầu máy D4H, D5H, D9E, D12E, D13E và D18E vận dụng tại các Xí nghiệp Đầu máy Hà Lào, Hà Nội, Vinh, Đà Nẵng và Sài Gòn trên toàn tuyến đường sắt Việt Nam trong giai đoạn 1990-1997, và thông qua phương pháp tính trình bày ở mục 4.1.3., đã xác định được một cách định lượng các chỉ tiêu độ tin cậy nêu trên.

Trong tài liệu này chỉ giới thiệu đơn cử một số chỉ tiêu quan trọng nhất, đó là thông số đồng hỏng của đầu máy gây gián đoạn chạy tàu  $\lambda_{gd}$  ( $1/10^6$  km) và gây cứu viện  $\lambda_{cv}$  ( $1/10^6$  km) qua các năm (bảng 4.3); độ tin cậy vận dụng của các loại đầu máy diesel vận dụng trên đường sắt Việt Nam giai đoạn 1990 -1997 (bảng 4.4); thông số đồng hỏng gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện của các bộ phận và hệ thống trên các loại đầu máy diesel vận dụng trên ĐSVN giai đoạn 1990-1997 (bảng 4.5); mức độ hư hỏng (từ cao xuống thấp) gây cứu viện của các bộ phận và hệ thống trên đầu máy trong giai đoạn 1990-1997 (bảng 4.6).

Bảng 4.3. Thông số đồng hỏng của của các loại đầu máy gây gián đoạn chạy tàu  $\lambda_{gd}$  ( $1/10^6$  km) và gây cứu viện  $\lambda_{cv}$  ( $1/10^6$  km) qua các năm

Đầu máy	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Tổng hợp
<i>Liên hợp I</i>									
D4H(HN)	85,8	52,6	59,2	52,8	33,2	38,8	38,8	24,0	45,1
	36,9	14,9	15,5	20,2	14,1	18,7	17,3	12,6	17,7
D12E (HN)	73,5	10,5	22,4	11,6	11,7	12,6	8,5	21,5	14,7
	55,1	4,7	5,8	3,5	5,1	6,9	5,3	13,4	7,2
D4H (V)	41,1	42,8	44,1	50,8	52,7	50,8	48,8	47,2	46,7
	27,4	23,2	26,0	33,4	34,0	35,0	30,1	28,2	29,3
D18E (V)	50,2	44,6	29,1	21,9	23,5	8,7	16,3	15,2	24,4
	29,7	22,3	18,9	15,8	15,0	7,8	13,7	12,9	16,3
D4H (HL)	-	54,9	59,3	50,8	56,7	56,7	33,2	25,0	48,6
	-	28,3	34,8	33,8	36,3	39,3	24,8	13,3	29,9
D5H (HL)	-	-	-	-	16,7	22,5	18,9	18,6	19,7
	-	-	-	-	16,7	15,9	6,7	13,1	12,3
<i>Liên hợp II</i>									
D4H (DN)	146,8	95,0	70,6	60,5	85,9	81,9	67,3	48,4	93,2
	40,7	19,0	21,2	25,5	33,4	34,0	24,4	17,1	30,6
D12E (ĐN)	34,8	42,5	32,6	36,2	24,8	24,4	23,3	24,9	28,9
	5,1	10,8	12,0	10,4	8,1	10,7	5,6	10,2	8,4
<i>Liên hợp III</i>									
D9E (SG)	79,5	51,0	45,1	43,4	26,7	34,5	31,2	21,2	39,9
	23,9	11,2	16,6	13,3	11,6	13,6	9,5	4,2	16,5
D13E (SG)	47,7	70,9	74,3	71,7	59,2	63,7	68,2	33,3	61,0
	9,8	22,3	15,9	24,3	12,7	32,4	20,4	12,3	19,1

Bảng 4.4. Độ tin cậy vận dụng tổng hợp của các loại đầu máy diesel vận dụng trên đường sắt Việt Nam giai đoạn 1990 – 1997 (L- quãng đường chạy, tính bằng  $10^6$  km)

TT	Đầu máy	Độ tin cậy vận dụng
1	D12E (XN ĐM Hà Nội)	$F = 1 - \exp(-7,20 L)$
2	D12E (XN ĐM Đà Nẵng)	$F = 1 - \exp(-8,40 L)$
3	D5H (XN ĐM Hà Lào)	$F = 1 - \exp(-12,3 L)$
4	D18E (XN ĐM Vinh)	$F = 1 - \exp(-16,3 L)$
5	D9E (XN ĐM Sài Gòn)	$F = 1 - \exp(-16,5 L)$
6	D4H (XN ĐM Hà Nội)	$F = 1 - \exp(-17,7 L)$
7	D13E (XN ĐM Sài Gòn)	$F = 1 - \exp(-19,1 L)$
8	D4H (XN ĐM Vinh)	$F = 1 - \exp(-29,3 L)$
9	D4H (XN ĐM Hà Lào)	$F = 1 - \exp(-29,9 L)$
10	D4H (XN ĐM Đà Nẵng)	$F = 1 - \exp(-30,6 L)$

Bảng 4.5. Kết quả tính toán chỉ tiêu thông số dòng hỏng gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện của các bộ phận và hệ thống trên các loại đầu máy diesel vận dụng trên ĐSVN giai đoạn 1990-1997, ( $\lambda_{gd}/\lambda_{cv}$ )

TT	Các bộ phận và hệ thống	ĐM Hà Lào		ĐM Hà Nội		ĐM Vinh		ĐM Đà Nẵng		ĐM Sài Gòn	
		D4H	D5H	D4H	D12E	D4H	D18E	D4H	D12E	D19E	D13E
1	Động cơ diesel	18,20 <i>13,10</i>	13,50 <i>8,50</i>	15,00 <i>7,10</i>	6,10 <i>2,40</i>	14,40 <i>9,79</i>	5,52 <i>3,01</i>	8,00 <i>5,57</i>	1,87 <i>0,78</i>	14,51 <i>5,40</i>	23,00 <i>8,30</i>
2	Hệ thống truyền động	5,60 <i>4,60</i>	0,70 <i>0,70</i>	4,70 <i>2,30</i>	2,40 <i>2,00</i>	7,50 <i>6,23</i>	1,88 <i>1,75</i>	11,03 <i>5,45</i>	2,72 <i>1,16</i>	1,53 <i>0,30</i>	1,30 <i>0,40</i>
3	Hệ thống điều khiển	7,30 <i>2,10</i>	2,70 <i>1,50</i>	9,10 <i>3,20</i>	3,60 <i>1,70</i>	7,75 <i>3,81</i>	12,56 <i>9,29</i>	16,25 <i>6,06</i>	8,02 <i>2,46</i>	10,38 <i>4,10</i>	17,80 <i>7,70</i>
4	Bộ phận chạy	11,00 <i>7,20</i>	0,30 <i>0,30</i>	6,70 <i>2,50</i>	0,00 <i>0,00</i>	9,91 <i>7,75</i>	0,00 <i>0,00</i>	12,61 <i>6,30</i>	0,26 <i>0,064</i>	1,12 <i>0,10</i>	1,20 <i>0,40</i>
5	Hệ thống phụ	6,20 <i>1,90</i>	1,90 <i>0,70</i>	9,50 <i>2,40</i>	2,50 <i>1,06</i>	7,12 <i>1,78</i>	4,52 <i>2,26</i>	43,9 <i>7,15</i>	36,47 <i>3,95</i>	9,14 <i>2,50</i>	8,20 <i>3,30</i>
6	Tổng thể đầu máy	48,60 <i>29,90</i>	19,70 <i>12,30</i>	45,10 <i>17,70</i>	14,70 <i>7,20</i>	46,70 <i>29,30</i>	24,40 <i>16,30</i>	93,02 <i>30,56</i>	28,84 <i>8,40</i>	39,86 <i>16,54</i>	51,30 <i>19,06</i>

Bảng 4.6. Kết quả xác định mức độ hư hỏng (từ cao xuống thấp) gây cứu viện của các bộ phận và các hệ thống trên các loại đầu máy trong giai đoạn 1990-1997

Mức độ hư hỏng	XN ĐM Hà Lào		XN ĐM Hà Nội		XN ĐM Vinh		XN ĐM Đà Nẵng		XN ĐM Sài Gòn	
	D4H	D5H	D4H	D12E	D4H	D18E	D4H	D12E	D19E	D13E
1	<b>Động cơ</b>	<b>Động cơ</b>	<b>Động cơ</b>	<b>Động cơ</b>	<b>Động cơ</b>	HT điều khiển	HT phụ	HT phụ	<b>Động cơ</b>	<b>Động cơ</b>
2	Bộ phận chạy	HT điều khiển	HT điều khiển	HT truyền động	Bộ phận chạy	<b>Động cơ</b>	Bộ phận chạy	HT điều khiển	HT điều khiển	HT điều khiển
3	HT truyền động	HT truyền động	Bộ phận chạy	HT điều khiển	HT truyền động	HT phụ	HT điều khiển	HT truyền động	HT phụ	HT phụ
4	HT điều khiển	HT phụ	HT phụ	HT phụ	HT điều khiển	HT truyền động	<b>Động cơ</b>	<b>Động cơ</b>	HT truyền động	HT truyền động
5	HT phụ	Bộ phận chạy	HT truyền động	Bộ phận chạy	HT phụ	Bộ phận chạy	HT truyền động	Bộ phận chạy	Bộ phận chạy	Bộ phận chạy



#### 4.1.5.2. Phân tích, đánh giá và so sánh các loại đầu máy đang sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam giai đoạn 1990-1997 thông qua một số chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng

Qua kết quả tính toán cho trong các bảng 4.3-4.6 có thể phân tích, đánh giá và so sánh các loại đầu máy đang sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam thông qua các chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng như sau :

1- Trong khoảng thời gian khảo sát và nghiên cứu (1990-1997), tần suất hư hỏng trung bình gây gián đoạn chạy tàu tính chung cho toàn mạng lưới đường sắt Việt Nam giảm xuống một cách rõ rệt, trong đó tần suất hư hỏng gây gián đoạn chạy tàu nói chung giảm mạnh hơn so với tần suất hư hỏng gây cứu viện. Điều này cho thấy trong nhiều năm qua, ngành đường sắt nói chung cũng như hệ đầu máy nói riêng đã có những nỗ lực đáng kể trong việc duy trì và đảm bảo chất lượng vận dụng của đầu máy.

Tuy nhiên, qua đây cũng thấy rằng, trong khi các hư hỏng nói chung của đầu máy gây gián đoạn chạy tàu giảm mạnh thì các hư hỏng nặng gây cứu viện chưa giảm đáng kể, vì vậy cần phải tiếp tục quan tâm hơn nữa tới vấn đề này.

2- Các giá trị thông số dòng hỏng  $\lambda_{gd}$ ,  $\lambda_{cv}$  ( $1/10^6$  km), mật độ thời gian gián đoạn chạy tàu  $T_{gd}$  (phút/ $10^3$ km) và độ tin cậy vận hành (hay xác suất xuất hiện hư hỏng của đầu máy gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện theo thời gian làm việc tính bằng  $10^6$  kilômét chạy) là các chỉ tiêu quan trọng cho phép đánh giá chất lượng khai thác của chúng. Xét về giá trị tuyệt đối, thông số dòng hỏng và mật độ thời gian gián đoạn chạy tàu của tất cả các loại đầu máy diesel đã khảo sát đều có xu hướng giảm, song mức độ của chúng có khác nhau.

3- Thông qua thông số dòng hỏng  $\lambda_{gd}$ ,  $\lambda_{cv}$  ( $1/10^6$  km), mật độ thời gian gián đoạn chạy tàu  $T_{gd}$  và xác suất xuất hiện hư hỏng F, thấy rằng chất lượng vận dụng của các loại đầu máy trên tuyến được xếp thứ tự như sau: đầu máy có độ tin cậy vận dụng cao nhất là đầu máy D12E, sau đó là các loại đầu máy D5H, D18E, D9E, D13E và cuối cùng là D4H.

4- Kết quả xác định thông số dòng hỏng gây gián đoạn chạy tàu và gây cứu viện, xác suất xuất hiện hư hỏng gây cứu viện của các phân hệ cơ bản trên đầu máy như: phân hệ động cơ diesel, phân hệ truyền động, phân hệ bộ phận chạy, phân hệ trang thiết bị phụ và phân hệ điều khiển, cũng như mức độ hư hỏng của các phân hệ đó trong giai đoạn 1990-1997 (tính từ cao xuống thấp, bảng 4.3-4.4) cho thấy, nhìn một cách tổng quát, khâu xung yếu nhất dẫn đến các hư hỏng gây cứu viện của đầu máy trong quá trình vận hành trên tuyến hiện nay vẫn là cụm động cơ diesel, được biểu hiện cụ thể qua các hư hỏng của các chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xylanh, nhóm trục khuỷu-bạc trục, hệ thống nhiên liệu, hệ thống bôi trơn và tăng áp.

Để đánh giá chất lượng khai thác của đầu máy diesel cần căn cứ vào nhiều chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật khác nhau, trong đó việc đánh giá thông qua các chỉ tiêu độ tin cậy của đầu máy trong quá trình vận hành trên tuyến chỉ là một cách tiếp cận. Thực tế cho thấy, đây là những chỉ tiêu tương đối khách quan, phản ánh tương đối tổng hợp và toàn diện chất lượng vận dụng của đầu máy. Thông qua các chỉ tiêu này, trong từng giai đoạn cụ thể, có thể đề xuất các giải pháp kỹ thuật tương ứng nhằm khắc phục những khâu xung yếu ảnh hưởng tới chất lượng vận hành của đầu máy, mặt khác, thông qua các chỉ tiêu này cũng có thể chỉ ra được tính ưu việt của từng loại đầu máy, từ đó có cơ sở tư vấn cho ngành về vấn đề quy hoạch sức kéo và nâng cao hiệu quả vận dụng của đầu máy trong tương lai.

#### 4.2. Các chỉ tiêu chất lượng và chỉ tiêu hiệu quả hoạt động của hệ thống thống vận tải đường sắt

Các chỉ tiêu đã xét ở mục 4.1.2. và 4.1.3. có thể đặc trưng cho các tính chất riêng biệt của độ tin cậy của các thiết bị kỹ thuật như đầu máy, toa xe, thông tin tín hiệu, cầu đường, mà những thiết bị này là các nhân tố ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng và hiệu quả hoạt động của hệ thống vận tải đường sắt.

Hệ thống vận tải đường sắt là tập hợp của các thiết bị kỹ thuật (các phân tử), có nhiệm vụ và chức năng thực hiện một nhiệm vụ nào đó của hệ thống. Trong trường hợp cụ thể này các phân tử của hệ thống chính là đầu máy, toa xe, thông tin, tín hiệu, cầu và đường mà nhiệm vụ của chúng là vận chuyển hành khách và hàng hoá.

Đối với một hệ thống thì sự mất khả năng làm việc có thể là hoàn toàn hoặc một phần và điều đó sẽ làm giảm một cách tương ứng chất lượng hoạt động và hiệu quả cuối cùng của

hệ thống. ở đây cần phân biệt các hư hỏng hoàn toàn và hư hỏng một phần của hệ thống. Các hư hỏng một phần của một vài phần tử có thể làm giảm xấu các đặc trưng chất lượng và hiệu quả hoạt động chứ không làm ảnh hưởng một cách trầm trọng tới mức độ chất lượng của hệ thống.

Các khái niệm chất lượng và hiệu quả hoạt động là độc lập với khái niệm độ tin cậy. Tuy nhiên khi các phần tử của hệ thống bị hư hỏng thì điều đó ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng hoạt động và hiệu quả cuối cùng của hệ thống.

Do các phần tử riêng biệt cấu thành hệ thống vận tải bị hư hỏng, biểu đồ chạy tàu trên khu đoạn bị phá vỡ, năng lực thông qua của nó giảm xuống và tóm lại chất lượng hoạt động và hiệu quả cuối cùng giảm xuống.

Mức độ chất lượng hoạt động của khu đoạn đường sắt được xác định bằng tỷ số chỉ tiêu chất lượng hoạt động của hệ thống ở trạng thái đang xét của nó với chỉ tiêu chất lượng hoạt động trong trạng thái làm việc lý tưởng.

Trong trường hợp này độ tin cậy làm việc của một khu đoạn đường sắt được hiểu là độ ổn định của các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động của nó. Độ ổn định của các chỉ tiêu này ảnh hưởng tới chất lượng hoạt động chung của khu đoạn đường sắt, nó phụ thuộc vào độ tin cậy của đầu máy, toa xe, thông tin tín hiệu và cầu đường.

Các chỉ tiêu chất lượng  $\Phi(t)$  và hiệu quả hoạt động  $\varphi[t_1, t_2]$  của hệ thống được xác định bởi nhiệm vụ đặt ra đối với hệ thống đó. Chỉ tiêu chất lượng hoạt động được xác định bằng kỳ vọng toán học của đặc trưng chất lượng hoạt động của hệ thống tại thời điểm đã cho:

$$\Phi(t) = M[\Phi_z(t)], \quad (4.26)$$

trong đó:  $\Phi(t)$  - hàm của vectơ  $\bar{Z}(t)$  biểu thị trạng thái của hệ thống, bằng  $\Phi[\bar{Z}(t)]$ .

Đối với hệ thống đơn chức năng như một khu đoạn đường sắt thì trạng thái của hệ thống được mô tả bằng vectơ:

$$\bar{Z}(t) = \begin{pmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \\ \dots \\ X_i(t) \\ Y_j(t) \end{pmatrix}, \quad (4.27)$$

trong đó:  $X_i(t)$  - hàm biểu diễn trạng thái của phần tử thứ  $i$  trong hệ thống;

$Y_j(t)$  - hàm biểu diễn nhu cầu thực hiện nhiệm vụ thứ  $j$ .

Hàm biểu diễn trạng thái của từng phần tử thứ  $i$  của hệ thống được xác định như sau:

$$X_i(t) = \begin{cases} 1 & \text{nếu phần tử thứ } i \text{ có khả năng làm việc;} \\ 0 & \text{nếu phần tử thứ } i \text{ không có khả năng làm việc.} \end{cases}$$

Hàm biểu diễn từng nhiệm vụ thứ  $j$  được xác định như sau:

$$Y_j(t) = \begin{cases} 1 & \text{nếu có nhu cầu thực hiện nhiệm vụ thứ } j; \\ 0 & \text{nếu không có nhu cầu thực hiện nhiệm vụ thứ } j. \end{cases}$$

Chỉ tiêu hiệu quả cuối cùng của hệ thống trong khoảng thời gian  $t_1 < t < t_2$  chính là kỳ vọng toán của hiệu quả cuối cùng:

$$\varphi[t_1, t_2] = M[\varphi_z(t_1, t_2)], \quad (4.28)$$

trong đó:  $\varphi_z(t_1, t_2)$  - hiệu quả cuối cùng của hệ thống tương ứng với việc thực hiện chức năng (hàm)  $\Phi_z(t)$ .

Các chỉ tiêu chất lượng hoạt động và hiệu quả cuối cùng của một hệ thống giới hạn (hệ thống tuyệt đối không bị hư hỏng) cũng được xác định tương tự như vậy. Lúc đó ở trạng thái

không hỏng của hệ thống, tất cả các thành phần của vectơ  $\bar{Z}(t)$  trong công thức (4.27) biểu diễn trạng thái của các phân tử của hệ thống, bằng 1.

Chỉ tiêu tương đối chất lượng hoạt động của hệ thống tại thời điểm t:

$$R(t) = \Phi(t)/\Phi_0(t), \quad (4.29)$$

trong đó:  $\Phi(t)$  - ước lượng tức thời chất lượng hoạt động của hệ thống lý tưởng.

Hiệu quả trung bình của hệ thống trong khoảng thời gian  $t_1 < t < t_2$ :

$$r(t_1, t_2) = \varphi[t_1, t_2]/\varphi_0[t_1, t_2], \quad (4.30)$$

trong đó:  $\varphi_0[t_1, t_2]$  - hiệu quả cuối cùng của hệ thống lý tưởng trong khoảng thời gian  $t_1 < t < t_2$ .

Chỉ tiêu tích phân tương đối chất lượng hoạt động của hệ thống trong khoảng thời gian  $t_1 < t < t_2$ :

$$\rho[t_1, t_2] = \int_{t_1}^{t_2} R(t) dW(t), \quad (4.31)$$

trong đó:  $W(t)$  - hàm “trọng số” nào đó.

Chỉ tiêu tích phân chất lượng hoạt động của hệ thống được xác định bằng cách trung bình hoá chỉ tiêu tương đối chất lượng hoạt động  $R(t)$  trong khoảng thời gian  $t_1 < t < t_2$  nhờ một hàm “trọng số” nào đó. Với  $W(t) \equiv t$  chỉ tiêu  $\rho[t_1, t_2]$  có thứ nguyên là thời gian và đặc trưng cho sự ổn định chất lượng hoạt động của hệ thống trong thời gian t.

Đối với khu đoạn đường sắt chỉ tiêu được xác định bằng tỷ số giữa năng lực thông qua thực tế của nó với năng lực thông qua ở độ tin cậy tuyệt đối của các thiết bị kỹ thuật, còn hiệu quả cuối cùng chính là khối lượng vận chuyển, doanh thu hoặc tiền lãi thu được do vận chuyển hành khách và hàng hoá.

### 4.3. Mô hình hoạt động của một khu đoạn đường sắt

Khu đoạn đường sắt nằm giữa hai ga khu đoạn hoặc giữa ga khu đoạn với ga lập tàu là một hệ thống đơn chức năng hoạt động liên tục, bao gồm: đầu máy, toa xe, hệ thống thông tin, tín hiệu và cầu đường. Chức năng của hệ thống này là thực hiện khối lượng vận chuyển cho trước trong một khoảng thời gian nào đó. Vì rằng năng lực thông qua của khu đoạn được tính trong khoảng thời gian một ngày đêm cho nên từ đây về sau khoảng thời gian được tính từ 0 đến 24 giờ.

Trạng thái của hệ thống ở thời điểm bất kỳ được biểu diễn một cách tổng quát bởi vectơ:

$$\bar{Z}(t) = \begin{pmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ \dots \\ Z_{N-1}(t) \\ Z_N(t) \end{pmatrix}, \quad (4.32)$$

Trong đó các thành phần  $Z_i(t)$  với  $i = 1, 2, \dots, N$  có thể nhận các giá trị của các thông số khác nhau của hệ thống. Trong trường hợp cụ thể các thành phần  $Z_i(t)$ , trong đó  $i = 1, 2, \dots, n$  có thể đặc trưng cho trạng thái các phân tử của hệ thống, còn  $Z_i(t)$ , trong đó  $i = n+1, n+2, \dots, N$  biểu thị chế độ bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa của hệ thống. Lúc này n biểu thị số phân tử của hệ thống còn N là số thành phần của vectơ  $\bar{Z}(t)$ .

Đối với hệ thống đơn chức năng hoạt động liên tục đang xét này thì trong mô hình toán của nó một trong các thành phần của vectơ (4.32) phải thoả mãn:

$$Z_N(t) = Y_1(t) = \begin{cases} 1 & \text{nếu cần thực hiện nhiệm vụ vào thời điểm đã định;} \\ 0 & \text{nếu không có nhu cầu thực hiện nhiệm vụ vào thời điểm đã định.} \end{cases}$$

Giả thiết rằng trong khoảng thời gian một ngày đêm luôn luôn có nhu cầu thực hiện nhiệm vụ đặt ra, khi đó có nghĩa là  $Y_1(t) = 1$ .

Mỗi một trạng thái của hệ thống được mô tả bằng vectơ  $\bar{Z}(t)$  tương ứng với một giá trị xác định về đặc trưng chất lượng hoạt động của nó.

$$\Phi_z(t) = \Phi[\bar{Z}(t)],$$

Trong khi đó nếu  $\Phi_z(t) = \Phi[\bar{Z}(t)] = 0$  thì  $Y_1(t) = 0$ .

Như vậy mô hình toán hoạt động của khu đoạn đường sắt như một hệ thống phức hợp đơn chức năng hoạt động liên tục chính là quá trình ngẫu nhiên  $\Phi[\bar{Z}(t)]$  biểu thị sự thay đổi đặc trưng chất lượng của hệ thống theo thời gian và có đặc điểm là giá trị đặc trưng chất lượng hoạt động của hệ thống bằng 0 khi không có nhu cầu thực hiện nhiệm vụ đã nêu.

Các chỉ tiêu chất lượng  $\Phi(t)$  và hiệu quả hoạt động  $\varphi[t_1, t_2]$  của hệ thống được xác định theo các công thức (4.26), (4.27).

Khu đoạn đường sắt, với tư cách là một hệ thống phức hợp, hoạt động rời rạc trong không gian trạng thái và liên tục trong thời gian. Do có hư hỏng của đầu máy, toa xe, thông tin tín hiệu, cầu đường mà dẫn đến phải phong tỏa những khu gian nhất định, làm cho biểu đồ chạy tàu bị phá vỡ và như vậy sẽ làm giảm chất lượng và hiệu quả làm việc của khu đoạn đường sắt.

Theo quan điểm độ tin cậy, tất cả các phân tử liên kết nối tiếp với nhau có nghĩa là sự hư hỏng hoàn toàn của một trong số các phân tử đó sẽ làm cho toàn bộ hệ thống bị hư hỏng. Thời gian giữa các lần hư hỏng của các phân tử của hệ thống phức hợp và thời gian phục hồi khả năng làm việc của chúng là các đại lượng ngẫu nhiên.

ở đây cần có một số giả thiết như sau:

- Các dòng hư hỏng và phục hồi của hệ thống là dòng thông thường (đơn trị), có nghĩa là tại một thời điểm nào đó không quá một phân tử có thể bị hư hỏng hoặc có thể được phục hồi xong.

- Quá trình hoạt động của hệ thống và các phân tử của nó là quá trình xác lập (quá trình dừng), có nghĩa là cường độ phục hồi các hư hỏng (của các thiết bị kỹ thuật) là không đổi theo thời gian.

Khu đoạn đường sắt có thể nằm ở trạng thái làm việc và đảm bảo thực hiện 100% biểu đồ chạy tàu, có thể ở trạng thái làm việc với hiệu quả giảm thấp do một trong các phân tử bị hư hỏng một phần và cuối cùng là nằm ở trạng thái không làm việc do một trong các phân tử bị hư hỏng hoàn toàn hoặc khi cần tiến hành bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa định kỳ cho các thiết bị cố định và khi đó khả năng thực hiện biểu đồ chạy tàu là 0%. ở đây cần loại trừ các trạng thái mà ở đó tiến hành sửa chữa định kỳ cho các trang thiết bị cố định và xem xét các trạng thái sau đây:

1- Trạng thái làm việc của hệ thống: tất cả các trang thiết bị kỹ thuật đều hoàn hảo (không hỏng) và sẵn sàng thực hiện quá trình vận chuyển.

2- Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì đầu máy bị mất một phần khả năng làm việc (kém chất lượng).

3- Hệ thống không làm việc vì đầu máy hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

4- Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì hệ thống cầu hầm bị mất một phần khả năng làm việc (kém chất lượng).

5- Hệ thống không làm việc vì hệ thống cầu hầm hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

6- Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì toa xe bị mất một phần khả năng làm việc (kém chất lượng).

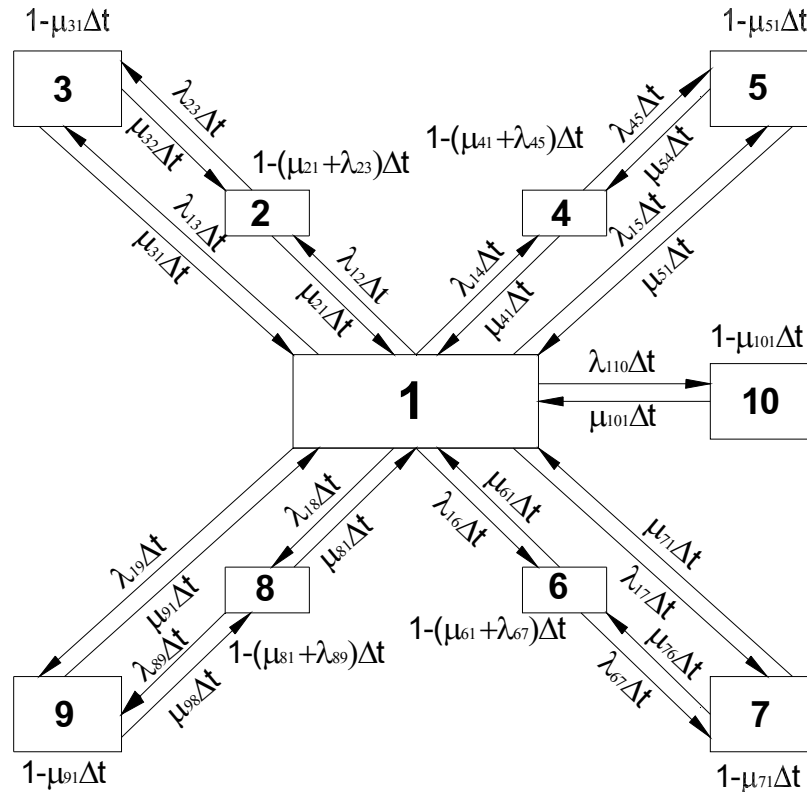
7- Hệ thống không làm việc vì toa xe mất hoàn toàn khả năng làm việc (bị hư hỏng).

8- Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp do hệ thống đường sắt bị mất một phần khả năng làm việc (kém chất lượng).

9- Hệ thống không làm việc vì hệ thống đường sắt hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

10- Hệ thống không làm việc vì hệ thống thông tin tín hiệu hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

Việc chuyển tiếp của hệ thống từ trạng thái này sang trạng thái khác được đặc trưng bởi hư hỏng hoặc phục hồi của một phần tử của hệ thống. Mỗi phần tử được đặc trưng bởi thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng của chúng  $T_{0i}$  và cường độ hỏng  $\lambda_{ij}$ , bởi thời gian phục hồi trung bình  $T_{Bi}$  và cường độ phục hồi  $\mu_{ij}$ .



Hình 4.1. Grap trạng thái của một khu đoạn đường sắt

Tương tự như trình bày trong chương III, trong trường hợp các đại lượng ngẫu nhiên về thời gian làm việc giữa các lần hỏng và thời gian phục hồi (thời gian gián đoạn chạy tàu) tuân theo luật phân bố mũ thì cường độ hỏng và cường độ phục hồi của từng phần hệ được xác định

$$\lambda_{ij} = 1/T_{lvi} ,$$

và  
trong đó:

$$\mu_{ji} = 1/T_{fhi} .$$

$\lambda_{ij}$  - cường độ chuyển tiếp của hệ từ trạng thái làm việc không hỏng sang trạng thái j khi một phần tử nào đó mất một phần khả năng làm việc hoặc mất hoàn toàn khả năng làm việc (bị hư hỏng); [ hay nói khác,  $\lambda_{ij}$  là cường độ hỏng của phần tử thứ i, hoặc cường độ chuyển tiếp của hệ từ trạng thái làm việc không hỏng sang trạng thái mất khả năng làm việc j do hư hỏng của phần tử thứ i];

$T_{lvi}$  - kỳ vọng thời gian làm việc giữa các lần hư hỏng của phần tử thứ i;

$\mu_{ji}$  - cường độ chuyển tiếp của hệ từ trạng thái j sang trạng thái i khi sự hư hỏng một phần hoặc sự hư hỏng hoàn toàn của một phần tử nào đó được phục hồi; [ hay nói khác,  $\mu_{ji}$  là cường độ phục hồi của phần tử thứ i, hoặc cường độ chuyển tiếp của hệ từ trạng thái mất khả năng làm việc do hư hỏng của phần tử thứ i sang trạng thái làm việc của hệ sau khi phần tử thứ i được phục hồi].

$T_{mi}$  - kỳ vọng thời gian phục hồi của phân tử thứ  $i$ .

Đặc trưng chuyển tiếp của hệ từ một trạng thái này sang một trạng thái khác là đặc trưng Markov, có nghĩa là mọi hành vi tiếp theo của hệ phụ thuộc vào quá trình hiện tại và không phụ thuộc vào quá trình trước đó.

Cũng tương tự như đã xét trong chương III, trong trường hợp này hệ thống được xác định bằng các xác suất trạng thái ban đầu và bằng ma trận xác suất chuyển tiếp  $P_{ij}(t_1, t_2)$ , ma trận này có thể được xây dựng nhờ graph trạng thái (hình 4.1).

Nếu xét một khu đoạn đường sắt nằm giữa 2 ga khu đoạn hoặc giữa một ga khu đoạn và một ga lập tàu như một hệ thống phức hợp có thể nằm ở trạng thái làm việc (1) và các trạng thái không làm việc (3,5,7,9,10) do đầu máy, cầu hầm, toa xe, đường sắt và thông tin tín hiệu bị hư hỏng hoàn toàn thì ma trận cường độ chuyển tiếp các trạng thái của hệ thống trong trường hợp này có thể viết dưới dạng:

$$\begin{array}{ccccccc} \left\| \right. & -\lambda_{13}+\lambda_{15}+\lambda_{17}+\lambda_{19}+\lambda_{110} & \lambda_{13} & \lambda_{15} & \lambda_{17} & \lambda_{19} & \lambda_{110} & \left. \right\| \\ & \mu_{31} & -\mu_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 & \\ & \mu_{51} & 0 & -\mu_{51} & 0 & 0 & 0 & \\ & \mu_{71} & 0 & 0 & -\mu_{71} & 0 & 0 & \\ & \mu_{91} & 0 & 0 & 0 & -\mu_{91} & 0 & \\ & \mu_{101} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_{101} & \left. \right\| \end{array}$$

Vì rằng ta nghiên cứu quá trình dừng cho nên hệ phương trình tuyến tính để xác định các xác suất giới hạn để khu đoạn đường sắt nằm trong mỗi trạng thái đang xét có thể viết dưới dạng sau:

$$\left. \begin{array}{l} -(\lambda_{13}+\lambda_{15}+\lambda_{17}+\lambda_{19}+\lambda_{110})P_1+\mu_{31}P_3+\mu_{51}P_5+\mu_{71}P_7+\mu_{91}P_9+\mu_{101}P_{10} = 0 \\ \lambda_{13}P_1 - \mu_{31}P_3 = 0 \\ \lambda_{15}P_1 - \mu_{51}P_5 = 0 \\ \lambda_{17}P_1 - \mu_{71}P_7 = 0 \\ \lambda_{19}P_1 - \mu_{91}P_9 = 0 \\ \lambda_{110}P_1 - \mu_{101}P_{10} = 0 \end{array} \right\} \quad (4.33)$$

Tương tự như trong chương III, giải hệ phương trình tuyến tính với các ẩn số  $P_i$ ,  $i = 1,3,5,7,9,10$  với các điều kiện  $\sum_{i=1}^N P_i = 1$ , và thay vào vị trí  $\lambda_{ij}$  và  $\mu_{ij}$  các giá trị của chúng, ta sẽ được biểu thức xác định các xác suất giới hạn chuyển tiếp của hệ thống.

#### 4.4. Đánh giá ảnh hưởng của độ tin cậy các thiết bị kỹ thuật tới chất lượng và hiệu quả của hệ thống vận tải đường sắt

Năng lực thông qua của các tuyến đường sắt phụ thuộc vào mật độ trục, mức độ trang bị kỹ thuật, phương pháp tổ chức chạy tàu và được tính toán theo các công thức đã biết.

Khi chu kỳ của biểu đồ chạy tàu trên đường và thời gian chạy tàu kế tiếp nhỏ hơn thời gian trung bình phong toả khu gian do đầu máy, toa xe, các trang thiết bị cố định bị hư hỏng thì biểu đồ chạy tàu sẽ bị phá vỡ, số đoàn tàu chậm giờ và thời gian chậm tàu sẽ tăng lên, chất lượng hoạt động và hiệu quả làm việc của các khu đoạn và các tuyến sẽ giảm xuống vì không hoàn thành được khối lượng vận tải cho trước.

Khi tính toán năng lực thông qua hiện có của các khu đoạn người ta sử dụng hệ số tin cậy  $\alpha$ , thể hiện tỷ trọng thời gian ngày đêm để thông qua các đoàn tàu với xác suất hư hỏng của đầu máy, toa xe, thông tin tín hiệu, cầu đường v.v... Trị số của hệ số độ tin cậy được xác định trên cơ sở phân tích và xử lý các số liệu thống kê của các biểu đồ chạy tàu đã thực hiện và các biểu kiểm kê. Nếu không thiết lập được mối tương quan hình thức giữa hệ số độ tin cậy và thời gian giữa các lần hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật và quá trình phục hồi chúng thì không thể đánh giá được ảnh hưởng của các hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật riêng biệt tới

năng lực thông qua và hiệu quả công tác của khu đoạn và xác định các biện pháp hợp lý hơn cho việc nâng cao chất lượng hoạt động của nó.

#### 4.4.1. Phương pháp khảo sát đánh giá

Khi khảo sát, đánh giá độ tin cậy vận dụng của đầu máy nói riêng và của các thiết bị kỹ thuật nói chung trên một khu đoạn hoặc một tuyến đường sắt nào đó, sau khi xử lý các số liệu thống kê ta có các thông số về thời gian gián đoạn trung bình chạy tàu do hư hỏng của đầu máy và các trang thiết bị kỹ thuật, và thời gian giữa các lần hư hỏng của các thiết bị đó. Các thông số trên được ghi lại theo mẫu biểu trong bảng các bảng 4.7 - 4.9.

Bảng 4.7. Các chỉ tiêu đặc trưng cho độ tin cậy đầu máy, toa xe

Các chỉ tiêu	Loại đầu máy hoặc toa xe		
	A	B	C
Thông số dòng hỏng, $1/10^6$ km			
Km chạy trung bình giữa các lần sửa chữa bất thường (đột xuất), $10^3$ km			
Thời gian dừng trung bình khi sửa chữa đột xuất, h			
Hao phí lao động trung bình cho sửa chữa đột xuất, giờ công			
Chi phí trung bình cho sửa chữa đột xuất, triệu đồng			

Bảng 4.8. Các chỉ tiêu đặc trưng cho độ tin cậy của các thiết bị cố định

Các chỉ tiêu	Câu hầm	Thiết bị TTH	Đường sắt
Thông số dòng hỏng, $1/10^2$ km một năm			
Thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng tính cho 100km chiều dài tuyến, h			
Thời gian trung bình phục hồi, h			
Hao phí lao động trung bình cho phục hồi, giờ công			
Chi phí trung bình cho phục hồi, $10^3$ đồng			

Bảng 4.9. Thời gian gián đoạn trung bình chạy tàu và thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật, giờ

Các chỉ tiêu	Đầu máy	Câu hầm	Toa xe	Đường sắt	TTH
Thời gian gián đoạn trung bình chạy tàu do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật					
Thời gian trung bình giữa các hư hỏng					

Kết quả tính toán các xác suất giới hạn có thể được tiến hành theo một số phương án và cho trong bảng 4.10.

Khi biết giá trị các xác suất giới hạn chuyển tiếp của khu đoạn sang một trong những trạng thái kể trên có thể xác định chỉ tiêu chất lượng hoạt động tương đối của nó theo công thức:

$$R(t) = \frac{\sum_{i=0}^n N_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{0i} P_{0i}}, \quad (4.34)$$

trong đó:

n - Số lượng các trạng thái của hệ thống;

$N_i, N_{oi}$  - Năng lực thông qua của khu đoạn ở trạng thái thứ  $i$  tương ứng với các trường hợp có xét tới các hư hỏng và ở trạng thái tin cậy tuyệt đối của các thiết bị kỹ thuật,

$P_i, P_{oi}$  - Xác suất giới hạn chuyển tiếp trạng thái của khu đoạn sang trạng thái thứ  $i$  tương ứng với trường hợp có tính tới hư hỏng và ở độ tin cậy tuyệt đối của các thiết bị kỹ thuật.

Bảng 4.10. Kết quả tính toán các xác suất giới hạn

TT	Các chỉ tiêu	Trị số xác suất giới hạn khi			
		ở giá trị thời gian trung bình thực tế giữa các hư hỏng	Giảm thời gian giữa các lần hư hỏng		
			xuống 2 lần	xuống 3 lần	xuống k lần
	Xác suất chuyển tiếp của khu đoạn sang trạng thái làm việc $P_1$ .				
	Xác suất chuyển tiếp của khu đoạn sang trạng thái không làm việc do hư hỏng của:				
	- đầu máy $P_3$				
	- cầu hầm $P_5$				
	- toa xe $P_7$				
	- đường sắt $P_9$				
	- thiết bị TTTT $P_{10}$				

Hiệu quả cuối cùng của khu đoạn trong khoảng thời gian  $t$  được tính theo công thức:

$$\phi[t_1, t_2] = t \sum_{i=1}^n (PI)_i P_i, \quad (4.35)$$

trong đó:

$\Sigma(PI)_i$  - Khối lượng luân chuyển trên khu đoạn trong một ngày đêm khi nó chuyển tiếp sang trạng thái thứ  $i$ ;

$P$  - Khối lượng vận chuyển trên khu đoạn trong một ngày đêm, tấn;

$l$  - Chiều dài khu đoạn, km.

Để đánh giá ảnh hưởng của mức độ tin cậy của từng loại thiết bị kỹ thuật tới chất lượng hoạt động, năng lực thông qua và hiệu quả cuối cùng của khu đoạn cần phải thiết lập mối tương quan giữa số gia của các chỉ tiêu độ tin cậy của đầu máy, toa xe, cầu hầm, đường sắt, thông tin tín hiệu và số gia của hàm mục tiêu. Mối quan hệ này, được tính bằng %, có thể được biểu thị như  $\Delta N(T_i)_{td}$  - Số gia tương đối của hàm (năng lực thông qua), bằng  $\frac{\Delta N(T_i)}{N}$ :

$$\Delta N(T_i)_{td} = \sum_{i=1}^k \frac{dN(T_i)}{dT_i} \cdot \frac{T_i}{N} \cdot \Delta T_i, \quad (4.36)$$

trong đó:  $\Delta T_i$  - Số gia tương đối của biến số thứ  $i$ , có giá trị bằng  $\frac{\Delta T_i}{T_i}$ , %.

Biết mức độ ảnh hưởng của các hư hỏng đầu máy, toa xe, cầu hầm, đường sắt và thông tin tín hiệu tới chất lượng hoạt động và hiệu quả cuối cùng của khu đoạn cũng như mối tương quan giữa những chỉ tiêu đó với kỳ vọng toán của thời gian giữa các hư hỏng và thời gian khôi phục chạy tàu có thể lập kế hoạch một cách xác thực và tiến hành những biện pháp hữu hiệu nhằm nâng cao mức độ tin cậy của các thiết bị kỹ thuật.

Mô hình toán trên đây cũng như các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động của khu đoạn đường sắt có thể được sử dụng khi tổng hợp kết quả đánh giá chất lượng bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa các thiết bị kỹ thuật của các xí nghiệp và các khu đoạn, trong đó có các Xí nghiệp Đầu máy và toa xe.



#### 4.4.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ về việc khảo sát, xử lý số liệu thống kê của các Xí nghiệp Đầu máy, các xí nghiệp thông tin tín hiệu, các xí nghiệp quản lý cầu đường trong khoảng thời gian xác định (5 năm) nhằm xác định các thông số dòng hỏng, thời gian trung bình phục hồi khi sửa chữa đột xuất, hao phí lao động trung bình và chi phí trung bình cho việc tiến hành sửa chữa định kỳ đầu máy, thiết bị thông tin tín hiệu và cầu đường được thể hiện trong các bảng 4.11-4.12.

Theo số liệu thống kê hoặc khảo sát trên các tuyến đường tiến hành xác định thời gian trung bình giữa các hư hỏng của đầu máy, toa xe, thông tin tín hiệu và cầu đường gây ra gián đoạn chạy tàu và thời gian gián đoạn trung bình. Kết quả xử lý số liệu còn có thể được thể hiện dưới dạng các hàm mật độ phân phối.

Bảng 4.11. Các chỉ tiêu đặc trưng cho độ tin cậy đầu máy

Các chỉ tiêu	Đầu máy		
	A	B	C
Thông số dòng hỏng, $1/10^6$ km	57,8	44,7	$\frac{93,7}{67,1}$
Km chạy trung bình giữa các lần sửa chữa bất thường, $10^3$ km	17,6	22,4	$\frac{10,7}{14,9}$
Thời gian dừng trung bình khi sửa chữa đột xuất, h	20,9	35,6	$\frac{57,2}{88,2}$
Hao phí lao động trung bình cho sửa chữa đột xuất, giờ công	16,3	22,6	$\frac{3,8}{12,7}$
Chi phí trung bình cho sửa chữa đột xuất, triệu đồng	64,7	69,2	$\frac{69,9}{103,8}$

**Chú thích:** Trên tử số là chỉ tiêu của các đầu máy kể từ khi bắt đầu vận dụng tới sửa chữa cấp 2, dưới mẫu số là chỉ tiêu của các đầu máy chạy từ sửa chữa cấp 2 đến sửa chữa cấp 3.

Bảng 4.12. Các chỉ tiêu đặc trưng cho độ tin cậy của các thiết bị cố định

Các chỉ tiêu	TTHH	Đường sắt
Thông số dòng hỏng, $1/10^2$ km một năm	72	195
Thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng tính cho 100 km chiều dài tuyến, h	56,8	43,5
Thời gian trung bình phục hồi, h	1,36	0,9
Hao phí lao động trung bình cho phục hồi, giờ công	1,43	4,5
Chi phí trung bình cho phục hồi, $10^3$ đồng	9,7	46,9

Giả sử xét một khu đoạn đường sắt, sau khi xử lý các số liệu thống kê ta có các thông số về thời gian gián đoạn trung bình chạy tàu do hư hỏng các trang thiết bị kỹ thuật và thời gian giữa các lần hư hỏng của các thiết bị đó. Các thông số trên được cho trong bảng 4.13

Bảng 4.13. Thời gian gián đoạn trung bình chạy tàu và thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật, giờ

Các chỉ tiêu	Đầu máy	Cầu hầm	Toa xe	Đường sắt	TTHH
Thời gian gián đoạn trung	1,5	2,1	1,6	1,9	1,2

biên chạy tàu do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật.					
Thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng.	2500	1600	19250	658	1750

Kết quả tính toán các xác suất giới hạn được tiến hành theo một số phương án được cho trong bảng 4.14.

Bảng 4.14. Kết quả tính toán các xác suất giới hạn

Các chỉ tiêu	Trị số xác suất giới hạn khi			
	ở giá trị thời gian trung bình thực tế giữa các lần hỏng	Giảm thời gian giữa các lần hỏng		
		xuống 2 lần	xuống 4 lần	xuống 10 lần
Xác suất chuyển tiếp của khu đoạn sang trạng thái làm việc P <sub>1</sub> .	0,9893	0,9788	0,9583	0,8264
Xác suất chuyển tiếp của khu đoạn sang trạng thái không làm việc do hư hỏng của:				
đầu máy P <sub>3</sub>	0,0036	0,0070	0,0137	0,0133
cầu hầm P <sub>5</sub>	0,0012	0,0026	0,0050	0,0108
toa xe P <sub>7</sub>	0,0024	0,0047	0,0093	0,0299
đường sắt P <sub>9</sub>	0,0028	0,0056	0,0111	0,0238
thiết bị TTTH P <sub>10</sub>	0,0007	0,0013	0,0026	0,0058

Kết quả tính toán chất lượng và hiệu quả hoạt động của khu đoạn được cho trong bảng 4.15.

Bảng 4.15. Kết quả chất lượng và hiệu quả hoạt động của khu đoạn

Các chỉ tiêu	Mức tin cậy của các thiết bị kỹ thuật				
	Tuyệt đối	Thực tế	Giảm thời gian giữa các lần hỏng		
			2 lần	4 lần	10 lần
Năng lực thông qua, đôi tàu	26	25,71	25,45	24,91	21,48
Độ giảm năng lực thông qua, đôi tàu	-	0,29	0,55	1,09	4,52
Mức chất lượng hoạt động tương đối, %	100	98,89	97,87	95,87	82,62
Khối lượng luân chuyển, tỷ tấn-km không kể bì	3,423	3,385	3,305	3,280	2,829
Khối lượng luân chuyển không thực hiện được do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật, tỷ tấn-km không kể bì	-	0,038	0,073	0,143	0,594
Doanh thu do thực hiện khối lượng vận chuyển, tỷ đồng	17,115	16,925	16,75	16,4	14,145
Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật, tỷ đồng	-	0,19	0,365	0,715	2,97

Các chỉ tiêu chất lượng hoạt động và hiệu quả đầu ra được tính toán cho một khu đoạn đường sắt cụ thể với chiều dài khu đoạn là 95,5 km, năng lực thông qua (khối lượng vận chuyển) là 26 đôi tàu hàng, khối lượng vận chuyển hàng hoá là 22,4 triệu tấn không kể bì trong một năm. Trên khu đoạn sử dụng đầu máy diesel, khối lượng đoàn tàu trung bình là 2 381,5 tấn không kể bì, tốc độ khu đoạn là 35 km/h. Thời gian gián đoạn chạy tàu trung bình do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật và thời gian giữa các lần hỏng được cho trong bảng 4.13.

Kết quả tính toán các xác suất giới hạn chuyển tiếp của khu đoạn đường sắt sang một trong những trạng thái đã xét với thời gian trung bình thực tế giữa các lần hỏng của các thiết bị kỹ thuật và với mức giảm của nó xuống 1; 4 và 10 lần được cho trong bảng 4.14.

Với các giá trị đã biết của các xác suất giới hạn chuyển tiếp của khu đoạn sang một trong những trạng thái đã nêu ở trên, có thể xác định chỉ tiêu chất lượng hoạt động tương đối của nó theo công thức (4.34):

$$R(t) = \frac{\sum_{i=0}^n N_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{0i} P_{0i}},$$

Hiệu quả công tác cuối cùng (đầu ra) của khu đoạn có thể được xác định bằng doanh thu hoặc bằng lợi nhuận từ khối lượng vận chuyển đã thực hiện được.

Khi tính toán, luồng hàng ở chiều nhẹ được lấy bằng 60% luồng hàng ở chiều nặng, đơn giá tính toán là 5 000 đ/10 tkm không kể bì. Các kết quả tính toán được cho trong bảng 4.15.

Từ bảng này thấy rằng, khi giảm thời gian trung bình giữa các lần hỏng của các thiết bị kỹ thuật của khu đoạn đường sắt xuống 10 lần so với mức thực tế, thì chỉ tiêu chất lượng hoạt động tương đối giảm từ 98,89 xuống 82,62%, khối lượng hàng hoá không thể vận chuyển được tăng từ 0,038 tỷ lên 0,594 tỷ tkm không kể bì trong một năm. Khối lượng vận chuyển không thực hiện được dẫn đến làm giảm doanh thu vận chuyển hàng hoá từ 16,925 tỷ xuống 14,145 tỷ, có nghĩa là giảm đi 2,97 tỷ đồng trong một năm.

## MỤC LỤC

### Mở đầu

### Chương I. Tổng quan về tình hình sử dụng đầu máy trong ngành đường sắt Việt Nam

- 1.1. Đặc điểm và tính năng kỹ thuật các loại đầu máy đang sử dụng trong ngành vận tải đường sắt Việt Nam 5
- 1.2. Các cơ sở vận dụng và bảo dưỡng, sửa chữa đầu máy trong ngành đường sắt Việt Nam 10
- 1.3. Tình hình sử dụng đầu máy trên đường sắt Việt Nam 12

### Chương II. Đánh giá hao mòn các chi tiết cơ bản trên đầu máy diesel

- 2.1. Các dạng hư hỏng của chi tiết trên đầu máy diesel 19
- 2.2. Một số nguyên tắc về thu thập số liệu thống kê hao mòn các chi tiết trên đầu máy vận dụng trong điều kiện Việt Nam 24
- 2.3. Đánh giá đặc trưng hao mòn nhóm pittông-xéc măng-xilanh động cơ đầu máy diesel 24
- 2.4. Đánh giá đặc trưng hao mòn các chi tiết nhóm trục khuỷu-bạc trục động cơ đầu máy diesel 38
- 2.5. Đánh giá hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy diesel 50
- 2.6. Xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của phần tử có hư hỏng tiệm tiến (hao mòn) 59

### Chương III. Đánh giá độ tin cậy của đầu máy như một hệ thống kỹ thuật độc lập

- 3.1. Cơ sở đánh giá độ tin cậy của đầu máy diesel như một hệ thống kỹ thuật độc lập 66
- 3.2. Xác định các thông số độ tin cậy của các phân hệ cơ bản trên đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam 75

### Chương IV. Độ tin cậy của đầu máy như một phần tử của hệ thống vận tải đường sắt

- 4.1. Một số chỉ tiêu độ tin cậy của các thiết bị kỹ thuật trong hệ thống vận tải đường sắt 84
- 4.2. Các chỉ tiêu chất lượng và chỉ tiêu hiệu quả hoạt động của hệ thống vận tải đường sắt 93

4.3.	Mô hình hoạt động của một khu đoạn đường sắt	95
4.4.	Đánh giá ảnh hưởng của độ tin cậy các thiết bị kỹ thuật tới chất lượng và hiệu quả của hệ thống vận tải đường sắt	98
	<b>Tài liệu tham khảo</b>	104
	<b>Mục lục</b>	106

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. "Вища школа", Киев-1976.
- [2]. Червоный А.А, Лукьященко В.И, Котин Л.В. Надежность сложных систем. "Машиностроение". Москва 1976
- [3]. Алехин С.В; Продан. Н. С. Надежность механической части подвижного состава. Москва. "Транспорт". 1969.
- [4]. Пузанков А.Д. Надежность конструкций локомотивов. Москва. МИИТ. 1999.
- [5]. Бервинов В.И. Техническое диагностирование локомотивов. Москва 1999.
- [6]. Шишков А.Д. Народнохозяйственная эффективность повышения надёжности технических средств железнодорожного транспорта. Москва. "Транспорт". 1986.
- [7]. Phan Văn Khôi. Cơ sở đánh giá độ tin cậy NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội 2001.
- [8]. Phan Văn Khôi. Tuổi thọ mỏi của kết cấu thép ngoài biển. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội 1997.
- [9]. Đỗ Đức Tuấn. Nghiên cứu xác định một số chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng của đầu máy trên đường sắt Việt Nam và lựa chọn phương pháp đánh giá ảnh hưởng của chúng tới hiệu quả vận tải đường sắt. Đề tài NCKH mã số T95-CK-05, Trường Đại học GTVT, Hà Nội 1995.
- [10]. Đỗ Đức Tuấn. Xây dựng chương trình xử lý số liệu thống kê các đại lượng ngẫu nhiên cho việc nghiên cứu hao mòn và độ tin cậy của đầu máy diesel. Đề tài NCKH mã số T98-CK92. Trường Đại học Giao thông Vận tải. Hà Nội 1999.
- [11]. Đỗ Đức Tuấn. Lý thuyết độ tin cậy (Tài liệu giảng dạy cao học). Trường Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội 2003.
- [12]. Đỗ Đức Tuấn. Độ tin cậy và chẩn đoán kỹ thuật đầu máy diesel (Tài liệu giảng dạy cao học). Trường Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội 2003.
- [13]. Đỗ Đức Tuấn. Nghiệp vụ đầu máy. NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội 2004.
- [14]. Đỗ Đức Tuấn. Xác định độ tin cậy và chẩn đoán trạng thái kỹ thuật của đầu máy diesel. Thông tin KHKT, Trường Đại học Giao thông Sát-Bộ, số 3-1982.
- [15]. Đỗ Đức Tuấn. Phương pháp dự báo tuổi thọ của đầu máy diesel. Thông tin KHKT. Trường Đại học Giao thông Sát-Bộ, Số 2+3-1983.
- [16]. Đỗ Đức Tuấn. ảnh hưởng của hao mòn các chi tiết cơ cấu phối khí tới độ giảm công suất hữu ích của động cơ đầu máy diesel. Thông tin KHKT. Trường Đại học Giao thông Sát-Bộ, Số 3-1985
- [17]. Đỗ Đức Tuấn. Một số kết quả nghiên cứu độ bền lâu và độ tin cậy của động cơ đầu máy diesel vận dụng ở Việt Nam. Tuyển tập các công trình NCKH 1983-1985, Trường Đại học Giao thông Sát-Bộ.
- [18]. Đỗ Đức Tuấn. Xác định một số chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng của đầu máy D13E trên đường sắt Việt Nam. Thông tin KHKT. Trường Đại học GTVT, Mục nghiên cứu. Số 1-1995.
- [19]. Đỗ Đức Tuấn. Nghiên cứu đánh giá một số chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng của đầu máy diesel trên đường sắt Việt Nam. Thông tin KHKT. Trường Đại học GTVT, Mục nghiên cứu. Số 2-1995.
- [20]. Đỗ Đức Tuấn. Phân tích kết quả nghiên cứu xác định các chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng của đầu máy diesel thuộc Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn. Thông tin KHKT. Trường Đại học GTVT, Mục nghiên cứu. Số 3-1995.
- [21]. Đỗ Đức Tuấn. Đánh giá ảnh hưởng của độ tin cậy vận dụng đầu máy tới hiệu quả vận tải đường sắt. Thông tin KHKT. Trường Đại học GTVT, Mục nghiên cứu. Số 1-1996.
- [22]. Đỗ Đức Tuấn, Đỗ Việt Dũng. Phân tích và đánh giá độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy diesel truyền động điện sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam. Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải. Trường Đại học GTVT. Số 3, 3/2003
- [23]. Đỗ Đức Tuấn. Nghiên cứu hao mòn chi tiết, xác định chu kỳ sửa chữa và đánh giá trạng thái kỹ thuật cho đầu máy diesel vận dụng ở Việt Nam. Tạp chí KHKT GTVT (Bộ GTVT). Số 6-1984.

[24]. Đỗ Đức Tuấn. Độ giảm công suất hữu ích của động cơ đầu máy diesel do ảnh hưởng của hao mòn nhóm pittông-plônggiơ bơm cao áp có xét tới nhiệt độ môi trường vận dụng. Tạp chí KHKT GTVT (Bộ GTVT). Số 1-1986.

[25]. Đỗ Đức Tuấn. Một số kết quả khảo sát quá trình hao mòn chi tiết động cơ đầu máy diesel vận dụng trên đường sắt Việt Nam. Thông báo Khoa học của các Trường Đại học. Chuyên đề Cơ khí, 1986.

[26]. Đỗ Đức Tuấn. Xác định và đánh giá một số chỉ tiêu độ tin cậy vận dụng của đầu máy diesel trong ngành đường sắt Việt Nam. Tạp chí Giao thông Vận tải. Số 11/2001.

[27]. Đỗ Đức Tuấn. Nghiên cứu xác định một số đặc trưng hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam. Tuyển tập Công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ VII, 18-20/12/2002, Tập 5, Cơ học máy, trang 101.

[28]. Đỗ Đức Tuấn, Nguyễn Cao Nhạc. Thiết lập hệ phương trình đại số tuyến tính mô tả trạng thái kỹ thuật của đầu máy diesel với tư cách là một hệ thống kỹ thuật phức hợp trong quá trình khai thác trên tuyến đường sắt. Tuyển tập Công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ VII, 18-20/12/2002, Tập 5, Cơ học máy, trang 109.

[29]. Đỗ Đức Tuấn, Đỗ Việt Dũng. Nghiên cứu xác định và đánh giá độ tin cậy của các hệ thống trên đầu máy diesel truyền động điện sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam. Tuyển tập Công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ VII, 18-20/12/2002, Tập 5, Cơ học máy, trang 242.

[30]. Đỗ Đức Tuấn. Nghiên cứu xác định một số đặc trưng hao mòn chi tiết nhóm pittông-xéc măng-xilanh động cơ đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 7/2003

[31]. Quy trình sửa chữa đầu máy U8B tại Đoạn. Tổng cục Đường sắt, Hà Nội 1979.

[32]. Quy trình sửa chữa đầu máy D13E tại Xí nghiệp Đầu máy. Liên hiệp ĐSVN, Hà Nội 1990.

[33]. Quy trình sửa chữa đầu máy D12E tại Xí nghiệp Đầu máy. Liên hiệp ĐSVN, Hà Nội 1990.

[34]. Quy trình sửa chữa đầu máy D18E tại Xí nghiệp Đầu máy. Liên hiệp ĐSVN, Hà Nội 1990.