



XÁC ĐỊNH THỜI HẠN LÀM VIỆC CỦA CỤM TRỤC KHUYỬ ĐỘNG CƠ CAT 3512B TRÊN ĐẦU MÁY D19E THEO HAO MÒN CÁC CHI TIẾT TRONG QUÁ TRÌNH KHAI THÁC TRÊN ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM

Nguyễn Hữu Chí

Trường Đại học Giao thông Vận tải,
Phân hiệu tại Tp. Hồ Chí Minh

Đỗ Đức Tuấn

Trường Đại học Giao thông Vận tải
Email: ddtuan@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Cho đến nay, đã có nhiều công trình nghiên cứu liên quan đến việc khảo sát, đánh giá quá trình hao mòn của các chi tiết trên các loại đầu máy sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam (ĐSVN), như các chi tiết nhóm trục khuỷu-thanh truyền động cơ diesel, các chi tiết bộ phận chạy đầu máy, v.v. Đối với đầu máy D19E, cũng đã có một số nghiên cứu về hao mòn các chi tiết bộ phận chạy, điển hình là mặt lăn, gờ bánh xe, bạc gối đỡ động cơ điện kéo (ĐCĐK), cổ góp ĐCĐK,... Tuy nhiên, việc nghiên cứu hao mòn các chi tiết động cơ 3512B trên đầu máy D19E cho đến nay vẫn chưa có điều kiện thực hiện.

Vi vậy, nội dung bài báo trình bày quá trình nghiên cứu xác định thời hạn làm việc của cụm trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo hao mòn của các chi tiết trong quá trình khai thác trên đường sắt Việt Nam, cụ thể là tại Xí nghiệp đầu máy Sài Gòn.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở tham khảo cho việc hiệu chỉnh chu kỳ bảo dưỡng, sửa chữa (BDSC) động cơ CAT 3512B nói riêng và đầu máy D19E nói chung đang sử dụng trong ngành ĐSVN.

Từ khóa: thời hạn làm việc, hao mòn chi tiết, trục khuỷu động cơ, đầu máy D19E, đường sắt Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay ngành đường sắt Việt Nam (ĐSVN) đang sử dụng 282 đầu máy diesel (259 đầu máy đang vận dụng) gồm 13 chủng loại với dải công suất từ 500 đến 2.000 mã lực. Đầu máy D19E có công suất 1.900 mã lực, do Trung Quốc sản xuất. Số lượng đầu máy D19E là 80 chiếc và hiện là nguồn sức kéo chủ lực của ngành ĐSVN.

Động cơ diesel sử dụng trên đầu máy D19E là loại động cơ CATERPILLAR 3512B, do Mỹ sản xuất, là loại động cơ có công suất lớn, có nhiều tính năng ưu việt, hiệu suất cao, tiêu hao nhiên liệu thấp, làm việc ổn định và tin cậy, tuổi thọ cao, chi phí cho bảo dưỡng, sửa chữa thấp.

Cho đến nay đã có nhiều công trình nghiên cứu liên quan đến việc khảo sát, đánh giá quá trình hao mòn của các chi tiết trên các loại đầu máy trong ngành ĐSVN như các chi tiết nhóm trục khuỷu-thanh truyền động cơ diesel, các chi

tiết bộ phận chạy đầu máy,... Đối với đầu máy D19E cũng có nhiều nghiên cứu về hao mòn các chi tiết bộ phận chạy, điển hình là mặt lăn, gờ bánh xe, bạc gối đỡ động cơ điện kéo (ĐCĐK), cổ góp ĐCĐK,... Tuy nhiên, việc nghiên cứu hao mòn các chi tiết động cơ 3512B trên đầu máy D19E vẫn chưa có điều kiện thực hiện, cho nên cần thực hiện nghiên cứu để làm cơ sở tham khảo cho việc hiệu chỉnh chu kỳ bảo dưỡng, sửa chữa (BDSC) đầu máy D19E mà hiện nay vẫn được ngành ĐSVN sử dụng theo khuyến cáo của nhà sản xuất.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cụm trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E

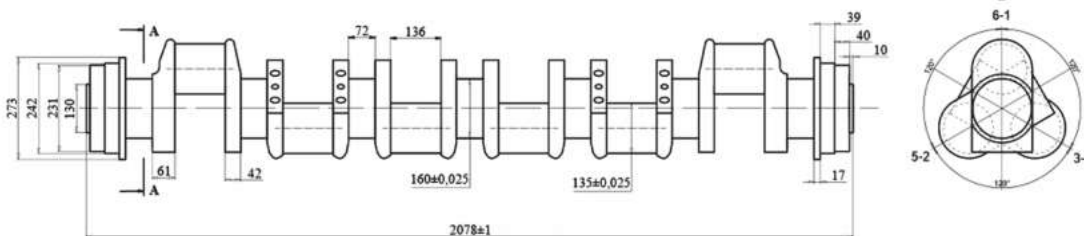
Các thông số kỹ thuật cơ bản động cơ Caterpillar 3512B trên đầu máy D19E được thể hiện trong Bảng 1 [7,8].

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ Caterpillar 3512B.

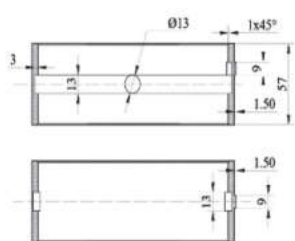
TT	Thông số	Trị số
1	Nước chế tạo	Mỹ
2	Lắp trên đầu máy	D19E
3	Công suất định mức, mã lực (HP)	1900
4	Số kỳ	4
5	Tỉ số nén	14:1
6	Số vòng quay định mức, r/min	1800
7	Số vòng quay không tải, r/min	600
8	Số xi lanh	12
9	Cách bố trí xi lanh	V, 600
10	Đường kính xi lanh, mm	170
11	Dung tích xi lanh, lít	4,3
12	Tổng dung tích xi lanh, lít	51,8
13	Hành trình pittông, mm	190
14	Phương thức nạp khí	Tăng áp
15	Khối lượng động cơ, kg	6.538
16	Suất hao nhiên liệu, g/kWh	197

Nhóm trục khuỷu - thanh truyền là một trong những nhóm chi tiết quan trọng nhất, có cường độ làm việc lớn nhất và giá thành cao nhất của động cơ diesel (khoảng từ 25% - 30% giá thành động cơ). Trục khuỷu trong động cơ diesel CAT 3512B của đầu máy

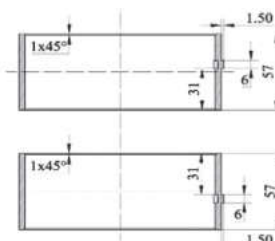
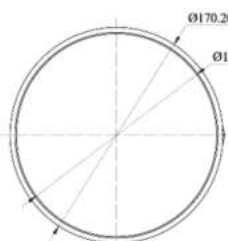
D19E là loại trục khuỷu chế tạo bằng thép nguyên khối gồm có 7 cổ trục và 6 cổ biên. Kết cấu trục khuỷu động cơ CAT 3512B thể hiện trên Hình H.1. Kết cấu bạc lót cổ trục và cổ biên trục khuỷu động cơ CAT 3512B thể hiện trên các Hình H.2, H.3 [7,8].



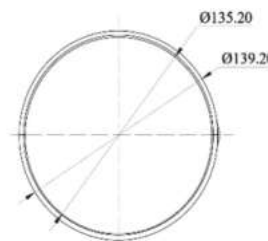
H.1. Kết cấu trục khuỷu động cơ CAT 3512B đầu máy D19E.



H.2. Kết cấu bạc lót cổ trục trục khuỷu động cơ CAT 3512B.



H.3. Kết cấu bạc lót cổ biên trục khuỷu động cơ CAT 3512B.





Một số thông số kích thước cơ bản của cụm trục khuỷu động cơ Caterpillar 3512B được cho trong các bảng 2,3 [6, 7, 8, 9, 10].

Bảng 2. Một số thông số kích thước cơ bản của trục khuỷu động cơ Caterpillar 3512B.

TT	Thông số	Trị số
1	Đường kính danh nghĩa của cổ trục (nguyên hình, code 0), mm	$D_{ct,cod0} = 160,000 \pm 0,025$
2	Đường kính cổ trục code 1, mm	$D_{ct,cod1} = 159,370 \pm 0,025$
3	Lượng dự trữ hao mòn giữa code 0 và code 1, mm	$\Delta_{ct,cod0-1} = D_{ct,cod0} - D_{ct,cod1} = 0,63$
4	Đường kính cổ trục code 2, mm	$D_{ct,cod2} = 158,730 \pm 0,025$
5	Lượng dự trữ hao mòn giữa code 1 và code 2, mm	$\Delta_{ct,cod1-2} = D_{ct,cod1} - D_{ct,cod2} = 0,64$
6	Đường kính cổ trục nhỏ nhất, mm	$D_{ct,min} = D_{ct,cod2} - \Delta_{ct,cod1-2} = 158,09$
7	Đường kính danh nghĩa nhỏ nhất của cổ trục, mm	$D_{ct,min} = 158,09$
8	Lượng dự trữ hao mòn tổng thể của cổ trục, mm	$\Delta_{ct} = D_{ct,cod0} - D_{ct,min} = 1,91$

Bảng 3. Các thông số khe hở của hệ gối đỡ trục khuỷu động cơ Caterpillar 3512B.

TT	Thông số	Mối ghép cổ trục - bạc trục	Mối ghép cổ biên - bạc biên
1	Khe hở ban đầu (nguyên hình), mm	$S_{bct,bd} = 0,122 \div 0,160$	$S_{bcb,bd} = 0,107 \div 0,140$
2	Khe hở ban đầu trung bình (nguyên hình), mm	$S_{bct,bd}^{tb} = 0,141$	$S_{bcb,bd}^{tb} = 0,1235$
3	Khe hở khi loại bỏ, mm	$S_{bct}^{max} = 0,241$	$S_{bcb}^{max} = 0,229$
4	Độ gia tăng khe hở cho phép đến khi loại bỏ, mm	$\Delta S_{bct}^{max} = S_{bct}^{max} - S_{bct,bd}^{tb} = 0,10$	$\Delta S_{bcb}^{max} = S_{bcb}^{max} - S_{bcb,bd}^{tb} = 0,1055$

2.2. Cơ sở xác định thời hạn làm việc của các chi tiết hư hỏng do hao mòn

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

Hàm xác suất làm việc không hỏng (hàm tin cậy) được xác định như sau [1÷4, 11, 12]:

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

Hàm xác suất hỏng

Hàm xác suất hỏng được xác định như sau [6-11]:

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

trong đó: $E(I_r)$ - kỳ vọng toán học độ mòn sau khi chạy rà thứ cấp, mm; $D(I_r)$ - phương sai độ mòn sau khi chạy rà thứ cấp, mm²; $E(c)$ - kỳ vọng toán học cường độ hao mòn, mm/105 h hoặc mm/10⁵ km; $D(c)$ - phương sai cường độ hao

mòn, $[mm/10^5 h]^2$ hoặc $[mm/10^5 km]^2$; $I(I_{gh})$ - độ mòn giới hạn, mm; $\Phi (*)$ - hàm phân bố chuẩn chuẩn hoá.

Khi bỏ qua thời kỳ chạy rà thứ cấp thì $E(I_r) = 0$ và $D(I_r) = 0$.

Thời hạn làm việc (tuổi thọ) gamma phần trăm

Thời hạn làm việc (tuổi thọ) gamma phần trăm được xác định như sau [1, 2, 11, 12].

$$P(t) = \Phi \left\{ \frac{I_{gh} - E(I_r) - E(c)t}{\left[D(I_r) + D(c)t^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right\} = \Phi(z) \tag{3}$$

Từ (1) có thể rút ra phân vị t đối với phân bố chuẩn:

trong đó: z - phân vị của hàm phân bố chuẩn chuẩn hóa

Với xác suất $\gamma\%$ cho trước, có thể xác định được t bằng hàm phân bố chuẩn chuẩn hóa.

$$z = \frac{I_{gh} - E(I_r) - E(c)t}{\left[D(I_r) + D(c)t^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \tag{4}$$

Chẳng hạn, cần xác định thời hạn làm việc gamma 50, 75, 80, 85 và 90%, thì thay $P(t) = 0,5$; $P(t) = 0,75$; $P(t) = 0,80$; $P(t) = 0,85$; $P(t) = 0,90$.

Sau đó, từ hàm phân bố chuẩn chuẩn hóa, xác định được các giá trị tương ứng của z là: $z_{(0,5)} = 0$; $z_{(0,75)} = 0,608$; $z_{(0,80)} = 0,805$; $z_{(0,85)} = 0,104$ và $z_{(0,9)} = 1,282$.

Bảng 4. Số liệu thống kê về độ mòn lớn nhất của cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E ở cấp đại tu R_d.

TT	Đầu máy	Thời gian làm việc của động cơ, h	Thời gian làm việc của đầu máy, km	Cổ trục 1	Cổ trục 2	Cổ trục 3	Cổ trục 4	Cổ trục 5	Cổ trục 6	Cổ trục 7
				I_{ct1}	I_{ct2}	I_{ct3}	I_{ct4}	I_{ct5}	I_{ct6}	I_{ct7}
1	D19E 911; Rd, 28.9.2015	45.263	1.975.000	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2	D19E 912; Rd, 05.10.2015	45.263	1.975.000	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

(Nguồn: Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn, Tổng công ty ĐSVN)

Đơn vị tính: mm

Thay các giá trị tương ứng của z vào (4) rồi giải ta được các giá trị t tương ứng là $t_{\gamma 50\%}$; $t_{\gamma 75\%}$; $t_{\gamma 80\%}$; $t_{\gamma 85\%}$ và $t_{\gamma 90\%}$.

Mặt khác, từ (2), có thể rút ra phân vị t đối với phân bố chuẩn.

$$t \left[D(I_r) + D(c)t^2 \right]^{\frac{1}{2}} = E(I_r) + E(c)t - I_{gh} \tag{5}$$

Tương tự như trên, với xác suất $\gamma\%$ cho trước, có thể xác định được t bằng hàm phân bố chuẩn chuẩn hóa. Thay các giá trị đã biết vào (5) và giải phương trình này theo t , ta được tuổi thọ gamma phần trăm.

2.3. Thu thập số liệu thống kê về hao mòn chi tiết và xác định các thông số tính toán

Số liệu thống kê về độ mòn lớn nhất của các cổ trục I_{ct} , khe hở lớn nhất của các mối ghép bạc trục - cổ trục Sb_{ct} và bạc biên - cổ biên Sb_{ct} cụm trục khuỷu động cơ CAT 3512B đã được thu thập đối với 24/30 đầu máy D19E sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn thuộc Tổng công ty đường sắt Việt Nam đã vào cấp đại tu trong khoảng thời gian 8 năm, từ 2015 đến 2022. Từ các số liệu thống kê về độ mòn lớn nhất của các cổ trục, tiến hành xác định các thông số tính toán sau đây.

2.3.1. Xác định cường độ hao mòn của các cổ trục khuỷu động cơ

Số liệu thống kê về độ mòn lớn nhất của cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E ở cấp đại tu R_d được cho trong Bảng 4.



3	D19E 913; Rd, 2015	42.906	1.829.235	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
4	D19E 914; Rd, 29.6.2015	42.274	1.884.606	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
5	D19E 915; Rd, 2015	44.131	1.824.585	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6	D19E 916; Rd, 2015	41.551	1.690.600	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7	D19E 917; Rd, 2015	43.136	1.833.895	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
8	D19E 918; Rd, 2015	41.927	1.794.318	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04
9	D19E 919; Rd, 2016	42.227	1.788.057	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04
10	D19E 920; Rd, 2016	42.675	1.754.336	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
11	D19E 931; Rd, 2016	43.000	1.866.600	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
12	D19E 932; Rd, 2016	43.664	1.010.881	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
13	D19E 933; Rd, 2016	42.857	1.763.457	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
14	D19E 934; Rd, 2016	40.362	1.660.656	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
15	D19E 936; Rd, 2016	44.342	1.874.562	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
16	D19E 938; Rd, 23.7.2018	42.768	851.077	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
17	D19E 940; Rd, 2015	42.869	807.234	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
18	D19E 951; Rd, 03.8.20	45.263	1.975.000	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
19	D19E 952; Rd, 6.20	46.237	1.869.000	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
20	D19E 953; Rd, 6.20	44.558	1.827.000	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
21	D19E 955; Rd, 11.12.20	45.806	1.877.000	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02

22	D19E 958; Rd, 06.7.20	45.263	1.886.000	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
23	D19E 957; Rd, 3.22	51.959	1.057.349	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
24	D19E 960; Rd, 7.22	52.258	1.043.055	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01

Từ số liệu thống kê trong Bảng 4 về thời gian làm việc của động cơ tính bằng giờ và của đầu máy tính bằng km chạy, tiến hành quy đổi tương đương và nhận được kết quả là, tính trung bình một giờ làm việc của động cơ tương đương với quãng đường chạy của đầu máy là 39,22 km.

Từ các số liệu thống kê về độ mòn lớn nhất I_{ct} của các ổ trục động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E ở cấp đại tu R_d (bảng 4) tiến hành xác định cường độ hao mòn của các ổ trục:

$$c_{ct_i} = \frac{I_{ct_i}}{t_i}, \text{ mm}/10^5 \text{ h} \tag{6}$$

trong đó: c_{ct_i} - cường độ hao mòn của ổ trục thứ i , mm/105 h; I_{ct_i} - độ mòn của ổ trục thứ i , mm; t_i - thời gian làm việc của động cơ thứ i , 10^5 h.

Kết quả được cho trong Bảng 5.

Bảng 5. Cường độ hao mòn lớn nhất của ổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E

Đơn vị tính: mm/105 h

TT	Đầu máy	Thời gian làm việc của động cơ, 105 h	Thời gian làm việc của đầu máy, km	Cổ trục 1	Cổ trục 2	Cổ trục 3	Cổ trục 4	Cổ trục 5	Cổ trục 6	Cổ trục 7
				C_{t1}	C_{t2}	C_{t3}	C_{t4}	C_{t5}	C_{t6}	C_{t7}
1	D19E 911	0,45263	1.975.000	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663
2	D19E 912	0,45263	1.975.000	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663
3	D19E 913	0,42906	1.829.235	0,0699	0,0466	0,0699	0,0699	0,0466	0,0699	0,0699
4	D19E 914	0,42274	1.884.606	0,0473	0,0473	0,0473	0,0473	0,0473	0,0473	0,0473
5	D19E 915	0,44131	1.824.585	0,0227	0,0227	0,0227	0,0227	0,0227	0,0227	0,0227
6	D19E 916	0,41551	1.690.600	0,0241	0,0241	0,0241	0,0241	0,0241	0,0241	0,0241
7	D19E 917	0,43136	1.833.895	0,0695	0,0464	0,0695	0,0695	0,0464	0,0695	0,0464
8	D19E 918	0,41927	1.794.318	0,0477	0,0477	0,0477	0,0716	0,0477	0,0716	0,0954
9	D19E 919	0,42227	1.788.057	0,0474	0,0474	0,0474	0,0710	0,0474	0,0710	0,0947
10	D19E 920	0,42675	1.754.336	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234
11	D19E 931	0,43000	1.866.600	0,0465	0,0465	0,0465	0,0465	0,0465	0,0465	0,0465
12	D19E 932	0,43664	1.010.881	0,0229	0,0229	0,0229	0,0229	0,0229	0,0229	0,0229
13	D19E 933	0,42857	1.763.457	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233



14	D19E 934	0.40362	1.660.656	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496
15	D19E 936	0,44342	1.874.562	0,0677	0,0451	0,0677	0,0451	0,0677	0,0451	0,0451
16	D19E 938	0,42768	851.077	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234	0,0468
17	D19E 940	0,42869	807.234	0,0467	0,0467	0,0467	0,0467	0,0467	0,0467	0,0467
18	D19E 951	0,45263	1.975.000	0,0442	0,0221	0,0221	0,0221	0,0221	0,0221	0,0442
19	D19E 952	0,46237	1.869.000	0,0433	0,0433	0,0433	0,0649	0,0433	0,0433	0,0433
20	D19E 953	0.44558	1.827.000	0,0449	0,0449	0,0449	0,0673	0,0449	0,0449	0,0449
21	D19E 955	0,45806	1.877.000	0,0437	0,0437	0,0437	0,0655	0,0437	0,0437	0,0437
22	D19E 958	0,45263	1.886.000	0,0442	0,0442	0,0442	0,0663	0,0442	0,0442	0,0442
23	D19E 957	0,51959	1.057.349	0,0192	0,0192	0,0192	0,0192	0,0192	0,0192	0,0192
24	D19E 960	0,52258	1.043.055	0,0191	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0191	0,0191

Từ số liệu trong trong Bảng 5, bằng phần mềm chuyên dùng [12], tiến hành thiết lập hàm mật độ phân bố xác suất, kỳ vọng toán học, phương sai và sai lệch bình phương trung bình (độ lệch chuẩn) của cường độ hao mòn theo phân bố chuẩn. Kết quả kỳ vọng cường độ hao mòn được cho trong Bảng 6.

Bảng 6. Kỳ vọng toán học cường độ hao mòn lớn nhất của cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E.

Đơn vị tính: mm/105h

Cổ trục 1	Cổ trục 2	Cổ trục 3	Cổ trục 4	Cổ trục 5	Cổ trục 6	Cổ trục 7	Tổng hợp
0,046	0,042	0,045	0,049	0,043	0,046	0,049	0,045

So sánh cường độ hao mòn của cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E với cường độ hao mòn cổ trục khuỷu của các loại động cơ khác đã nêu trong [3], thấy rằng, cường độ hao mòn của cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E là rất nhỏ, nhỏ hơn từ 4 đến 6,45 lần so với một số loại động cơ khác lắp trên các loại đầu máy của ngành ĐSVN như động cơ K6S 230 DR trên đầu máy D12E, ALCO 251-D trên đầu máy D13E, CKL-8TR 240 CO trên đầu máy D18E... (ngoại trừ động cơ trên đầu máy D9E đã được sử dụng từ năm 1963).

Vấn đề này có thể được lý giải như sau:

Các loại đầu máy trước đây đã được sử dụng từ lâu trong ngành ĐSVN, chẳng hạn đầu máy D9E từ 1963, đầu máy D12E từ 1985, đầu máy D13E từ 1985, đầu máy D18E từ 1984, đã trải qua nhiều cấp

đại tu. Điều kiện vận dụng và bảo dưỡng, sửa chữa đầu máy trong nhiều năm trước đây còn nhiều khó khăn và hạn chế so với những năm sau này. Sau các lần đại tu, đường kính cổ trục, cổ biên giảm đi, độ cứng bền mặt giảm xuống dẫn đến cường độ hao mòn ngày càng có xu hướng tăng dần, vì thế cường độ hao mòn tổng thể của chúng là tương đối lớn.

Trong khi đó, máy D19E mới bắt đầu được sử dụng trong ngành ĐSVN từ năm 2002, sau đó là các lô năm 2007 và 2011. Đến nay các đầu máy này mới chỉ trải qua cấp đại tu lần một và lần hai. Điều kiện vận dụng, bảo dưỡng, sửa chữa đối với đầu máy D19E cũng được cải thiện nhiều hơn trước, đồng thời chất lượng chế tạo động cơ CAT 3512B chắc chắn là cao hơn so với các loại động cơ trên các đầu máy đã nêu. Quá trình hao mòn của các chi tiết động cơ này mới chỉ ở giai đoạn

đầu sau khi đưa vào sử dụng, do đó cường độ hao mòn của các chi tiết động cơ CAT 3512B ở thời điểm hiện tại là tương đối nhỏ. Những năm tiếp theo, khi đầu máy sẽ trải qua nhiều cấp đại tu nữa, cường độ hao mòn của các chi tiết động cơ sẽ có xu hướng tăng lên.

2.3.2. Xác định cường độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc trục - cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B

Số liệu thống kê về khe hở lớn nhất của mỗi ghép bạc trục - cổ trục khuỷu động cơ đầu máy D19E ở cấp đại tu Rd được cho trong Bảng 7.

Bảng 7. Số liệu thống kê về khe hở lớn của mỗi ghép bạc trục - cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E ở cấp đại tu Rd.

(Nguồn: Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn, Tổng Công ty ĐSVN)
Đơn vị tính: mm

TT	Đầu máy	Thời gian làm việc của động cơ, h	Thời gian làm việc của đầu máy, km	Cổ trục 1	Cổ trục 2	Cổ trục 3	Cổ trục 4	Cổ trục 5	Cổ trục 6	Cổ trục 7
				S_{bct1}	S_{bct2}	S_{bct3}	S_{bct4}	S_{bct5}	S_{bct6}	S_{bct7}
1	D19E 911; Rd, 28.9.2015	45.263	1.975.000	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,23	0,23
2	D19E 912; Rd, 5.10.2015	45.263	1.975.000	0,18	0,19	0,19	0,18	0,20	0,18	0,18
3	D19E 913; Rd, 2015	42.906	1.829.235	0,24	0,22	0,23	0,22	0,23	0,23	0,25
4	D19E 914; Rd, 29.6.2015	42.274	1.884.606	0,19	0,20	0,21	0,20	0,19	0,19	0,20
5	D19E 915; Rd, 2015	44.131	1.824.585	0,18	0,19	0,20	0,19	0,18	0,17	0,19
6	D19E 916; Rd, 2015	41.551	1.690.600	0,23	0,25	0,24	0,26	0,24	0,23	0,23
7	D19E 917; Rd, 2015	43.136	1.833.895	0,20	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18	0,17
8	D19E 918; Rd, 2015	41.927	1.794.318	0,24	0,22	0,24	0,22	0,23	0,24	0,24
9	D19E 919; Rd, 2016	42.227	1.788.057	0,24	0,27	0,25	0,28	0,26	0,28	0,29
10	D19E 920; Rd, 2016	42.675	1.754.336	0,21	0,26	0,24	0,26	0,26	0,29	0,26
11	D19E 931; Rd, 2016	43.000	1.866.600	0,22	0,23	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25
12	D19E 932; Rd, 2016	43.664	1.010.881	0,24	0,24	0,23	0,25	0,25	0,26	0,26
13	D19E 933; Rd, 2016	42.857	1.763.457	0,19	0,21	0,21	0,21	0,21	0,19	0,21
14	D19E 934; Rd, 2016	40.362	1.660.656	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22	0,22
15	D19E 936; Rd, 2016	44.342	1.874.562	0,25	0,23	0,24	0,23	0,24	0,23	0,23
16	D19E 938; Rd, 23.7.2018	42.768	851.077	0,19	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22
17	D19E 940; Rd, 2015	42.869	807.234	0,26	0,25	0,25	0,24	0,26	0,25	0,24
18	D19E 951; Rd, 03.8.20	45.263	1.975.000	0,20	0,18	0,19	0,19	0,18	0,19	0,19
19	D19E 952; Rd, 6.20	46.237	1.869.000	0,18	0,20	0,20	0,21	0,20	0,19	0,20
20	D19E 953; Rd, 6.20	44.558	1.827.000	0,18	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,18
21	D19E 955; Rd, 11.12.20	45.806	1.877.000	0,20	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
22	D19E 958; Rd, 06.7.20	45.263	1.886.000	0,17	0,19	0,18	0,19	0,19	0,20	0,17
23	D19E 957; Rd, 3.22	51.959	1.057.349	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
24	D19E 960; Rd, 7.22	52.258	1.043.055	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21



Từ các số liệu thống kê về khe hở lớn nhất S_{bct} của các mối ghép bạc trục - cổ trục ở cấp đại tu R_d (Bảng 7) tiến hành xác định độ gia tăng khe hở:

$$\Delta S_{bct_i} = S_{bct_i} - S_{bct,bd} \quad (7)$$

Trong đó: ΔS_{bct_i} - độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc trục - cổ trục của gối đỡ thứ i , mm; $S_{bct,bd}$ - khe hở ban đầu của mối ghép, mm.

Từ các số liệu về thống kê về độ gia tăng khe hở của các mối ghép bạc trục - cổ trục ở cấp

đại tu R_d tiến hành xác định cường độ gia tăng khe hở:

$$C_{\Delta S_{bct_i}} = \frac{\Delta S_{bct_i}}{t_i}, \text{ mm}/10^5 \text{ h} \quad (8)$$

Trong đó: ΔS_{bct_i} - độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc trục - cổ trục của gối đỡ thứ i , mm; t_i - thời gian làm việc của động cơ thứ i , 10^5 h.

Kết quả tính toán được cho trong Bảng 8.

Bảng 8. Cường độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc trục - cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E.

Đơn vị tính: mm/ 10^5 h

TT	Đầu máy	Thời gian làm việc của động cơ, 10 ⁵ h	Thời gian làm việc của đầu máy, km	Cổ trục 1	Cổ trục 2	Cổ trục 3	Cổ trục 4	Cổ trục 5	Cổ trục 6	Cổ trục 7
				$C_{\Delta S_{bct1}}$	$C_{\Delta S_{bct2}}$	$C_{\Delta S_{bct3}}$	$C_{\Delta S_{bct4}}$	$C_{\Delta S_{bct5}}$	$C_{\Delta S_{bct6}}$	$C_{\Delta S_{bct7}}$
1	D19E 911	0,45263	1.975.000	0,197	0,197	0,197	0,197	0,175	0,197	0,197
2	D19E 912	0,45263	1.975.000	0,086	0,108	0,108	0,086	0,130	0,086	0,086
3	D19E 913	0,42906	1.829.235	0,231	0,184	0,207	0,184	0,207	0,207	0,254
4	D19E 914	0,42274	1.884.606	0,116	0,140	0,163	0,140	0,116	0,116	0,140
5	D19E 915	0,44131	1.824.585	0,088	0,111	0,134	0,111	0,088	0,066	0,111
6	D19E 916	0,41551	1.690.600	0,214	0,262	0,238	0,286	0,238	0,214	0,214
7	D19E 917	0,43136	1.833.895	0,137	0,090	0,090	0,090	0,067	0,090	0,067
8	D19E 918	0,41927	1.794.318	0,236	0,188	0,236	0,188	0,212	0,236	0,236
9	D19E 919	0,42227	1.788.057	0,234	0,305	0,258	0,329	0,282	0,329	0,353
10	D19E 920	0,42675	1.754.336	0,162	0,279	0,232	0,279	0,279	0,349	0,279
11	D19E 931	0,43000	1.866.600	0,184	0,207	0,253	0,230	0,253	0,253	0,253
12	D19E 932	0,43664	1.010.881	0,227	0,227	0,204	0,250	0,250	0,273	0,273
13	D19E 933	0,42857	1.763.457	0,114	0,161	0,161	0,161	0,161	0,114	0,161
14	D19E 934	0,40362	1.660.656	0,196	0,196	0,196	0,171	0,171	0,196	0,196
15	D19E 936	0,44342	1.874.562	0,246	0,201	0,223	0,201	0,223	0,201	0,201
16	D19E 938	0,42768	851.077	0,115	0,161	0,161	0,161	0,161	0,161	0,185
17	D19E 940	0,42869	807.234	0,278	0,254	0,254	0,231	0,278	0,254	0,231
18	D19E 951	0,45263	1.975.000	0,130	0,086	0,108	0,108	0,086	0,108	0,108
19	D19E 952	0,46237	1.869.000	0,084	0,128	0,128	0,149	0,128	0,106	0,128
20	D19E 953	0,44558	1.827.000	0,088	0,110	0,110	0,110	0,088	0,110	0,088

21	D19E 955	0,45806	1.877.000	0,129	0,172	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
22	D19E 958	0,45263	1.886.000	0,064	0,108	0,086	0,108	0,108	0,130	0,064
23	D19E 957	0,51959	1.057.349	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404
24	D19E 960	0,52258	1.043.055	0,383	0,383	0,383	0,402	0,402	0,402	0,402

Từ số liệu trong Bảng 8, bằng phần mềm chuyên dùng [5], tiến hành thiết lập hàm mật độ phân bố xác suất, kỳ vọng toán học, phương sai và sai lệch bình phương trung bình (độ lệch chuẩn) của cường độ gia tăng khe hở theo phân bố chuẩn. Kết quả cường độ gia tăng khe hở mỗi ghép được cho trong Bảng 9.

Bảng 9. Kỳ vọng toán học cường độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc trục - cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E.

Đơn vị tính: mm/105h

Cổ trục 1	Cổ trục 2	Cổ trục 3	Cổ trục 4	Cổ trục 5	Cổ trục 6	Cổ trục 7	Tổng hợp
0,164	0,177	0,176	0,179	0,174	0,174	0,182	0,174

2.3.3. Xác định cường độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc biên-cổ biên trục khuỷu động cơ CAT 3512B

Số liệu thống kê về khe hở lớn nhất giữa bạc và cổ biên trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E ở cấp đại tu Rd được cho trong Bảng 10.

Bảng 10. Số liệu thống kê về khe hở lớn nhất của mỗi ghép bạc biên - cổ biên trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E ở cấp đại tu Rd.

(Nguồn: Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn, Tổng Công ty ĐSVN)

Đơn vị tính: mm

TT	Đầu máy	Thời gian làm việc của động cơ, h	Thời gian làm việc của đầu máy, km	Cổ biên 1	Cổ biên 2	Cổ biên 3	Cổ biên 4	Cổ biên 5	Cổ biên 6
				S_{bcb1}	S_{bcb2}	S_{bcb3}	S_{bcb4}	S_{bcb5}	S_{bcb6}
1	D19E 911; Rd, 28.9.2015	45.263	1.975.000	0,20	0,20	0,19	0,21	0,20	0,20
2	D19E 912; Rd, 5.10.2015	45.263	1.975.000	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21
3	D19E 913; Rd, 2015	42.906	1.829.235	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17
4	D19E 914; Rd, 29.6.2015	42.274	1.884.606	0,22	0,23	0,23	0,23	0,22	0,23
5	D19E 915; Rd, 2015	44.131	1.824.585	0,19	0,20	0,20	0,22	0,20	0,20
6	D19E 916; Rd, 2015	41.551	1.690.600	0,20	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20
7	D19E 917; Rd, 2015	43.136	1.833.895	0,18	0,21	0,20	0,22	0,22	0,23



8	D19E 918; Rd, 2015	41.927	1.794.318	0,20	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
9	D19E 919; Rd, 2016	42.227	1.788.057	0,18	0,14	0,17	0,18	0,18	0,20
10	D19E 920; Rd, 2016	42.675	1.754.336	0,20	0,20	0,23	0,22	0,20	0,20
11	D19E 931; Rd, 2016	43.000	1.866.600	0,20	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
12	D19E 932; Rd, 2016	43.664	1.010.881	0,21	0,21	0,21	0,22	0,20	0,20
13	D19E 933; Rd, 2016	42.857	1.763.457	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16
14	D19E 934; Rd, 2016	40.362	1.660.656	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17	0,18
15	D19E 936; Rd, 2016	44.342	1.874.562	0,23	0,22	0,22	0,23	0,24	0,22
16	D19E 938; Rd, 23.7.2018	42.768	851.077	0,19	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19
17	D19E 940; Rd, 2015	42.869	807.234	0,20	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
18	D19E 951; Rd, 03.8.20	45.263	1.975.000	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18
19	D19E 952; Rd, 6.20	46.237	1.869.000	0,18	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18
20	D19E 953; Rd, 6.20	44.558	1.827.000	0,22	0,20	0,22	0,21	0,21	0,21
21	D19E 955; Rd, 11.12.20	45.806	1.877.000	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,20
22	D19E 958; Rd, 06.7.20	45.263	1.886.000	0,17	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18
23	D19E 957; Rd, 3.22	51.959	1.057.349	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
24	D19E 960; Rd, 7.22	52.258	1.043.055	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

Từ các số liệu thống kê về khe hở lớn nhất S_{bct} của các mối ghép bạc biên - cổ biên ở cấp đại tu R_d (bảng 10) tiến hành xác định độ gia tăng khe hở:

$$\Delta S_{bcb_i} = S_{bcb_i} - S_{bcb,bd} \quad (9)$$

trong đó: ΔS_{bcb_i} - độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc biên - cổ biên của gối đỡ thứ i , mm; $S_{bcb,bd}$ - khe hở ban đầu của mối ghép, mm.

Từ các số liệu về độ gia tăng khe hở của các mối ghép bạc biên - cổ biên ở cấp đại tu R_d tiến

hành xác định cường độ gia tăng khe hở:

$$C_{\Delta S_{bcbi}} = \frac{\Delta S_{bcbi}}{t_i}, \text{ mm}/10^5 \text{ h} \quad (10)$$

trong đó: ΔS_{bcbi} - độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc biên - cổ biên của gối đỡ thứ i , mm; t_i - thời gian làm việc của động cơ thứ i , 10^5 h.

Kết quả tính toán được cho trong Bảng 11.

Bảng 11. Cường độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc biên-cổ biên trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E

Đơn vị tính: mm/10⁵h

TT	Đầu máy	Thời gian làm việc của động cơ, 10 ⁵ h	Thời gian làm việc của đầu máy, km	Cổ biên 1	Cổ biên 2	Cổ biên 3	Cổ biên 4	Cổ biên 5	Cổ biên 6
				$C_{\Delta S_{bcb1}}$	$C_{\Delta S_{bcb2}}$	$C_{\Delta S_{bcb3}}$	$C_{\Delta S_{bcb4}}$	$C_{\Delta S_{bcb5}}$	$C_{\Delta S_{bcb6}}$
1	D19E 911	0.45263	1.975.000	0,1690	0,1690	0,1469	0,1911	0,1690	0,1690
2	D19E 912	0.45263	1.975.000	0,1690	0,1690	0,1690	0,1690	0,1690	0,1911
3	D19E 913	0.42906	1.829.235	0,0851	0,0851	0,1084	0,1084	0,1084	0,1084
4	D19E 914	0.42274	1.884.606	0,2283	0,2519	0,2519	0,2519	0,2283	0,2519
5	D19E 915	0.44131	1.824.585	0,1507	0,1733	0,1733	0,2187	0,1733	0,1733
6	D19E 916	0.41551	1.690.600	0,1841	0,1360	0,1841	0,1841	0,1841	0,1841
7	D19E 917	0.43136	1.833.895	0,1310	0,2005	0,1773	0,2237	0,2237	0,2469
8	D19E 918	0.41927	1.794.318	0,1825	0,2302	0,2302	0,2302	0,2302	0,2540
9	D19E 919	0.42227	1.788.057	0,1338	0,0391	0,1101	0,1338	0,1338	0,1812
10	D19E 920	0.42675	1.754.336	0,1793	0,1793	0,2496	0,2261	0,1793	0,1793
11	D19E 931	0.43000	1.866.600	0,1779	0,2244	0,2244	0,2244	0,2244	0,2477
12	D19E 932	0.43664	1.010.881	0,1981	0,1981	0,1981	0,2210	0,1752	0,1752
13	D19E 933	0.42857	1.763.457	0,1085	0,1085	0,0852	0,0852	0,0852	0,0852
14	D19E 934	0.40362	1.660.656	0,1400	0,1152	0,1400	0,1400	0,1152	0,1400
15	D19E 936	0.44342	1.874.562	0,2402	0,2176	0,2176	0,2402	0,2627	0,2176
16	D19E 938	0.42768	851.077	0,1555	0,1789	0,1555	0,1555	0,1555	0,1555
17	D19E 940	0.42869	807.234	0,1785	0,2251	0,2251	0,2251	0,2251	0,2484
18	D19E 951	0.45263	1.975.000	0,1469	0,1248	0,1248	0,1248	0,1027	0,1248
19	D19E 952	0.46237	1.869.000	0,1222	0,1222	0,1438	0,1222	0,1222	0,1222
20	D19E 953	0.44558	1.827.000	0,2166	0,1717	0,2166	0,1941	0,1941	0,1941
21	D19E 955	0.45806	1.877.000	0,1670	0,1670	0,1452	0,1452	0,1452	0,1670
22	D19E 958	0.45263	1.886.000	0,1027	0,1248	0,1248	0,1248	0,1027	0,1248
23	D19E 957	0.51959	1.057.349	0,3079	0,3079	1.057.349	0,3079	0,3079	0,3079
24	D19E 960	0.52258	1.043.055	0,3444	0,3444	1.043.055	0,3444	0,3444	0,3444

Từ số liệu trong Bảng 11, bằng phần mềm chuyên dùng [5], tiến hành thiết lập hàm mật độ phân bố xác suất, kỳ vọng toán học, phương sai và sai lệch bình phương trung bình (độ lệch chuẩn) của cường độ gia tăng khe hở theo phân bố chuẩn. Kết quả cường độ gia tăng khe hở được cho trong Bảng 12.

Bảng 12. Kỳ vọng toán học cường độ gia tăng khe hở mỗi ghép bạc biên - cổ biên trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E

Đơn vị tính: mm/10⁵ h

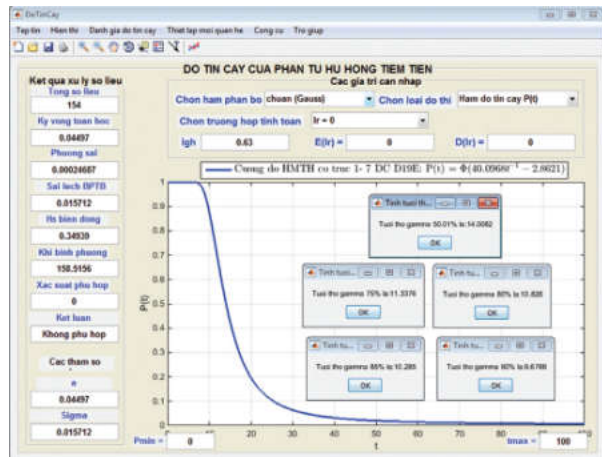
Cổ trục 1	Cổ trục 2	Cổ trục 3	Cổ trục 4	Cổ trục 5	Cổ trục 6	Tổng hợp
0,161	0,167	0,173	0,180	0,169	0,182	0,170

2.4. Xác định thời hạn làm việc của trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo hao mòn các chi tiết

2.4.1. Xác định hàm tin cậy thời hạn làm việc của trục khuỷu theo hao mòn của cổ trục

2.4.1.1. Xác định hàm tin cậy và thời hạn làm việc của trục khuỷu theo hao mòn của cổ trục ở một code sửa chữa

Trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E có ba code sửa chữa tương ứng với đường kính của cổ trục và cổ biên. Căn cứ vào lượng dự trữ hao mòn lớn nhất cho phép ở một code sửa chữa là 0,63 mm, bằng phần mềm chuyên dùng [5], xác định được hàm tin cậy $P(t)$ và các thời hạn làm việc $t_{\gamma=50\%}$, $t_{\gamma=75\%}$, $t_{\gamma=80\%}$, $t_{\gamma=85\%}$ và $t_{\gamma=90\%}$ của trục khuỷu theo hao mòn của cổ trục. Kết quả tính toán thể hiện trên Hình H.4 và Bảng 13.



H.4. Hàm tin cậy

$$P(t) = \Phi(121,5632t + 2,8621)$$

và các thời hạn làm việc gamma 50%, 75%, 80%, 85% và 90% của trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo độ mòn giới hạn của cổ trục ở một code sửa chữa.

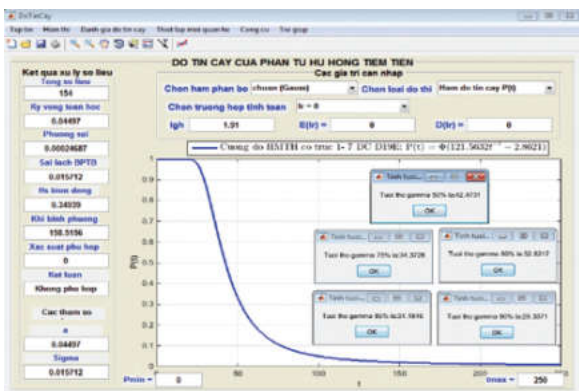
Bảng 13. Kết quả xác định thời hạn làm việc của trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo độ mòn giới hạn của cổ trục ở một code sửa chữa.

Thông số	Trị số	
Độ mòn lớn nhất cho phép ở một code, mm	0,63	
Cường độ hao mòn cổ trục c_{ct} , mm/10 ⁵ h	0,045	
Thời hạn làm việc	h	km
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 50\%$	1.400.820	54.940.160
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 75\%$	1.133.760	44.466.067
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 80\%$	1.082.600	42.459.572
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 85\%$	1.028.500	40.337.770
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 90\%$	967.660	37.951.625

2.4.1.2. Xác định hàm tin cậy và thời hạn làm việc của trục khuỷu theo hao mòn giới hạn lớn nhất của cổ trục

Căn cứ vào lượng dự trữ hao mòn lớn nhất cho phép $\Delta S_{ct} = 1,91$ mm, bằng Phần mềm

chuyên dùng [5], xác định được hàm tin cậy $P(t)$ và các thời hạn làm việc $t_{\gamma=50\%}$, $t_{\gamma=75\%}$, $t_{\gamma=80\%}$, $t_{\gamma=85\%}$ và $t_{\gamma=90\%}$ của trục khuỷu theo hao mòn của cổ trục. Kết quả tính toán thể hiện trên Hình H.5 và Bảng 14.



H.5. Hàm tin cậy

$$P(t) = \Phi(121,5632t^1 + 2,8621)$$

và các thời hạn làm việc gamma 50%, 75%, 80%, 85% và 90 % của trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo độ mòn giới hạn của các cổ trục.

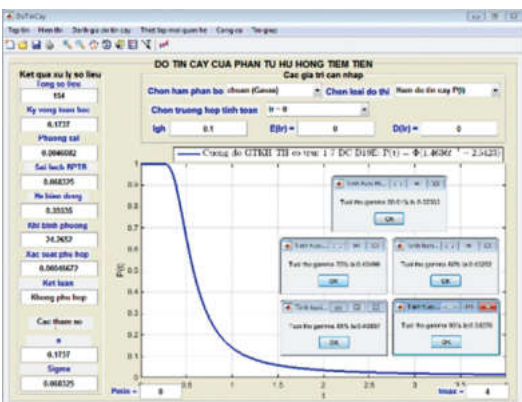
Bảng 14. Kết quả xác định thời hạn làm việc của trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo độ mòn giới hạn của cổ trục.

Thông số	Trị số	
Độ mòn lớn nhất cho phép ΔS_{ct} , mm	1,91	
Cường độ hao mòn cổ trục c_{ct} , mm/10 ⁵ h	0,045	
Thời hạn làm việc	h	km
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 50\%$	4.247.310	166.579.498
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 75\%$	3.437.280	134.810.121
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 80\%$	3.282.170	128.726.707
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 85\%$	3.118.160	122.294.235
Thời hạn làm việc $t_{\gamma} = 90\%$	2.933.710	115.060.106

2.4.2. Xác định hàm tin cậy và thời hạn làm việc của trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo khe hở mối ghép bạc trục - cổ trục khuỷu

Căn cứ vào lượng gia tăng khe hở giữa bạc và cổ trục khuỷu lớn nhất cho phép $\Delta S_{bct1} = 0,1$ mm, bằng phần mềm chuyên dùng [5] xác định được hàm tin cậy $P(t)$ và các thời hạn làm việc $t_{\gamma=50\%}$, $t_{\gamma=75\%}$,

$t_{\gamma=80\%}$, $t_{\gamma=85\%}$ và $t_{\gamma=90\%}$ của mối ghép bạc trục - cổ trục. Kết quả tính toán thể hiện trên Hình H.6 và Bảng 15.



H.6. Hàm tin cậy

$$P(t) = \Phi[1,4636t^{-1} - 2,5423]$$

và các thời hạn làm việc gamma 50%, 75%, 80%, 85% và 90 % của mối ghép bạc trục - cổ trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo khe hở giới hạn của các mối ghép.



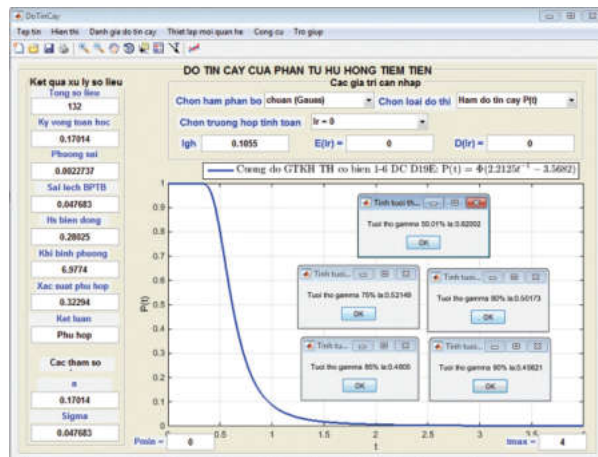
Bảng 15. Kết quả xác định thời hạn làm việc của trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo khe hở giới hạn các mối ghép bạc trục-cổ trục.

Thông số	Trị số	
Độ gia tăng khe hở giới hạn, mm	$\Delta S_{bct}^{max} = 0,10$	
Cường độ gia tăng khe hở, mm/10 ⁵ h	$C_{\Delta S_{bcb}} = 0,170$	
Thời hạn làm việc	h	km
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 50\%$	57.565	2.257.699
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 75\%$	45.499	1.784.471
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 80\%$	43.252	1.696.343
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 85\%$	40.897	1.603.980
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 90\%$	38.276	1.501.185

2.4.3. Xác định hàm tin cậy thời hạn làm việc của trục khuỷu động cơ động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo khe hở mỗi ghép bạc biên - cổ biên trục khuỷu

Căn cứ vào lượng gia tăng khe hở mỗi ghép

bạc biên-cổ biên lớn nhất cho phép $\Delta S_{bcb} = 0,1055$ mm, bằng phần mềm chuyên dùng [5], xác định được hàm tin cậy $P(t)$ và các thời hạn làm việc $t_{\gamma=50\%}$, $t_{\gamma=75\%}$, $t_{\gamma=80\%}$, $t_{\gamma=85\%}$ và $t_{\gamma=90\%}$ của mỗi ghép. Kết quả tính toán thể hiện trên Hình H.7 và Bảng 16.



H.7. Hàm tin cậy

$$P(t) = \Phi [1,2125t^{-1} - 3,5682]$$

và các thời hạn làm việc gamma 50%, 75%, 80%, 85% và 90% của mỗi ghép bạc biên - cổ biên trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo khe hở giới hạn của các mối ghép.

Bảng 16. Kết quả xác định thời hạn làm việc của trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo khe hở của mỗi ghép bạc biên-cổ biên.

Thông số	Trị số	
Độ gia tăng khe hở giới hạn, mm	$\Delta S_{bcb}^{max} = 0,1055$	
Cường độ gia tăng khe hở, mm/10 ⁵ h	$C_{\Delta S_{bct}} = 0,174$	
Thời hạn làm việc	h	km
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 50\%$	62.000	2.431.640
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 75\%$	52.149	2.045.284
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 80\%$	50.173	1.967.785
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 85\%$	48.050	1.884.521
Thời hạn làm việc $t_\gamma = 90\%$	45.261	1.775.136

2.4.4. Tổng hợp kết quả tính toán thời hạn làm việc gamma phần trăm của cụm trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn

Kết quả tính toán được tổng hợp trong Bảng 17.

Bảng 17. Tổng hợp kết quả xác định thời hạn làm việc của cụm trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E theo hao mòn của cổ trục và khe hở của các mối ghép bạc trục- cổ trục, bạc biên - cổ biên.

Thông số	Theo hao mòn cổ trục				Theo khe hở mối ghép bạc trục - cổ trục		Theo khe hở mối ghép bạc biên - cổ biên	
	Ở một code sửa chữa		Lớn nhất cho phép (toàn phần)					
Thông số giới hạn, mm	$\Delta_{ct,code} = 0,63$		$\Delta_{ct} = 1,91$		$\Delta S_{bct}^{max} = 0,10$		$\Delta S_{bcb}^{max} = 0,1055$	
Cường độ, mm/10 ⁵ h	$c_{ct} = 0,045$				$c_{\Delta S_{bcb}} = 0,170$		$c_{\Delta S_{bct}} = 0,174$	
Thời hạn làm việc	h	km	h	km	h	km	h	km
$t_{\gamma}=50\%$	1.400.820	54.940.160	4.247.310	166.579.498	57.565	2.257.699	62.000	2.431.640
$t_{\gamma}=75\%$	1.133.760	44.466.067	3.437.280	134.810.121	45.499	1.784.471	52.149	2.045.284
$t_{\gamma}=80\%$	1.082.600	42.459.572	3.282.170	128.726.707	43.252	1.696.343	50.173	1.967.785
$t_{\gamma}=85\%$	1.028.500	40.337.770	3.118.160	122.294.235	40.897	1.603.980	48.050	1.884.521
$t_{\gamma}=90\%$	967.660	37.951.625	2.933.710	115.060.106	38.276	1.501.185	45.261	1.775.136

Ghi chú: Trong quá trình tính toán bằng Phần mềm chuyên dùng, cường độ hao mòn của cổ trục và cường độ gia tăng khe hở của cổ trục và cổ biên có đơn vị đo là mm/105 h, do đó kết quả xác định thời hạn làm việc trên các giao diện được thể hiện là 105 h. Tuy nhiên, để thuận tiện cho việc so sánh, thời hạn làm việc trong các bảng tổng hợp cuối cùng được thể hiện bằng bằng giờ đối với động cơ, đồng thời được quy đổi thành km chạy tương ứng với thời gian làm việc của đầu máy.

Như vậy, trên cơ sở ứng dụng lý thuyết độ tin cậy đã xác định được các thời hạn làm việc của cụm trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn ở mức tin cậy cho trước với 5 phương án gamma 50%, 75%, 80%, 85% và 90% theo độ mòn giới hạn của cổ trục, theo khe hở giới hạn giữa cổ trục-bạc trục và cổ biên - bạc biên.

Thời hạn làm việc (tuổi thọ) của trục khuỷu xếp theo thứ tự từ lớn nhất đến nhỏ nhất như sau: Thứ nhất: tính theo lượng dự trữ hao mòn toàn phần của cổ trục; Thứ 2: tính theo lượng dự trữ hao mòn ở một code sửa chữa; Thứ 3: tính theo khe hở lớn nhất của mối ghép cổ biên-bạc biên; Thứ 4: tính theo khe hở lớn nhất của mối ghép cổ trục-bạc trục.

Khi đó, thời hạn làm việc tính theo khe hở lớn nhất của mối ghép cổ trục-bạc trục là cơ sở để xem xét chu kỳ đại tu của động cơ.

Theo Quy trình sửa chữa đầu máy D19E của ngành ĐSVN ban hành năm 2016 [5], chu kỳ sửa chữa cấp đại tu là 960.000 km chạy của đầu máy.

Theo kinh nghiệm vận dụng thực tế, quãng đường chạy trung bình của đầu máy D19E trong một năm là khoảng 140.000 -160.000 km, khi đó chu kỳ đại tu là khoảng 6-7 năm.

Theo kết quả tính toán, thời hạn làm việc tính theo khe hở giới hạn giữa cổ trục-bạc trục ở mức tin cậy 90% là 38.276 giờ làm việc của động cơ, tương đương 1.501.185 km chạy của đầu máy, lớn hơn chu kỳ cấp đại tu theo quy định, hay nói khác ở cấp đại tu 960.000 km khe hở mối ghép vẫn chưa vượt quá giới hạn. Đây là cơ sở để xem xét hiệu chỉnh chu kỳ BDSC đầu máy D19E, cụ thể là có thể kéo dài chu kỳ đại tu của đầu máy so với chu kỳ hiện hành là 960.000 km.

3. KẾT LUẬN

➤ Trên cơ sở các số liệu thống kê đã xác định được thời hạn làm việc của cụm trục khuỷu động cơ CAT 3512B trên đầu máy D19E sử dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn theo gamma phần trăm. Kết quả nghiên là tiền đề và là cơ sở tham khảo cho việc hiệu chỉnh chu kỳ sửa chữa động cơ CAT



3512B nói riêng và đầu máy D19E nói chung sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam;

➤ Cần tiếp tục nghiên cứu, khảo sát, thu thập số liệu thống kê về hao mòn các chi tiết nhóm trục

khuyết nói riêng và các chi khác trên động cơ CAT 3512B nói chung một cách đầy đủ hơn, liên tục và thường xuyên, nhằm giải quyết các vấn đề đã nêu ra ở trên một cách thấu đáo và toàn diện hơn □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Văn Khôi (2001), Cơ sở đánh giá độ tin cậy, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Đỗ Đức Tuấn (2013), Độ tin cậy và tuổi bền máy, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
3. Đỗ Đức Tuấn (2005), Đánh giá hao mòn và độ tin cậy của chi tiết và kết cấu trên đầu máy diesel, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
4. Đỗ Đức Tuấn (Chủ biên), Võ Trọng Cang, Nguyễn Đức Toàn (2016), Cơ sở đánh giá độ tin cậy của các chi tiết máy và phương tiện hư hỏng do mòn, NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.
5. Nguyễn Đức Toàn, Đỗ Đức Tuấn (2013), Xây dựng phần mềm đánh giá các chỉ tiêu độ tin cậy của phần tử và hệ thống trên đầu máy, toa xe trên cơ sở ngôn ngữ lập trình Matlab. Đề tài NCKH, mã số T2013-CK-28. Trường Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội, 2013.
6. Nhà máy đầu máy diesel Tư Dương, Trung Quốc, Sổ tay đại tu đầu máy.
7. Tổng Công ty Đường sắt Việt Nam (2002), Hồ sơ kỹ thuật đầu máy D19E, Hà Nội.
8. Tổng Công ty Đường sắt Việt Nam - Xí nghiệp Đầu máy Hà Nội (2002), Tài liệu hướng dẫn bảo dưỡng và sử dụng đầu máy D19E, Dịch thuật: Hoàng Thụy, Hà Nội.
9. Tổng Công ty Đường sắt Việt Nam (2006), Quy trình sửa chữa đầu máy D19E cấp Ky tại Xí nghiệp, Hà Nội.
10. Tổng Công ty Đường sắt Việt Nam (2016), Quy trình sửa chữa cấp đại tu đầu máy D19E, Hà Nội.
11. Пузанков А.Д. (1999), Надёжность конструкций локомотивов, МИИТ, Москва.
12. Пузанков А.Д. (2006), Надёжность локомотивов, МИИТ, Москва.

LIFETIME DETERMINATION OF CAT 3512B ENGINE CRANKSHAFT ASSEMBLIES ON D19E LOCOMOTIVES ACCORDING TO THE WEAR AND TEAR OF THEIR PARTS IN THE OPERATION ON VIETNAM RAILWAYS

Nguyen Huu Chi, Do Duc Tuan

ABSTRACT

Until now, there have been many pieces of research related to surveying and assessing the wear and tear of parts on locomotives used in the Vietnam Railways (VNR), such as parts of diesel engine crankshaft - connecting rod assemblies, parts of the locomotive running gears, etc. For D19E locomotives, there have also been some studies on wear and tear of running gear parts, typically wheel treads, wheel flanges, traction motor (TM) bearings, TM collectors, etc. Nevertheless, the study of wear and tear of 3512B engine parts on D19E locomotives has not been able to perform so far.

Therefore, the article presents research on the lifetime determination of CAT 3512B engine crankshaft assemblies on D19E locomotives according to the wear and tear of their parts in the operation on Vietnam railways, specifically at the Saigon locomotive enterprise.

The research result is the reference basis for the adjustment of maintenance and repair (MAR) cycles of CAT 3512B engines in particular and D19E locomotives in general in the VNR.

Keywords: lifetime, wear and tear of parts, engine crankshaft, D19E locomotive, Vietnam railways.

Ngày nhận bài: 19/5/2023;

Ngày gửi phản biện: 23/5/2023;

Ngày nhận phản biện: 28/6/2023;

Ngày chấp nhận đăng: 5/7/2023.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.