

Tối ưu hoá thời hạn sửa chữa phương tiện vận tải trên cơ sở độ tin cậy tham số

- **Võ Trọng Cang**

Trường Đại học Bách khoa , ĐHQG-HCM - vtcang@hcmut.edu.vn

PTN TD Điều khiển số và kỹ thuật hệ thống, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 28 tháng 12 năm 2010, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 16 tháng 09 năm 2014)

TÓM TẮT

Hệ thống sửa chữa phương tiện cần phải được xây dựng có xét tới các điều kiện khai thác cụ thể, nghĩa là cần tính đến không chỉ các hành trình giữa các lần sửa chữa, mà cả khối lượng các cấp bảo dưỡng sửa chữa dự phòng có kế hoạch và sơ đồ gián cách của chúng. Bài viết trình bày nguyên tắc và thuật toán tối ưu hoá thời hạn sửa chữa các bộ phận của phương tiện vận tải ở mức cho trước của độ tin cậy tham số. Thuật toán này có thể ứng dụng cho các bộ phận bị hao mòn của phương tiện vận tải thông qua khảo sát hao mòn ở các điều kiện khai thác cụ thể và tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy tương ứng.

Từ khoá: Tối ưu hoá, Chu kỳ sửa chữa, Phương tiện vận tải, Độ tin cậy

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Dù các phương tiện vận tải có những khác biệt đáng kể về kết cấu và các điều kiện khai thác, vẫn có những nguyên tắc cơ bản, chung nhất cho việc thiết lập các hệ thống bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa (BDSC) đối với tất cả các phương tiện trong các điều kiện khai thác khác nhau.

Trước hết, các hệ thống BDSC phương tiện là các hệ thống dự phòng-có kế hoạch. Hệ thống này nhằm khắc phục các hư hỏng tiềm ẩn của các bộ phận do hao mòn và già hoá, và thời hạn làm việc của chúng bị hạn chế bởi tuổi thọ (là khoảng thời gian làm việc đến khi đạt tới trạng thái giới hạn) của chúng. Nếu các bộ phận có tuổi thọ bằng nhau, thì việc thiết lập hệ thống sửa chữa dự phòng có kế hoạch sẽ rất đơn giản: tất cả các bộ phận sẽ được phục hồi đồng thời, sau cùng một khoảng thời gian làm việc. Thực tế lại cho thấy, mỗi bộ phận của phương tiện có tuổi thọ riêng và tuổi thọ của các bộ phận cùng loại

cũng sẽ khác nhau khi làm việc ở các điều kiện khác nhau.

Do vậy, kể cả trong cùng các điều kiện làm việc, vẫn có thể đề xuất các phương án của chu trình sửa chữa khác biệt nhau về cấu trúc với khối lượng, trình tự và hành trình giữa các lần sửa chữa khác nhau [1-5].

2. NGUYÊN TẮC XÂY DỰNG HỆ THỐNG BẢO DƯỠNG SỬA CHỮA

Cấu trúc của hệ thống BDSC phụ thuộc vào các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật làm việc của phương tiện cũng như các chi phí cho khai thác và sửa chữa. Các chi phí cho sửa chữa một bộ phận riêng biệt nào đó được xác định không chỉ dựa vào giá thành phục hồi mà còn dựa trên quá trình sửa chữa thường xuyên trước đó, nghĩa là chúng phụ thuộc vào khoảng thời gian làm việc của bộ phận giữa các thời điểm phục hồi. Các chi phí

như vậy được xác định như là chi phí đơn vị cho việc phục hồi bộ phận [3]:

$$q_i = \frac{C_i}{L_i}, \quad (1)$$

trong đó:

C_i - giá thành phục hồi bộ phận thứ i ;

L_i - chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ i (hành trình giữa các lần sửa chữa, km chạy, hay hải lý hay giờ hoạt động);

Chi phí đơn vị tổng cộng cho phục hồi phương tiện được tổng hợp từ các chi phí phục hồi các bộ phận riêng biệt [3]:

$$q = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{L_i}, \quad (2)$$

trong đó: n - là số lượng các bộ phận.

Vì rằng hàm của các chi phí đơn vị tổng cộng cho phục hồi các bộ phận đang xét là hàm của của n biến số, cho nên

$$q(L_1, L_2, \dots, L_n) = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{L_i} \quad (3)$$

Việc tối ưu hoá hệ thống bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa phương tiện được tiến hành bằng cách tối thiểu hoá các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc bảo dưỡng có kế hoạch, có xét tới các chi phí gây ra bởi các sửa chữa ngoài kế hoạch, và các chi phí liên quan đến việc đưa phương tiện ra khỏi quá trình khai thác để tiến hành kiểm tra và sửa chữa.

Nếu hạn chế hành trình giữa các lần sửa chữa của bộ phận thứ i L_i bằng tuổi thọ gamma phần trăm l_γ của nó, thì không lớn hơn $100 - \gamma\%$ các bộ phận sẽ hết tuổi thọ sớm hơn so với hành trình L_i đã thiết lập, tức là phải tiến hành phục hồi trước thời hạn. Hiển nhiên, mức tin cậy tham

số γ càng cao thì các chi phí cho sửa chữa ngoài kế hoạch càng nhỏ. Đồng thời, cần phải tuân thủ mức cho trước của độ tin cậy tham số γ được viết dưới dạng:

$$0 \leq L_i \leq l_\gamma, \quad \text{với } i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

trong đó:

l_γ - tuổi thọ gamma phần trăm của bộ phận thứ i ở mức tin cậy xác định γ .

Nếu mức tin cậy tham số γ được xác định, thì các chi phí đơn vị trung bình cho việc phục hồi khả năng làm việc của các bộ phận sau khi bị hư hỏng (các chi phí sửa chữa ngoài kế hoạch) là một đại lượng không đổi. Trong trường hợp này các chi phí cho bảo dưỡng kỹ thuật của phương tiện sẽ là tối thiểu, nếu đảm bảo được mức tối thiểu của các chi phí đơn vị tổng cộng cho các sửa chữa kế hoạch (3), có nghĩa là các chi phí này là hàm mục tiêu, còn giá trị tối thiểu của chúng là chỉ tiêu tối ưu của hệ thống BDSC phương tiện ở mức tin cậy xác định trước của các bộ phận của chúng.

Cấu trúc của chu trình BDSC của các loại thiết bị và phương tiện đều được xây dựng theo “nguyên tắc bội số” của các hành trình giữa các lần sửa chữa. Nghĩa là, hành trình tới cấp sửa chữa có khối lượng lớn hơn sẽ lớn hơn hành trình tới cấp sửa chữa có khối lượng nhỏ hơn một số nguyên lần, và khối lượng của cấp lớn bao gồm tất cả các công việc đã được thực hiện ở cấp sửa chữa nhỏ hơn. Việc tuân thủ “nguyên tắc bội số” của các hành trình giữa các lần sửa chữa” cho phép khắc phục được các chi phí phụ không đáng có, gây ra bởi sự thường xuyên phải dừng phương tiện để tiến hành phục hồi các bộ phận bị hư hỏng, nếu như việc sửa chữa chúng được thực hiện theo “trạng thái” thực tế, tức là chỉ đến khi chúng mất khả năng làm việc.

Do hành trình giữa các lần sửa chữa của tất cả các bộ phận đều là bội số của chu kỳ phục hồi của bộ phận thứ nhất, có tuổi thọ là nhỏ nhất, vì vậy ta gọi nó là bộ phận “cơ sở”.

Nếu biết hành trình cơ sở và hệ số bội số của tất cả các bộ phận khác, có thể tính toán hành trình giữa các lần sửa chữa của chúng theo biểu thức (6). Nếu xét tới điều đó, hàm mục tiêu (3) và các ràng buộc (4) sẽ có dạng sau:

$$q(L_1, a_2, a_3, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{a_i \cdot a_{i-1} \dots a_2 \cdot L_1}, \quad (7)$$

$$0 < a_i \cdot a_{i-1} \dots a_2 \cdot L_1 \leq l_{\gamma_i}, \quad (8)$$

trong đó: $i = 2, \dots, n; a_2, \dots, a_n$ - các hệ số bội (các số nguyên dương).

Chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ nhất (cơ sở) được xác định từ điều kiện

$$0 < L_1 \leq l_{\gamma_1}; \quad (9)$$

Ở đây, các ràng buộc (8) và (9) được biểu thị bằng các hàm tuyến tính, còn bản thân hàm mục tiêu (3) không tuyến tính so với hành trình với các hệ số bội số nguyên. Bài toán, trong đó đòi hỏi cần phải tìm tối ưu của hàm mục tiêu không tuyến tính (phi tuyến), được đưa về nhóm (lớp) các bài toán quy hoạch phi tuyến [3].

Như vậy, với các ràng buộc (8) và (9) đòi hỏi phải xác định các giá trị của hành trình cơ sở L_1^* và của các hệ số bội a_i^* , mà ở đó các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc tiến hành các sửa chữa có kế hoạch của các bộ phận của phương tiện có xét tới các tổn hao liên quan tới thời gian dừng của nó trong sửa chữa, là tối thiểu. Sau khi xác định được các hệ số bội của các chu kỳ sửa chữa a_i^* bằng cách sử dụng một trong các biểu thức (6), có thể tìm được các chu kỳ sửa chữa L_i^* , tức là xác định được các phần tử của vectơ \bar{L}^* .

Vì rằng các biến a_i phải là số nguyên, hàm mục tiêu (7) là không khả vi, cho nên các phương pháp tối ưu hoá cổ điển không thể áp dụng được. Để tìm tối ưu, cần sử dụng phương pháp quy hoạch động [1], tức là tìm được tối ưu tổng quát không phụ thuộc vào số lượng các cực trị cục bộ của hàm mục tiêu. Sử dụng phương pháp này có thể thiết lập được cấu trúc của chu trình BDSC, mà ở đó các chi phí đơn vị cho sửa chữa có xét tới các tổn hao liên quan tới thời gian dừng sửa chữa, sẽ là tối thiểu khi tuân thủ các ràng buộc của các hành trình giữa các lần sửa chữa theo bộ số (6) và độ tin cậy (8) của các bộ phận.

3. THUẬT TOÁN TỐI ƯU HOÁ

Thuật toán, thực hiện phương pháp quy hoạch động dựa trên nguyên tắc tính tối ưu, ứng dụng cho bài toán đã nêu được hình thành trên nguyên tắc sau: không thể nhận được cấu trúc của chu trình sửa chữa với với các chi phí tổng cộng tối thiểu cho việc phục hồi các bộ phận đang xét, nếu chỉ một trong số chúng lọt vào trong cấu trúc, mà ở đó các chi phí đơn vị để phục hồi nó không phải là tối thiểu.

Theo nguyên tắc tối ưu, bất kỳ bộ phận nào của phương tiện nằm trong cấu trúc của chu trình sửa chữa, cần phải được đưa vào với các chi phí đơn vị phục hồi nhỏ nhất. Một cách toán học, nguyên tắc tối ưu được biểu diễn bằng một phương trình hàm số cơ bản của quy hoạch động, và để có được phương trình này, ta đưa vào khái niệm “Hệ số bội” của chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ i dưới dạng quan hệ tỷ số

$$X_i = \left[\frac{l_{\gamma_i}}{L_i} \right], \quad (10)$$

Ở đây, dấu [] thể hiện phần nguyên của số đứng trong dấu móc. Như vậy,

$\bar{X} = X_1 \cdot X_2 \dots X_n$ - véctor của các hệ số bội của chu kỳ sửa chữa của bộ phận đang xét.

Từ (5) có thể viết:

$$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_n, \quad (11)$$

Hệ số bội của chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ i được xác định như sau

$$a_i = \left[\frac{X_i}{a_{i-1} \cdot a_{i-2} \dots a_2} \right], \quad (12)$$

Ký hiệu $\bar{a} = \|a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\|$ - véctor các hệ số bội của các chu kỳ sửa chữa và trong các véctor có thể ta lấy ra một véctor $a^* = \|a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\|^*$, sao cho hàm mục tiêu (3) trở thành tối thiểu. Phần tử a_1 của véctor a và phần tử a_1^* của véctor a^* bằng một đơn vị: $a_1 = a_1^* = 1$.

Từ biểu thức (12) thấy rằng

$$X_i = a_i \cdot a_{i-1} \dots a_2, \quad (13)$$

và qua đó, hệ số bội a_i có thể thay đổi trong các giới hạn sau đây:

$$1 \leq a_i \leq X_i, \quad (14)$$

Từ (6) và (14) ta khẳng định rằng, chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ i được xác định trong các giới hạn

$$L_i \leq L_i \leq X_i \cdot L_1 \quad (15)$$

Ký hiệu Λ_i - là miền các giá trị có thể của các chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ i ; với điều kiện (15) có thể viết: $L_i \in \Lambda_i$. Ta viết lại biểu thức (7) như sau:

$$q = \sum_{i=1}^n q_i(L_i),$$

Tối thiểu tuyệt đối của hàm mục tiêu các chi phí đơn vị tổng cộng cho phục hồi các bộ phận đang xét theo chu kỳ sửa chữa L_1, L_2, \dots, L_n có xét tới tính bội số giữa chúng sẽ có dạng:

$$q^* = \min_{L_i \in \Lambda_i, L_n \in \Lambda_n} \left\{ \sum_{i=1}^n q_i(L_i) \right\}$$

Thủ tục tính toán, cho phép xác định các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu cho phục hồi các bộ phận q^* như sau: Lựa chọn và cố định chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ nhất L_1 , tối thiểu hoá hàm q theo tất cả các chu kỳ sửa chữa của các chi tiết, bắt đầu từ chi tiết thứ 2 đến chi tiết thứ n . Còn các chu kỳ sửa chữa L_2, L_3, \dots, L_n sẽ phụ thuộc vào giá trị được chọn L_1 và được liên hệ với L_1 bằng tính bội số của các chu kỳ sửa chữa.

Giả sử việc tối thiểu hoá hàm mục tiêu q được thực hiện đối với tất cả các chu kỳ sửa chữa có thể $L_1 \in \Lambda_1$. Khi đó q^* sẽ là nhỏ nhất trong tất cả giá trị q nhận được và như vậy, xác định được véctor các chu kỳ sửa chữa L^* , mà véctor này sẽ tối thiểu hoá hàm mục tiêu. Để viết các bước đã xét ở trên dưới dạng các phương trình, trước hết chọn chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ nhất L_1 và tính

$$\min_{L_i \in \Lambda_i, L_n \in \Lambda_n} \left\{ \sum_{i=1}^n q_i(L_i) \right\} = \min_{L_i \in \Lambda_i, L_n \in \Lambda_n} \left\{ q_1(L_1) + \sum_{i=2}^n \frac{q_i}{L_i} \right\}$$

ở đây $q_i(L_i)$ - các chi phí đơn vị cho phục hồi bộ phận thứ nhất có thể được đưa ra khỏi dấu minimum, vì rằng chúng không phụ thuộc vào

chu kỳ sửa chữa L_2, L_3, \dots, L_n , nhưng với mục đích tổng quát hoá cách viết, ta giữ nguyên dạng:

$$\min_{L_2 \in \Lambda_2, \dots, L_n \in \Lambda_n} \left\{ \sum_{i=2}^n q_i(L_i) \right\} = f_2(L_2)$$

$f_2(L_2)$ là các giá trị của hàm mục tiêu. Các giá trị này tương ứng với các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu cho phục hồi tất cả các bộ phận, bắt đầu từ bộ phận thứ 2, theo tất cả các chu kỳ sửa chữa $L_2 \in \Lambda_2, L_3 \in \Lambda_3, \dots, L_n \in \Lambda_n$, có xét tới nguyên tắc bội số của các chu kỳ sửa chữa.

Nói cách khác, đối với các bộ phận với các số thứ tự 2,3, v.v... tới n, nằm trong cấu trúc của chu trình sửa chữa, có thể coi rằng đã tìm được các chu kỳ sửa chữa tối ưu, mà chúng làm tối thiểu hàm mục tiêu các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc phục hồi chúng.

Giá trị cố định của các chu kỳ sửa chữa L_1 tương ứng với một vài chu kỳ sửa chữa L_2 của bộ phận thứ 2. Vì vậy tính toán được các giá trị của hàm $\Omega_1(L_1)$ - của các chi phí đơn vị tổng cộng cho phục hồi tất cả các bộ phận, nằm trong cấu trúc của chu trình sửa chữa:

$$\Omega_1(L_1) = q_1(L_1) + f_2(L_2),$$

Lưu ý rằng bất kỳ giá trị nào của hàm $\Omega_1(L_1)$ trong trường hợp này bằng một trong các phương án giá trị của hàm mục tiêu q .

Có thể viết, điều kiện tối thiểu (minimum) của các chi phí đơn vị tổng cộng cho phục hồi tất cả các bộ phận được xem xét ở chu kỳ sửa chữa cố định của bộ phận thứ nhất có xét tới nguyên tắc bội số chu kỳ của tất cả các cấp sửa chữa bằng cách như sau:

$$\begin{aligned} \Omega_1^*(L_1) &= \min_{L_2 \in \Lambda_2} \Omega_1(L_1) \\ &= q_1(L_1) + \min_{L_2 \in \Lambda_2} f_2(L_2) \end{aligned} \quad (16)$$

ở đây minimum được lấy theo tất cả các chu kỳ $L_2 \in \Lambda_2$, mà các chu kỳ này được liên hệ với chu kỳ L_1 bởi hệ số bội. Tiếp theo, đại lượng $\Omega_1^*(L_1)$ được tính cho tất cả các giá trị $L_1 \in \Lambda_1$ và đại lượng nhỏ nhất từ chúng bằng q^* , tức là

$$q^* = \min_{L_1 \in \Lambda_1} \Omega_1^*(L_1)$$

Đồng thời, tính toán L_1^* - giá trị tối ưu của chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ nhất, mà theo các hệ số bội đã biết xác định được các phần tử còn lại của vectơ \bar{L}^* .

Như vậy, nếu biết trước các giá trị của hàm $f_2(L_2)$ của các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu cho phục hồi tất cả các bộ phận, bắt đầu từ bộ phận thứ hai tới bộ phận thứ n, bài toán tìm cực tiểu của hàm mục tiêu q^* sẽ được đưa về sự tối thiểu hoá hàm một biến L_1 . Ta xác định các giá trị của hàm $f_2(L_2)$ nhờ:

$$f_2(L_2) = \min_{L_3 \in \Lambda_3} [q_2(L_2) + f_3(L_3)] \quad (17)$$

Các giá trị của hàm các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu để phục hồi tất cả các bộ phận, bắt đầu từ bộ phận thứ 3 đến bộ phận thứ n và theo tất cả các chu kỳ sửa chữa $L_3 \in \Lambda_3, L_4 \in \Lambda_4, \dots, L_n \in \Lambda_n$ có xét tới nguyên tắc tính bội số của các chu kỳ sửa chữa

$$f_3(L_3) = \min_{L_4 \in \Lambda_4, \dots, L_n \in \Lambda_n} \left\{ \sum_{i=3}^n q_i(L_i) \right\}$$

Tóm lại, nếu như biết trước các giá trị của hàm $f_3(L_3)$, thì có thể tính được giá trị của hàm $f_2(L_2)$ theo công thức (7), đồng thời việc tối thiểu hoá có thể tiến hành theo biến thống nhất L_2 .

Tương tự tính toán các giá trị của các hàm $f_3(L_3), f_4(L_4)$ v.v... cho tới khi ở bước cuối cùng không cần phải tính hàm $f_{n-1}(L_{n-1})$ - các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu cho việc phục hồi các bộ phận, được đánh số thứ n-1 và thứ n:

$$f_{n-1}(L_{n-1}) = \min_{L_{n-1} \in \Lambda_{n-1}} [q_{n-1}(L_{n-1}) + f_n(L_n)] \quad (18)$$

Các giá trị của hàm $f_n(L_n)$ - các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu cho việc phục hồi bộ phận thứ n được xác định theo (1), có nghĩa là:

$$f_n(L_n) = q_n(L_n), \quad (19)$$

Trên đây là trình tự “thuận” đưa các bộ phận vào cấu trúc của chu trình sửa chữa, bắt đầu từ bộ phận thứ nhất cho đến bộ phận thứ n. Tuy nhiên, vì chu kỳ sửa chữa bộ phận thứ n là lớn nhất, cho nên thuận tiện hơn cả là sử dụng trình tự “ngược” để sắp xếp các bộ phận vào cấu trúc của chu trình sửa chữa, nghĩa là ở bước thứ nhất của việc tối ưu hoá tiến hành sắp xếp bộ phận n, ở bước thứ hai là bộ phận (n-1) và cứ tiếp tục như thế, đến bước cuối cùng của việc tối ưu hoá là bộ phận thứ nhất. Vì vậy, các tính toán bắt đầu từ việc xác định các giá trị của hàm $f_n(L_n)$, rồi sau đó lần lượt tính các hàm $f_k(L_k)$ - là các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu cho việc phục hồi tất cả các bộ phận, bắt đầu từ từ bộ phận thứ k cho tới bộ phận thứ n theo tất cả các chu kỳ sửa chữa

$L_k \in \Lambda_k, L_{k+1} \in \Lambda_{k+1}, \dots, L_n \in \Lambda_n$, có xét tới nguyên tắc bội số của các chu kỳ sửa chữa.

Các tính toán hàm $f_k(L_k)$ được kết thúc bằng việc xác định các giá trị của các hàm $f_2(L_2)$ và $\Omega_1^*(L_1)$ các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu cho việc phục hồi tất cả các bộ phận với chu kỳ sửa chữa cố định L_1 của bộ phận thứ nhất

Ta hệ thống hoá các tính toán lại như sau.

Xác định trình tự các giá trị của hàm $f_k(L_k)$ nhờ:

$$f_k(L_k) = \min_{L_k \in \Lambda_k \dots L_n \in \Lambda_n} \sum_{i=k}^n q_i(L_i)$$

trong đó: $k=2, 3, \dots, n$.

Ở đây, hàm $f_n(L_n)$ được xác định theo biểu thức (1), các hàm $f_k(L_k)$ còn lại được xác định nhờ các quan hệ đệ qui.

Thực vậy, vì rằng

$$f_k(L_k) = \min_{L_k \in \Lambda_k} q_k(L_k) + \min_{L_{k+1} \in \Lambda_{k+1} \dots L_n \in \Lambda_n} \left(\sum_{i=k+1}^n q_i(L_i) \right)$$

biểu thức

$$\min_{L_{k+1} \in \Lambda_{k+1} \dots L_n \in \Lambda_n} \sum_{i=k+1}^n q_i(L_i) = f_{k+1}(L_{k+1})$$

có thể viết như

$$f_k(L_k) = \min_{L_k \in \Lambda_k} [q_k(L_k) + f_{k+1}(L_{k+1})] \quad (20)$$

Phương trình (20) là phương trình hàm số cơ bản của quy hoạch động, được sử dụng khi xác định cấu trúc tối ưu của chu trình sửa chữa các bộ của phương tiện. Từ nó thấy rằng các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc phục hồi các bộ phận, kể từ

bộ phận thứ k , sẽ không tối thiểu, nếu các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc phục hồi các bộ phận, bắt đầu từ bộ phận thứ $(k+1)$ là không tối thiểu. Nói cách khác, nếu các bộ phận i (được sắp xếp vào cấu trúc của chu trình sửa chữa) có các chi phí đơn vị tổng cộng là không tối thiểu, thì các bộ phận $(i+1)$ cũng không thể xây dựng được cấu trúc tối ưu cho chu trình sửa chữa.

Trên đây là thuật toán quy hoạch động, cho phép tìm $\Omega_1^*(L_1)$ - các chi phí đơn vị tổng cộng tối thiểu cho việc phục hồi tất cả các bộ phận được xem xét ở chu kỳ sửa chữa cố định của bộ phận thứ nhất L_1 và tiếp theo đó là giá trị tối thiểu của hàm mục tiêu q^* .

Các tính toán được bắt đầu từ việc xác định các chi phí đơn vị tối thiểu cho việc phục hồi bộ phận thứ n theo biểu thức (19). Ký hiệu L_n là một giá trị tối ưu nào đó của chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ n , tương ứng với các tổng chi phí đơn vị tối thiểu cho việc phục hồi bộ phận thứ nhất, thứ hai cho tới bộ phận thứ n , nếu khi đó các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc phục hồi các bộ phận $1, 2, \dots, (n-1)$ là tối thiểu.

Một cách tổng quát, nếu các chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ k hoặc $(k-1)$ liên kết với nhau bởi hệ số bội và các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc phục hồi các bộ phận, bao gồm cả $(k-1)$, là tối thiểu ở chu kỳ L_{k-1} đã cho, thì L_k là chu kỳ sửa chữa của bộ phận k , mà nó làm tối thiểu các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc phục hồi các bộ phận bao gồm từ thứ nhất đến cả thứ k . Như vậy, chu kỳ sửa chữa L_k sẽ xác định chiến lược sửa chữa tối ưu cho chu kỳ L_{k-1} đã cho.

Chiến lược sửa chữa ở đây được hiểu là sự tổ hợp của các hành trình giữa các lần sửa chữa

của bộ phận thứ $(k-1)$ và bộ phận thứ k (với $k = 2, 3, 4, \dots, n$).

Khi đã xác định được hàm $f_n(L_n)$ ở bước thứ 2 của quá trình tối ưu hoá, tiến hành xác định các giá trị của hàm $f_{n-1}(L_{n-1})$ nhờ quan hệ (20). Muốn vậy, lần lượt cố định chu kỳ sửa chữa của bộ phận $(n-1)$ và tiến hành tính cho các chu kỳ sửa chữa L_{n-1}

$$\Omega_{n-1}(L_{n-1}) = q_{n-1}(L_{n-1}) + f_n(L_n), \quad (21)$$

Như vậy, các đại lượng $\Omega_{n-1}(L_{n-1})$ chính là các chi phí đơn vị tổng cộng cho việc phục hồi các bộ phận với số hiệu $(n-1)$ và n ở chu kỳ sửa chữa số định L_{n-1} và ở các chu kỳ $L_1 \in \Lambda_n$, mà chúng bội số với chu kỳ L_{n-1} đã cho.

Để đơn giản cách viết, ta ký hiệu

$$\hat{\Omega}_{n-1}(L_{n-1}) = \min_{L_n \in \Lambda_n} \Omega_{n-1}(L_{n-1}) = q_{n-1}(L_{n-1}) + \min_{L_n \in \Lambda_n} f_n(L_n), \quad (22)$$

ở chu kỳ sửa chữa cố định L_{n-1}

$$f_{n-1}(L_{n-1}) = \hat{\Omega}_{n-1}(L_{n-1}).$$

Đồng thời, nhờ các hàm $f_{n-1}(L_{n-1})$, tiến hành xác định các chu kỳ sửa chữa tối ưu \bar{L}_n của bộ phận thứ n . Lưu ý rằng, để xác định các giá trị của $f_{n-1}(L_{n-1})$ chỉ cần biết các hàm $f_n(L_n)$ đối với tất cả các $L_{n-1} \in \Lambda_{n-1}$, có xét tới việc các chu kỳ sửa chữa của bộ phận thứ $(n-1)$ và thứ n là bội số của nhau.

Tiếp theo, sử dụng phương trình (20) ta xác định giá trị của hàm $f_{n-2}(L_{n-2})$ và các chiến lược sửa chữa tương ứng L_{n-1} đối với các chu kỳ sửa chữa $L_{n-2} \in \Lambda_{n-2}$, mà chúng bội số với $L_{n-1} \in \Lambda_{n-1}$. Thủ tục này được tiếp diễn liên tục cho tới khi tính toán các giá trị của $\Omega_1^*(L_1)$.

Theo công thức (18), với $\bar{L}_1 = L_1$, thực hiện chuyển tiếp từ các hàm $f_2(L_2)$ sang $\Omega_1^*(L_1)$ và từ đó, tiến hành xác định các chu kỳ sửa chữa tối ưu của từng bộ phận L_i^* .

Các tính toán theo qui trình được mô tả trên đây liên quan đến việc tính toán quan hệ (20) với khối lượng khá lớn, đặc biệt là nếu khi n và số bội số X_i , được xác định theo biểu thức (10), là đáng kể. Vì vậy, qui trình tính đã nêu cần được thực hiện nhờ máy tính với bộ nhớ ngoài lớn, cho phép lưu giữ đồng thời giá trị của các hàm $q_k(L_k)$, $f_{k+1}(L_{k+1})$, $f_k(L_k)$ và $\Omega_1^*(L_1)$.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống sửa chữa phương tiện cần phải được xây dựng có xét tới các điều kiện khai thác cụ thể, nghĩa là cần tính đến không chỉ các hành trình giữa các lần sửa chữa, mà cả khối lượng các cấp bảo dưỡng sửa chữa dự phòng có kế hoạch

và sơ đồ gián cách của chúng. Từ đó, với từng loại phương tiện khác nhau và tại từng đơn vị vận tải cụ thể, chu trình sửa chữa sẽ phải có cấu trúc khác nhau.

Thuật toán trên được ứng dụng cho các bộ phận bị hao mòn của phương tiện vận tải thông qua khảo sát hao mòn ở điều kiện khai thác cụ thể và tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy tương ứng. Sơ đồ giải thuật và chương trình tính toán với số liệu minh họa sẽ được trình bày trong các bài viết tiếp sau.

Bài viết này cùng với các kết quả nghiên cứu [3, 6] là phần chuẩn bị cho báo cáo của đề tài nghiên cứu “Xây dựng phần mềm Tối ưu hoá thời hạn sửa chữa PTVT trên cơ sở độ tin cậy tham số” được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (VNU-HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số C2014-20-04.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn GS.TS. Đỗ Đức Tuấn, trường Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội, đã tận tâm hướng dẫn và động viên rất nhiều trong quá trình thực hiện đề tài Nghiên cứu tối ưu hoá thời hạn bảo dưỡng, sửa chữa phương tiện vận tải trên cơ sở lý thuyết độ tin cậy.

Công trình được hỗ trợ thực hiện tại Phòng thí nghiệm trọng điểm Điều khiển số và Kỹ Thuật Hệ thống (DCSE-Lab), Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

Optimizing repair interval of vehicles at a given level of reliability parameters

• **Vo Trong Cang**

University of Technology, VNU-HCM – vtcang@hcmut.edu.vn

DCSE-Lab, VNU-HCM

ABSTRACT:

The maintenance system should be built taking into account the specific exploiting conditions, that is, to take into account not only the running distance between repairs, but the volume of the planned maintenance was made (both preventive and corrective) and their intervals. The paper presents principles and algorithms to optimize the meantime between repairs for the components of vehicles at a given level of reliability parameters. This algorithm can be applied to the worn parts of vehicles through the attrition survey in the specific exploiting conditions and calculating the reliability indices respectively.

Keywords: *Optimizing, Repair Interval, Vehicle, Reliability.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Đức Tuấn. *Đánh giá hao mòn, độ bền và độ tin cậy của chi tiết và kết cấu đầu máy diesel*. NXB Giao thông Vận tải, Bộ Giao thông Vận tải, Hà Nội, 2005.
- [2] Đỗ Đức Tuấn. Cơ sở tối ưu hoá chu kỳ sửa chữa các chi tiết và cụm chi tiết trên đầu máy có xét tới hư hỏng không tham số và chi phí sửa chữa. *Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải*. Số 16, (2006).
- [3] Đỗ Đức Tuấn, Võ trọng Cang. Cơ sở tối ưu hoá thời hạn sửa chữa các bộ phận trên đầu máy toa xe ở mức cho trước của độ tin cậy tham số. *Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải*. Số 17, 134-142, (2007).
- [4] Đỗ Đức Tuấn. Cơ sở xác định cấu trúc tối ưu của chu kỳ sửa chữa đầu máy trên cơ sở giá thành sửa chữa và tuổi thọ gamma phần trăm của chi tiết. *Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải*. Số 21, 134-142, (2008).
- [5] Đỗ Đức Tuấn, Nguyễn Trung Kiên. Thiết lập chương trình tính toán cấu trúc tối ưu của chu kỳ sửa chữa đầu máy trên cơ sở chi phí sửa chữa và tuổi thọ gamma phần trăm của chi tiết. *Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải*. Số 24, 31-40, (2008).
- [6] Do Duc Tuan and Vo trong Cang. *Determining the Repairing Interval for the Means of Transportation with Regard the Unexpected Failures and Repairing Costs*. Lecture notes in Engineering & Computer Science. Vol 2196. (IMECS 2012), 1396-1401, (2012).