

РУХОМИЙ СКЛАД

УДК 629.4.027

Борзилов І.Д., к.т.н., професор (УкрДАЗТ)

**ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ВИТРАТ НА РЕМОНТ ВАГОНА
ПРОТЯГОМ ЙОГО ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ**

Вступ. По мірі старіння вагона відбувається поступове накопичення пошкоджень в його конструкції. За допомогою ремонтів різного типу відбувається або повне їх усунення (шляхом заміни деталей, що відмовили), або часткове, що призводить не тільки до уповільнення темпів деградації конструкції, але й до накопичення пошкоджень, що не усуваються при ремонтах. Таким чином існуюча система технічного обслуговування та ремонту вагонів є важливою “інструкцією”, яка може розглядатися як алгоритм згідно до якого організовано керування ресурсом конструкції кожного вагона, його технічним станом.

Постановка проблеми. Для того щоб ця “інструкція” була ефективною, необхідно мати можливість визначати оптимальні параметри системи технічного обслуговування та ремонту вагонів. Потрібна методика оптимізації, а також початкові дані та обмеження.

Математичне формулювання задачі. Можна сформулювати цю задачу таким чином. На допустимій кількості матриць (l_{ij}) потрібно виділити ту, на якій цільова функція $f(l_{ij})$ приймає екстремальне значення.

Задача оптимізації до вагонів визначеного типу представляється у такому вигляді

$$f(l_{ij}) \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$l_{ij} \leq l_{БД} \quad (2)$$

$$\left| \frac{P}{\Pi(l_{ij})} - a \right| < \varepsilon, \quad (3)$$

де $f(l_{ij})$ – цільова функція, що визначає ефективність використання вагона за призначенням;

$l_{БД}$ – параметр безпеки руху вагона, що визначає максимально припустимий його пробіг між деповськими ремонтами (ДР);

(l_{ij}) – математичний аналог системи ремонту вагона;

P – потужність вагоноремонтних підприємств;

$\Pi(l_{ij})$ – потреба у деповському ремонті (ДР) вагонів протягом року;

a – коефіцієнт технологічного запасу потужності вагоноремонтних підприємств, де виконується ремонт вагонів;

ε – точність розрахунків, що необхідна (0,05 ... 0,1).

Під допустимою кількістю матриць (l_{ij}) слід розуміти одночасне їх задоволення обмеженням (2) та (3).

Структура бази початкових даних для визначення функції $f(l_{ij})$ представляється у вигляді наступного масиву інформації:

- покупної та ліквідаційної ціни вагона;
- зростання витрат на ДР по мірі старіння вагона;
- зростання витрат на КР по мірі старіння вагона;
- зростання витрат на поточні ремонти та технічне обслуговування вагона по мірі його старіння;
- іншої складової собівартості одиниці пробігу вагона.

Головним тут є експлуатаційна інформація про динаміку деградації конструкцій по мірі їх старіння. Оскільки гідніших способів безпосередньої кількісної оцінки цієї динаміки на сьогоднішній день не існує, то прийнято її вимірювати за допомогою фіксації зміни витрат на ремонти різного виду [1].

Для цього необхідно виконати калькуляцію та протоколювання (при заповненні облікових форм типу ВУ-36) та занести у комп'ютерну мережу галузі значення фактичних витрат на ремонт кожного вагона. Але основною перешкодою на шляху отримання даних щодо фактичних витрат на ДР та КР є організаційні та технологічні чинники, які затрудняють їх отримання [2]. В цих умовах при вирішенні задачі (1)-(3) рекомендовано користуватися технологією реалізації необхідних умов екстремуму цільової функції.

Виклад основного матеріалу. На прикладі простої структури системи ремонту (рисунок 1) та апроксимації питомих витрат на планові ремонти пропонується методика вирішення задачі (1).

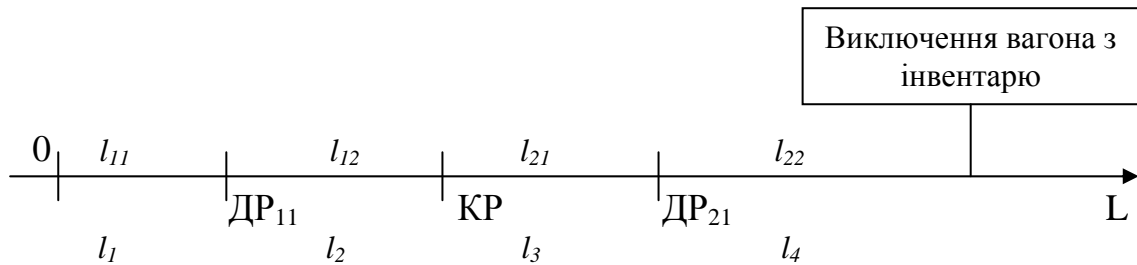


Рисунок 1 – Структурна схема системи ремонту вагона

Якщо перейти від подвійної індексації міжремонтних пробігів (див. рисунок 1) до одинарної тоді вираз для питомих витрат визначиться з рівняння

$$f_{ДР} = \frac{d_1 + d_2}{\sum_{i=1}^4 l_i}, \quad (4)$$

де $d_1 = R_{ДР11}$ – витрати на перший деповський ремонт (ДР₁₁);

$d_2 = R_{ДР21}$ – витрати на другий деповський ремонт (ДР₂₁);

Питомі витрати на капітальний ремонт (КР) визначається за формулою

$$f_{КР} = \frac{d_3}{\sum_{i=1}^4 l_i}, \quad (5)$$

де $d_3 = R_{КР}$ – витрати на капітальний ремонт (КР).

Питомі експлуатаційні витрати визначаються за формулою

$$f_{EB} = \frac{\sum_{i=1}^4 (a_i \cdot l_i + b_i \cdot l_i^2)}{\sum_{i=1}^4 l_i}, \quad (6)$$

де a_i, b_i – коефіцієнти зростання питомих витрат в ході старіння вагона на i -ому міжремонтному періоді.

Питомі витрати на придбання вагона визначаються за формулою

$$f_Q = \frac{S - Q}{\sum_{i=1}^4 l_i}, \quad (7)$$

де S – ціна вагона при його придбанні;
 Q – ліквідаційна ціна вагона.

Питомі витрати служб локомотивної, колійної, перевезень, СЦБ входять в число показників роботи залізничного транспорту.

Позначимо через d_l, d_k, d_n , та d_u витрати за термін служби L вагона локомотивного, колійного, перевезень та СЦБ господарств відповідно.

Тоді питомі значення цих витрат визначаються за формулою, структура якої співпадає з формулою (7)

$$f_i = \frac{d_i}{L}, \quad (8)$$

де d_i – сумарні витрати i -ої служби УЗ.

Ці вирази для частинних похідних мають такий вигляд

$$\frac{df_{DP}}{dl_j} = - \frac{d_1 + d_2}{\left(\sum_{i=1}^4 l_i \right)^2}; \quad j = 1, 2, 3, 4;$$

$$\frac{df_{KP}}{dl_j} = -\frac{d_3}{\left(\sum_{i=1}^4 l_i\right)^2}; \quad j=1,2,3,4;$$

$$\frac{df_{EB}}{dl_j} = -\frac{(a_j + 2b_j l_j) \sum_{i=1}^4 l_i - \sum_{i=1}^4 (a_i l_i + b_i l_i^2)}{\left(\sum_{i=1}^4 l_i\right)^2}; \quad j=1,2,3,4;$$

$$\frac{df_Q}{df_j} = -\frac{S - Q}{\left(\sum_{i=1}^4 l_i\right)^2}; \quad \frac{df_{\dot{E}}}{df_j} = -\frac{d_4}{\left(\sum_{i=1}^4 l_i\right)^2};$$

$$\frac{df_K}{df_j} = -\frac{d_5}{\left(\sum_{i=1}^4 l_i\right)^2}; \quad \frac{df_{\dot{I}}}{df_j} = -\frac{d_6}{\left(\sum_{i=1}^4 l_i\right)^2};$$

$$\frac{df_{\Pi}}{df_j} = -\frac{d_7}{\left(\sum_{i=1}^4 l_i\right)^2}; \quad (j=1,2,3,4),$$

де d_4, d_5, d_6, d_7 – сумарні витрати відповідно, служб: локомотивної, колійної, перевезень, СЦБ.

Необхідна умова екстремуму функції $f(l_{ij})$

$$\frac{d(f_{DP} + f_{KP} + f_{EB} + f_Q + f_{\dot{L}} + f_K + f_{\Pi} + f_{\Pi})}{dl_j} = 0, \quad (j=1,2,3,4) \tag{9}$$

представлена у вигляді системи рівнянь

$$-\sum_{i=1}^7 d_i + (a_1 + 2b_1 l_1) \sum_{i=1}^4 l_i - \sum_{i=1}^4 (a_i l_i + b_i l_i^2) - S + Q = 0, \quad (10)$$

$$-\sum_{i=1}^7 d_i + (a_2 + 2b_2 l_2) \sum_{i=1}^4 l_i - \sum_{i=1}^4 (a_i l_i + b_i l_i^2) - S + Q = 0, \quad (11)$$

$$-\sum_{i=1}^7 d_i + (a_3 + 2b_3 l_3) \sum_{i=1}^4 l_i - \sum_{i=1}^4 (a_i l_i + b_i l_i^2) - S + Q = 0, \quad (12)$$

$$-\sum_{i=1}^7 d_i + (a_4 + 2b_4 l_4) \sum_{i=1}^4 l_i - \sum_{i=1}^4 (a_i l_i + b_i l_i^2) - S + Q = 0. \quad (13)$$

Для спрощення еквівалентної системи рівнянь необхідно послідовно віднімати вираз (13) із рівняння (10), вираз (12) із рівняння (11), вираз (11) із рівняння (13) в результаті отримаємо відповідно рівняння:

$$a_1 + 2b_1 l_1 - a_4 - 2b_4 l_3 = 0, \quad (14)$$

$$a_2 + 2b_2 l_2 - a_3 - 2b_3 l_3 = 0, \quad (15)$$

$$a_4 + 2b_4 l_4 - a_2 - 2b_2 l_2 = 0. \quad (16)$$

Використовуючи формули (14) – (16), виразимо l_2, l_3, l_4 через l_1

$$l_2 = \frac{b_1}{b_2} l_1 + \frac{a_1 - a_2}{2b_2};$$

$$l_3 = \frac{b_1}{b_3} l_1 + \frac{a_1 - a_3}{2b_3}; \quad (17)$$

$$l_4 = \frac{b_1}{b_2} l_1 + \frac{a_1 - a_4}{2b_4}.$$

Підставивши значення l_2, l_3, l_4 у вираз (13), отримаємо квадратне рівняння відповідно l_1

$$al_1^2 + bl_1 + c = 0, \quad (18)$$

$$\text{де } a = b_1 + b_1^2 \left(\frac{1}{b_2} + \frac{1}{b_3} + \frac{1}{b_4} \right);$$

$$b = b_1 \left[a_1 \left(\frac{1}{b_2} + \frac{1}{b_3} + \frac{1}{b_4} \right) - \left(\frac{a_2}{b_2} + \frac{a_3}{b_3} + \frac{a_4}{b_4} \right) \right];$$

$$\tilde{n} = \frac{(a_1 - a_2)^2}{4b_2} + \frac{(a_1 - a_3)^2}{4b_3} + \frac{(a_1 - a_4)^2}{4b_4} - \left(\sum_{i=1}^7 d_i + S - Q \right).$$

Наведені формули припускають узагальнення. Якщо б, наприклад, розглянути систему ремонту з n ремонтними пробігами, то були б справедливими наступні формули

$$l_j = \frac{b_1}{b_j} l_i + \frac{a_1 - a_j}{2b_j}, \quad j = \overline{2, N}; \quad (19)$$

$$a = b_1 + b_1^2 \sum_{k=2}^N \frac{1}{b_k} \quad (20)$$

$$b = b_1 \left[a_1 \sum_{k=2}^N \frac{1}{b_k} - \sum_{k=2}^N \frac{a_k}{b_k} \right]; \quad (21)$$

$$\tilde{n} = \frac{1}{4} \sum_{k=2}^N \frac{(a_1 - a_k)^2}{b_k} - (R + D + S - Q), \quad (22)$$

де R – сумарні витрати на ДР та КР вагона за термін його служби;
 D – сумарні витрати інших служб залізниці на забезпечення експлуатації вагона протягом його терміну служби;

$$N = \sum_{i=1}^{n+1} m_i + n + 1;$$

тут n – число КР вагона за термін його служби;
 m_i – структура i -го ремонтного циклу.

Величину l_1 слід трактувати як термін гарантії заводу-виробника, а рівняння (18) використовувати для його розрахунку. Далі величини l_2 та l_3 слід трактувати в якості термінів гарантії ДР та КР відповідно, які рекомендовано розраховувати за формулою (19).

Висновок. Запропонована методика розрахунку оптимальних міжремонтних пробігів за формулами (17) та (18) на відміну від роботи [3] не потребує реалізації складних програм на ЕОМ та припускає узагальнення.

Список літератури

- 1 Селиванов А.И. Основы старения машин. –М.: Машиностроение, 1964. –404с.
- 2 Устич П.А., Хаба И.И., Ивашов В.А. и др. Вагонное хозяйство. –М.: Маршрут, 2003. –560с.
- 3 Колегаев Р.Н. Экономическая оценка качества оптимизации системы ремонта машин. – М.: Машиностроение, 1980. –240с.

УДК 621.436

Паламарчук Н.В., д.т.н., профессор (ДонИЖТ)
Черняк Ю.В., к.т.н., доцент (ДонИЖТ)
Писарев Л.Т., к.ф.-м.н., доцент (ДонИЖТ)
Рябко К.А., інженер (ДонИЖТ)
Фычак В.Г., студент (ДонИЖТ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПУСКА ДИЗЕЛЯ К6S310DR С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГОЕМКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Постановка проблемы. Исследования показали, что существующие системы пуска мощных тепловозных двигателей имеют ряд существенных недостатков, обусловленных непосредственным подключением стартерной