

УДК 629.4.014.275

КРАШЕНІНІН О.С., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ),  
 ЩИПАК Є.В., інженер (ДП «Донецька залізниця»),  
 МАТВІЄНКО С.А., аспірант (УкрДАЗТ),  
 ШАПАТІНА О.О., асистент (УкрДАЗТ)

## Обґрунтування оптимального терміну експлуатації тягового рухомого складу

### Постановка проблеми

Залізничний транспорт є основою забезпечення масових перевезень населення та вантажів. Від ефективності його роботи залежить ефективність роботи багатьох галузей і економіки країни в цілому. Тому й шляхи підвищення його ефективності й надійності є актуальними.

### Аналіз попередніх досліджень

Принциповою відзнакою існуючої системи технічного обслуговування та ремонту тягового рухомого складу залізниць (ТРС) є те, що разом з плановими технічними обслуговуваннями (ТО) та поточними ремонтами (ПР) після відмов, які можуть виникнути в процесі експлуатації, ТРС підлягає відновленню і подальшому поверненню в експлуатацію. Визначення особливостей експлуатації ТРС за всіма етапами його життєвого циклу дозволяє обґрунтувати границі ефективності його використання.

### Мета роботи

Розглянемо задачу визначення оптимального терміну експлуатації ТРС з врахуванням економічної доцільності його подальшого використання, в тому числі і в післянормативний термін.

На вісі часу позначимо точкою початок експлуатації ТРС, та окремими точками через встановлені інтервали напрацювань (пробігів) – капітальні ремонти (рисунк 1). Позначимо початкову вартість ТРС через  $C_0$ , а вартість капітальних ремонтів через  $C_1, C_2, C_3$ . Проміжок часу роботи до першого капітального ремонту позначимо через  $t_1$ , міжремонтний термін між першим і другим ремонтами –  $t_2$ , між другим і третім –  $t_3$ , і так далі.

Позначимо середню вартість ТО та ПР, які проводяться на одну годину роботи в межах першого періоду через  $\gamma_1$ , в межах другого періоду через  $\gamma_2$ , і так далі. Сюди входить вартість всіх видів ТО та ПР до відповідного капітального ремонту. Позначимо далі через  $n_1, n_2, n_3, \dots$  годинну продуктивність ТРС у відповідних інтервалах (розраховану, наприклад, за вартістю одиниці виконаної перевізної роботи).

Маючи ці характеристики, можна отримати вираз для середньої собівартості одиниці продуктивності ТРС.

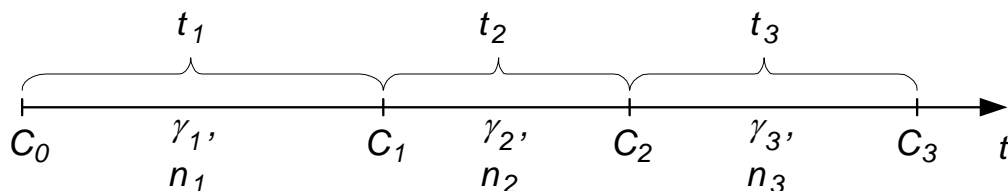


Рисунок 1.– Розподіл витрат за основними етапами життєвого циклу ТРС

Для цього необхідно знайти середню експлуатації до першого капітального ремонту собівартість  $S_1$  в першому періоді від початку. Потім треба визначити  $S_2$  – середню

собівартість від початку експлуатації до другого капітального ремонту; потім  $S_3$  – на періоді експлуатації від початку до третього капітального ремонту, і так далі.

Для цих середніх собівартостей можна записати наступні рівняння:

$$S_1 = \frac{C_0 + \gamma_1 t_1}{n_1 t_1}, \quad (1)$$

$$S_2 = \frac{C_0 + \gamma_1 t_1 + C_1 + \gamma_2 t_2}{n_1 t_1 + n_2 t_2}, \quad (2)$$

$$S_3 = \frac{C_0 + \gamma_1 t_1 + C_1 + \gamma_2 t_2}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3} + \frac{C_2 + \gamma_3 t_3}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3}, \quad (3)$$

або в загальному вигляді для  $n$ -го етапу

$$S_n = \frac{C_0 + \sum_{i=1}^n \gamma_i t_i + \sum_{i=1}^{n-1} C_i}{\sum_{i=1}^n n_i t_i}, \quad (4)$$

де  $C_i$  – вартість  $i$ -го капітального ремонту.

Розглянемо окремий випадок (який є велими штучним), коли вартість всіх капітальних ремонтів однакова  $C_1=C_2=C_3=\dots$ ; також припустимо, що міжремонтні періоди, годинні продуктивності в міжремонтний період та вартості технічного обслуговування також однакові:  $t_1=t_2=t_3=\dots$ ,  $n_1=n_2=n_3=\dots$ ,  $\gamma_1=\gamma_2=\gamma_3=\dots$ . В цьому випадку з рівнянь (1)-(3) отримуємо

$$S_1 = \frac{C_0}{n_1 t_1} + \frac{\gamma_1}{n_1}, \quad (1a)$$

$$S_2 = \frac{C_0 + C_1}{2n_1 t_1} + \frac{\gamma_1}{n_1}, \quad (2a)$$

$$S_3 = \frac{C_0 + C_1 + C_2}{3n_1 t_1} + \frac{\gamma_1}{n_1}. \quad (3a)$$

Оскільки зазвичай  $C_1 < C_0$ , то з цих рівнянь отримуємо, що  $S_2 < S_1$ ,  $S_3 < S_1$  і так далі, тобто вигідніше весь час виконувати капітальні ремонти, ніж купувати новий ТРС. Насправді так не буває тому, що прийняті вище припущення в експлуатації неможливі. Так, перше допущення полягало в тому, що вартість всіх капітальних ремонтів однакова. Зазвичай кожен подальший ремонт не простіше попереднього, і вартість його буде більша.

Поступово, із збільшенням числа ремонтів, годинна продуктивність знижується. Міжремонтні терміни теж не залишаються постійними. Термін між початком експлуатації і першим капітальним ремонтом зазвичай вище, ніж між першим і другим ремонтами. Міжремонтні терміни експлуатації ТРС коригуються на зменшення. Вартості ТО та ПР також не залишаються постійними. Із збільшенням напруження через старіння, знос, вартість ТО та ПР поступово зростає, зростають також витрати на паливно-мастильні матеріали на одиницю часу тощо. Тому реальна ситуація відрізняється від тої, що описується рівняннями (1a)-(3a).

В якості прикладу розрахунків щодо обґрунтування терміну експлуатації ТРС, які враховують собівартість одиниці продуктивності ТРС протягом життєвого циклу, розглянемо дані експлуатації нового вантажного електровозу постійного струму ДЕ1, для якого за середньодобовим пробігом 350 км та середньою масою складу поїзда 5000 т приймемо:  $n_1=n_2=n_3=7,3$  грн./{(10<sup>4</sup> т·км)·год},  $\gamma_1=\gamma_2=\gamma_3=60$  грн./год. Приймемо початкову вартість локомотиву  $C_0=5 \cdot 10^6$  грн., вартості капітальних ремонтів  $C_1=1 \cdot 10^6$  грн.,  $C_2=2 \cdot 10^6$  грн.,  $C_3=3 \cdot 10^6$  грн.,  $C_4=4 \cdot 10^6$  грн.; терміни експлуатації між відповідними капітальними ремонтами приймемо  $t_1=12000$  год,  $t_2=11000$  год,  $t_3=10000$  год,  $t_4=9000$  год.

З рівняння (4) отримаємо  $S_1=65,4$  грн./(10<sup>4</sup> т·км),  $S_2=44,0$  грн./(10<sup>4</sup> т·км),  $S_3=41,5$  грн./(10<sup>4</sup> т·км),  $S_4=44,2$  грн./(10<sup>4</sup> т·км).

Звідси видно, що спочатку приведена собівартість є порівняно високою, оскільки при її розрахунку враховується вартість нового ТРС. Потім собівартість падає і далі знову починає зростати. Графічно це представлено на рисунку 2, з якого видно, що в розглянутому випадку доцільніше перервати експлуатацію, коли з'явиться необхідність проводити третій капітальний ремонт. При цьому мінімальна собівартість складатиме 41,5 грн./(10<sup>4</sup> т·км).

Отже для даного типу ТРС доцільно припинити його експлуатацію при досягненні терміну експлуатації, близького до третього капітального ремонту, оскільки тоді сумарна середня собівартість використання буде най-

меншою, тобто прибуток, отриманий при експлуатації, буде найбільшим. Тому недоцільно продовжувати експлуатацію ТРС після досягнення таких напрацювань, а треба вилучати ТРС з експлуатації.

Потрібно також додатково відзначити таку обставину, як моральний знос. Може ви-

явитися, що вигідніше буде припинити експлуатацію у момент досягнення необхідності в другому капітальному ремонті за умови, якщо до цього часу ТРС морально застарів, тобто промисловістю почнуть випускатися нові типи ТРС із більшою продуктивністю та кращими показниками надійності і ефективності.

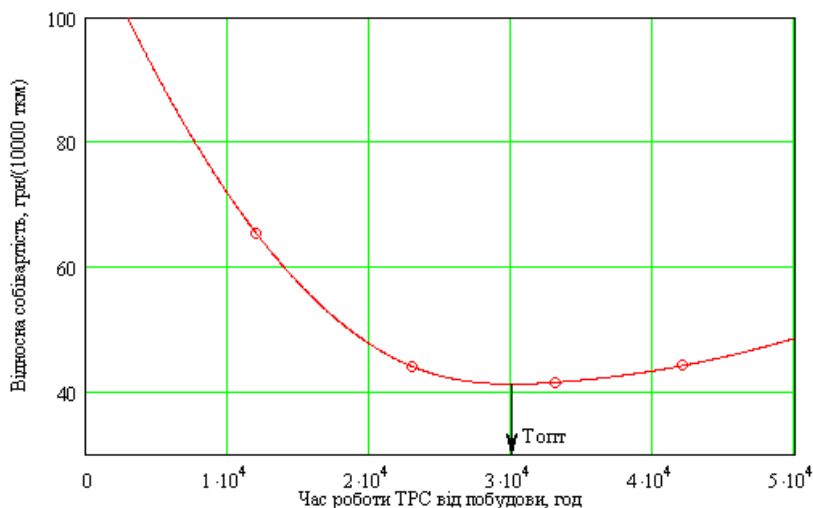


Рисунок 2. – Залежність собівартості капітальних ремонтів ТРС від часу його роботи

### Висновки

1. Наведені дані дозволяють визначати граничний економічно обгрунтований термін експлуатації ТРС, що забезпечує мінімальну середню приведену собівартість експлуатації.

2. Для уточнення періоду ефективної експлуатації ТРС слід враховувати приведені витрати на паливно-мастильні матеріали тощо.

3. Розглянутий підхід дає можливість обгрунтувати термін використання ТРС при його модернізації.

### Список літератури

1. Надежность технических систем: Справ очник / Под.ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608с.

2. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

3. Галкин В.Г. Надежность тягового подвижного состава. Учеб.пособие для вузов ж.-д.

трансп./ В.Г. Галкин, В.П. Парамзин, В.А. Четвергов. – М.: Транспорт, 1981. – 184с.

### Анотації:

У статті розглядається метод визначення терміну експлуатації тягового рухомого складу з врахуванням витрат на проведення капітальних ремонтів та поточних ремонтів і технічного обслуговування у міжремонтний період. Обгрунтовується оптимальний з точки зору витрат життєвого циклу термін експлуатації локомотивів.

В статье рассматривается метод определения срока эксплуатации тягового подвижного состава с учетом расходов на производство капитальных ремонтов, а также текущих ремонтов и технического обслуживания в межремонтный период. Обосновывается оптимальный с точки зрения расходов жизненного цикла срок эксплуатации локомотивов.

The determination method of the locomotive's live-cost period is considered. At costs on production of the heavy repairs and the operating repairs and technical maintenance are taken into account. The optimum period to usages locomotive is motivated.