

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОЇЗДІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ

Канд. техн. наук П.О. Харламов, магістрант Е.Л. Шабанов

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЕЗДОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Канд. техн. наук П.А. Харламов, магистрант Э.Л. Шабанов

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF SERVICE SUBWAY TRAINS

Cand. of techn. sciences P. Kharlamov, master student E. Shabanov

*Розширення зовнішнього конкурентного середовища потребує пошуку нових резервів зниження витрат при забезпеченні високої якості надаваних послуг. Питання регулювання внутрішньогалузевих взаємин на основі оптимізації витрат на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонт рухомого складу стають у цей час досить актуальними.*

**Ключові слова:** моторвагонний рухомий склад, ефективність, ефективна система утримування, діагностика.

*Расширение внешней конкурентной среды требует поиска новых резервов снижения расходов при обеспечении высокого качества оказываемых услуг. Вопрос регулирования внутриотраслевых взаимоотношений на основе оптимизации расходов на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава становятся в это время довольно актуальными.*

**Ключевые слова:** моторвагонный подвижной состав, эффективность, эффективная система содержания, диагностика.

*The extension of the external competitive environment requires searching of new reserves to reduce costs while providing high quality services. The issue of regulating intra-industry relationship on the basis of optimizing the costs of operation, maintenance and repair of rolling stock be at this time quite relevant.*

**Keywords:** Railcar rolling stock, efficiency, efficient system maintenance, diagnostics.

**Вступ.** Транспортна стратегія України передбачає поетапне входження залізничного транспорту в ринкові відносини, що визначає вдосконалювання системи керування перевізним і ремонтно-експлуатаційними процесами. Розширення зовнішнього конкурентного середовища потребує від Укрзалізниці пошуку нових резервів зниження витрат при забезпеченні високої якості надаваних послуг. Таким чином, питання регулювання внутрішньогалузевих взаємин на основі оптимізації витрат на технічне обслуговування та ремонт рухомого складу стають у цей час досить актуальними [1].

У цій статті особливого значення набуває система підтримки ТО та ТР, яка базується на інформації про стан вузлів та деталей ТРС у реальному масштабі й часі. Така система

повинна містити три основні складові, що об'єднанні відкритою комп'ютерною мережею:

- інформаційно-керуюча система для оцінки поведінки ТРС в експлуатації;
- моделі моніторингу технічного стану та його прогнозування.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Для організації сервісного обслуговування моторвагонного рухомого складу на весь життєвий цикл необхідно науково обґрунтувати відповідні критерії та провести розрахунки ефективності прийняття рішень з урахуванням особливості конструкції та умов експлуатації як транспортного засобу в цілому, так і окремих складових одиниць.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні роки було виконано ряд досліджень як в Україні, так і в Росії з удосконалення системи та технології обслуговування й ремонту з використанням методів та засобів діагностування й контролю [2-9].

Але стосовно нового наукоємного ТРС досліджень ще замало. Крім цього, не вистачає досліджень, присвячених аналітичним моделям стратегічного пошуку рішень удосконалення технології та системи ТО і ТР сучасних інформаційних комплексів.

**Визначення мети та задачі дослідження.** Метою статті є оцінка ефективності сервісного обслуговування моторвагонного рухомого складу (МВРС) за рахунок використання науково обґрунтованих та технологічних рішень побудування системи сервісного обслуговування.

**Основна частина дослідження.** Щоб знизити експлуатаційні витрати на використання МВРС, необхідно формувати систему утримування моторвагонного рухомого складу з урахуванням технічного стану на основі інформаційних технологій для обліку й аналізу даних про експлуатацію і ремонт їх обладнання.

Формування раціональної системи утримування МВРС здійснюється з використанням характеристик надійності, отриманих з місця експлуатації або випробувань і оброблених за допомогою інформаційної системи з розрахунку надійності. Статистична інформація про надійність вузлів та систем МВРС збирається з початку їх випробувань.

Для формування системи сервісного обслуговування необхідно визначити

аналітичні залежності витрат на ремонт від параметрів системи утримування. Задача визначення раціональної системи утримування є задачею багатопараметричною і зводиться до визначення мінімуму функції, що залежить від трьох основних змінних: мінімальної припустимої швидкості приросту середньої кількості відмов  $\bar{\lambda}$ , максимального пробігу між найближчими ремонтами  $\ell$  і пробігу до кінця експлуатації технічного об'єкта та мінімальною вартістю виконання обслуговування та ремонту.

Економічний ефект від підвищення ефективності сервісного обслуговування складається із зменшення капітальних і експлуатаційних витрат через:

- скорочення кількості ремонтів у ремонтному циклі й оптимізації номенклатури виконуваних робіт;
- скорочення часу на виконання окремих видів ремонту та діагностики шляхом упровадження новітнього устаткування та ін. [3, 4].

При цьому необхідно вирішити завдання оптимізації матеріально-технічного постачання ремонтів. Основні напрямки оптимізації – зменшення рівня запасів, вибір оптимального постачальника, зниження незапланованих закупівель [5, 6].

Для визначення економічного ефекту від використання найбільш ефективної системи утримування була розроблена модель, що наведена далі.

Загальну множину техніко-економічних характеристик використання МВРС з урахуванням капітальних і експлуатаційних витрат можна подати у вигляді

$$\lambda_i'' = \left\{ L, C_j, C_j, \Phi_j, Z_{л.бр.}, n, C_{ТО3}, C_{ПР1}, C_{ПР3}, C_{КР}, Z_{ТО3}, Z_{ПР}, Z_{ПР3}, Z_{КР}, P_{ТО3}, k_1, k_2, \tau, C_{мврс.}, t_{нр.}, \sigma, g_T, L_j, C_{нал}, C_{мас}, G_{Mj} \right\}, \quad (1)$$

де  $L$  – обсяг виконаної роботи за весь термін експлуатації;  $C_j$  – чистий прибуток;  $C_j$  – витрати виробництва;  $\Phi_j$  – вартість виробничих фондів;  $Z_{л.бр.}$  – заробітна плата локомотивної бригади за місяць;  $n$  – тривалість циклу в роках;  $C_{ТО3}$  – витрати на ТО-3;  $C_{ПР1}$  – витрати на ПР-1;  $C_{ПР3}$  – витрати на ПР-3;

$C_{КР}$  – витрати на КР;  $Z_{ТО3}$  – вартість одного ТО-3;  $Z_{ПР1}$  – вартість одного ПР-1;  $Z_{ПР3}$  – вартість одного ПР-3;  $Z_{КР}$  – вартість одного КР;  $P_{ТО3}$  – кількість ТО-3 до і після першого ПР-2 до КР-1;  $k_1$  – кількість ПР-1 до першого ПР-2;  $k_2$  – кількість ПР-1 після першого ПР-2 до КР-1;  $\tau$  – кількість ПР-3 за цикл;  $C_{мврс.}$  –

ціна МВРС;  $t_{np}$  – середній час на простої на НР;  $\sigma$  – кількість НР за цикл;  $g_T$  – питома витрата палива,  $к\text{г}/10^3\text{ткм}\cdot\text{брутто}$ ;  $L_j$  – продуктивність ТРС за  $j$ -й цикл,  $10^3\text{ткм}\cdot\text{брутто}$ ;  $C_{нал}$  – ціна 1 т палива (1 кВт електроенергії);  $C_{мас.}$  – ціна 1 т мастила;  $G_{Mj}$  – витрата мастила в  $j$ -му циклі.

Результатом розрахунків буде масив  $R_{ss} = \{\mathcal{E}_{Aj}, Z_{Ц}, Z_{ACj}, Z_{A\Phi j}\}$ .

Ефективність роботи МВРС оцінювалася за критерієм рівня рентабельності  $\mathcal{E}$ . Рентабельність  $\mathcal{E}$  визначається як відношення чистого прибутку  $\sum C_i$ , вираженого в оптових цінах, і витрат виробництва  $\sum C_i$  до вартості виробничих фондів  $\sum \Phi_i$

$$\mathcal{E}_{Aj} = \left( \sum_{j=1}^t C_j - \sum_{j=1}^t C_j \right) / \sum_{j=1}^t \Phi_j. \quad (2)$$

При перерахуванні ціни за виконану роботу  $\sum_{j=1}^t C_j$ , а також витрат при експлуатації  $\sum_{j=1}^t C_j$  і величини виробничих фондів  $\sum_{j=1}^t \Phi_j$  у питомі показники (залежність від обсягу виконаної роботи за весь термін експлуатації роботи) формула набуде такого вигляду:

$$\mathcal{E}_{Aj} = (Z_{Цj} - Z_{ACj}) / Z_{A\Phi j}, \quad (3)$$

де  $Z_{Ц}$  – питома ціна виконаної роботи;  $Z_{ACj}$  – питома собівартість одиниці витрат виробництва;  $Z_{A\Phi j}$  – питомі середньорічні витрати на виробничі фонди.

У загальному вигляді, при терміні служби машини, рівному  $\tau$  міжремонтним циклам, собівартість одиниці роботи запишемо так:

$$z_{ACj} = \left( S + \sum_{j=1}^t E_j + \sum_{j=1}^t R_j \right) / L, \quad (4)$$

де  $S$  – оптова ціна МВРС;  $\sum_{j=1}^t E_j$  – сума експлуатаційних витрат за  $t$  циклів;  $\sum_{j=1}^t R_j$  – сума витрат на капітальні ремонти.

Питомі середньорічні витрати на виробничі фонди оцінюються за формулою

$$Z_{A\Phi j} = \frac{T}{L} \cdot \Phi_{cp}, \quad (5)$$

де  $T$  – термін служби ТРС;  $\Phi_{cp}$  – величина виробничих фондів [10].

За наведеною моделлю були виконані розрахунки ефективності експлуатації МВРС для трьох варіантів організації ТО, ТР: без проведення діагностики на ТО-3, ПР-1; з діагностикою на кожному ПР-1 і ТО-3 та на кожному ПР-1 через ТО-3.

Аналіз результатів розрахунків показує, що рівень рентабельності зі збільшенням амортизаційного терміну експлуатації МВРС змінюється від циклу до циклу і досягає максимального значення: для I варіанта – до кінця четвертого міжремонтного циклу, а для II і III варіантів – до кінця п'ятого циклу.

Отримані показники економічного ефекту впровадження є швидше оцінкою потенційних можливостей, що надає система утримування. За зробленими розрахунками ефективна система утримування дає змогу:

- шляхом створення єдиної БД використовуюваного устаткування й агрегатів, збільшити кількість детально описаного устаткування з 25-40 % до 90-95 %;

- за рахунок кращого планування робіт, використання архівних даних при підготовці завдання на роботи скоротити загальні трудозатрати на 30 %;

- за рахунок кращої організації спільної роботи експлуатаційного й ремонтного персоналу скоротити час позапланових простоїв на 50 %;

- досягти переходу від планово-попереджувальної системи ремонту до ремонтів за станом, що дасть змогу скоротити витрати на ремонт і технічне обслуговування до 50 %.

Наведені техніко-економічні розрахунки свідчать про те, що впровадження ефективної

системи утримування МВРС з використанням новітнього устаткування діагностики та інформаційного середовища дозволить знизити вартість життєвого циклу МВРС.

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.**  
Було розглянуто шляхи підвищення

ефективності використання та утримування МВРС. Запропоновано модель визначення економічного ефекту від упровадження ефективної системи утримування. Визначені основні переваги ефективної системи утримування для моторвагонного рухомого складу метрополітену.

### Список використаних джерел

1. Про програму реструктуризації на залізничному транспорті України на 1998 – 2003 роки [Текст]: протокол № 10 засідання Ради Укрзалізниця від 26.05.98р. // Магістраль ділова. – 1998. – № 6. – С. 61-69
2. Бутко, Т.В. Удосконалення методів розрахунку параметрів системи технічного утримання локомотивів [Текст]: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.22.07 / Т.В. Бутко. – Харків: ХарДАЗТ, 1996. – 43 с.
3. Боднар, Е.Б. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи управління [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / Е.Б. Боднар. – Харків: ХарДАЗТ, 2004. – 21 с.
4. Головаш, А.Н. Совершенствование системы ремонта и эксплуатации подвижного состава на основе комплексной системы управления качеством [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07. – Новосибирск, 2006. – 44 с.
5. Геннадиев, Г. Метод оценки эффективности системы технического обслуживания и ремонта на железнодорожном транспорте [Текст] // Железнодорожный транспорт. – 1998. – № 3. – С. 30-33.
6. Гиричева, В.А. Анализ расходов на текущий ремонт и амортизацию локомотивов в условиях падения объемов перевозок и инфляции [Текст] / В.А. Гиричева, Р.А. Емельянова, Е.В. Быкова; Моск. гос. ун-т. путей сообщ. – М., 1997. – 15 с. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 15.05.97, № 6100-жд.
7. Исаев И.П., Разработка оптимальной системы ремонта локомотивов [Текст] / И.П. Исаев, С.Н. Журавлев, В.И. Седов // Ж.-д. трансп. – 1970. – № 10. – С. 40 – 44.
8. К оптимизации межремонтных сроков деталей и узлов тепловозов [Текст] / В.Д. Басалаев, Е.С. Павлович, А.А. Серегин, В.А. Четвергов Исследование надежности деталей и узлов тепловозов: науч. труды ОмИИТа. – Омск: ОмИИТ, 1970. – Т. 11. – С. 9-17.
9. Бабанін, О.Б. Наукові основи вдосконалення технології контролю, діагностування та матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні локомотивів [Текст]: автореф. дис... д-ра техн. наук / О.Б. Бабанін. – Харків: УкрДАЗТ, 2001. – 36 с.
10. Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте [Текст] / ВНИИЖТ МПС. – М.: Транспорт, 1991. – 93 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Харламов Павло Олександрович, канд. техн. наук, доцент, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-99. E-mail: kharlamov.erps@gmail.com.

Шабанов Ельміхан Латир-огли, магістрант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту. E-mail: shabanov.elmixan@gmail.com.

Kharlamov Pavlo, cand. of techn. sciences, lecturer of maintenance and repair of rolling stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-19-99. E-mail: kharlamov.erps@gmail.com.

Shabanov Elmikhan, master student of maintenance and repair of rolling stock, Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: shabanov.elmixan@gmail.com.

Наукова праця здана до друку 27.09.2015 р.