

УДК.629.4.018

Устенко О.В., к. т. н. ( УкрДАЗТ )

## КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІРТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

*Вступ.* Однією з основних одиниць транспортної системи залізничного транспорту являється тяговий рухомий склад, основним призначенням якого являється своєчасне і безпечне доставляння пасажирів і вантажів до місця призначення. Для його успішної експлуатації передбачається відповідна система обслуговування та ремонту, яка у великій степені залежить від завантаження рухомого складу, стану та можливостей ремонтних підприємств. Згідно з концепцією реформування залізничного транспорту передбачається розділення депо на експлуатаційну та ремонтну складові, що повинно спонукати до підвищення, як якості експлуатації, так і якості ремонту. В роботі [1] пропонується одна з процедур удосконалення існуючої системи технічної експлуатації тягового рухомого складу (ТРС) в період реформування. Але при цьому виникне і багато складностей, однією з яких буде оцінка ефективності технічної експлуатації рухомого складу в нових умовах. Це визиває необхідність перегляду відповідних критеріїв, які характеризують рухомий склад і систему його експлуатації.

*Метою статті* являється визначення критеріїв оцінки технічної ефективності віртуальної системи технічної експлуатації тягового рухомого складу.

*Аналіз робіт в даному напрямку.* В результаті аналізу праць [1-9] експертним методом було визначено, що ефективність тягового рухомого складу (ТРС) з урахуванням систем його експлуатації, з технічної точки зору, доцільно оцінювати через коефіцієнт готовності.

Розглянемо тлумачення даного показника в різних джерелах. Згідно з [7] коефіцієнт готовності представляє собою ймовірність того, що об'єкт опиниться в працездатному стані в любий момент часу, крім періодів, на протязі яких використання об'єкту за призначенням не передбачається.

Згідно з [8] по статистичним даним показник визначається відношенням сумарного часу знаходження сукупності електричного ТРС

(ЕТРС) який розглядається у працездатному стані до суми цього часу і часу відновлення працездатності ЕТПС після відмов:

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^N t_{pi}}{\sum_{i=1}^N t_{pi} + \sum_{j=1}^m \tau_j}, \quad (1)$$

де  $t_{pi}$  - час знаходження  $i$ -й ЕТПС у працездатному стані;  $\tau_j$  - час відновлення працездатності  $i$ -й ТРС після  $j$ -ї відмови (без врахування часу очікування відновлення).

В  $\tau_j$  включається час простою ЕТПС (на шляху слідування), який викликаний її відмовою, часом відновлення працездатності, а також час транспортування ЕТПС після відмови до пункту, де відновлюється ЕТПС.

Аналогічно коефіцієнт готовності трактується і В.А. Четверговим в роботі [9]. В розрахунках в локомотивному господарстві [3] даного коефіцієнту пропонується використовувати наступну формулу:

$$K_{ГОТ} = \left( \Phi_K - \sum_{i=1}^P M_{ТОi} T_{ТОi} \right) / \Phi_K, \quad (2)$$

де  $\Phi_K$  – період часу від початку експлуатації ТРС і до моменту розрахунку;  
 $M_{ТОi}$  – кількість обслуговувань чи ремонтів  $i$ -го виду на період  $\Phi_K$ ;  
 $T_{ТОi}$  – тривалість  $i$ -го виду обслуговування чи ремонту;  $P$  – кількість видів обслуговування і ремонтів.

Але в даних формулах явно не відображено взаємозв'язок між конструктивними параметрами ТРС, системами його експлуатації, ремонтними спроможностями підприємств та прийнятою системою технічного обслуговування та ремонту.

**Основний матеріал статті.** В цілому будь-яку одиницю ТРС можна охарактеризувати через конструктивні показники, які представляють масив  $P_{кон.}, P_{кон.} = \{P_{коні}\}$ , де  $P_{коні}$  – конструктивні показники ТРС.

В свою чергу конструкція ТРС визначає його надійність, і характеризується масивом показників  $P_{над.}, P_{над.} = \{P_{наді}\}$ , де  $P_{наді}$  – показники надійності ТРС.

Конструкція ТРС визначає відповідну систему обслуговування та ремонту (ТОР), яка характеризується відповідним масивом показників  $P_{ТОР.}, P_{ТОР.} = \{P_{ТОРi}\}$ , де  $P_{ТОРi}$  – показники системи обслуговування та ремонту ТРС.

В той же час на систему ТОР ТРС впливає і система експлуатації, тобто чим більше відрізняються завантаження рухомого складу від технічних вимог, тим більше відрізняється і система ТОР від запропонованої виробником. Система експлуатації ТРС залежить від регіону експлуатації, системи ТОР, конструкції ТРС та інших факторів і її можна представити відповідним масивом показників  $P_{ек}$ ,  $P_{ек} = \{P_{еки}\}$ , де  $P_{еки}$  – показники, які характеризують ТРС в експлуатації.

Немаловажну роль відіграють і ремонтні підприємства. Їх розміщення впливає на систему експлуатації ТРС, оскільки від дальності їх знаходження від експлуатаційних депо залежить час на пересилання локомотивів на ремонт і з ремонту в депо. Ремонтна спроможність та технічна осначеність ремонтних підприємств впливає на якість виконаних ремонтів, а відповідно і на надійність ТРС, його систему ТОР і експлуатації.

В цілому ремонтне підприємство можна представити відповідним масивом показників  $P_{рем}$ ,  $P_{рем} = \{P_{реми}\}$ , де  $P_{реми}$  – показники, які характеризують ремонтне підприємство.

Система ТОР та система експлуатації в загальному можуть негативно впливати на надійність ТРС. Ремонтні ж підприємства призначені для відновлення характеристик ТРС, тобто несуть позитивний характер. В комплексі, ТРС, система його експлуатації, ремонтна система та система ТОР представляють віртуальну систему технічної експлуатації (ВСТЕ) ТРС (рисунк 1).

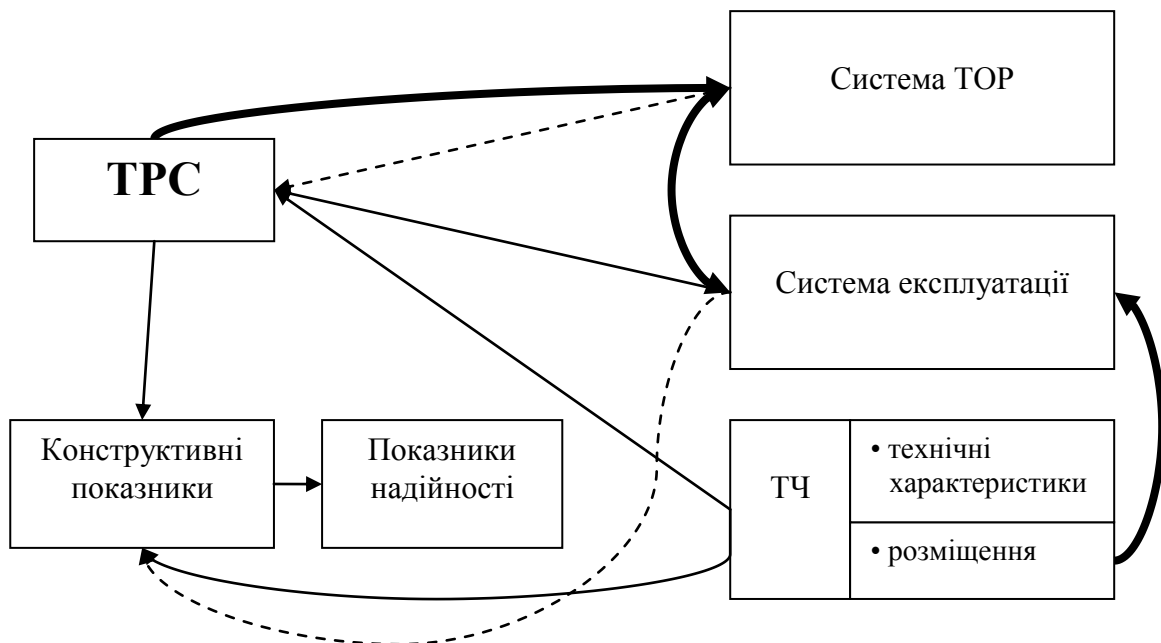


Рисунок 1. - Схема зв'язків у віртуальній системі технічної експлуатації локомотивів

Розглянемо більш детально роздільно складові  $K_T$ . За весь термін свого існування ( $T_{жц}$ ) ТРС може знаходитись працездатному і не працездатному станах, а весь термін його існування можна записати у вигляді

$$T_{жц} = T^{np} + T^{нnp}, \quad (3)$$

де  $T^{np}$  – час знаходження у працездатному стані;  $T^{нnp}$  – час знаходження у не працездатному стані.

Час знаходження в працездатному стані можна визначити за формулою

$$T^{np} = \sum t_{аренда}^{np} + \sum_{i=1}^{12} t_{дор\_i}^{np} \quad (4)$$

де  $\sum t_{аренда}^{np}$  - сумарний час знаходження в оренді;  $t_{дор\_i}^{np}$  - час знаходження ТРС в розпорядженні дороги в  $i$ -му виді експлуатації.

В свою чергу, час знаходження ТРС в розпорядженні дороги в  $i$ -му виді експлуатації на основі аналізу [1-10] представляє собою масив  $t_{дор}^{np}$ :

$$t_{дор}^{np} = \left\{ \begin{array}{l} t_{дор\_1}^{np}, t_{дор\_2}^{np}, t_{дор\_3}^{np}, t_{дор\_4}^{np}, t_{дор\_5}^{np}, t_{дор\_6}^{np}, \\ t_{дор\_7}^{np}, t_{дор\_8}^{np}, t_{дор\_9}^{np}, t_{дор\_10}^{np}, t_{дор\_11}^{np}, t_{дор\_12}^{np} \end{array} \right\}, \quad (5)$$

де  $t_{дор\_1}^{np}$  - час знаходження в вантажному русі;  $t_{дор\_2}^{np}$  - час знаходження в пасажирському русі;  $t_{дор\_3}^{np}$  - час знаходження у передаточному й вивізних поїздах;  $t_{дор\_4}^{np}$  - час знаходження в підштовхуванні;  $t_{дор\_5}^{np}$  - час знаходження з господарськими поїздами;  $t_{дор\_6}^{np}$  - час знаходження в спеціальному маневровому стані;  $t_{дор\_7}^{np}$  - час знаходження в інших видах роботи;  $t_{дор\_8}^{np}$  - час знаходження в обслуговуванні ГО-2;  $t_{дор\_9}^{np}$  - час знаходження в процесі екіпіровки;  $t_{дор\_10}^{np}$  - час знаходження в очікуванні роботи;  $t_{дор\_11}^{np}$  - час знаходження в диспетчерському розпорядженні;  $t_{дор\_12}^{np}$  - час знаходження в тимчасово відряджених.

Час знаходження в непрацездатному стані ТРС можна виразити через масив

$$t^{нnp} = \{t_1^{нnp}, t_2^{нnp}, t_3^{нnp}, t_4^{нnp}, t_5^{нnp}, t_6^{нnp}, t_7^{нnp}\}, \quad (6)$$

де  $t_1^{imp}$  - час в очікуванні виключення з інвентарю;  $t_2^{imp}$  - час в резерві управління залізницею;  $t_3^{imp}$  - час в переміщенні справних;  $t_4^{imp}$  - час в модернізації чи обладнанні;  $t_5^{imp}$  - час в стаціонарних установах;  $t_6^{imp}$  - час в несправних локомотивах;  $t_7^{imp}$  - час, протягом якого локомотиви тимчасово відставлені в оперативний резерв через нерівномірність руху,  
і розраховувати за формулою

$$T^{imp} = \sum_{j=1}^7 t_j^{imp} \quad (7)$$

В свою чергу час знаходження ТРС в стані несправних локомотивів можна виразити через масив

$$t_6^{imp} = \left\{ \begin{array}{l} t_{6\_1}^{imp}, t_{6\_2}^{imp}, t_{6\_3}^{imp}, t_{6\_4}^{imp}, t_{6\_5}^{imp}, t_{6\_6}^{imp}, t_{6\_7}^{imp}, t_{6\_8}^{imp}, \\ t_{6\_9}^{imp}, t_{6\_10}^{imp}, t_{6\_11}^{imp}, t_{6\_12}^{imp}, t_{6\_13}^{imp}, t_{6\_14}^{imp}, t_{6\_15}^{imp} \end{array} \right\}, \quad (8)$$

де  $t_{6\_1}^{imp}$  - час в очікуванні ремонту;  $t_{6\_2}^{imp}$  - час на виконання КР-2;  $t_{6\_3}^{imp}$  - час на виконання КР-1;  $t_{6\_4}^{imp}$  - час на виконання ремонтів ПР-3;  $t_{6\_5}^{imp}$  - час на виконання ремонтів ПР-2;  $t_{6\_6}^{imp}$  - час на виконання ремонтів ПР-1;  $t_{6\_7}^{imp}$  - час на виконання обслуговувань ТО-3;  $t_{6\_8}^{imp}$  - час на виконання непланових ремонтів;  $t_{6\_9}^{imp}$  - час на переміщення в ремонт;  $t_{6\_10}^{imp}$  - час на підготовку у запас;  $t_{6\_11}^{imp}$  - час на виконання обслуговування ТО-4;  $t_{6\_12}^{imp}$  - час на виконання сервісного обслуговування;  $t_{6\_13}^{imp}$  - час на виконання капітально-відновлювального ремонту;  $t_{6\_14}^{imp}$  - час на виконання ПРЗП;  $t_{6\_15}^{imp}$  - час на виконання ТО-5,  
і визначити за формулою

$$t_6^{imp} = \sum_{k=1}^{15} t_{6k}^{imp} \quad (9)$$

З іншої сторони загальний час експлуатації ТРС  $\Phi_{ек}$  можна виразити через нормативний час експлуатації

$$\Phi_{ек} = K_{ек} (P_{ек}, P_{ТОР}) \cdot \Phi_{юор}, \quad (10)$$

де  $\Phi_{нор}$  – нормативний фонд часу ТРС в експлуатації, який включає в себе час знаходження в працездатному стані та час який необхідний на виконання планових ТО та ПР;  $K_{ек}$  – коефіцієнт експлуатації, який залежить від системи ТОР, завантаженості роботою, оснащеності і можливостей ремонтних підприємств.

Як видно з виразу (16) і даних експлуатації загальний час експлуатації ТРС не завжди співпадає з конструктивним (або нормативним, який заданий заводом-виробником на дану одиницю ТРС).

В свою чергу календарний фонд часу ТРС за життєвий цикл ( $\Phi_0$ ) також залежить від конструктивних параметрів ТРС, системами його експлуатації, ремонтних спроможностей підприємств та прийнятої системи технічного обслуговування та ремонту і включає в себе наступні складові: фонду часу в експлуатації; часу слідування на виконання планових ТО, ПР ( $T_{сл\_ТЧn}$ ) та непланових ремонтів (НР) ( $T_{сл\_ТЧ}^{HP}$ ) на ремонтне підприємство; часу проведення НР ( $T_{нрi}$ ); часу очікування планових ТО та ПР ( $T_{оч\_ТЧn}$ ) і НР ( $T_{оч\_ТЧ}^{HP}$ ); часу слідування з ремонтного підприємства в депо експлуатації після виконання планових ТО та ПР ( $T_{сл\_з\_ТЧn}$ ) і НР ( $T_{сл\_з\_ТЧ}^{HP}$ ).

Загальний час слідування на планові види ТО і ПР, очікування їх виконання та слідування з ремонтного підприємства в депо експлуатації за весь життєвий цикл ТРС можна розрахувати за формулою

$$\sum M_i \cdot T_{слТЧi} = \sum M_i \cdot (T_{сл\_ТЧi} + T_{оч\_ТЧi} + T_{сл\_з\_ТЧi}). \quad (11)$$

Аналогічно можна виразити загальний час слідування до ремонтного підприємства на проведення НР, час його очікування та слідування з ремонтного підприємства в депо експлуатації:

$$\sum N_j \cdot T_{слТЧj}^{HP} = \sum N_j \cdot (T_{сл\_ТЧj}^{HP} + T_{оч\_ТЧj}^{HP} + T_{сл\_з\_ТЧj}^{HP}). \quad (12)$$

Тоді загальний календарний фонд часу можна розрахувати за формулою

$$\begin{aligned} \Phi_0 &= \Phi_{ек} + \sum_{i=1}^n M_i \cdot T_{слТЧi} + \sum_{j=1}^m N_j \cdot T_{слТЧj}^{HP} = \\ &= K_{ек} \cdot \Phi_{нор} + \sum_{i=1}^n M_i \cdot T_{слТЧi} + \sum_{j=1}^m N_j \cdot T_{слТЧj}^{HP} \end{aligned} \quad (13)$$

Кількість обслуговувань і ремонтів ТРС за життєвий цикл можна розділити на дві складові  $\sum M = \sum_{i=1}^n M_{ТОРi} + \sum_{j=1}^m N_j$ . Перша, це кількість ТОР, які визначаються системою ТОР і при дотриманні паспортних режимів експлуатації ТРС залежать лише від прийнятої системи ТОР, тобто  $M_{ТОРi} = f(P_{ТОР})$ .

Друга складова представляє НР, кількість яких залежить від усіх складових системи, які входять в ВСТЕ ТРС, тобто  $N_j = f(P_{кон}, P_{ек}, P_{ТЧ}, P_{ТОР})$ .

В свою чергу час знаходження на обслуговуванні та ремонті можна розділити також на дві складові:

$$T_i = T_{норi} + T_{ТЧi}^{след} \quad (14)$$

Перша, це знаходження ТРС на обслуговуванні або ремонті у відповідності з правилами ремонту і залежить вона від конструкції ТРС та технічних можливостей ремонтного підприємства  $T_{норi} = f(P_{кон})$ .

Друга, це час на переміщення ТРС до ремонтного підприємства і назад в експлуатаційне депо, залежить від умов експлуатації і дислокації ремонтних підприємств,  $T_{ТЧi} = f(P_{ек}, P_{ТЧ})$ .

В результаті зробленого аналізу та з урахуванням [7], де до коефіцієнту готовності не входить час очікування ремонту та слідування ТРС з ремонтного підприємства в депо експлуатації пропонується ввести для оцінки технічної готовності ТРС коефіцієнт технічної готовності ( $K_{ТГ}$ ), який виражається наступним виразом:

$$K_{ТГ} = \frac{K_{ек} \cdot \Phi_{нор} - (\sum_{i=1}^n M_{норi} \cdot T_{норi} + \sum_{j=1}^m N_{нрj} \cdot T_{нрj})}{K_{ек} \cdot \Phi_{нор} + \sum_{i=1}^n M_i \cdot T_{слТЧi} + \sum_{j=1}^m N_j \cdot T_{слТЧj}^{НР}} \quad (15)$$

Даний коефіцієнт відрізняється від коефіцієнту готовності врахуванням часу очікування ремонту та слідування ТРС з ремонтного підприємства в депо експлуатації. Тобто часу, протягом якого він не може бути використаний по призначенню в зв'язку з його непрацездатністю. Якщо ремонт буде виконуватись в депо приписки, тобто депо буде і експлуатаційним і ремонтним, то час на пересилання буде рівним нулю і час очікування буде теж рівний нулю, то даний коефіцієнт буде мати вигляд (1) і представлятиме собою коефіцієнт готовності.

Для оцінки технічної ефективності ВСТЕ ТРС пропонується використовувати критерій технічної експлуатації ТРС, який представляє собою відношення коефіцієнту технічної готовності ТРС до коефіцієнту готовності ТРС при його ідеальному стані.

$$K_{TE} = K_{TT}(T)/K_2(T). \quad (16)$$

Даний критерій дозволить оцінювати технічну ефективність використання ТРС в експлуатації з урахуванням системи ТОР та розміщення і якості ремонту його ремонтними підприємствами.

### ***Висновки***

1. Зроблений аналіз зв'язків в системі технічної експлуатації ТРС, тобто між технічними характеристиками ТРС, системою їх обслуговування та ремонту та станом і можливостями ремонтних підприємств,

2. Виконаний аналіз існуючих підходів до визначення коефіцієнту готовності ТРС, який показав, що на залізничному транспорті при його визначенні не враховується час на очікування проведення ремонту та час на слідування його з ремонтного підприємства до місця призначення.

3. В результаті зробленого аналізу та з урахуванням [7], де до коефіцієнту готовності не входить час очікування ремонту та слідування ТРС з ремонтного підприємства в депо експлуатації пропонується ввести для оцінки технічної готовності ТРС коефіцієнт технічної готовності.

4. Для оцінки технічної ефективності ВСТЕ ТРС пропонується використовувати критерій технічної експлуатації ТРС, який представляє собою відношення коефіцієнту технічної готовності ТРС до коефіцієнту готовності ТРС при його ідеальному стані.

5. В подальшому бажано розробити підходи по визначенню чисельних значень складових коефіцієнту технічної готовності. Визначити критичні значення запропонованих коефіцієнтів.

### ***Список літератури***

1. Устенко О.В. Удосконалення системи технічної експлуатації рухомого складу залізниць України в період їх реформування / О.В. Устенко. / Вісник СНУ ім. В.Даля. –Луганськ: -2010. -№5(147). –Ч.2. –С.90-95.
2. Папченков С.И. Локомотивное хозяйство: Пособие по дипломному проектированию. Учеб. Пособие для техникумов ж.-д. трансп. -М.: Транспорт, 1988. – 192 с.
3. Айзинбуд С.Я., Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов. -М.: Транспорт, 1980. 248 с.



4. Кельперис П.И., Орлова М.Н. НОТ в локомотивном хозяйстве. -М.: Транспорт, 1984. 154 с.
5. Технология ремонта тепловозов / В.П. Иванов, И.Н. Вожаев, Ю.И. Дьяков и др.; Под ред. В.П Иванова. -М.: Транспорт, 1987. 335 с.
6. Экономика, организация и планирование локомотивного хозяйства / Е.И. Исиков, С.С. Маслакова, А.Н. Митрофанова и др.; Под ред. С.С. Маслаковой. -М.: Транспорт, 1983. -359 с.
7. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. –М. Издательство стандартов. 1990. -35с.
8. ОСТ 24.040.03-79 Тяговый подвижной состав железнодорожного транспорта. Надежность. Термины и определения. –М.: ВНИТИ. 1979. -46с.
9. Четвергов В.А., Пузанков А.Д. Надежность локомотивов: Учебник для вузов ж.-д. трансп. /Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Четвергова. –М.: Маршрут, 2003. -415с.
10. Інструкція щодо обліку наявності, стану й використання локомотивів та моторвагонного рухомого складу / Наказ Укрзалізниці від 20.02.2002р. №72-Ц. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс». 2002. -29с.

**УДК 629.45.46.027.11**

*Мямлин С.В., д.т.н., (ДИИТ)  
Панасенко В. Я., к.т.н., (ДИИТ)  
Клименко И. В., к.т.н. (ДИИТ)*

### **К ВОПРОСУ ИЗНОСА ПАРЫ «КОЛЕСО – РЕЛЬС»**

Без сомнения, проблема износа пары «колесо – рельс» является актуально, несмотря на совершенствование элементов ходовых частей рельсовых экипажей и верхнего строения пути. Однако с течением времени изменилась не только конструкция тележек и пути, но и нормативная база по их техническому содержанию. Несмотря на наличие более ста факторов, влияющих на износ колес и рельсов, некоторые из них играют определяющую роль. Остановимся подробно на некоторых аспектах этой сложной проблемы.

На страницах газеты «Гудок» напечатано множество статей по проблеме «колесо – рельс» [1,5].

Интенсивный боковой износ рельсов и подрез гребней колес ряд ученых [1] объясняют исчезновением самопроизвольной смазки в контакте рельса и гребня колеса за счет перевода подвижного состава на подшипники качения. Явно то, что авторы [1] не полно рассматривают расположение колеса относительно рельса (рисунок 1). Даже при условии