

4. Рекомендовані числові значення вертикальної жорсткості, жорсткості при крученні рейки вузла скріплення типу КПП-5.

Список літератури

1. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість (ЦП-0117) / Е.І. Даниленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.
2. Говоруха В.В. Механика деформирования и разрушения упругих элементов промежуточных рельсовых скреплений: Монография. – Днепропетровск: Изд-во «Лири-ЛТД», 2005. – 388 с.
3. Демченко С.М., Піскунов В.А., Наєнко О.В., Систренський В.О. Посібник з устрою, монтажу та утриманню проміжних пружних скріплень типу КПП. Київ, «Швидкий рух», 2005. – 72 с.
4. Даренський О.М., Вітольберг В.Г. Просторова жорсткість проміжного скріплення типу КПП-5 // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2007. – №10. – С. 100–109.
5. Купцов В.В. Методика определения жесткости резиновых прокладок-амортизаторов на сжатие / Труды ВНИИЖТ, вып. 616, М.: «Транспорт», 1979.
6. Карпущенко Н.И. Расчет упругих элементов промежуточных рельсовых скреплений / Труды НИИЖТ, вып.135, Новосибирск, 1972.
7. Ладигин Ю.Н., Стойда Ю.М. Лабораторные испытания рельсовых скреплений // Путь и путевое хозяйство. – 2005. – №12. – С. 8–12.
8. Даренський О.М., Вітольберг В.Г. Експериментальне визначення пружних характеристик прокладок проміжного скріплення КБ // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 87.

УДК 629.4.027

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

**СТРАТЕГІЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО
УТРИМАННЯ ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ**

Постановка проблеми. Існують технічні, організаційні та економічні проблеми технології технічного утримання (ТТУ) вагонів. Це: обмеженість фінансових ресурсів й необхідність збільшення витрат на ТТУ внаслідок старіння вагонного парку; низький рівень матеріально-технічної бази вагонних депо й висока вартість матеріалів і запасних частин; необхідність

підвищення якості ТТУ, що в свою чергу впливає на безпеку руху. Надійна робота вагонів в експлуатації забезпечується, в першу чергу, за рахунок науково обґрунтованої і економічно оправданої ТТУ вагонів. Важливим фактором при оцінці ТТУ вагонів, є обсяги витрат, які розраховуються на весь їх життєвий цикл (ЖЦ) та мінімізація сумарних приведених витрат. Ці витрати можуть бути знижені шляхом використання прогресивних технологічних рішень, які забезпечать істотне зменшення зносу деталей та вузлів вагонів, підвищення їх контроле- і ремонтпридатності. Рішення цих проблем можливо при переході від планово-попереджувальної ТТУ до технології з обліком фактичного технічного стану, а потім до ТТУ за фактичним технічним станом на основі регламентованого використання автоматизованих діагностичних і технологічних комплексів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд літературних джерел [1-3] свідчить про те, що практично на всіх залізницях світу основною ТТУ вагонів до середини 90-х років ХХ століття була планово-попереджувальна, яка проводиться з метою попередження відмов і забезпечення показників якості, які передбачені в нормативній документації. (рисунок 1).

Така ТТУ вагонів зазвичай називається планово-профілактичною. Відповідно до регламентуючих документів період між обслуговуваннями та ремонтами становить час, протягом якого не менш 98% вузлів та деталей вагонів працює без відмов. Але виявляється, що не менш 50% із числа всіх технічних обслуговувань та ремонтів за регламентом виконуються без фактичної їхньої необхідності. Більше того, надійність роботи вагона і його вузлів після технічного обслуговування або ремонту, якщо передбачається розбирання або заміна деталей, часто знижується до моменту їхнього приробляння, а іноді це зниження надійності обумовлене появою дефектів, яких не було до обслуговування або ремонту. Дослідження показали, що біля 70% дефектів викликано з-за неякісної ТТУ вагона. Дослідження британських вчених показали, що планово-попереджувальна технологія ефективна лише тоді, коли встановлено, що інтенсивність відмов з часом роботи збільшується. В іншому випадку найбільш доцільним є використання ТТУ вагонів „по стану” [3]. В цьому й полягає тенденція розвитку ТТУ вагонів.

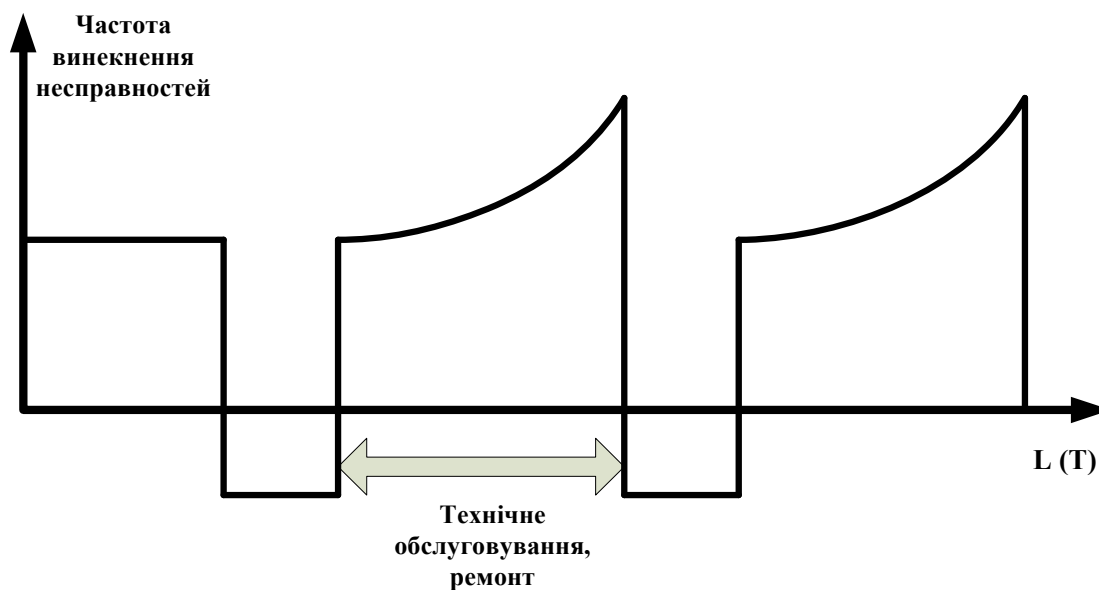


Рисунок 1 – Схема планово-попереджувальної ТТУ вагонів

Постановка завдання. При використанні ТТУ вагонів по „по стану”, технічний стан вагонів контролюється або періодично (при відсутності дефектів), або в залежності від результатів діагностики та прогнозу технічного стану (рисунок 2).

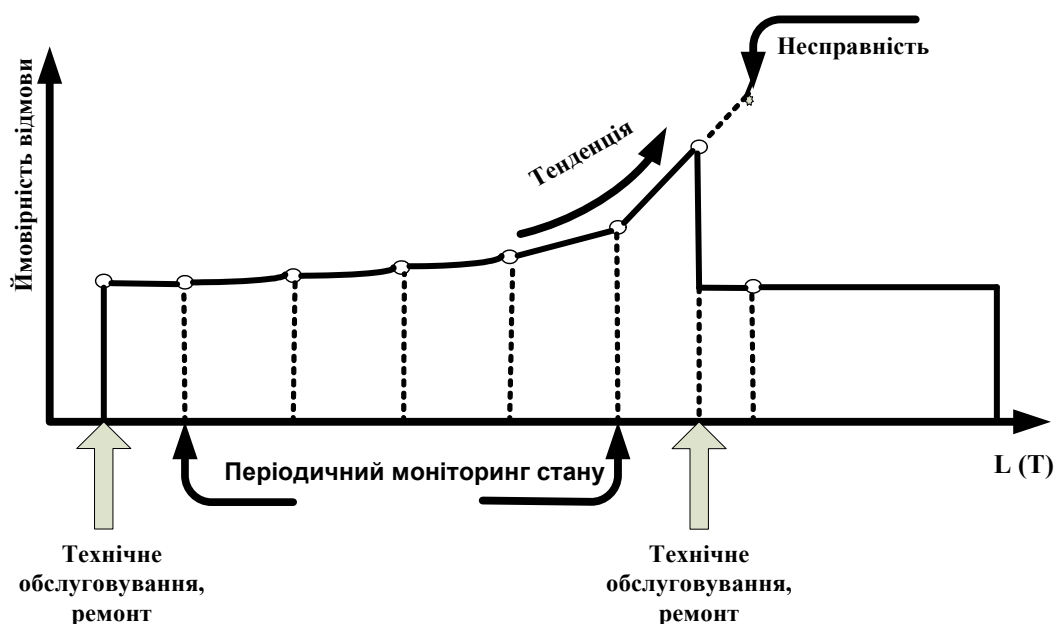


Рисунок 2 – Схема ТТУ вагонів по фактичному стану

Проведення операцій ТТУ в цьому випадку виконується тільки тоді, коли це необхідно у зв'язку з настанням високої ймовірності відмови вагона. Тим самим не порушується робота справного вузла та деталі вагона через втручання людини.

Комбінована ТТУ вагонів передбачає можливе одночасне використання планово-попереджувальної технології, а для окремих вузлів ТТУ по технічному стану.

З метою підвищення якості ТТУ вагонів передбачається використання адаптивної моделі ТТУ з застосуванням інформаційно-вимірювальних комплексів, щоб відслідковувати процес ЖЦ вагонів та об'єднати всі об'єкти управління, що задіяні в процесі ТТУ вагонів. Необхідна також математична модель економічного обґрунтування щодо застосування засобів технічної діагностики в процесі ТТУ вагонів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Будь яка з розглянутих вище ТТУ вагонів (S_{TTV}) залежить від конструктивних параметрів (контроле- та ремонтпридатності) (T_{KP}), ремонтної бази депо (T_{PEM}) і бази експлуатації (T_{EKC}), тобто $S_{TTV}=f(T_{KP}, T_{PEM}, T_{EKC})$.

Для визначення стратегії удосконалення ТТУ з урахуванням життєвого розглянемо її адаптивну модель, що представляється етапами ЖЦ.

На першому етапі (рисунок 3) виконується аналіз показників, які характеризують конструктивні параметри вагонів (стан 1), ремонтну базу депо (стан 2) та базу експлуатації депо (стан 3).

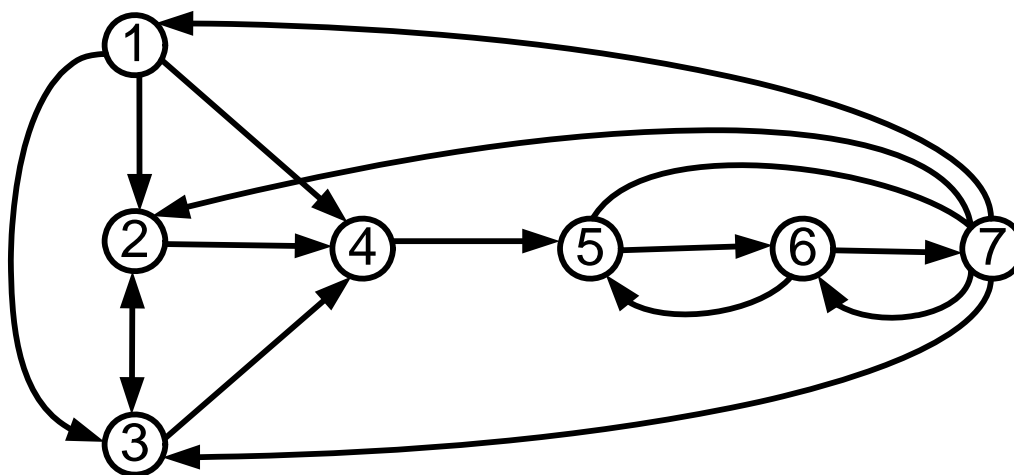


Рисунок 3 – Граф станів процесу вибору ТТУ вагонів

Вибір ТТУ вагонів виконується на другому етапі (стан 4) експертним методом.

На третьому етапі (стан 5) виконується оптимізація ТТУ, в результаті якої отримують основні показники: кількість і порядок виконання різних видів ТО та ремонту; повний період роботи вагона між плановими ремонтами, міжремонтні пробіги, обсяги та тривалість видів технічного обслуговування та ремонту.

Під час експлуатації вагонів (стани 6, 7) ТТУ корегується (стан 5) з урахуванням експлуатаційних показників та діагностичних даних, які накопичуються, обробляються по відомим методикам. Експлуатація дає можливість виявляти слабкі вузли, які необхідно буде удосконалити, що приведе до зміни технічних параметрів вагону, і, як наслідок, до корегування самої ТТУ (повертаємось до першого етапу). Удосконалення експлуатації або ремонтної бази депо за рахунок впровадження нових технологій ремонту або інших заходів також приведе до необхідності корегування ТТУ.

В частині повної або майже повної автоматизації процесу щодо встановлення технічного стану вагонів, тобто створення *автоматизованої технології* своєчасного виявлення пошкоджень та відмов вагонів в умовах експлуатації необхідні: наявність вбудованих в конструкцію вагона радіотехнічних інтелектуальних кодових бортових датчиків (КБД), спроможних фіксувати мить переходу тієї або іншої деталі у граничний стан; наявність на вагоні бортової діагностичної станції для автоматичної передачі показань цих датчиків до систем управління під час руху поїзда.

В результаті застосування автоматизованої технології планується отримати економічний ефект за рахунок: підвищення рівня безпеки руху, зменшення впливу динамічних навантажень на колійні пристрої й поліпшення екологічних параметрів; продовження строку служби; зниження витрат всіх видів ресурсів на ТТУ вагонів.

Цільовою функцією математичної моделі є функція мінімізації витрат на ТТУ вагонів на протязі усього ЖЦ

$$C_{\text{ЕО}}^{\text{дод}} = f(S_n, L_i, V_i, T_{\text{нє}}, k_i, \ddot{O}_i, r_i, b_m, M_t, C_n, k_{nt}) \Rightarrow \min, \\ \tilde{N}_{\text{ЕО}} \leq k \ddot{O}_i, \quad k = 1 \dots 5, \quad (1)$$

де $C_{\text{ЕО}}^{\text{дод}}$ - витрати на ТТУ вагона за весь життєвий цикл, тис. грн.;

S_i - тип схеми ТТУ вагона;

L_i - загальні відомості про тип, інвентарний парк вагонів;
 V_i - спосіб виконання ТТУ вагона;
 T_{cn} - термін служби вагона, років;
 k_i - кількість вузлів вагона, $i = \overline{1, \kappa_1}$;
 Π_i - ціна вузла вагона, $i = \overline{1, \kappa_1}$, тис. грн;
 Π_n - ціна вагона, тис. грн.;
 r_i - вузли вагона, $i = \overline{1, \kappa_1}$;
 b_m - виконавець ТОР вагона, $m = \overline{1, \kappa_3}$;
 M_t - вид обслуговування або ремонту, $t = \overline{1, \kappa_4}$;
 C_n - витрати на ТТУ при n -му типі схеми ТТУ за весь життєвий цикл,
 $n = \overline{1, \kappa_5}$; тис. грн.;
 k_{nt} - кількість t -схем ТТУ при n -му типі ТТУ вагона;
 k - коефіцієнт, який враховує вартість вагона при визначенні вартості життєвого циклу.

Визначення раціональної ТТУ вагона з урахуванням типу, способу виконання та виконавця повинно виконуватись з використанням наступної моделі

$$f(C) = opt \{C_n\} = \min\{C_n\}, \quad (2)$$

$$C_{TOP} = \sum_{t=1}^{K_4} \sum_{m=1}^{K_3} \sum_{i=1}^{K_1} K_{nmt} \cdot K_i \cdot C_{nt} \cdot x_{nimt} \rightarrow \min, \quad (3)$$

та обмежень на вихідний масив

$$C_{жц} < k_i \cdot \Pi_i; \quad x_{nimt} = \{0,1\}, \quad K_i \geq 1, \quad K_i - \text{ціле число}.$$

x_{nimt} та C_{nimt} визначалися наступним чином:

$$x_{nimt} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{nmt} = 1 \\ 0, & \text{якщо } K_{nmt} = 0 \end{cases}, \quad C_{nimt} = \begin{cases} C_{imt}, & \text{якщо } C_{imt} < \Pi_i \\ \Pi_i, & \text{якщо } C_{imt} > \Pi_i \end{cases}, \quad (4)$$

де X_{imtn} - вузол, якому виконується технічне обслуговування чи плановий вид ремонту на m – м виконавцем на t виді обслуговування або ремонту при n типі ТТУ вагона;

Π_i – ціна вузла вагона, грн., $i = \overline{1, k_1}$;

K_{nm} - кількість t типу ГОР при n – му типі ГОР m – м виконавцем.

Визначення виконавця для виконання відповідної ТТУ вагонів виконується за наступним критерієм

$$C_{nt} = \sum_{m=1}^{K_3} \sum_{i=1}^{K_1} K_i \cdot C_{im} \cdot x_{im} \rightarrow \min, \quad (5)$$

де C_{im} – вартість ТТУ вагона i – го вузла, m – м виконавцем;

X_{im} - вузол, якому виконується операція ТТУ m – м виконавцем.

Для розрахунку C_{im} формується матриця вартості ТТУ i -го вузла m -м виконавцем на t виді ТТУ

$$C_{tim} = \left\{ \begin{array}{cccccc} C_{11}, & C_{12}, & C_{13}, & C_{14}, & \dots & C_{k_1} \\ C_{21}, & C_{22}, & C_{23}, & C_{24}, & \dots & C_{k_1} \\ C_{31}, & C_{32}, & C_{33}, & C_{34}, & \dots & C_{k_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{k_3 1}, & C_{k_3 2}, & C_{k_3 3}, & C_{k_3 4}, & \dots & C_{k_3 k_1} \end{array} \right\}, \quad (6)$$

де C_{imtn} – вартість ТТУ i – го вузла, m – м виконавцем на t виді ТТУ при n типі системи

$$C_{tim} = \left\{ \begin{array}{ll} C_{tim}, & \text{якщо } C_{tim} \leq \Pi_i \\ \Pi_i, & \text{якщо } C_{tim} \geq \Pi_i \end{array} \right\}; \quad (7)$$

X_{im} визначалось за наступних умов:

$$x_{im} = \left\{ \begin{array}{ll} 1, & \text{якщо } K_{nm} = 1; \\ 0, & \text{якщо } K_{nm} = 0. \end{array} \right. \quad (8)$$

$$x_{im} = \{0,1\}, K_i \geq 1, K_i - \text{ціле число} .$$

У цілому ЖЦ вагона підрозділяється на чотири блоки витрат: на закупівлю, на експлуатацію, на технічне утримання й на утилізацію, серед яких за наявним станом речей найбільшу вагу мають витрати на експлуатацію та технічне утримання.

Висновок. Аналіз визначення тенденції розвитку ТТУ вагонів дозволив розділяти їх хронологічно їх розвитку. Це ТТУ вагонів: по відмові, планово попереджувальні, по фактичному стану, яка базується на основі інформації про стан вузлів і деталей вагонів в реальному масштабі і часі.

В результаті застосування автоматизованої технології технічного утримання вагонів планується отримати економічний ефект за рахунок: підвищення рівня безпеки руху, зменшення впливу динамічних навантажень на колійні пристрої й поліпшення екологічних параметрів; продовження строку служби; зниження витрат всіх видів ресурсів на ТТУ вагонів.

Список літератури

1 Особенности организации деповского ремонта по техническому состоянию / П.А. Устич, Е.Н. Титова, А.А. Иванов, В.Н. Аверин / Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте // Труды IV научно-технической конференции. –М.: МИИТ, 2001. –IV-35-37С.

2 Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава сторонними компаниями // Железные дороги мира. – 2005. - №10. – С. 28-31.

3 Пополнение парка подвижного состава железных дорог Великобритании / Modern Railways, 2000, № 657, р. 58-60 // Железные дороги мира. – 2001. - №3. – С. 14-18.

УДК 621.332.3: 621.315.66