

Пономаренко О. В.

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИДАТНОСТІ СТАНУ ВАГОНІВ ПРИ ПОДОВЖЕННІ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Однією з основних вимог, що пред'являються до вагонного парку, є надійність та безпечна робота на протязі всього терміну експлуатації. Значна частина вагонного парку експлуатується за межами нормативного терміну служби або наближається до нього, що у свою чергу вказує на важливість визначення придатності стану вагонів саме у понаднормативний термін експлуатації. Придатність вагона, як і окремих його елементів, знижується через зноси під час роботи, транспортування і зберігання. Ефективність експлуатації вагонів у понаднормативний період експлуатації доцільно досліджувати на основі положень теорії старіння, яка в свою чергу базується на чинниках поняття «придатність». Придатність вагонів частково відновлюється із встановленою періодичністю за рахунок застосування нового або відновлення деяких параметрів старого обладнання. Це відбувається в загальному випадку стільки разів, скільки проводиться передбачена конструкцією зміна обладнання вагона та відновлення параметрів ремонтпридатних вузлів при виконанні технічного обслуговування та ремонту.

Для кількісної оцінки визначення придатності вагонів в ході науково-дослідної роботи були проведені розрахунки наступних коефіцієнтів: довговічності (K_d), рівномірності (K_p), стабільності (K_c), а також питома придатність. Поведінка витрат на ТОiР залежить від організації ремонтного циклу, варіації коефіцієнтів довговічності, рівномірності, стабільності, діапазон яких в експлуатації не повинен перевищувати відповідно отриманих значень $K_d = 0,72 \pm 0,76$; $K_p = 0,74 \pm 0,76$; $K_c = 0,52 \pm 0,60$. Питома придатність обладнання вагонів залежить від організації ремонтного циклу і коефіцієнту довговічності і має складну структуру області досягнення гранично допустимого значення. Важливим показником під час визначення граничного терміну експлуатації вагонів також слід вважати економічні витрати. Дотримання вказаних вимог дозволить ефективно використовувати вагонний парк за умови подовження терміну експлуатації, при відповідності необхідним технічним характеристикам.

Ключові слова: вантажний вагон, понаднормативний термін експлуатації, придатність вагона, теорія старіння, конструктивний елемент.

Актуальність дослідження. Однією з основних умов ефективної та конкурентоспроможної організації залізничних перевезень є наявність справного вагонного парку, який відповідатиме постійно зростаючим стандартам якості надання транспортних послуг. При недостатньому рівні фінансування, результатом якого є досить повільні відновлення основних фондів залізниці й закупівля нового рухомого складу, як вагонів, так і локомотивів, актуальним питанням є визначення придатності стану існуючого вагонного парку при подовженні терміну експлуатації, що в свою чергу сприятиме зменшенню витрат на утримання рухомого складу.

Постановка проблеми. В умовах обмежених ресурсів важливим кроком є дослідження можливості подовження терміну експлуатації вагонного парку. В процесі експлуатації вагони з певною інтенсивністю втрачають свої початкові показники, закладені при виготовленні, тобто відбувається поступова втрата придатності у часі - старіння. Знаючи закономірності старіння, можна вдосконалювати конструкцію рухомого складу, визначати обсяг, утримання та періодичність проведення ТОiР, величину залишкового ресурсу, вартості того чи іншого елемента чи вагону загалом. Застосування поняття придатності дозволяє аналізувати не лише загальний стан вагону в процесі його експлуатації та подальшого старіння, зміну цього стану з початку та до кінця використання, а й поводити аналіз зміни стану окремих складових елементів як у межах терміну їх служби, так і в межах строку служби вагону в цілому, визначати за ними відповідні кількісні оціночні показники.

Теоретичний аналіз дослідження. Питанням, присвяченим удосконаленню системи утримання рухомого складу та обґрунтуванню подовження терміну експлуатації рухомого складу, приділяється значна увага провідними фахівцями залізничної галузі. Впродовж останніх років в роботах Е.Д. Тартаковського, Ю.Є. Калабухіна, В.І. Сенька, А.В. Путято, А.В. Донченка, С. Г. Грищенка, Ю.В. Єжова, С.Ю. Сапронової [1-7] та інших вчених проведені фундаментальні дослідження за вказаними напрямками. Спектр питань досліджень є досить широким, що зумовлює продовження розробки наукових основ в цьому напрямку.

Мета статті. Метою статті є висвітлення отриманих результатів визначення параметрів придатності стану вагонів у понаднормативний термін експлуатації на основі положень теорії старіння, що дасть можливість при дефіциті певних типів рухомого складу виконувати безпечну експлуатацію існуючого вагонного парку з подовженим життєвим циклом.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети дослідження визначені наступні задачі:

- розгляд вихідної придатності вагонів;
- визначення кількісних показників оцінки придатності вагонів на прикладі критичних вагонів та піввагонів.

Викладення основного матеріалу дослідження. Під придатністю транспортного засобу розуміється його відносна здатність та потенційні можливості виконувати свої функції або заданий процес в межах допустимих відхилень за якістю та економічністю за період його оптимального терміну служби.

Придатністю вагона, який знаходиться в експлуатації є функція часу його використання $P_e = F(t)$ і залежить від стану окремих елементів вагона.

Придатність P_e вагонів можна розділити на частини, кожна з яких буде виражати придатність будь-якого елемента вагона.

По вагону розрізняють дві групи елементів і дві складові його придатності. Першою групою елементів вагона є конструктивні елементи, другою – неконструктивні. Конструктивними елементами називаються всі окремо виготовлені деталі, які входять до складу транспортного засобу, незалежно від їх матеріалу, розмірів та форми. У вагонах до конструктивних елементів відносяться рами, балки, резервуари, повітророзподільники, підшипники, бовти, прокладки, шайби, та інші деталі, представлені фізично окремими зразками, належним чином виготовленими за відповідними кресленнями та технічними умовами. Неконструктивними елементами називаються деякі елементи (які не відділяються), що забезпечують необхідний активний зв'язок чи нормальне функціонування всіх конструктивних елементів при експлуатації вагона. До неконструктивних елементів належать, наприклад, збирання та розбирання вагона, фарбування та змазка, виконані при підготовці вагона з його конструктивних елементів відповідно до певних технічних умов.

Таким чином, одна складова придатності вагонів виражає суму придатностей $\sum_1^k P_i$ усіх конструктивних елементів, з яких вони складається. Інша складова придатності вагона виражає суму придатностей $\sum_1^k Q_j$ усіх її неконструктивних елементів. Отже, придатність вагона дорівнює сумі придатностей конструктивних і неконструктивних елементів:

$$N_B = \sum_1^k P_i + \sum_1^k Q_j. \quad (1)$$

Вагони належать до категорії машин (IV категорія), які складаються з незмінюваних конструктивних елементів вихідної придатності, внаслідок чого, крім періодичних ремонтів, передбачається виконання технічного обслуговування.

В загальному вигляді вихідна придатність вагона дорівнює:

$$P_{BIV} = \sum P_{iIV} + \sum Q_{jIV} = \sum P_{iIV} + \sum Q_{1IV} + Q_{2IV} + Q_{3IV}^0, \quad (2)$$

де P_{iIV} - придатність всіх конструктивних елементів вагона;

$\sum Q_{1IV}$ - придатність, що відповідає, довгочасно діючому складанню конструктивних елементів;

$\sum Q_{2IV}$ - частина придатності вагона, що відповідає недостатньо довго діючої обробці й монтажу конструктивних елементів, яку необхідно через терміни τ_{2III}^L повністю відновляти при ремонті $n_{2IV} - 1$ разів за термін служби вагона;

$\sum Q_{3IV}^0$ - частина придатності неконструктивних елементів вагона, що відповідає короткочасно діючому змащенню та регулюванню, які при використанні необхідно періодично через терміни τ_{3IV}^L частково відновляти при технічному обслуговуванні $n_{3IV} - 1$ разів за термін служби вагонів.

Для визначення кількісної оцінки придатності стану рухомого складу застосовані нижче наведені коефіцієнти.

Коефіцієнт рівномірності визначається відношенням сумарного значення придатностей $\sum P_i$ вихідних конструктивних елементів вагона до сумарної придатності $\sum e_i P_i$ всіх конструктивних елементів, що зношуються при роботі за термін служби:

$$K_p = \frac{\sum P_i}{\sum e_i P_i} \approx \frac{\sum C_i}{\sum e_i C_i}, \quad (3)$$

де P_i – придатність i -го обладнання вагона;

e_i – кількість конструктивного обладнання на вагоні;

C_i – вартість i -го конструктивного обладнання вагона.

Коефіцієнт довговічності обладнання вагонів може бути визначений за формулою:

$$K_o = \frac{K_p K_c C_e}{K_c \sum P_i + K_p \sum P_j}, \quad (4)$$

або, застосовуючи вартісні співвідношення, по формулі:

$$K_o = \frac{K_p K_c C_e}{K_c \sum P_i + K_p \sum P_j}, \quad (5)$$

де P_e і C_e – відповідно придатність і вартість всього обладнання вагона;

$\sum P_i$ і $\sum C_i$ – придатність і вартість i -го конструктивного обладнання вагона;

$\sum P_j$ і $\sum C_j$ – придатність і вартість j -го неконструктивного обладнання вагона.

З аналізу структури зміни придатності вагона за термін його експлуатації впливає можливість внесення істотних коректувань у його оціночні характеристики.

Коефіцієнт стабільності K_c регулювань вагона характеризує потрібні обсяги робіт при технічному обслуговуванні і ремонті і їх періодичність за термін експлуатації. Коефіцієнт K_c визначається відношенням вихідної придатності неконструктивних елементів, необхідних для нормальної роботи вагона за повний термін його служби:

$$K_c = \frac{\sum P_j}{\sum P_j + \sum (n_j - 1) p_j} \approx \frac{\sum C_j}{\sum C_j + \sum (n_j - 1) c_j}, \quad (6)$$

де P_j і C_j – придатність і вартість вихідного і поновлюваного при відповідному технічному обслуговуванні і ремонті неконструктивного обладнання;

p_j і c_j – відповідно придатність і вартість, що вводяться в обладнання вагона при відновленні відповідного неконструктивного обладнання;

n_j – кількість ТОіР за термін служби.

З аналізу структури зміни придатності вагона за термін його експлуатації впливає можливість внесення істотних коректувань у діючі оцінювальні його характеристики. Якщо розділити загальну придатність вагона на повний термін експлуатації (роботу, виконану за цей термін), можна оцінити здатність вагона виробничому призначенню протягом терміну експлуатації, яку називають питомою придатністю:

$$P_{II} = \frac{P_e + \sum (n_i - 1) P_i + \sum (n_j - 1) P_j}{T}. \quad (7)$$

де T – термін служби вагона.

На підставі вище викладеного проведені розрахунки кількісних показників придатності критичних вагонів (рис. 1), піввагонів (рис. 2) та зведені результати до таблиць 1 та 2.

Таблиця 1

Розрахунок параметрів придатності піввагонів

Варіант пробігу	Кількість/сумарна вартість ТОіР			Понад нормативний термін експлуатації T	Сумарні, $C_{\text{ТОіР}}$	Регламентні витрати, C_1	Понад нормативні витрати, C_2	Позапланові витрати, C_3	Загальні витрати ТОіР в після нормативний термін експлуатації	Коефіцієнт рівномірності, K_p	Коефіцієнт стабільності, K_c	Коефіцієнт довговічності, K_d	Коефіцієнт питомої придатності, P_{II}
	ДР ($C_{\text{ДР}} = 87200$)	КР ($C_{\text{КР}} = 116700$)	КВР ($C_{\text{КВР}} = 152350$)										
1	13/1133600	2/233400	1/152350	523000	1519350	1215480	425418	379838	2020736	0,75	0,60	0,76	18,98

Література

1. Донченко А.В. Проблемні питання щодо подовження терміну служби вагонів понад нормативний. А.В. Донченко // Збірник наукових праць “УкрНДІВ”. – 2015. – №12 – С. 42-47.
2. ДСТУ ГОСТ 31538: 2016 Цикл життєвий залізничного рухомого складу. Загальні вимоги (ГОСТ 31538-2012 IDT). Застосування 26.11.2021.
https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=66764&minregion=852
3. Єжов, Ю.В. Удосконалення діючої системи продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів/ Ю.В. Єжов., Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко// Збірник наукових праць “УкрНДІВ”. – 2018. – №17 – С. 46-50.
4. Сенько, В. И. Методологическая схема рециклинга и продления срока службы вагонов / В. И. Сенько, А. В. Путятю, Е. Н. Коновалов// Вестник Белорус. гос. ун-та трансп.: Наука и транспорт. – 2014. – № 2(29). – С. 4–7.
5. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин [и др.] // Луганск: Издательство «Ноулидж». 2011. – 174 с.
6. Бубнов В. М. Совершенствование технологии ремонта специализированных грузовых вагонов/ В. М. Бубнов, И. Ю. Кебал, Н. Б. Манкевич // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. 2016. – Вип. 1 (61). – С. 62–70.
7. Сапронова С. Ю. Подовження терміну експлуатації вантажних вагонів/ С. Ю. Сапронова, Д. І. Буліч, В. П. Ткаченко// Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, – С., 2017. – Вип. 3 (233). – С. 179–182.

References

1. Donchenko A.V. Problemni pytannya shchodo podovzhennya terminu sluzhby vahoniv ponad normatyvnyy. A.V. Donchenko // Zbirnyk naukovykh prats' "UkrNDIV". – 2015. – №12 – S. 42-47.
2. DSTU GOST 31538: 2016 Sy`kl zhy`ttyevy`j zalizny`chnogo ruxomogo skladu. Zagal`ni vy`mogy` (GOST 31538-2012 IDT). Zastosuvannya 26.11.2021.
https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=66764&minregion=852.
3. Yezhov, YU.V. Udoskonalennya diyuchoyi systemy prodovzhennya terminu ekspluatatsiyi pasazhyr'skykh vahoniv/ YU.V. Yezhov., YU.S. Pavlenko, O.I. Voytenko// Zbirnyk naukovykh prats' "UkrNDIV". – 2018. – №17 – S. 46-50.
4. Sen'ko, V. Y. Metodolohyeheskaya skhema retsyklynha y prodlenyya sroka sluzhby vahonov / V. Y. Sen'ko, A. V. Putyato, E. N. Konovalov// Vestnyk Belarus. hos. un-ta transp.: Nauka y transport. – 2014. – № 2 (29). – S. 4–7.
5. Metody otsenki zhiznennogo tsikla tyagovogo podvizhnogo sostava zheleznykh dorog: monografiya/ E. D. Tartakovskiy, S. G. Grishchenko, YU. Ye. Kalabukhin [i dr.] // Lugansk: Izdatel'stvo «Noulidzh». 2011. – 174 s.
6. Bubnov V. M. Sovershenstvovanye tekhnolohyy remonta spetsyalyzirovannykh hruzovykh vahonov/ V. M. Bubnov, Y. YU. Kebal, N. B. Mankevych // Visn. Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. – D. 2016. – Vyp. 1 (61). – S. 62– 70.
7. Sapronova S. Yu. Extension of service life of freight cars / S. Yu. Sapronova, DI Bulich, VP Tkachenko // Visn. East Ukrainian nat. University named after V. Dalya, - S., 2017. - Vyp. 3 (233). - P. 179–182.

One of the main requirements for the car fleet is reliability and safe operation during the entire period of operation. A significant part of the car fleet is operated outside the standard service life or is approaching it, which indicates the importance of determining the suitability of the condition of the carriages precisely during the above-standard service life. The suitability of the car, as well as of its individual elements, decreases due to wear and tear during operation, transportation and storage. It is expedient to investigate the efficiency of car operation during the over-standard period of operation on the basis of the provisions of the theory of aging, which, in turn, is based on the factors of the concept of "suitability". The serviceability of the wagons is partially restored with the established frequency due to the use of new or restoration of some parameters of the old equipment. In the general case, this happens as many times as the car equipment is changed as provided for by the design and the parameters of the repairable units are restored during maintenance and repair.

For a quantitative assessment of determining the suitability of cars in the course of research work, the following coefficients were calculated: durability (Kd), equal strength (Ke), stability (Ks), as well as specific suitability. The behavior of MRO costs depends on the organization of the repair cycle, variations in the coefficients of durability, equal strength, stability, the range of which in operation should not exceed the corresponding values of $Kd = 0,72 \pm 0,76$; $Ke = 0,74 \pm 0,76$; $Ks = 0,52 \pm 0,60$. The specific suitability of equipment for cars depends on the organization of the repair cycle and the coefficient of durability and has a complex structure of the area of achieving the maximum permissible value. Economic costs should also be considered an important indicator in determining the maximum service life of wagons. Compliance with these requirements will make it possible to effectively use the car fleet, subject to the extension of the service life, in accordance with the required technical characteristics.

Key words: freight car, service life exceeded, car suitability, theory of aging, structural element.

Пономаренко О.В. – аспірантка кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту.