

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-273-3-93-96>

УДК 629.4.463-043.82

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА У ПОНАДНОРМАТИВНИЙ ТЕРМІН ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Пономаренко О.В.

TO THE QUESTION OF LIFE CYCLE COST DEFINITIONS OF THE FREIGHT CAR IN EXCESS SERVICE LIFE

Ponomarenko O.V.

У статті розглянуті питання визначення вартості життєвого циклу вантажного вагона при понаднормативній експлуатації. Значне місце для забезпечення безпечної роботи залізничного транспорту, що в свою чергу робить його конкурентоспроможним на ринку транспортних послуг, належить надійності та безпечній експлуатації наявного вагонного парку. Проте тенденція збільшення кількості вагонів, які знаходяться в несправному стані, набула значного темпу. За даними АТ “Українська залізниця” із наявного парку вантажних вагонів робочий парк складає 62%, неробочий – 38%, а загальний знос вантажних вагонів становить 91%. Через обмежені можливості оновлення вагонів в необхідній кількості та при поліпшенні ситуації, пов’язаної із ростом обсягів перевезень, відповідно зростатиме інтенсифікація експлуатації вагонів в перевізному процесі, що також призводить до прискореного погіршення технічного стану вагонного парку, яке відбувається значно швидше, ніж оновлення. Однією з основних вимог до рухомого складу є його надійність та безпечна робота протягом усього терміну експлуатації. Надійність вантажних вагонів у процесі роботи досягається дотриманням науково-обґрунтованої та економічно обґрунтованої системи утримання, важливим показником якої є величина вироблених витрат за весь його життєвий цикл. Для вантажного вагона можна виділити три етапи життєвого циклу. До першого етапу належать науково-дослідні та дослідно-конструкторські з визначення перспективних характеристик та в цілому розробка вагону. Досить містким є другий етап, до якого відноситься безпосередня експлуатація вантажного вагона протягом терміну його служби (також за умови роботи вагона у понаднормативний термін). В третьому етапі знаходиться списання вагона та його утилізація. Витрати першого етапу життєвого циклу, можуть виробником повністю включатись у ціну вагона. Враховуючи цей фактор, елементами життєвого циклу є витрати другого та третього етапів життєвого циклу. Що стосується найбільшої статті витрат, то вона припадає саме на другий етап, який розглядається для визначення вартості життєвого циклу вантажного вагона при продовженні терміну служби.

Ключові слова: вантажний вагон, життєвий цикл, вартість життєвого циклу вагона, понаднормативний термін експлуатації.

Вступ. Однією з основних вимог, що пред’являються до вагонного парку, є його надійність та безпечна робота на протязі всього терміну експлуатації. Надійність вантажних вагонів під час експлуатації досягається шляхом дотримання науково обґрунтованої й економічно доцільної системи утримання, важливим показником якої є обсяг витрат, що припадає на весь термін служби (LCC - Life Cycle Cost). Найбільша стаття витрат припадає саме на експлуатацію, ремонт та технічне обслуговування вантажних вагонів. Вартість вантажного вагона перестав бути визначальним фактором. Це пояснюється тим, що витрати на підтримку працездатності вантажних вагонів за термін експлуатації значно перевищують його початкову вартість. Отже зменшення сумарних витрат на всіх етапах життєвого циклу вантажного вагона, підвищення надійності й безпеки рухомого складу є основоположним як для розробників вагонів, так і для транспортних компаній, в експлуатації яких знаходиться вагонний парк. Для залізничної галузі мінімізація таких витрат підвищує конкурентоспроможність на ринку, що значно стимулює розширення ринку збуту й збільшення прибутку [1, 3].

Метою роботи є дослідження питання визначення вартості життєвого циклу вантажного вагона при продовженні терміну експлуатації. Для досягнення поставленої мети необхідне проведення аналізу наявних підходів управління вартістю життєвого циклу рухомого складу, а саме на основі RAMS-аналізу на надійність, доступність, працездатність, безпеку роботи вагонів та визначення вартості їх життєвого циклу (LCC-аналіз).

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Основні положення методології визначення життєвого циклу, оцінка його вартості стосовно тягового рухомого складу відображено в наукових працях Тартаковського Е.Д., Фалендиша А.П., Грищенко С.Г., Калабухіна Ю.Є. та ін. [2, 8]. В роботах [1, 5] представлена методологія визначення показників надійності вантажних вагонів, що містить методи визначення показників на всіх етапах життєвого циклу вагона, які базуються на аналізі та синтезі теоретико-експериментальних даних про технічний стан, та основні показники надійності вагона як механічної багатоелементної системи. Праця [6] присвячена визначенню правомірності застосування байєсівської моделі для розрахунків показників надійності вантажних вагонів на всіх етапах життєвого циклу. У науковій статті [7] розглянуто питання методичних підходів до оцінки вартості життєвого циклу виробу в галузі машинобудування та побудови критерію відбору машинобудівної продукції на базі вартості життєвого циклу виробу. При отриманні вартості життєвого циклу для порівняння виробів визначені необхідні умови, а саме: рівень цін, ставки дисконту та період дисконтування.

Основна частина. Життєвий цикл вантажного вагона трактується як комплекс послідовних етапів від початку науково-дослідних робіт з розробки та проектування вагону до припинення його експлуатації та подальшої утилізації. Метою дослідження життєвого циклу є аналіз ресурсів, що використовуються при виготовленні, експлуатації та утилізації виробу. Під елементом вартості життєвого циклу виробу мають на увазі фінансовий еквівалент витрат, пов'язаних з певним процесом життєвого циклу виробу.

У життєвому циклі вантажних вагонів можна виділити три послідовні етапи. До першого етапу відносяться науково-дослідні, дослідно-конструкторські та проектні роботи з розробки вагону, подальше випробування дослідного зразка. Безпосередня експлуатація вагона протягом терміну його служби (також за умови роботи вагона у понаднормативний термін) відповідає другому етапу. Завершальним етапом є списання вагона та його утилізація. Витрати, що виникають на першому етапі життєвого циклу, можуть виробником повністю включатись у ціну вагона. Враховуючи цей фактор, елементами життєвого циклу є витрати другого та третього етапів життєвого циклу.

На кожному етапі життєвого циклу виникають завдання, пов'язані з конкретним етапом: працездатність, ремонтпридатність, а також завдання щодо надійності та безпеки рухомого складу.

Як зазначено у [3] в закордонній практиці одним із розповсюджених підходів під час розробки систем управління вартістю життєвого циклу є RAMS (Reliability- надійність, Availability- доступність, Maintainability- ремонтпридатність, Safety- безпека). RAMS являє собою комплекс інструментів і методів, що дозволяють на всіх етапах життєвого

циклу одиниці рухомого складу, гарантувати виконання її експлуатації в умовах надійності, ремонтпридатності, доступності та чітко визначеної безпеки. Надійність визначається як ймовірність того, що продуктивність вагона залишиться незмінною з часом після визначення умов використання. Основним параметром визначення надійності є інтенсивність відмов, тобто кількість відмов, які вагон зазнає за встановлений час за годину. Методи прогнозування надійності дозволяють на підставі інформації про інтенсивність відмов окремих елементів визначити інтенсивність відмов та надійність вагона в цілому. Якщо вони виконуються на етапі проектування, ці дослідження дозволяють визначити вузли та деталі, найбільш схильні до відмов, та виконати їх заміну. Для забезпечення конкурентоспроможності на ринку рухомий склад повинен бути надійним, тобто якнайменше схильними до збоїв, та доступним. Дослідження доступності враховують технічне обслуговування вагона та час, необхідний для його відновлення. Мета полягає в тому, щоб забезпечити максимальну доступність досліджуваної одиниці, визначаючи критичні елементи, які через високу частоту відмов або більш тривалий час ремонту роблять вагон недоступним, що також впливає на витрати. Під ремонтпридатністю розуміється можливість своєчасного та легкого технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів. Безпека- здатність під час експлуатації транспортного засобу не завдавати шкоди людям, навколишньому середовищу чи майну протягом усього життєвого циклу.

Під час визначення вартості життєвого циклу (LCC- аналіз) та аналізу на надійність, доступність, працездатність і безпеку (RAMS- аналіз) будуть різні вихідні дані для проведення розрахунків (Рис. 1).

Під час обґрунтування вибору найбільш вигідної пропозиції на поставку рухомого складу транспортні компанії поряд з порівнянням технічних характеристик усе частіше використовують показник «вартість життєвого циклу» вагона LCC.

Вартість життєвого циклу визначається як сума вартостей елементів життєвого циклу виробу. Вартість життєвого циклу можна отримати за формулою [5]:

$$LCC = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+D)^{t_i}}, \quad (1)$$

де LCC – вартість життєвого циклу вагона, грн;

C_i – i -й елемент життєвого циклу вагона;

t_i – тривалість періоду часу від моменту, на який здійснюється дисконтування, до моменту виникнення i -го елемента життєвого циклу вагона, років;

D – ставка дисконту (річна норма доходу), частка;

n – кількість елементів життєвого циклу вагона.

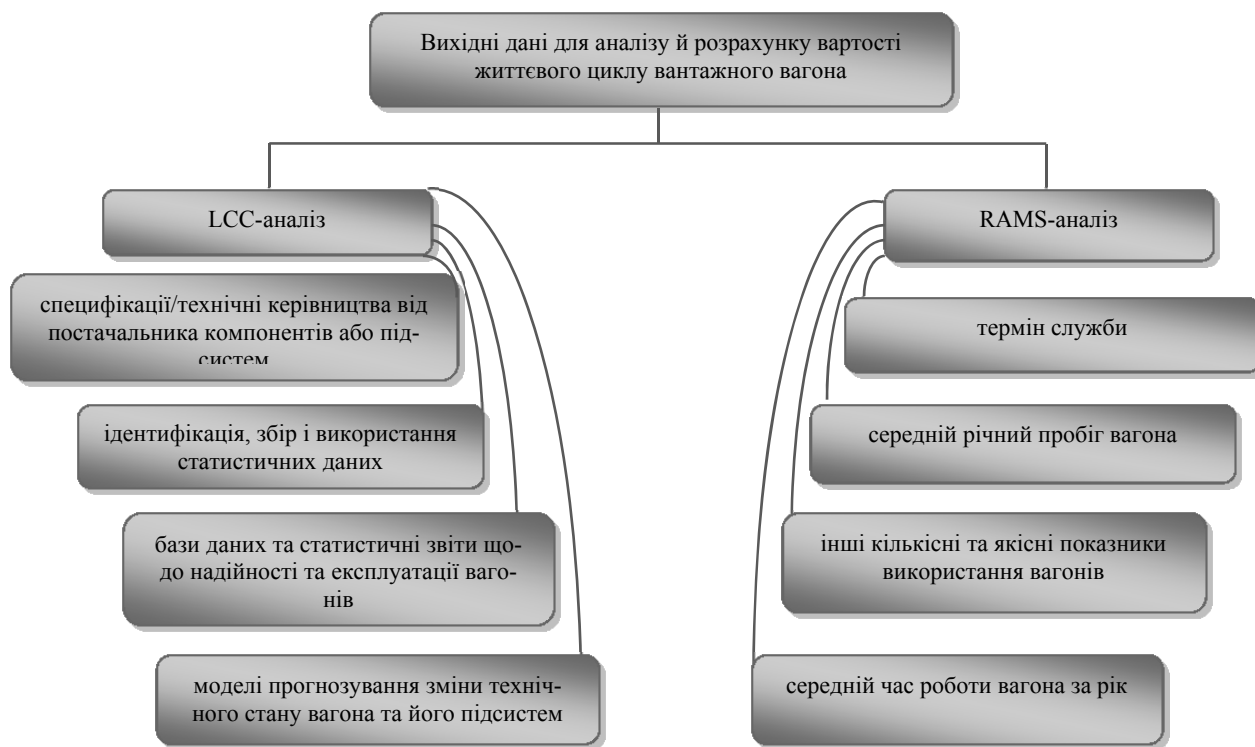


Рис. 1. Вихідні данні для аналізу й розрахунку вартості життєвого циклу вантажного вагона

Так як основні витрати на підтримання рухомого складу у технічно справному стані припадають саме на час його роботи та експлуатацію у понаднормативний термін, визначення вартості життєвого циклу на другому етапі життєвого циклу вагона набуває вигляд:

$$LCC = \sum_i \frac{C_p}{(1+D)^t} + \sum_i \frac{C_e}{(1+D)^t} + \sum_i \frac{C_n}{(1+D)^t}, \quad (2)$$

де C_p - витрати утримання, пов'язані із проведенням планових видів технічних обслуговувань та ремонтів вагона, грн;

C_e - витрати, пов'язані з відновленням працездатності вагона у випадку відмови, грн;

C_n - витрати на подовження терміну експлуатації вагона грн;

t - період часу до відповідного ремонту, років.

Висновки

За результатами виконаного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. життєвий цикл вантажного вагона складається з трьох етапів (експлуатація вантажного вагона у понаднормативний термін відноситься до другого етапу);

2. розглянуті LCC-аналіз при визначенні вартості життєвого циклу та RAMS-аналіз на надійність, доступність, працездатність і безпеку, а також їх складові компоненти;

3. визначення вартості життєвого циклу виробу ґрунтується на розумінні життєвого циклу як сукупності взаємопов'язаних процесів послідовної зміни стану виробу від проектування та дослідження перспективних характеристик до утилізації;

4. при експлуатації рухомого складу важливим напрямком є закладення концепції вартості життєвого циклу для реалізації ефективної та конкурентоспроможної галузі з підвищенням економічної ефективності.

Література

1. Мурадян Л.А. Развитие научных основ обеспечения надежности грузовых вагонов на этапах жизненного цикла. Автореферат дис. д-ра техн. наук: 05.22.07. Днепропетр. нац. універ. заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро. 2020. 44 с.
2. Тартаковский Э.Д., Грищенко С.Г., Калабухин Ю.Е., Фалендыш А.П. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: Монография. Луганск: Ноулидж, 2011. 174 с.
3. Bodnar В.Е., Ochkasov O.B., Hryshechkina T. S., Bodnar E.B. Choosing the system of locomotive maintenance in view of the effect of dependent failures. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2018. №6(78). С. 47-58.
4. ДСТУ ГОСТ 31538-2016. Цикл життєвий залізничного рухомого складу. Загальні вимоги. Київ : Держстандарт України, 2016. 10 с.
5. Шапошник В.Ю. Підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів. Дис. ...канд-та. техн. наук: 05.22.07. Дніпро. Дніпро.

ропетр. нац. універ. залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2019. 241 с.

6. Мямлін С.В. Адаптивні байєсівські моделі оцінювання показників надійності вантажних вагонів на етапах життєвого циклу / С.В Мямлін, В.В. Скалозуб, Л.А. Мурадян // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту, 2018. № 182. С. 80-91.
7. Гненний О.М., Мохаммадреза А. До питання оцінки та застосування вартості життєвого циклу продукції машинобудування. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2016. № 12. С. 7–13.
8. Фалендыш А.П., Вопросы модернизации тепловозов с учетом жизненного цикла / А.П Фалендыш А.Л. Сумцов, О.В. Клецкая // Локомотив–информ. 2015. Вып. 103-104. С. 4–9.

References

1. Muradyan L.A. Rozvytok naukovykh osnov zabezpechennya nadiynosti vantazhnykh vahoniv na etapakh zhyttyevoho tsykladu. Avtoreferat dys. d-ra tekhn. nauk: 05.22.07. Dnipropetr. nats. univer. zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. Dnipro. 2020. 44 s.
2. Tartakovskiy E.D., Grishchenko S.G., Kalabukhin Yu.Ye., Falendysh A.P. Metody otsenki zhidennogo tsykla tyagovogo po-dvizhnogo sostava zheleznykh dorog: Monografiya. Lugansk: Noulidzh. 2011. 174 s.
3. Bodnar B. E., Ochkasov O. B., Hryshechka T. S., Bodnar E. B. Choosing the system of locomotive maintenance in view of the effect of dependent failures. Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu, 2018. № 6 (78). S. 47-58.
4. DSTUGOST 31538-2016. Tsykl zhyttievyi zaliznychnoho rukhomoho skladu. Zahalni vymohy. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2016. 10 s.
5. Shaposhnyk V.Yu. Pidvyshchennya efektyvnosti systemy tekhnichnoho obsluhovuvannya ta remontu vantazhnykh vahoniv. Dys. ...kand-ta. tekhn. nauk: 05.22.07. Dnipro. 2019. 241 s.
6. Myamlin S.V., Skalozub V.V., Muradyan L.A. Adaptivni bayyesiv'ki modeli otsinyuvannya pokaznykiv nadiynosti vantazhnykh vahoniv na etapakh zhyttyevoho tsykladu / S.V Myamlin, V.V. Skalozub, L.A. Muradyan // Zbirnyk naukovykh prats' Ukrayins'koho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu, 2018. № 182. S. 80-91.
7. Hnennyu O.M., Mokhammadreza A. Do pytannya otsinky ta zastosuvannya vartosti zhyttyevoho tsykladu produktsiyi mashynobudu-vannya. Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu, 2016. № 12. S. 7–13.

8. Falendysh A.P., Voprosy modernizatsii teplovozzov s uchedom zhiznennogo tsykla / A.P Falendysh A.L. Sumtsov, O.V. Kletskaya // Lokomotiv–inform. 2015. Vyp. 103-104. S. 4–9.

Ponomarenko O.V. To the question of life cycle cost definitions of the freight car in excess service life

The article considers the issues of determining the cost of the life cycle of a freight car in case of excessive operation in order to increase its economic efficiency. Significant place for ensuring the safety of railway transport, which in turn makes it competitive in the market of transport services, belongs to the reliability, operability and safe operation of the existing rolling stock. However, the trend of increasing the number of cars in poor condition has gained considerable momentum. According to JSC Ukrainian Railways, the working fleet of the existing fleet of freight cars is 62 %, non-working – 38 %, and the total wear of freight cars is 91 %. Due to the limited capacity to upgrade the required number of cars and improve the situation associated with the growth of traffic, the intensification of the operation of cars in the transportation process will increase, which also leads to accelerated deterioration of the car fleet, which is significant faster than upgrade. One of the main requirements for rolling stock is reliability and safe operation throughout its service life. The reliability of freight cars in the process of work is achieved by observing a scientifically sound and economically sound maintenance system, an important indicator of which is the amount of costs incurred for its entire life cycle. There are three stages in the life cycle of a freight car. The first stage includes research and development to determine the long-term characteristics and in general the development of the car. The second stage, which includes the direct operation of a freight car during its service life (also provided that the car is operating overtime), is quite capacious. The third stage is the decommissioning of the car and its disposal. The costs of the first stage of the life cycle can be fully included in the price of the car by the manufacturer. Given this factor, the elements of the life cycle are the costs of the second and third stages of the life cycle. As for the largest item of costs, it falls on the second stage, which is considered to determine the value of the life cycle of a freight car when extending the service life.

Keywords: freight car, life cycle, cost of the life cycle of a car, excess service life.

Пономаренко Олена Вячеславівна – аспірантка кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, (м. Харків), lnpo5005@gmail.com

Стаття подана 01.02.2022 р.