

УДК 334.716:656.2

В. С. ВОРОПАЙ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, м Маріуполь, 87555, Україна, тел. +38 (098) 278 19 75, ел.адреса vvoropay86@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5831-3120

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН

**Метою** роботи є постановка задачі технічного діагностування вагонів-цистерн. **Методи дослідження.** Використані методи формальної логіки, для опису етапів рішення задачі використані методи теорії надійності та імовірності. **Результати.** Виконано дослідження великого масиву даних щодо експлуатаційних показників вагонів-цистерн для перевезення зріджених газів парку підприємства хімічної промисловості України. Отримані результати технічного огляду вагонів-цистерн. Сформована гіпотеза про можливість підвищення ресурсу вагонів-цистерн промислового парку для подальшої їх експлуатації. Висунута пропозиція розглядати останню стадію життєвого циклу як стадію «Поновлення життєвого циклу та рециклінг», яка не визначена у ДСТУ. Вона має в альтернативній формі представляти етапи «утилізація», «модернізація», «модифікація» та «рециклінг», що буде відповідати сучасним технологіям в масштабах світового управління будь-якими ресурсами. Виконана постановка задачі дослідження, яка визначає головне завдання - можливість підвищення ресурсу вагонів-цистерн експлуатаційного парку промислового підприємства з використанням методів технічної діагностики. **Практична значимість.** Рішення поставленої задачі за визначенням технічного стану вагонів-цистерн надає можливість промислового підприємству обґрунтовано експлуатувати рухомий склад на протязі прогнозованого періоду.

*Ключові слова:* вагон-цистерна; призначений термін служби; експлуатаційний парк; залишковий ресурс; промислове підприємство; технічна діагностика, несправності

### Вступ

У комплексі масштабних і складних задач, які вирішуються на промисловому залізничному транспорті, головним напрямком залишається забезпечення безпеки руху поїздів і утворення на цій основі безперервного перевізного процесу. Парк вантажних вагонів, який на даний час перебуває в експлуатації на одному з підприємств хімічної промисловості України, насамперед, складається з вагонів-цистерн для перевезення зріджених газів та іншої хімічної продукції. Цей вид залізничного рухомого складу має підвищений рівень аварійності з його занадто негативними наслідками для життєдіяльності людини. Все це обумовлено особливостями експлуатації, нерідко в екстремальних ситуаціях, що сприяє виникненню численних несправностей.

Вищевказаний парк постійно скорочується. Це пов'язано, по-перше, зі скінченням призначеного терміну служби вагонів, по-друге – з обмеженим рівнем фінансування оновлення експлуатаційного парку промислового підприємства.

Тому важливе значення має підвищення експлуатаційних і технічних характеристик вагонів-цистерн робочого парку.

В рамках дослідження цього питання необхідний пошук шляхів рішень щодо вище окресленої проблеми, а саме – підвищення ресурсних можливостей вагонів-цистерн, які експлуатуються на промисловому підприємстві в умовах скінчення їх призначеного терміну служби за рахунок визначення можливості їх подальшої експлуатації з використанням існуючих методів технічного обстеження та новітніх засобів діагностики.

### Мета дослідження

Метою роботи є постановка задачі технічного діагностування вагонів-цистерн.

### Методи дослідження

З метою постановки задачі дослідження використані методи формальної логіки, для опису етапів рішення задачі використані методи теорії надійності та імовірності.

## Основна частина

Підприємства вагонобудування випускаючи нову продукцію сумісно із замовником розробляють технічне завдання на виріб та, згідно до цього, розробляють та погоджують конструкторську документацію. Після цього, випробувальний зразок підлягає попереднім випробуванням з ціллю визначення відповідності виробу нормативно-технічній документації. За результатами цих випробувань обґрунтовується призначений термін служби, який відповідає технічним умовам на експлуатацію вагона-цистерни.

Таким чином, при створенні вагонів-цистерн закладається певний резерв, в якому розрахована довговічність вагонів-цистерн дещо вища призначеної [1].

Аналіз технічного стану парку вагонів-цистерн на одному з підприємств хімічної промисловості України дозволив виявити основну проблему – більшість вагонів-цистерн витратили передбачений нормативно-технічною документацією термін служби, що призводить до неможливості їх подальшої експлуатації. На підставі прогресуючого дефіциту транспортних одиниць необхідно проводити комплекс робіт за оцінкою їх ресурсу та можливості продовження терміну безпечної експлуатації.

Із загальної кількості власних вагонів-цистерн термін служби минув більш ніж у 70 %. До кінця 2021 року дефіцит вагонів-цистерн на промисловому підприємстві стане більш ніж 90%.

Дослідження умов та режиму роботи вагонів-цистерн в експлуатації дозволило шляхом розрахунків виділити окремі групи вагонів-цистерн, для яких коефіцієнти використання відрізняються від запланованих за значенням. Так, для першої дослідженої групи вагонів-цистерн, які перевозять аміак, були отримані наступні коефіцієнти використання:  $K_v=0,63$  (за часом),  $K_n=0,69$  (за продуктивністю),  $K_{em}=0,84$  (за вантажопідйомністю),  $K_x=0,34$  (за кількістю холодних днів у році),  $K_c=0,18$  (за середньою тривалістю опадів). Інша група мала такі показники:  $K_v=0,8$ ,  $K_n=0,79$ ,  $K_{em}=0,79$ ,  $K_x=0,34$ ,  $K_c=0,18$ . Зроблений висновок - вагони-цистерни на промисловому підприємстві експлуатуються у різних режимах та мають відмінні від запланованих показники використання. Умови експлуатації відрізняються від тих, які визначені технічною документацією на новий вагон-цистерну. Саме тому, на момент скінчення призначеного терміну служби деякі вагони вичерпали ресурс максимально, а деякі мають запас ресурсу, чи можливість його відновлення, що і дає підставу сформулювати відповідну гіпотезу - можливість

підвищити ресурс вагонів-цистерн промислового парку для подальшої їх експлуатації.

Також, в рамках цього дослідження були проаналізовані етапи життєвого циклу вагонів-цистерн. Існує ДСТУ ГОСТ 31538:2016, яким встановлено терміни та визначення понять в області життєвого циклу залізничного рухомого складу. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 31538:2016 стадії «Модернізація» та «Утилізація» розглядаються як послідовні стадії. Але, на думку автора, слід розглядати останню стадію життєвого циклу як стадію «Поновлення життєвого циклу та рециклінгу», яка не визначена у ДСТУ. Вона має в альтернативній формі представляти етапи «утилізації», «модернізації», «модифікації» та «рециклінгу», що буде відповідати сучасним технологіям в масштабах світового управління будь-якими ресурсами; значна частина складальних одиниць, які демонтуються, повторно використовуються під час модифікації, вагони-цистерни, які не гідні для подальшої експлуатації, підлягають переробці у якості металолому для подальшого використання за іншим призначенням.

Всі ці питання підштовхнули до необхідності постановки задачі щодо "правильної" експлуатації вагонів-цистерн (але можна масштабувати на будь-який інших вид рухомого складу) та елементів її вирішення.

Існує  $\exists$  транспортна система промислового підприємства  $S$ , в якій експлуатується парк цистерн для перевезення аміаку  $S_B$ , тобто  $S_B \in S$ . При цьому умови експлуатації (інтенсивність, умови і режим роботи, різний рівень навантажень) для таких цистерн  $Y_3$  за результатами дослідження відрізняються від усереднених  $Y_\Delta$  і характеризуються

нерівністю  $Y_3 \leq Y_\Delta$  або  $Y_3 \geq Y_\Delta$ . Це означає, що за сукупністю деяких параметрів залежних від умов експлуатації технічний стан цистерни відповідає, або не відповідає встановлені й нормативно-технічній документації. У зв'язку з цим формулюється гіпотеза про можливу наявність залишкового ресурсу -  $T_{py}$ , який може бути реалізований як пролонгація терміну експлуатації  $\Delta T$ .

З високою імовірністю можна вважати отримані за результатами технічного діагностування  $D$  параметри надійними, якщо виконується умова [2, 3]

$$\sigma_{max} \leq [\sigma], \quad (1)$$

$$n \geq [n], \quad (2)$$

де  $\sigma_{max}$ ,  $[\sigma]$  – розрахункове значення напруг в точці, де виникають найбільші напруги і допустима напруга;

$n$  і  $[n]$  - фактичний коефіцієнт запасу втомної міцності і допустимий коефіцієнт запасу втомної міцності.

Технічне діагностування  $D$  дає результат  $P$  наявності гамма-процентного залишкового ресурсу  $T_{\gamma}$ , або його відсутності. При цьому, імовірність забезпечення ресурсу має значення [4]

$$P(T_{\gamma}) = \int_{T_{\gamma}}^{\infty} p(T_p) dT_p, \quad (3)$$

де  $P(T_{\gamma})$  – вірогідність забезпечення ресурсу, яка відповідає значенню  $\gamma/100$ ;

$T_p$  – наробок на граничний стан (ресурс).

Тому, логічний формалізований запис наявності, або відсутності залишкового ресурсу у разі продовження терміну експлуатації, має вираз диз'юнкції  $\vee$ , який означає наступ однієї з подій з високою вірогідністю  $P(T_{\gamma}) \rightarrow 1$ , або  $P(T_{\gamma}) = 0$ .

Якщо особа, що приймає рішення, ОПР, пролонгує термін експлуатації вагону-цистерни на  $\Delta T$ , то новий термін експлуатації  $T_n$  буде складатися з терміну служби вагону-цистерни, який був призначений згідно до конструкторських розрахунків, та з терміну експлуатації  $\Delta T$ .

Таким чином, постановка головної задачі дослідження у формалізованій формі має такий вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} \exists (S_B \in S; \text{ при } Y_{\Delta} \leq Y_{\Delta}, \text{ або } Y_{\Delta} \geq Y_{\Delta}); \\ D \Rightarrow (\sigma_{max} \leq [\sigma], n \geq [n]); \\ \{D; P\} \Rightarrow \Delta T (P(T_{\gamma}) \rightarrow 1 \vee P(T_{\gamma}) = 0); \\ \text{ОПР} \Rightarrow (T_n = T_{\Delta} + \Delta T). \end{array} \right. \quad (4)$$

В. С. ВОРОПАЙ

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН

**Целью** работы является постановка задачи технического диагностирования вагонов-цистерн. **Методы исследования.** Используются методы формальной логики, для описания этапов решения задачи использованы методы теории надежности и вероятности. **Результаты.** Выполнено исследование большого массива данных по эксплуатационным показателям вагонов-цистерн для перевозки сжиженных газов парка предприятия химической промышленности Украины. Получены результаты технического осмотра вагонов-цистерн. Сформирована гипотеза о возможности повышения ресурса вагонов-цистерн промышленного парка для дальней-

## Висновки

На промислових підприємствах існує дефіцит спеціалізованих вагонів-цистерн для перевезення хімічних вантажів через скінчення призначеного терміну служби.

Динаміка скінчення призначеного терміну служби така, що до кінця 2021 року призупинення експлуатації вагонів-цистерн складе 340 одиниць, що еквівалентно кількості вагонів-цистерн у всьому парку одного з підприємств хімічної промисловості України.

За результатами досліджень умови експлуатації вагонів-цистерн на промисловому підприємстві відрізняються від усереднених. Це означає, що за сукупністю деяких параметрів залежний від умов експлуатації технічний стан вагону-цистерни відповідає, або не відповідає, встановленій нормативно-технічній документації.

Постановка задачі дослідження визначає головне завдання в дослідницькій роботі - можливість підвищення ресурсу цистерн експлуатаційного парку промислового підприємства з використанням методів технічної діагностики.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Болотин В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.:Машиностроение, 1984. – 312 с.
2. Вучечич И. И. Оценка остаточного ресурса грузовых вагонов железных дорог /под ред. И. И. Вучечич, Б. А. Деркач, А. Д. Кочнов. – Санкт-Петербург, ВЕСТНИК ВНИИЖТ, 2/2008. – с. 14-18.
3. ДСТУ ГОСТ 31538:2016. Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Общие требования [Действителен с 1 октября 2016 г.] – Киев, ГП «УкрНИУЦ», 2016. – с.32-45.
4. Осяев А. Т. Управление техническим состоянием подвижного состава //Железнодорожный транспорт. - 2008. -№4. (с. 36-39). – 58 с.

Надійшла в редколегію 20.06.2021

Прийнята до друку 25.06.2021.

шей их эксплуатации. Выдвинуто предложение рассматривать последнюю стадию жизненного цикла как стадию «Возобновление жизненного цикла и рециклинг», которая не определена в ГОСТ. Она должна в альтернативной форме представлять этапы «утилизации», «модернизации», «модификации» и «рециклинга», это будет отвечать современным технологиям в масштабах мирового управления любыми ресурсами. Выполнена постановка задачи исследования, которая определяет главную задачу - возможность повышения ресурса вагонов-цистерн эксплуатационного парка промышленного предприятия с использованием методов технической диагностики. **Практическая значимость.** Решение поставленной задачи по определению технического состояния вагонов-цистерн позволит промышленному предприятию обоснованно эксплуатировать подвижной состав в течение прогнозируемого периода.

*Ключевые слова:* вагон-цистерна; назначенный срок службы; эксплуатационный парк; остаточный ресурс; промышленное предприятие; техническая диагностика; неисправности

V. VOROPAI

## STATEMENT OF THE PROBLEM FOR TECHNICAL DIAGNOSTIC TANK CARS

**The purpose** of the work is to formulate the problem of technical diagnostics of tank cars. **Research methods.** Methods of formal logic were used methods of the theory of reliability and probability were used to describe the stages of solving the problem. **Results.** A study of a large array of data on the performance indicators of tank cars for the transportation of liquefied gases of the fleet of a chemical industry enterprise in Ukraine was carried out. The results of technical inspection of tank cars were obtained. A hypothesis has been formed about the possibility of increasing the resource of tank cars of an industrial park for their further operation. A proposal was put forward to consider the last stage of the life cycle as the stage "Life cycle renewal and recycling", which is not defined in Statement Standart. It should in an alternative form represent the stages of "utilization", "modernization", "modification" and "recycling", this will correspond to modern technologies on the scale of the global management of any resources. The research task was formulated, which determines the main task - the possibility of increasing the resource of tank cars of the operating fleet of an industrial enterprise using the methods of technical diagnostics. **Practical significance.** The solution to the task of determining the technical condition of tank cars will allow an industrial enterprise to reasonably operate the rolling stock during the forecast period.

*Keywords:* tank car; assigned service life; operating fleet; residual life; industrial enterprise; technical diagnostics; malfunctions