

УДК 629.4.015

*А.В. Донченко*

### **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ ВАГОНІВ ПОНАД НОРМАТИВНИЙ**

*Розглянуті проблемні питання щодо продовження терміну служби вагона понад нормативний термін. Описані процедури та особливості проведення робіт по продовженню терміни служби вагонів. Висвітлені проблеми галузі транспортного машинобудування України.*

Рухомий склад, що виготовлявся за часів СРСР у своїй більшості, мав значний запас міцності і після призначеного терміну службового використання має задовільний технічний стан. Тому ще у 80-х роках минулого століття, коли розпочався перший етап економічного спаду економіки у всіх сферах промисловості, перед спеціалістами галузі залізничного транспорту постало питання знайти найдешевший шлях забезпечення обсягів перевезення без збільшення обсягів виробництва вантажних вагонів, а починаючи з 90-х років, значного зменшення випуску рухомого складу, у тому числі і вантажних вагонів. Складне матеріальне становище залізниць України привело до значного скорочення закупівлі нових вантажних вагонів усіма українськими залізницями. Така тенденція спостерігається і нині. Але це питання є надскладним, так як від прийняття правильного рішення залежить безпека руху поїздів, та безпечна діяльність усього залізничного транспорту в комплексі. Завдання ж держави – забезпечити своєчасне і безпечне перевезення вантажів.

Продовження терміну служби понад нормативний термін можливе. Разом з тим для забезпечення додаткового контролю технічного стану рухомого складу з метою забезпечення безпеки руху необхідно провести комплекс додаткових досліджень, а саме щодо теоретичних досліджень міцності його після закінчення призначеного терміну служби, та динамічних досліджень міцності і ходових якостей рухомого складу в процесі експериментальних досліджень.

Другою складовою є економічна доцільність проведення таких досліджень.

В даній статті розглянемо доцільність продовження терміну служби вантажних вагонів, які користуються найбільшим попитом у вагонному господарстві. Такий порядок допуску до експлуатації об'єктів за межами розрахункового терміну служби передбачений діючим ГОСТ 27.002 [1] та Положенням про продовження терміну служби вантажним вагонам [2].

На сьогоднішній день документ, який дає право на продовження експлуатації транспортного засобу є Технічне рішення, яке узгоджується та затверджується відповідно до [2].

Ефективність використання вантажних вагонів, їх технічний стан залежать в значній мірі від якості та обслуговування. Це по великому рахунку визначається злагодженістю у діях поставщиків та користувачів, особливо в умовах їх різної відомчої підпорядкованості, а також обґрунтованою системою профілактичних та ремонтних дій, що забезпечують експлуатаційну надійність і після вичерпаного призначеного нормативно-технічною документацією терміну служби вантажного вагону.

© *А.В. Донченко, 2015*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Для вирішення питання можливості подальшої експлуатації вагонів, що досліджуються, необхідно підтвердити відповідність цих вагонів діючій нормативно-технічній документації на розрахунок та проектування, що достовірно враховують сучасні вимоги до міцносних якостей та надійності конструкції в цілому та окремих її вузлів.

При виконанні робіт щодо продовження терміну експлуатації вантажних вагонів виконуються нижченаведені операції:

- вивчається технічна документація на вагон;
- проводяться розрахунки напруго-деформаційного стану та розрахунок показників надійності;

- складається методика проведення комплексу дослідницьких робіт з вивчення технічного стану виробу (методика візуального обстеження технічного стану, вимірювання лінійних розмірів, методика ультразвукової товщинометрії та дефектоскопії, методика визначення напружено-деформаційного стану, методика ресурсних випробувань та ряд інших специфічних випробувань):

- проведення візуального обстеження технічного стану вагону з проведенням робіт з товщинометрії та дефектоскопії:

- експериментальні дослідження напружено-деформаційного стану вагону та ресурсні випробування;

- випробування з визначення показників надійності;

- обробка результатів науково-дослідних та експериментальних робіт;

- підготовка, узгодження та затвердження технічних рішень;

- контроль виконання ремонтних робіт.

Також важливе значення на обґрунтування рішення щодо продовження терміну служби впливають показники надійності вантажних вагонів.

В розрахунках надійності вагонів враховуються наступні основні види відмов:

- конструктивні (втома, закономірний знос, дії неврахованих розрахунками факторів);

- технологічні (наявність невиявлених дефектів, характеристики якості виготовлення);

- експлуатаційні (порушення правил експлуатації та використання, обслуговування та ремонту. У тім числі при виконанні маневрових та вантажувальних робіт).

При виникненні в одній конструктивній зоні деталі різних по своїй фізичній природі, але взаємозв'язаних відмов, ці відмови враховуються як окремі.

Досвід експлуатації вагонів та нагляд за появою пошкоджень дозволяють при розрахунках надійності ввести припущення, що збурюючі дії виникають випадково та незалежно одна від одної, а вірогідність появи пошкоджень в достатньо малому інтервалі часу  $\Delta t$  пропорціональна довжині цього інтервалу, коефіцієнт пропорціональності дорівнює. Це дозволяє визначити величину тривалості терміну служби елемента визначити із непараметричного виразу безвідмовної роботи:

$$P(t) = (1 - F(t)) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau\right), \quad (1)$$

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

де  $\lambda(\tau)$  входить в кожний елемент сумою інтенсивності відмов  $i$  – их елементів:

$$\int_0^t \lambda(\tau) d\tau = \sum_0 \int_0^t \lambda(\tau) d\tau, \quad (2)$$

Кількісний аналіз інформації включає в себе оцінку характеру пошкоджень окремого вузла, а також розрахунок показників пошкоджень, у відповідності до виразів (1) та (2). Первинна обробка статистичних даних може бути представлена розрахунковим процесом, вихідними даними для яких є термін служби ( $T_i$ ), кількість оглянутих ( $N_i$ ) та пошкоджених ( $M_i$ ) елементів в  $i$ -ому інтервалі (1 рік), та заключається у визначенні:

величини частоти несправностей для  $i$ -го інтервалу

$$q_i = \frac{n_i}{N_i} \quad (3)$$

накопиченої інтервальної частоти пошкоджень для  $i$ -го інтервалу

$$r_i = \sum_{k=1}^i q_k = \sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k}; \quad (4)$$

емпіричної вірогідності роботи елемента в справному стані за  $i$ -й рік служби

$$Q_i^* = 1 - \exp(-r_i) = 1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k}\right) \quad (5)$$

Після цього вибирається теоретичний закон розподілення та визначення точених показників надійності. В зв'язку з тим, що основні пошкодження, що призводять до відмови, носять втомлювальний характер, в якості теоретичного закону приймається розподілення Вейбула [3]:

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right), \quad (6)$$

де  $t$  - час напрацювання;

$\theta, \beta$  - параметри розподілення.

Окрім визначення показників надійності також проводяться експериментальні дослідження дослідного зразка (по одному кожної моделі із розрахунку 1000 вагонів). Ці випробування проводяться для оцінки ресурсу конструкції, виходячи з міцнісних та експлуатаційних якостей окремих елементів, вузлів і деталей вагонів, а також вагона в цілому. В якості основних випробувальних навантажень приймаються навантаження у відповідності до РД 24.059.37-95 [4], «Норм...» [5] та конструкторської документації на вагон, а саме:

- статичні випробування на міцність від дії вертикальних навантажень;
- квазістатичні випробування на міцність від дії поздовжніх навантажень;
- статичні випробування на міцність під час ремонту й обслуговування вагонів;
- випробування на міцність при співударі;
- ходові динамічні випробування вагона у порожньому і завантаженому режимах;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- ходові міцносні випробування вагона у завантаженому режимі.

Окрім того вагони-цистерни додатково випробовуються малоцикловими навантаженнями та проводяться гідравлічні випробування. Також обов'язково повинні бути проведені випробування наднормативними навантаженнями (від 3 до 5 наднормових навантажень).

Обґрунтованість продовження терміну служби повинна бути підтверджена оцінкою коефіцієнта запасу опору втомленості на термін продовження експлуатації вагону.

Ефективні напруги визначаються за формулою [5]:

$$\sigma_s = \frac{1}{m\sqrt{a}} \cdot \sqrt[m]{N_p \sum_{j=1}^m (k \delta_j)^m} \cdot N_j, \quad (7)$$

де  $m$  – показник нахилу лівої нитки кривої втомленості деталі у подвійних логарифмічних координатах;

$a$  – розрахункова сума відносних вірогідностей, приймається, як правило, лінійна гіпотеза  $a = 1$ ;

$k$  - коефіцієнт концентрації напруг;

$k \cdot \sigma_j$  - фактичне значення напруг в натуральній деталі в зоні концентрації напруг;

$N_p$  - розрахункове число циклів.

Довговічність конструкції вагона визначається за формулою:

$$T_p = \frac{[\sigma_{-1k}]_T^m}{AS_{\sigma_s}^m f_s \beta} N_0, \quad (8)$$

де  $[\sigma_{-1k}]_T$  - розрахункове значення межі витривалості конструкції;

$S_{\sigma_s}$  - середньоквадратичне відхилення еквівалентного стаціонарного процесу навантаження конструкції;

$\beta$  - коефіцієнт переведення календарного терміну служби вагона в роках до часу безперервного руху вагона в секундах;

$[n]$  - допустимий коефіцієнт запасу, відповідно до «Норм...»[5].

Дуже велике значення при прийнятті рішення про продовження терміну служби вагона мають дослідження щодо старіння конструкції. Тому необхідні також дослідження щодо зміни структури металу та фактичних механічних характеристик металу. Необхідно знати які зміни відбулися основних механічних характеристик: межа (границя) міцності; твердість; межа витривалості; ударна в'язкість і інші характеристики несучої конструкції після тривалої експлуатації - питання, на які необхідно дати чітку відповідь при прийнятті обґрунтування щодо продовження терміну служби вагону.

При продовженні терміну служби вагону за необхідності використання його за новим призначенням, а також при необхідності проведення ремонту з відновленням механічних властивостей вагона шляхом проведення КРП в обов'язковому порядку необхідна розробка технічних умов з визначенням нового терміну служби вагона. При допущенні вагонів після КРП до експлуатації порядок постановки такого вагона такий же як і для нових вагонів за ГОСТ 15.001 [6].

На основі даних роботи [7] на теренах СНД змінилася картина, щодо забезпечення компаній новими вагонами. Ринок багатьох країн СНД забезпечений

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

майже 100 % обсягами вантажних вагонів, тому починаючи з 2012 року попит на нові вагони пішов на спад. Основними виробниками вантажних вагонів у 2011-2012 р.р були: Росія (61,1 %) Україна (31,3%) , Казахстан (3,9%), Білорусія (3,4%) та Узбекистан (0,3%). Разом зі зменшенням попиту на вантажні вагони впала і ціна на них в середньому на 20-25 %. Така картина викликала у деяких країнах пропозицію заборони продовження терміну служби вантажних вагонів понад нормативний. Як правило, ініціатори такої ідеї виходять з того, що нові вагони більш надійні, більш безпечні та більш ефективні. Але глибокий аналіз технічного стану нових вагонів показав, що вони є далеко не завжди більш ефективні у порівнянні з тими, що знаходяться в постійній експлуатації, тому, що в більшій своїй частині є їх аналогами, але у гіршому технічному виконанні, особливо це стосується тих вагонів які випущені не нашими провідними заводами флагманами. В Україні до провідних підприємств відносяться ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», ПАТ «Дніпровагонмаш» ПАТ «Азовмаш» та до недалекого минулого ПАТ «Стаханівський вагонобудівний завод». Потужності цих заводів здатні задовольнити потреби в нових вагонах не тільки ринок України, а й ринок інших держав. Ситуація коли потужності цих підприємств працюють на рівні 2-10 % від можливих знижується рівень технологічної дисципліни, втрачаються кваліфіковані кадри, що призводить до занепаду цієї галузі промисловості в Україні.

Відсутність коштів у держави на розвиток та підтримку науки, інженерно-технічних працівників прийняти рішення про заборону продовження терміну служби вагонів, що вичерпали нормативний термін є передчасним і може призвести до повного колапсу у перевізному процесі на залізницях України.

Беззаперечно, оновлювати рухомий склад необхідно, але замінювати старий на новий необхідно якісним, принципово новим, а саме головне – ефективним. Для цього в державі повинна бути розроблена стратегія розвитку галузі транспортного машинобудування для залізничного транспорту на перспективу. Стратегія повинна передбачати і фінансування наукових і експериментальних досліджень без яких розвиток любого напрямку не є можливим. Ця стратегія повинна чітко визначати джерела фінансування наукового розвитку галузі. На сьогодні на превеликий жаль це питання залишається відкритим.

Викладені матеріали дозволяють зробити наступні висновки, які в значній мірі співпадають з висновками викладеними в роботі [7].

1. Термін служби вагона повинен визначатися як його технічним станом здатним забезпечувати безпеку руху, так і враховувати сучасний економічний стан держави в тому числі і залізниць, а також економічною ефективністю для власника його подальшої експлуатації.

2. Організація, що займається продовженням терміну служби вагонів понад нормативно встановлений, повинна мати кваліфікований персонал та в обов'язковому порядку мати обладнання необхідне для виконання комплексу експериментальних і наукових досліджень та бути незалежною від структур які займаються, або відповідають за перевізний процес в державі (не входить до складу відповідних відомств).

3. Організації, що мають право на виконання проведення випробувань з метою визначення продовження терміну служби рухомого складу, повинні бути атестовані в системі НААУ України (для організацій України).

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

4. Вказані організації повинні мати базу даних експериментально устанавлених механічних характеристик матеріалів несучих конструкцій вагонів після довгої їх експлуатації, які служать в якості критеріїв та вихідних даних при оцінюванні залишкового ресурсу.

5. Повинна бути розроблена стратегія розвитку галузі на близьку (до 5 років) та далекі перспективи 10, 30 і 50 років з чітким визначенням джерел фінансування наукових організацій.

6. При модернізації рухомого складу, зміні його використання, а також створенні нового рухомого складу повинні передбачатися такі напрямки, як підвищення економічної ефективності його використання, техніко-економічних параметрів та забезпечення безпеки руху.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Изд-во стандартов. М. – 1990, 37 с.
2. Положение о продлении срока службы грузовых вагонов, курсирующих в международном сообщении. М - 2010, 26 с.
3. Степанов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник. – М. Машиностроение, 1985. – 232 с.
4. РД 24.050.37.95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. М. – 1994, 101 с.
5. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) – ВНИИВ-ВНИИЖТ. – 1983. 254 с.
6. ГОСТ 15.001-2009. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Изд-во стандартов. М – 1988, с. 11.
7. В.И. Сенько, А.В.Путято, Е.Н. Коновалов. Методологическая схема рециклинга и продления срока службы вагонов. Труды Бел.ГУТ. «Безопасность и надежность подвижного состава. Гомель. – 2013, с. 4.