УДК 629.4.027

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДМОВ КОЛІСНИХ ПАР ТЕПЛОВОЗІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ FMEA-МЕТОДОЛОГІЇ

Канд. техн. наук Ю.М. Дацун, А.М. Філатов

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКАЗОВ КОЛЕСНЫХ ПАР ТЕПЛОВОЗОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ FMEA-МЕТОДОЛОГИИ

Канд. техн. наук Ю.Н. Дацун, А.М. Филатов

INVESTIGATION OF FAILURES OF WHEEL PAIRS OF LOCOMOTIVES IN OPERATION USING FMEA-METHODOLOGY

Cand. of techn. sciences Y. Datsun, A. Filatov

У статті проведено аналіз видів і наслідків відмов і дефектів колісних пар тепловозів. Для кожного виду відмови та дефекту розраховано значення пріоритетного числа ризику. Для найбільш критичного дефекту запропоновано заходи зі зниження потенційних збитків.

Ключові слова: *колісна пара, надійність, відмова, пошкодження, експлуатація, аналіз, тепловоз.*

В статье проведен анализ видов и последствий отказов и дефектов колесных пар тепловозов. Для каждого вида отказа и дефекта рассчитано значение приоритетного числа риска. Для наиболее критического дефекта предложены меры по снижению потенциальных убытков.

Ключевые слова: *колесная пара, надежность, отказ, повреждение, эксплуатация, анализ, тепловоз.*

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) is methodology for analyzing potential reliability problems early in the development cycle, where it is easier to take actions to overcome these issues & thereby enhancing reliability through design. A process or a design should be analyzed first before it is implemented and also before operating a machine the failure modes and effect must be analyzed critically.

This paper analyzes the types of failure mode and effects wheelsets locomotives. The characteristic of defect of wheelsets in use. According to statistics, the most frequently worn and damaged bandage of wheelset. By using expert techniques and special tables determines the rank of the effects of defect free, the frequency of occurrence and detectability.

Prioritization is done on the basis of risk priority numbers. The highest values of the priority of risk are determined for a thin bandage of wheelset. Declines are proposed due to the introduction of automated controls state.

This results in major cost savings in terms of quality features. The FMEA is a proactive approach to solve potential failure modes.

Keywords: *wheelset, reliability, failure, damage, maintenance, analysis, locomotive.*

Вступ. Ускладнення економічної ситуації в країні, зменшення обсягів виробництва викликає зниження вантажо- та пасажирообороту на залізниці, зменшення фінансування галузі. У таких умовах найбільш актуальними питаннями стають пошук резервів економії коштів і ресурсів, підтримання технічного стану рухомого складу. Одним з найбільш навантажених вузлів локомотивів, що безпосередньо впливають на безпеку руху є колісні пари. Отже, забезпечення їхньої надійності в експлуатації – актуальна проблема.

Оцінка наслідків їх відмов в експлуатації дозволить визначити найбільш пріоритетні напрямки підвищення надійності.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. На надійність колісних пар рухомого складу впливає цілий ряд зовнішніх факторів. Для визначення пріоритетних напрямків підвищення надійності колісних пар необхідно проводити аналіз їх відмов в експлуатації в конкретних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню надійності в експлуатації як локомотивів, так і їхніх вузлів присвячено багато робіт [1, 2]. Майже всі дослідження в цій сфері базувались на класичних засадах теорії надійності, де в якості математичного апарату використовувалась теорія ймовірностей, математична статистика [3, 4, 5]. Результатом таких робіт було встановлення та дослідження кількісних показників надійності, що не завжди давало відповідь щодо причин відмов і пошкоджень, шляхів їх попередження, можливих наслідків. Останнім часом все більшого поширення набувають якісні, кількісні та комбіновані методи дослідження, більшість з яких, разом з числовими методами, використовують опитування експертів та експериментальні дослідження [6, 7]. Застосування таких методів дозволяє виявляти причини та наслідки відмов і дефектів, формувати заходи з їх усунення.

Визначення мети та задачі дослідження. Провести дослідження відмов і дефектів колісних пар тепловозів із застосуванням FMEA-методології.

Основна частина дослідження. У наш час у технічних галузях найбільшого поширення отримав метод аналізу видів і наслідків відмов, більш відомий як Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) [8]. Його застосування дозволяє проаналізувати потенційні відмови та дефекти, їхні причини і наслідки, оцінити ризики їхньої появи і вжити заходів для усунення або зниження ймовірності та збитку від їхньої появи. Це один з найбільш ефективних методів для удосконалення конструкції технологічних об'єктів, процесів їх виготовлення та експлуатації, тобто всіх стадій життєвого циклу продукції.

Дослідження проводиться за певними етапами:

- складання переліку всіх потенційно можливих видів відмов і дефектів технічного об'єкта, при цьому враховують досвід реальних дій і можливих помилок персоналу в процесі експлуатації, при технічному обслуговуванні та ремонті аналогічних технічних об'єктів;
- визначення можливих негативних наслідків від кожної потенційної відмови та дефекту, проведення якісного аналізу тяжкості наслідків і кількісну оцінку їх значущості;
- визначення причини кожної потенційної відмови та дефекту і оцінка частоти виникнення кожної причини відповідно умов експлуатації, обслуговування, ремонту;
- оцінка достатності передбачених у технологічному циклі операцій, спрямованих на попередження відмов і дефектів в експлуатації, і достатності методів запобігання дефектів при технічному обслуговуванні та ремонті;
- кількісна оцінка можливості запобігання відмов і дефектів шляхом передбачених операцій з виявлення їхніх ознак на стадії експлуатації об'єкта;
- кількісна оцінка критичності кожної відмови та дефекту (з їх причинами) пріоритетним числом ризику ПЧР і при високому ПЧР проведення доопрацювання конструкції, виробничого процесу, а також вимог і правил експлуатації з метою зниження критичності даної відмови чи дефекту.

Згідно з рекомендаціями [9, 10] при аналізі мають розглядатись потенційні відмови вузла. Для отримання результатів по колісних парах тепловозів конкретного депо до уваги брались не потенційні відмови, а ті, що були визначені за аналізом статистичних даних відмов і дефектів.

Далі визначались наслідки відмов і дефектів і їх бали значущості S за спеціальною таблицею. Бал значущості змінюється від 1 – для менш значущих по збитках дефектів, до 10 – для більш значущих.

Для кожної потенційної причини виникнення відмови чи дефекту експертно визначався бал частоти виникнення О. При цьому враховувались експериментальні дані по відмовах колісних пар. Бал змінюється від 1 для дефектів, що виникають найрідше, до 10 – для дефектів, що виникають найчастіше. Для кожного дефекту визначають бал виявлення D, що змінюється від 10 для тих дефектів, виявлення яких практично неможливе, до 1 – для дефектів, що будуть достовірно виявлені. Приклади рекомендованих шкал оцінок подано в табл. 1-3. Після отримання експертних оцінок S, O, D обчислюють пріоритетне число ризику ПЧР за формулою

$$ПЧР = S \cdot O \cdot D . \quad (1)$$

Для пріоритетного числа ризику повинна бути заздалегідь встановлена критична межа (ПЧРгр) від 100 до 125. Зниження ПЧРгр відповідає створенню більш високоякісних і надійних об'єктів і процесів. Складають перелік дефектів / причин, для яких значення ПЧР перевищує ПЧРгр. Саме для них і слід далі вести доопрацювання конструкції або виробничого процесу. За отриманими результатами видно, що найбільше значення ПЧР відповідає граничному зношенню бандажу, і як наслідок, пошкодженню його в експлуатації (табл. 4). Оскільки це пошкодження викликається природним зношенням в експлуатації, зниження його ПЧР можливе за рахунок удосконалення систем контролю стану бандажів (впровадження автоматизованих систем контролю).

Таблиця 1

Шкала оцінок значущості потенційної відмови чи дефекту (S)

Наслідок	Критерій значущості наслідку	Ранг
Небезпечний без попередження	Відмова (дефект) погіршує безпеку роботи чи/та викликає невідповідність обов'язковим вимогам безпеки та екології	10
	……	
Дуже важливий	Вузол непрацездатний із втратою основної функції	8
Важливий	Вузол працездатний, але рівень ефективності знижений	7
	……	
Слабкий	Вузол працездатний, але працює малоефективно	5
	……	
Відсутній	Вузол працездатний	1

Таблиця 2

Шкала оцінок виникнення відмови чи дефекту (О)

Імовірність відмови (дефекту)	Можлива частота виникнення	Ранг
Дуже висока, відмова майже неминуча	Більше 1 з 2	10
	……	
Помірна: випадкові відмови	Більше 1 з 80	6
	……	
Мала	Менше 1 з 1500000	1

Таблиця 3

Шкала оцінок виявлення відмови чи дефекту (D)

Виявлення	Правдоподібність виявлення при контролі	Ранг
Абсолютна невизначеність	Контроль не виявить потенційну причину і дефект, чи контроль непередбачений	10
	……	
Дуже слабке	Дуже обмежені шанси при контролі	7
	……	
Помірне	Помірні шанси виявлення при контролі	5
	……	
Майже стовідсоткове	Передбачений контроль майже завжди виявляє потенціальну причину і наступну відмову (дефект)	1

Таблиця 4

Протокол аналізу видів, причин і наслідків дефектів колісних пар

Вид дефекту	Наслідки дефекту	Ранг "S", бал	Причина дефекту	Ранг "O", бал	Заходи з виявлення дефекту	Ранг "D", бал	ПЧР, бал
Граничне зношення бандажа	Пошкодження бандажа	7	Зношення в процесі експлуатації, обточування в процесі ремонту	4	Визначається шаблоном при проведенні ТО2	4	112
Прокат	Пошкодження елементів кріплення рейок	5	Зношення при контакті з рейками та гальмівними колодками	3	Визначається шаблоном при проведенні ТО2	4	60
	Схід локомотива	10		3		3	90
Повзун	Пошкодження бандажа	7	Результат руху із заклиненою колісною парою	3	Визначається візуально та "на слух"	3	63
	Пошкодження елементів верхньої будови колії	5		3		3	45
Вищербини	Руйнування бандажа	9	Втомне пошкодження металу	1	Визначається візуально	3	27
	Пошкодження елементів верхньої будови колії	5		1		3	15

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. У результаті застосування FMEA-методології для аналізу видів і наслідків відмов колісних пар тепловозів в експлуатації було визначено:

1. Найбільше значення пріоритетного числа ризику (ПЧР) дорівнює 112 та відповідає граничному зношенню бандажу.

2. Зменшення ПЧР для події «Граничне зношення бандажа» можливе за рахунок удосконалення та автоматизації систем контролю стану бандажів.

Запропонована процедура аналізу в подальшому може бути використана для оцінки видів і наслідків відмов всього обладнання локомотива та локомотивів у цілому як у межах парку одного депо, так і експлуатованого парку Укрзалізниці.

Список використаних джерел

1. Галкин, В.Г. Надежность тягового подвижного состава [Текст] / В.Г. Галкин, В.П. Парамзин, В.А Четвергов. – М.: Транспорт, 1981. – 184 с.

2. Головатый, А.Т. Электроподвижной состав: эксплуатация, надежность и технология ремонта [Текст] / А.Т. Головатый, П.И. Борцов и др. – М.: Транспорт,1983. – 350 с.

3. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

4. Проников, А.С. Надежность машин [Текст] / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.

5. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности [Текст] / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев и др. – М.: Наука, 1965. – 524 с.

6. Бабешко, Е.В. Возможности совместного использования современных методов анализа отказов систем, важных для безопасности [Текст] / Е.В. Бабешко, В.С. Харченко // Функціональна безпека та живучість. – 2009. – С. 60-64.

7. Розно, М.И. Проектирование: с FMEA или без? [Текст] / М.И. Розно // Стандарты и качество. – 2001. – № 9. – С 32-37.

8. McDermott, R.E. The Basics of FMEA [Текст] / R.E. McDermott et al. - Productivity Press, New York, 2009. – 168 с.

9. Брагин, В.В. Оценка риска и последствий отказов комплексной системы, конструкций, процессов [Текст] / В.В. Брагин. – М.: Кнорус, 2012. – 241 с.

10. Система управления эффективностью поставок. Руководство по анализу видов и последствий потенциальных отказов продукции и технологических процессов [Текст] Стандарт ОАО «РЖД» 1.05.509.12-2008. – М.: Центр Приоритет, 2008. – 29 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор В.Г. Пузир

Дацун Юрій Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057)730-19-99.
Філатов Артем Михайлович, слухач ІППК Української державної академії залізничного транспорту, помічник машиніста тепловоза локомотивного депо Дебальцеве-Сортувальне, Донецька залізниця.

Datsun Yurii Mykolayovich cand. of techn. sciences, docent department of expluatacii ta remontu ruhomogo skladu Ukraine State Academy of Railway Transport. Phone (057) 730-19-99.
Filatov Artem Ivanovich listener gr. MZ-L-B-12 IPPK Ukraine State Academy of Railway Transport, assistant locomotive driver locomotive depot Debaltseve-Sortuvalne, Donetsk Railway.