

АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ ВАГОНОТОЛКАТЕЛЯ

Калашников С.А., студент

(Национальный горный университет, г. Днепрпетровск, Украина)

Завод-изготовитель ОАО "Днепротяжмаш" гарантирует работу вагонотолкателя Т-20 в течении 18 месяцев со дня ввода в эксплуатацию. Срок службы изделия до первого капитального ремонта 6 лет. Колодочный тормоз типа ТКП, стоящий в приводе вагонотолкателя, включает в себя электромагнит, катушки которого рассчитаны на повторно-кратковременный режим работы (продолжительность включения ПВ не больше 40%) и допускают до 300 включений в час [1]. В связи с постоянными жалобами заказчиков на недостаточную долговечность используемых тормозов работы, направленные на повышение надёжности привода вагонотолкателя являются актуальными.

Для определения параметрической оценки надёжности используемых тормозов на ОАО «Днепротяжмаш» собраны статистические данные по фактическим срокам службы 240 указанных тормозов, минимальный и максимальный сроки службы составили 20 и 43 месяца соответственно. В среднем каждые 300 часов необходим ремонт и регулировка обкладок тормоза.

В работе выполнена статистическая обработка опытных данных о надёжности тормозов по стандартной методике [2], составлен статистический ряд (таб.1). Построена гистограмма статистической плотности (рис.1, кривая 1), выдвинуто три гипотезы о предполагаемом законе распределения.

Таблица 1 – Статистический ряд распределения

i	Интервал	Середина интервала	Кол-во значений в интервале	Частота попадания в интервал $\hat{P}_i = n_i/n$	Статистическая функция распределения $\hat{F}(t)$	Статистическая плотность распределения $\hat{f}(t) = \hat{P}_i/dL$	Гипотезы		
							f(t) Гамма	f(t) Нормальный	f(t) Вейбула
1	20-24	22	9	0,038	0,038	0,0094	0,0096	0,0115	0,0131
2	24-28	26	43	0,179	0,217	0,0448	0,0528	0,0480	0,0351
3	28-32	30	88	0,367	0,583	0,0917	0,0909	0,0883	0,0679
4	32-36	34	64	0,267	0,850	0,0667	0,0659	0,0714	0,0810
5	36-40	38	29	0,121	0,971	0,0302	0,0243	0,0254	0,0428
6	40-44	42	7	0,029	1,000	0,0073	0,0052	0,0040	0,0056

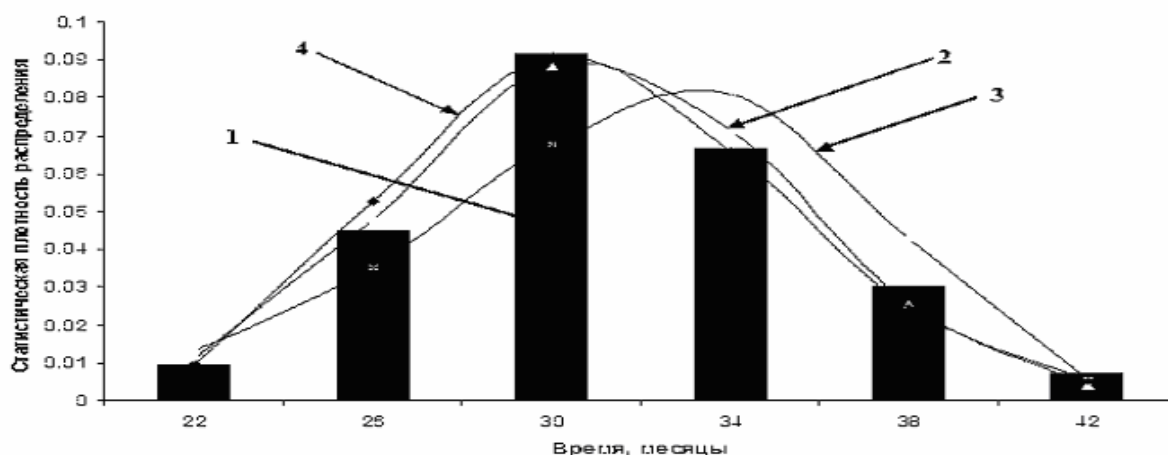


Рисунок 1 - Сравнительный график предполагаемых законов распределения сроков службы колодочного тормоза ТКП – 300 со статистической гистограммой распределения:

- 1- Гистограмма статистических данных; 2- Нормальный закон распределения;
3- Распределение Вейбулла; 4 – Гамма- распределение

Параметры гамма-распределения и нормального определены методом моментов, распределения Вейбулла – методом квантилей. В частности, гамма – распределение, которое оказалось наиболее подходящим, использовалось в виде:

$$f(t) = \frac{I^h}{\Gamma(h)} \cdot t^{h-1} \cdot e^{-It},$$

где h – параметр формы распределения; I – параметр масштаба; $\Gamma(h)$ – гамма-функция, вычисляется для параметра h . Для определения параметров h и I была получена следующая система уравнений:

$$\begin{cases} m_t^{\wedge} = \frac{h}{I}; \\ D_t^{\wedge} = \frac{h}{I^2}, \end{cases}$$

где m_t^{\wedge} – оценка математического ожидания срока службы (среднего срока службы), D_t^{\wedge} – оценка дисперсии срока службы.

Решение системы дало следующий результат: $I = 1.59$, $h = 49.29$. Соответствия между выдвинутыми гипотезами и статистическим материалом проведено по критерию хи-квадрат. Для гамма-распределения, нормального и Вейбулла получены следующие значения критерия $P(\chi^2)$: 0,38; 0,23; 0,00013 соответственно.

Средний срок службы колодочных тормозов составил 30,9 мес. С доверительной вероятностью 0,9 построен доверительный интервал для среднего срока службы: $30,5 < T_{сл} < 31,5$ мес. Девяностопроцентный срок службы – 25 мес. Получены функции вероятности безотказной работы и интенсивности отказов тормозов типа ТКП – 300.

Анализ надежности показал, что гамма – процентный срок службы установленных на вагонотолкателе тормозов (25 мес.) превосходит гарантийный срок службы всего вагонотолкателя (18 мес.), а средний срок службы тормоза вдвое меньше среднего срока службы до капитального ремонта вагонотолкателя.

Для решения возникшей проблемы предложено заменить колодочный тормоз типа ТКП–300, на колодочный тормоз типа ТКТГ-300, у которого стоит электрогидравлический толкатель, рассчитанный на режим работы при ПВ до 100%, и допускает до 720 включений в час [3]. Сравнивая приведенные характеристики тормозов с установленными показателями надёжности для тормозов ТКП–300, эксплуатируемых на вагонотолкателях, можно прогнозировать, что средний срок службы колодочных тормозов типа ТКТГ-300 в этих же условиях работы составит $(720/300) \cdot 30,9 = 74$ месяца. Таким образом, прогнозируемый средний срок службы этих тормозов превзойдёт средний срок службы вагонотолкателя (72 мес.).

Выводы

1. Анализ статистических данных об эксплуатации вагонотолкателей позволил установить, что срок службы тормозов рассеивается по гамма-распределению с параметрами: $I = 1.59$, $h = 49.29$.

2. Для повышения надёжности вагонотолкателя предложено модернизировать его привод путём замены тормозов ТКП–300 на тормоза типа ТКТГ-300.

Перечень ссылок

1. Паспорт “ тормоза колодочные типа ТКТ и ТКП для шкивов диаметром 100, 200 и 300 мм”. – Елгава. 1980.
2. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. – М.: Машиностроение. 1986. – 224 с., ил.
3. Паспорт “ тормоза колодочные типа ТКТГ”.