

## ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРОЛЛЕЙБУСА МАРКИ АКСМ-321

Черепенников О.В.

Научный руководитель: Муравлев О.П., д.т.н., профессор  
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30  
Email: [cherepesp@mail.ru](mailto:cherepesp@mail.ru)

Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. [1]

В данном случае объектом является троллейбус марки АКСМ – 321, который широко применяется во многих городах России.

В Томском городском унитарном муниципальном предприятии «Грамавайно-Троллейбусное управление» (ТГУ МП «ТТУ») троллейбусы этой марки появились в 2010 г. [2] Эксплуатация показала что машины имеют ряд конструктивных изъянов, которые приводят к отказам. Основную долю отказов составляет неисправности тягового электродвигателя (ТЭД).

На троллейбусах марки АКСМ – 321 установлен асинхронный двигатель марки ДТА-1У1, мощностью 180кВт.

Использовались данные по отказам двигателей в период с 2012 года по 2013 года

Суммарное количество отказов за данный период равняется 43.

Данные об отказах приведены в таблице

Таблица. Отказы основных элементов ТЭД

Причина отказа	Количество отказов
Неисправность подшипников	30
Неисправность обмотки статора	9
Неисправность ротора	4
Всего	43

Определим статистическую вероятность отказов за весь период по формуле (1)

$$P^* = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

где m-число отказов узла n- общее число отказов.

Статическая вероятность отказов подшипников:

$$P^*_{II} = \frac{m}{n} = \frac{30}{43} = 0.697.$$

Статическая вероятность отказов обмотки статора:

$$P^*_{OC} = \frac{m}{n} = \frac{9}{43} = 0.209.$$

Статическая вероятность отказов из-за неисправностей ротора:

$$P^*_{P} = \frac{m}{n} = \frac{4}{43} = 0.093.$$

На рис. 1 представлена гистограмма вероятностей отказов двигателей.

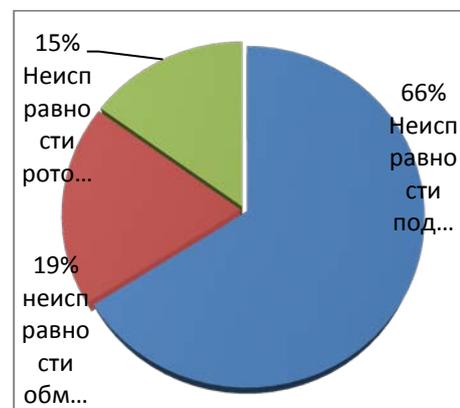


Рис. 1. Отказы основных узлов тягового электродвигателя ДТА 1У1

При анализе надежности технических устройств важным является статистическая обработка данных об отказах, произошедших в процессе эксплуатации. При этом решаются следующие задачи: определяют вид функции плотности распределения отказов, вычисляют параметры полученного распределения, помощью критериев согласия устанавливают степень совпадения экспериментального распределения с предлагаемым теоретическим распределением.

Определим числовые характеристики, закон распределения случайной величины, найдем среднюю наработку на отказ и соответствующее среднеквадратичное отклонение.

Количество случайных чисел (наработок на отказ)  $n = 43$ . Максимальный член ряда  $s_{max} = 25346$  км. Минимальный член ряда  $s_{min} = 573$  км.

Строим гистограмму наработки на отказ (рис. 2)

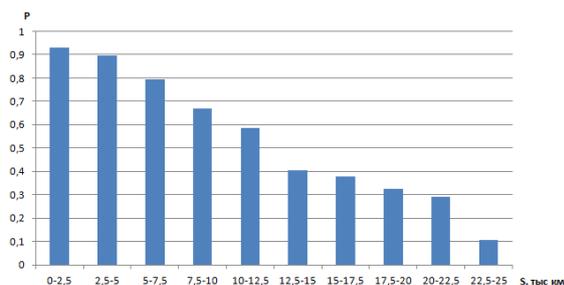


Рис. 2 Гистограмма наработки на отказ ТЭД  
Исходя из характера гистограммы, можно предположить, что исследуемая величина распределена по экспоненциальному закону.

Средняя наработка до отказа  $T_{CP}$  - математическое ожидание до первого отказа. Для определения  $T_{CP}$  необходимо знать время безотказной работы всех испытуемых изделий. Если не все машины отказали, зная количество отказавших изделий  $n$  в каждом  $i$ -м интервале, то:

$$T_{CP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m n_i \cdot S_{CPi}, \quad (2)$$

где  $m$  – число интервалов длительностью  $S_{CPi}$

Исходя из формулы (2)  $T_{CP} = 14157 \text{ км}$

Дифференциальная функция предполагаемого распределения имеет вид:

$$f(x) = 0,00007 \cdot e^{-0,00007x}$$

Используя таблицы функции  $e^{-x}$  из справочной литературы [1], рассчитаем значения плотности для значений середин каждого интервала. По этим значениям строится аппроксимирующая кривая, которая представлена на рис. 4.

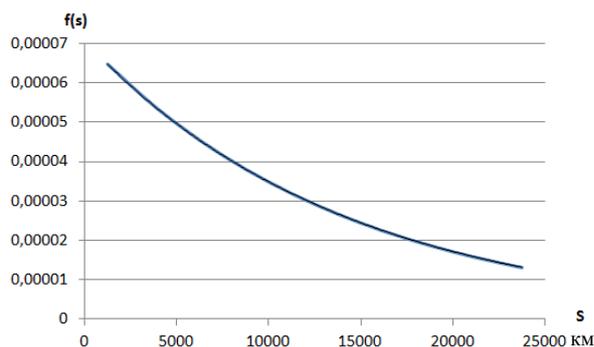


Рис. 3 Аппроксимирующая кривая наработки на отказ

Исходя из характера полученной кривой, можно предположить, что исследуемая величина распределена по экспоненциальному закону. Экспоненциальный закон надёжности справедлив для описания внезапных отказов, когда изделие не успевает ещё износиться. Дальнейшие исследования состоят в проверке совпадения эмпирической кривой распределения, которая осуществляется по критерию Пирсона. Сложив все значения критерия Пирсона для каждого из интервалов, получим искомое  $\chi^2 = 1,28$ . Распределение критерия Пирсона  $\chi^2$  зависит от числа степеней свободы  $r$ . В справочной литературе, [1] для доверительной вероятности  $Q=0,99$  и числа степеней свободы  $r = 8$  находим значение  $\chi^2 = 20,1$ . Рассчитанное значение  $\chi^2 = 19,92 < 20,1$ , следовательно, гипотеза экспоненциальном распределении отказов принимается.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что для повышения надежности рекомендуется заменить элементы двигателя более надежными, либо повысить качество ремонта восстанавливаемых деталей.

Список литературы:

1. Кузнецов Н.Л.. Надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов.- М.: Изд Дом МЭИ, 2006. - 432 с.
2. Сайт ТГУ МП ТТУ [www.ttu.tomsk.ru/company](http://www.ttu.tomsk.ru/company).