

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАМВАЕВ

Калугин В. М.

Научный руководитель: Столярова О.О., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30
Email: viktor_k@sibmail.com

Одним из распространенных средств общественного транспорта в городской транспортной системе России является трамвай. Основная задача данного вида транспорта является осуществление высокого объема пассажироперевозок. Отказы оборудования трамвая приводят к большим экономическим потерям. Поэтому необходимо обеспечить бесперебойную работу данного транспортного средства. В виду этого целесообразно обеспечить надежность трамвая и его основных узлов. Актуальна не только проблема повышения надежности трамваев, но и также, продления срока службы трамвайных вагонов и, как следствие, сокращения затрат на их ремонт.

Целью статьи является оценка эксплуатационной надежности основных узлов трамваев.

Получение данных и их анализ имеют большое значение при рассмотрении данного вопроса. Были проанализированы данные по неисправностям основных узлов трамвая 71-619 КТ (КТМ-19). Информация получена при прохождении научно-производственной практики в Томском трамвайно-троллейбусном управлении. Использовались данные по отказам трамваев в период с января 2012 года по декабрь 2013 года. По результатам анализа была построена диаграмма отказов основных узлов трамвая. Диаграмма отказов узлов трамвая представлена на рис. 1.

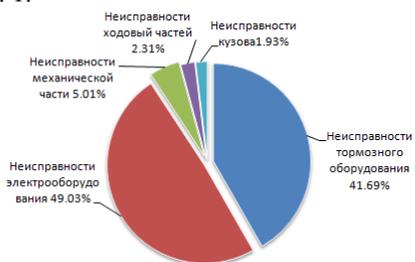


Рис. 1. Отказы основных узлов трамвая в %

Из диаграммы видно, что чаще всего неисправности возникают в электрооборудовании (доля отказов от общего числа составляет 49,03%), тормозном оборудовании (доля отказов от общего числа составляет 41,69%), механических частей (доля отказов от общего числа составляет 5,01%). Чаще всего в электрооборудовании отказы в данный период происходили из-за неисправностей тягового двигателя. В качестве тягового электродвигателя на трамвае 71-619 КТ (КТМ-19), используется двигатель российского производства, марки ЭК-252. На рис. 2 показана динамика выхода из строя тягового

электродвигателя в зависимости от времени года (месяца), где m-число отказов узла.

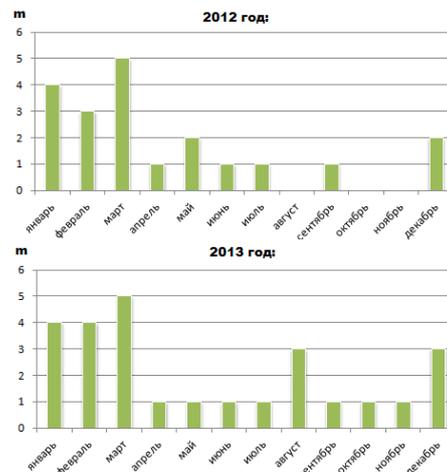


Рис. 2. Динамика выхода из строя тягового электродвигателя в зависимости от времени года

Суммарное количество отказов тягового двигателя за данный период равняется 46. По данным за этот период, которые представлены на рис. 2, была построена диаграмма на рис. 3. Из рис. 3 видно, что основная причина отказа это неисправности шариковых подшипников, которая составляет 36,95% от общего количества выходов из строя тягового двигателя.

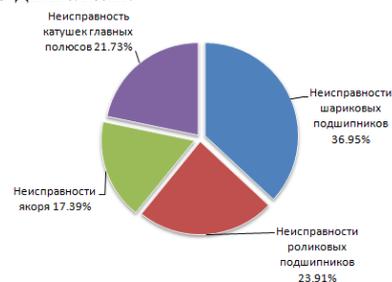


Рис. 3 Отказы основных узлов тягового электродвигателя трамвая 71-619 КТ (КТМ-19) в %

Так как большое количество отказов электродвигателя происходит в виду неисправностей шариковых подшипников целесообразна оценка надежности данных подшипников. При анализе надежности технических устройств особенно важным является статистическая обработка данных об отказах, произошедших в процессе эксплуатации. При этом решаются следующие задачи: определяют вид функции плотности распределения или интегральной функции распределения, вычисляют параметры полученного распределения, помощью критериев согласия устанавливают степень

совпадения экспериментального распределения с предлагаемым теоретическим распределением. Для получения функции распределения отказов необходимо построить, по полученным данным, математическую модель. Математическая модель включает входные параметры (абсолютная частота отказов $n(\Delta s_i)$ - количество наработок на отказ (n) отнесенное к интервалу, границы интервалов Δs_i км, количество интервалов m), выходные параметры (вероятность безотказной работы $P(s)$, интенсивность отказов λ), ограничения (критерий Пирсона $\chi^2 < 6.25$). Произведем математическую обработку, а именно определим числовые характеристики, закон распределения случайной величины, найдем среднюю наработку на отказ и соответствующее среднеквадратичное отклонение. Количество случайных чисел (наработок на отказ) $n = 17$. Максимальный член ряда $s_{\max} = 34700$ км. Минимальный член ряда $s_{\min} = 200$ км. Строим гистограмму, рис. 4.

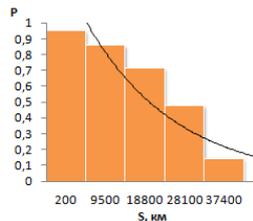


Рис. 4 Гистограмма наработки на отказ шариковых подшипников

По данным из таблицы 1 находим среднюю наработку на отказ всех испытуемых изделий. Дифференциальная функция предполагаемого распределения имеет вид: $f(x) = 0,00005 \cdot e^{-0,00005x}$. Используя таблицы функции e^x из справочной литературы [4], рассчитаем значения плотности для значений середин каждого интервала. По этим значениям строится аппроксимирующая кривая, которая представлена на рис. 5:

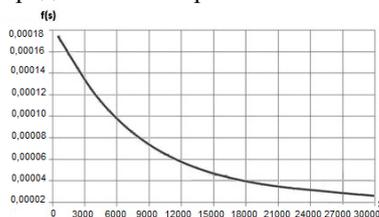


Рис. 5 Аппроксимирующая кривая наработки на отказ

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 χ^2 зависит от числа степеней свободы r . В справочной литературе для доверительной вероятности $Q=0,9$ и числа степеней свободы $r = 3$ находим значение $\chi^2 = 6.25$. Рассчитанное значение $\chi^2 = 0.952 < 6.25$, следовательно, гипотеза экспоненциальном распределении отказов принимается. В виду этого можно сделать вывод, что для повышения надёжности шариковых подшипников следует заменить марку смазки и ограничить попадание влаги губчатой резиной или войлоком, а не менять подшипник целиком.

Таким образом, по полученным данным эксплуатации трамваев было выявлено, что чаще всего неисправности происходят в электрооборудовании (доля отказов от общего числа составляет 49,03%). Отказы шариковых подшипников подчиняются экспоненциальному закону распределения, это позволит продолжать дальнейшие исследования в области эксплуатационной надёжности трамваев.

Список литературы

1. Костенко Н.А. Прогнозирование надёжности транспортных машин// -Машиностроение.- 1989.- 240 с.
2. Зайнетдинов Р.И. Развитие методов оценки работоспособности несущих конструкций подвижного состава с использованием закономерностей самоорганизации/Дис. докт. техн. наук.- М.: МИИТ, 2000.- 435 с.
3. Бачурин Н.С. Методика оценки показателей надёжности трамвайного вагона/Научно-технический журнал "Транспорт Урала".- №1(20).- 2009.-93 с. Режим доступа: [http://vagons.tramvaj.ru/].
4. Острейковский В.А. Теория надёжности: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский. - М.: Высш.шк., 2003. - 463 с.: ил.