

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Н. С. Сталович

*Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Городской электротранспорт (ГЭТ) представляет собой сложную систему, под которой понимается совокупность элементов, предназначенных для выполнения функции перевозки пассажиров [1].

Под надежностью ГЭТ будем понимать стабильность показателей качества и эффективности его функционирования.

Важнейшими понятиями в теории надежности являются отказ элементов системы и их восстановление.

По влиянию на эксплуатационные экономические показатели работы ГЭТ отказы элементов системы подразделяются на две группы. К эксплуатационным относятся отказы, которые приводят к сбою графика и перерыву в движении троллейбусов. К экономической группе относятся отказы, которые ухудшают показатели использования подвижного состава, снижают эффективность использования основных средств, производительность труда и увеличивают себестоимость перевозок.

Для установления зависимости степени влияния уровня надежности каждого элемента на качество функционирования ГЭТ при построении математической модели используем аппарат марковских дискретных случайных процессов с непрерывным временем, предполагая процесс без последовательности, когда при известном настоящем будущее системы не зависит от прошлого.

Модель функционирования подвижного состава в целом представим как некоторую систему с дискретными состояниями:

$$Z(t) = \{Z_0(t), Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_{NS}(t)\},$$

которая переходит из состояния в состояние под действием случайных событий.

Целесообразно рассматривать одно полностью работоспособное состояние системы Z_0 и заданное число состояний Z_K ($K = 0, 1, 2, \dots, NS$), в которых система работает с пониженной эффективностью. Здесь NS – число исследуемых состояний.

В состоянии Z_0 все элементы системы исправны и готовы к выполнению перевозочного процесса.

Состояния Z_K возникают в результате: технических неисправностей; отключения напряжения; обрыва контактной сети; отсутствия или опоздания водителя; дорожно-транспортных происшествий; дорожно-климатических условий; вынужденных простоев на линии; прочих причин.

С точки зрения надежности функционирования системы ГЭТ примем следующие допущения:

– рассматриваются только внезапные отказы, принимая, что на планово-предупредительных ремонтах и техническом обслуживании устраняется возможность появления постепенных отказов;

– поток отказов системы будем считать ординарным, т. е. вероятность двух и более отказов в один момент времени минимально мала по сравнению с вероятностью появления одного отказа;

– процесс функционирования системы ГЭТ является эргодическим;

– состояние системы определяется начальными вероятностями состояний $P^*_{0}(0) = 1, P^*_{K}(0) = 0$, для $K = 1, 2, \dots, NS$ и матрицей переходных вероятностей.

Здесь приняты обозначения: $P^*_{1}(0) = 1$ – начальная вероятность означает, что в начале испытаний система была работоспособна; $P_{J,S}$ – вероятность перехода системы из состояния Z_J в состояние Z_S .

Каждое состояние Z_K характеризуется: средним временем перехода TO_K системы в это состояние; интенсивностью таких отказов $\lambda^*_{0,K}$; средним временем восстановления системы TB_K из этого состояния в работоспособное; интенсивностью восстановления $\mu^*_{K,0}$.

Для расчетов рассмотрим функционирование одного среднестатистического троллейбуса, который представим системой дискретных состояний, определенных выше. В этом случае поток отказов считаем независимыми событиями, когда отказ одного элемента системы приведет к отказу всей системы.

Строим граф состояний системы ГЭТ и определяем коэффициенты системы дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\frac{\partial P_0(t)}{\partial t} = -P_0(t) \sum_{K=1}^m \lambda_{0K} + \sum_{K=1}^{NS} \mu_{K0} \cdot P_K(t);$$

$$\frac{\partial P_S(t)}{\partial t} = \lambda_{0S} P_0(t) - \mu_{S0} P_S(t), \quad S = 1, 2, \dots, NS, \quad NS = 6,$$

при наличии нормировочного условия $\sum_{S=0}^{NS} P_S(t) = 1$.

Графическое решение этой системы осуществляем численными методами с применением математического пакета MATHCAD. По форме кривых выбираем гипотезу – пуассоновское распределение потока отказов и восстановлений.

Для $\lambda_{0K} = \text{const}$ получаем экспоненциальный закон распределения вероятности безотказной работы элемента троллейбуса за время t . Для стационарных состояний примем $\frac{\partial P_K}{\partial t} = 0$. В этом случае решение сводится к системе линейных алгебраических уравнений:

$$\sum_{S=1}^{NS+1} A_{K,S} P_S = 0, \quad K = 1, 2, \dots, NS + 1, \quad NS = 6,$$

для расчета предельных вероятностей P_S , состояний системы.

В качестве экономического показателя надежности принимается среднее значение суммарных затрат на восстановительные работы после отказов (для установившегося движения $P = \text{const}$).

Ожидаемые потери от отказов $M(\Pi)$ могут быть определены как вероятностная величина, равная потерям по всем элементам системы ГЭТ.

Л и т е р а т у р а

1. Зюзин, П. В. Городской электрический транспорт – основа транспортной системы современного города / П. В. Зюзин // Актуальные проблемы эволюции географического пространства : сб. стат. по материалам науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и преподавателей в рамках VI Большого геогр. фестиваля ; под ред. Н. В. Каледина, Р. А. Амбурцева, К. А. Морачевской. – СПб., 2009. – С. 284–289.