

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ ГОРОДА

Н. А. ОЛЕШКЕВИЧ, И. И. ХОМЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Электрический транспорт современного города осуществляет основную долю в перевозке пассажиров, поэтому модернизация и оптимизация его работы является одной из приоритетных задач. Авторами предлагается имитационная модель работы городского электрического транспорта с учетом возможных случайных факторов, влияющих на движение подвижных единиц. Наряду с такими случайными элементами, как светофорное регулирование, выбоины на проезжей части, люди или животные на дороге, в условиях города существует вполне предсказуемый объект – остановки. Особенностью данного элемента является гарантированная полная остановка подвижной единицы, вне зависимости от ее скорости и расположения до остановки. С другой стороны, этот объект характеризуется временем стоянки t_c , которое подвижная единица проведет на остановке, обслуживая пассажиров, интервалом прибытия подвижных единиц на остановку t_{Π} , а также интервалом отправления подвижных единиц с заданной остановки t_o . В результате многочисленных натурных обследований оживленных перегонов г. Гомеля стало очевидно, что эти параметры подчиняются и могут быть описаны определенными вероятностными законами распределения. Математический аппарат особенно удобно использовать при имитации совершенно новых линий городского электрического транспорта. Он позволяет в дальнейшем полностью отказаться от тех натурных обследований, цель которых – определение мощности и характера пассажиропотоков. При натурных обследованиях улиц г. Гомеля широкое участие принимали студенты и сотрудники кафедры «Электрический подвижной состав» Белорусского государственного университета транспорта. Наблюдения производились в течение полных суток на самых оживленных участках транспортной сети. В результате был накоплен обширный статистический материал. Последующая тщательная обработка и анализ таких данных были осуществлены в работах В. Н. Галушко и Д. В. Дорожука. На основании полученных этими авторами результатов была разработана математическая модель для имитации пассажиропотоков заданной транспортной сети. На основании данной модели стали возможными имитация и прогнозирование с большой точностью в реальном времени пассажиропотоков отдельно взятого города. Отклики данной математической модели используются авторами данной статьи как входные параметры для имитации движения подвижных единиц в условиях города. Здесь следует более подробно описать этот процесс.

Исходная величина интервалов прибытия подвижных единиц на остановку t_{Π} описывается одним из двух вероятностных законов распределения:

- логнормальным законом;
- законом гамма-распределения.

Помимо перечисленных законов распределения, пользователю также предоставляется возможность непосредственного задания детерминированного графика выпуска подвижных единиц на линию.

Время t_{Π} при помощи логнормального закона распределения случайных величин вычисляется по формуле

$$t_{\Pi} = Ae^{\sigma(r-6)}, \quad (1)$$

где A – центр рассеивания, с;

$$A = \frac{m}{\frac{\sigma}{e^2}}, \quad (2)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение;

$$\sigma = \sqrt{\ln\left(\left(\frac{g}{m}\right)^2 + 1\right)}, \quad (3)$$

где g – стандартное отклонение искомой величины, c ; m – среднее значение искомой величины, c ;
 r – некоторая случайная величина, подчиняющаяся линейному закону распределения.

Если пользователь выбрал закон гамма-распределения, то искомый интервал t_{Π} будет вычисляться по формуле

$$t_{\Pi} = \frac{-\ln(r)(1 + \sqrt{\cos(6,283\alpha)})}{\lambda}, \quad (4)$$

где r – некоторая случайная величина, подчиняющаяся линейному закону распределения; α – параметр формы, c ; λ – параметр масштаба, c .

Исходная величина времен стоянок подвижных единиц на остановках t_C также может быть описана одним из двух вероятностных законов распределения:

- логнормальным законом;
- законом распределения Вейбулла-Гнеденко.

В случае задания времени стоянки пользователю предоставляется возможность детерминированного определения величины t_C .

Распределение случайной величины для логнормального закона вычисляется по формуле (1). Закон распределения Вейбулла-Гнеденко имеет следующий вид:

$$t_C = e^{\frac{\ln\left(\frac{-\ln(r)}{\lambda}\right)}{\alpha}}, \quad (5)$$

где r – некоторая случайная величина, подчиняющаяся линейному закону распределения; α – параметр формы, c ; λ – параметр масштаба, c .

Использование данного математического аппарата позволяет существенно сократить затраты на натурные обследования транспортных сетей, непосредственно имитируя пассажиропотоки города. В дальнейшем, при накоплении дополнительных статистических данных, а также более глубоком их анализе, в имитационную модель будут введены новые законы распределения случайных величин.

УДК 621.311.4.001.57

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОМЕХ ДВИЖЕНИЮ

Н. А. ОЛЕШКЕВИЧ, И. И. ХОМЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Современный городской электрический транспорт (ГЭТ) работает совместно с другими видами подвижного состава (ПС). Также в условиях города нередки случайные помехи на проезжей части в виде пешеходов, животных, дорожных выбоин. Все вышеперечисленные факторы с точки зрения процесса движения ПС являются случайными. Регулируемые и нерегулируемые перекрестки, несмотря на кажущуюся предсказуемость светофорного регулирования, также являются случайной помехой. Несмотря на сложность поставленной задачи учета всех таких случайностей, имитация непредсказуемых элементов является ключевой в повышении точности и адекватности моделирования движения ГЭТ.

В данной статье предлагается имитационная модель работы ГЭТ с возможностью учета такого случайного фактора, как светофорное регулирование. Начальный выбор исследователями светофорного регулирования объясняется тем, что для имитации такого элемента не требуется использование каких-либо законов распределения и масштабных натурных исследований. Чтобы математически описать такой объект, нужно знать только расстояние, на котором он расположен от условного начала профиля, и цикл работы сигналов светофора во времени. Однако при попытке программно описать данный элемент авторы столкнулись с некоторыми сложностями моделирования. Одна