

## **К ЗАДАЧЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

**Н. С. Сталович, С. Ф. Андреев**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Цель данной работы – моделирование оптимальных условий городских пассажирских перевозок, снижающих транспортную усталость населения, важным показателем которой является время, затраченное пассажиром на внутригородские перемещения.

С точки зрения теории систем, процесс функционирования городского пассажирского транспорта (ГПТ) представляет собой большую систему городских пассажирских перевозок (ГПП) с присущими ей всеми признаками, что оправдывает применение математического моделирования. Так как система обслуживания городского населения транспортом подвержена случайным возмущениям, вносимым как со стороны поступления заявок на перевозки (непредвиденные колебания пассажиропотоков), так и со стороны обслуживающих каналов (непредвиденный отказ единиц подвижного состава), то за базис формирования математической модели ГПТ принимаем аппарат теории сетей массового обслуживания (СеМО) [1].

При моделировании СеМО ГПТ будем исходить из того, что основным способом существования систем такого класса является обмен людскими и материальными ресурсами, который реализуется в виде случайных потоков требований на обслуживание. Каждому такому потоку соответствует независимая последовательность моментов времени, в которые эти события происходили. Основной задачей СеМО ГПТ является перевозка пассажиров. Техническое обслуживание транспортных единиц и обеспечение дорожных условий для движения транспортных единиц по маршрутам – второстепенные задачи.

В связи с указанными задачами назовем подсистемы СеМО ГПТ как взаимосвязанные друг с другом системы массового обслуживания (СМО):

1) СМО УДС – улично-дорожная сеть, обеспечивающая необходимую пропускную способность для транспортных единиц, это разветвленные маршруты различных видов пассажирского транспорта. На каждом маршруте расположено определенное число остановочных пунктов. СМО УДС, состоящая из определенного числа маршрутов разных видов транспорта, обслуживает маршрутные потоки транспортных единиц (ТЕ). На каждый маршрут выделяется необходимое число транспортных единиц. По параметрам СМО УДС определяется: а) время отправления транспортной единицы от начального остановочного пункта маршрута; б) время прибытия транспортной единицы на промежуточные остановочные пункты маршрута; в) время ожидания транспортной единицы на промежуточном остановочном пункте. Некоторые промежуточные остановочные пункты исследуемого маршрута могут одновременно принадлежать другим маршрутам улично-дорожной сети, проходящим через эти пункты;

2) СМО ПЗ – пешеходная зона, обеспечивающая пешеходную доступность к остановочным пунктам. В пешеходных зонах зарождается пешеходный пассажиропоток, который с интенсивностью  $\lambda_{л0_i}$ , направляется к ближайшему остановочному пункту. Пешеходный пассажиропоток – это независимая последовательность моментов времени попадания пассажира в различные состояния в пешеходной зоне. В СМО ПЗ решается задача определения времени пешеходного подхода пассажира к остановочному пункту. Остановочные пункты выполняют роль накопителей заявок на транспортное обслуживание транспортными единицами исследуемого маршрута. Здесь же формируются матрицы корреспонденций  $\|R_{ij}\|$ , для формирования которых используется информация о пассажиропотоках;

3) СМО ТП – транспортные предприятия различных видов пассажирского транспорта, обеспечивающие надежность функционирования транспортных единиц на маршрутах.

Поток транспортных единиц в СМО УДС – последовательность моментов времени нахождения ТЕ в состояниях: а) движение по перегонам с различной пропускной способностью; б) остановка на регулируемом перекрестке; в) остановка для высадки-посадки пассажиров; г) остановка на конечном остановочном пункте.

Поток транспортных единиц с эксплуатационными отказами в СМО ТП – независимая последовательность моментов отказов ТЕ, находящихся в СМО УДС. Для процесса технического обслуживания и ремонта транспортных единиц возможны следующие состояния: а) безотказное функционирование ТЕ на маршруте; б) отказ ТЕ; транспортировка в пункт ремонта; в) ожидание ремонта в очереди; г) ремонт ТЕ; д) ожидание выхода на УДС исправной ТЕ.

Для СеМО ГПТ принимаются заявки: а) на пассажирские перевозки, не одинаковые по объему, зависящие от времени и места нахождения пассажира; б) на обслуживание транспортных единиц при их передвижении по УДС; в) на техническое

обслуживание и ремонт транспортных единиц. Каналами обслуживания в такой сети будем считать соответственно: подвижной состав, улично-дорожную сеть, включающую перекрестки, перегоны и остановочные пункты, а также все технические посты транспортных предприятий. Активным агентом в СеМО ГПТ будем считать пассажиропоток, направленный из остановочного пункта  $A_i$  в пункт  $A_j$ . Интенсивность потока транспортных единиц является функцией пассажиропотока, учитывающей затраченное пассажиром время на подход пассажира к остановке; ожидание пассажиром транспорта; посадку в транспортную единицу, пересадку на другой маршрут, передвижение в транспортной единице. На рис. 1. показан обобщенный граф состояний пассажира, иллюстрирующий его участие в процессе функционирования трех систем массового обслуживания.

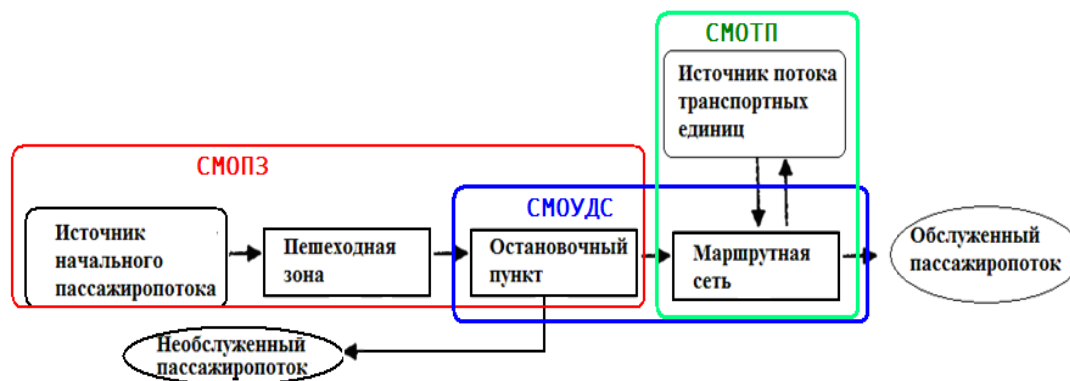


Рис. 1. Граф состояний пассажира

В полученной нами математической модели время, затраченное пассажиром, определяется как функция переменных по времени вероятностей нахождения всех участвующих в процессе заявок в соответствующих этим заявкам состояниях. Зависимости вероятностей от времени находятся решением систем уравнений Колмогорова, составленных по размеченным графам состояний всех участвующих в процессе пассажирских перевозок заявок на обслуживание.

#### Литература

1. Ивницкий, В. А. Теория сетей массового обслуживания / В. А. Ивницкий – М. : Физ.-мат. лит., 2004. – 772 с.