

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПАССАЖИРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

**О.П. Алексеев, профессор, д.т.н., С.В. Пронин, аспирант,  
ХНАДУ**

*Аннотация.* Рассмотрен и предложен подход к созданию имитационных моделей оперативной работы пассажирского транспорта.

*Ключевые слова:* транспортная система, управление транспортом, маршрут, имитационная модель.

### **Введение**

Одним из важнейших условий повышения качества удовлетворения потребности населения крупных городов в перевозке и улучшения экономических показателей работы городского общественного пассажирского транспорта есть повышение эффективности оперативного диспетчерского управления движением городского пассажирского транспорта (ГПТ). Это обеспечит наиболее полное и эффективное использование потенциальных возможностей сети общественного пассажирского транспорта города для предоставления транспортных услуг обитателям города. Качество предоставления населению услуг по перевозкам определяется регулярностью движения и вместимостью подвижного состава, безопасностью движения и комфортностью перевозок пассажиров в условиях ограничений относительно состава и состояния парка транспортных средств.

Повышение эффективности оперативного диспетчерского управления движением городского общественного пассажирского транспорта на основании повышения уровня автоматизации и внедрения новых информационных технологий обеспечивает разработку и внедрение в эксплуатацию автоматизированной системы управления и контроля движения городского пассажирского транспорта.

### **Анализ публикаций**

На сегодняшний момент создание АСУ транспорта является не просто задачей авто-

матизации управления соответствующей подсистемой транспортного комплекса. Это есть процесс информатизации транспортного обслуживания обитателей большого города. Следует отметить, что сегодня имеет большое значение применение на транспорте современных спутниковых [1, 2] включительно с другими прогрессивными технологиями управления подвижными объектами, которые активно применяют в системах управления движением на разных транспортных магистралях больших зарубежных городов (RTI, IVHS-технологии управления движением автотранспортных средств [2]). В странах СНГ такие информационные технологии приобретают большое значение. Их приложение базируется на достижениях в автоматизации управления транспортом городов и регионов, представлением обитателям транспортных услуг как на принципах создания автоматизированных систем управления транспортными предприятиями, так и на новой теоретической основе транспортной логистики, логистики сервиса, автоматизации логистических систем [3].

Динамика развития больших городов, постоянное изменение их транспортной инфраструктуры не позволяет применить для проектирования автоматизированных систем оперативного управления готовых, апробированных в других городах, решений благодаря индивидуальной специфике практически любого города или региона. Анализ многокритериального подхода согласно исследованиям, которые выполнялись раньше, новые концепции и оценка традиционной методологии автоматизации управления на

автотранспорте [4, 5] позволяют утверждать о необходимости принципиально новых разработок, принятия новых решений относительно применения новейших прогрессивных технологий управления разными подвижными единицами общественного пассажирского транспорта больших городов. Это целиком отвечает ситуации в усовершенствовании транспортного обслуживания обитателей больших городов, что сложилась на Украине, распространению средств новейших информационных, интеллектуальных, спутниковых технологий управления в транспортных системах [5]

Согласно изложенному в основу методологии проектирования данных систем положены принципы интеллектуализации подсистем и звеньев транспортного комплекса большого города согласно общей практике компьютеризации [5]. Потому, выполняя математическое моделирование, разрабатывая алгоритмическое и программное обеспечение, рекомендуется для последующей разработки функциональных задач системы оперативного управления транспортом руководствоваться общими методами исследования операций [5], обобщенным подходом к разработке алгоритмов и программ, который использовался для разработки аналогичных систем.

### Цель и постановка задачи

На наш взгляд, построение такой системы необходимо начинать из создания мобильных пунктов наблюдения за движением общественного транспорта. Такие пункты могут выполнять все функции наблюдения за местонахождением подвижных единиц, пассажиров, состоянием маршрутов в целом. Это есть своеобразные макетные подвижные единицы, которые имеют в своем составе необходимую аппаратуру для мониторинга состояния транспортных средств и коммуникаций, а также реализуют функции накопления данных по отдельным маршрутам.

Мобильный пункт базируется на автомобильном шасси и оборудуется необходимым оборудованием, состав которого может изменяться в зависимости от конкретных задач и условий функционирования. Одним из важных направлений применения мобильного пункта есть подготовка выходных данных для оптимизации маршрутной сети города и графика движения транспортных единиц.

### Общий вид имитационной модели

Работу АСУ ГПТ можно представить в несколько уровней:

- 1 уровень: работа подвижной единицы;
- 2 уровень: функционирование маршрута;
- 3 уровень: функционирование транспортной системы в целом.

Каждый уровень такой системы должен иметь свою имитационную модель. При этом входная информация для модели может быть выходной информацией из модели любого уровня, т.е. предусматривать обратную связь.

Остановимся подробнее на приведенных выше моделях. Так как основным звеном маршрутной транспортной системы является маршрут, а он состоит из транспортных средств, то возможно объединить первый и второй уровни в один, характеризующий работу маршрута.

В модель маршрута в качестве входных параметров задаются номер транспортных средств, работающих на маршруте, график выпуска транспортных средств, расписание движения на маршруте, возможный пассажиропоток, а также возможное состояние транспортных коммуникаций на маршруте. Непосредственно транспортное средство в процессе работы является носителем следующей информации, а именно техническое состояние транспортного средства, его местоположение, скорость, время стоянки на остановочных пунктах, наполнение салона транспортного средства. Следующие данные дают полную информацию о режиме движения, возможных причинах отклонений, возможности коррекции работы транспортного средства. На основе этих данных моделируется работа маршрута с возможной коррекцией расписания движения транспортных средств. Функциональная схема имитационной модели маршрута представлена на рис. 1.

На рис. 1 представлена имитационная модель формирования диспетчерского воздействия, формируемого в мобильном диспетчерском пункте.

Имитационная модель работы маршрута может иметь следующий вид:

$$M = [Q(t), L, P(t)], \quad (1)$$

где  $M$  – модель маршрута;  $Q(t)$  – состояние транспортных средств;  $L(t)$  – состояние транспортной коммуникации;  $P(T)$  – состояние пассажиропотока на маршруте

Выражение (1) можно представить как систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} Q(t) &= \sum_{i=1}^n q[m(t), n(t), i(t), v(t)] \\ L &= [l, o] \\ P &= \sum_i p_{ij}(t), i=1, \dots, n; j=1, \dots, n \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $q[m(t), n(t), i(t), v(t)]$  – состояние транспортных средств на маршруте, характеризующее наполнением салона  $n(t)$ , местоположением транспортного средства  $m(t)$ , интервалами движения  $i(t)$ , скоростью движения  $v(t)$ ;  $p_{ij}(t)$  – объем пассажиропотоков по перегонам маршрута, изменяющихся во времени;  $[l, o]$  – длина перегонов ( $l$ ), количество и расположение остановочных пунктов ( $o$ ).

Процесс пассажирообразования можно представить следующим выражением:

$$p_{ij} = [p_{тс}(t); p_{оп}(t); p_{вх}; p_{вых}; \tau(t); A], \quad (3)$$

где  $p_{тс}$  – количество пассажиров, находящихся в транспортном средстве между  $i$ -м и  $j$ -м остановочными пунктами;  $p_{оп}$  – количество пассажиров, находящихся на остановочных пунктах;  $p_{вых}$  – количество пассажиров, сошедших на  $i$ -м остановочном пункте;  $p_{вх}$  – количество пассажиров, вошедших в транспортное средство на  $j$ -м остановочном пункте;  $\tau(t)$  – плотность пассажиропотока на маршруте;  $A$  – вместимость транспортного средства.

Следующем уровне является транспортная система в целом. Управление системой осуществляется на уровне диспетчерского центра. Применяемые на данном уровне модели должны учитывать возможности согласования работы различных маршрутов, анализировать алгоритмы распределения транспортных средств по маршрутам, переброски транспортных средств с маршрута на маршрут, эффективное использование резерва,



Рис. 1. Схема имитационной модели работы маршрута

общую динамику распределения пассажиропотоков, общий анализ качества перевозок и функционирования транспортной системы в целом.

### **Выводы**

Рассмотрен предложенный подход к построению имитационных моделей работы пассажирского транспорта. Данные модели могут быть использованы в качестве алгоритмического обеспечения автоматизированных систем управления и контроля работы городского пассажирского транспорта. В качестве математического аппарата в данных моделях предполагается использовать аппарат интеллектуальных технологий, который хорошо зарекомендовал себя именно при применении его в автоматизированных системах.

### **Литература**

1. Алексієв О.П., Алексієв В.О., Серіков С. А., Підвищення ефективності управління

- громадським пасажирським автотранспортом / Вестник ХНАДУ. – Харьков, ХНАДУ. – 2003. – Вып. 22. – С. 56 – 61.
2. Алексеев В.О. Интеллектуальная технология организации движения транспортных средств // Автомобильный транспорт – Харьков: ХНАДУ. – 2002. – Вып.10. – С. 305 – 311.
3. Спирин И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом – М.: ИКЦ Академкнига, 2004. – 310 с.
4. Рева В.М., Лигум Ю.С. и др. Оперативное управление городским пассажирским транспортом – К.: Техника, 1982. – 175 с.
5. Макаров И.П., Ямпольский В.З. Автоматизация управления городским транспортом. – М.: Транспорт, 1981. – 256 с.

Рецензент: А.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 5 октября 2007 г.