

Для полного потока требований достаточно знать, какова вероятность того, что за время  $(0, t_1)$  поступит  $k_1$  требований, за время  $(0, t_2)$  поступит  $k_2$  требований и т.д. Если эта вероятность будет описана для любой группы  $k_1, k_2, \dots, k_n$  и  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , то поток будет полностью описан. Эту вероятность можно обозначить через

$$P\{X(t_1)=k_1, X(t_2)=k_2, \dots, X(t_n)=k_n\}.$$

Зная эти вероятности, всегда можно ответить на любой вопрос о потоке требований и определить любую его характеристику, используя статистические данные обследований автостоянок или мест парковки.

1.Иванов Ю.В. Автостоянки, основы методики их расчета и проектирования в городах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МАДИ, 1952. – 16 с.

2.Сосновский В.П. Трансформация функциональной и транспортной структуры исторических центров крупнейших городов: Автореф. дис. ... канд. archit. – М., 1974. – 19 с.

Получено 11.01.2002

УДК 338.244, 656.132

Л.И.НЕФЁДОВ, д-р техн. наук, А.А.ШЕВЧЕНКО

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ**

Рассматриваются задачи маршрутизации перевозок на различных уровнях управления городским транспортом. Проведена постановка задачи маршрутизации на уровне тактического управления.

Задачи управления проектами пассажирских перевозок на городском транспорте можно разбить на три уровня: стратегического управления (перспективное планирование на пятилетний период и более); тактического управления (годовое планирование с детализацией по сезонам); оперативного управления (управление в течение суток в реальном масштабе времени, диспетчерское управление).

Одной из центральных задач, решаемых на каждом уровне управления, является задача маршрутизации перевозок. Маршрутизация перевозок представляется как комплекс трех задач: 1) выбора и прокладки маршрута; 2) распределения транспортных средств (ТС); 3) определения элементов расписания. Рассмотрим особенности этих задач для каждого уровня управления проектами.

Стратегическое управление предусматривает долгосрочное прогнозирование развития транспортной системы. На этом уровне для решения задачи маршрутизации проводится прогнозирование транс-

портной сети; пассажиропотоков на транспортной сети; развития маршрутной системы по видам транспорта; парка подвижного состава и выбор рациональных типов. Исходными данными являются: план города с существующей и проектируемой застройкой; схемы транспортной и маршрутной сети; результаты специально проводимых обследований расселения трудящихся по отношению к месту работы, подвижности населения и т.д. [1-3].

Применение принципа взаимных корреспонденций [3], предусматривающего транспортное районирование территории города и расчета корреспонденций между парой транспортных районов, позволяет определить объем межрайонных перевозок. При этом используются экстраполяционные или вероятностные модели определения корреспонденций между районами.

Рассчитанные объемы межрайонных корреспонденций " налагаются " на транспортную сеть и производится грубое построение маршрутной сети, т.е. решается первая подзадача маршрутизации перевозок. Строящаяся сеть маршрутов должна удовлетворять следующим требованиям [3, 4]: каждый маршрут должен связывать кратчайшим путем пассажирообразующие районы (пункты); маршрутная сеть в целом должна обеспечивать наименьшую пересадочность, наименьшие затраты времени на поездку. После этого на полученной системе маршрутов решается задача распределения ТС по модели, описывающей характер движения ТС по маршруту [5]. В связи с низкой достоверностью данных и их неполнотой решение задач стратегического управления надо проводить для трех сценариев развития внешней среды: пессимистического, оптимистического, реалистического. Время решения не лимитировано и может быть довольно большим.

При тактическом управлении маршрутизация перевозок представлена следующими задачами: корректировка маршрутной сети, выбор укороченных и скоростных маршрутов; распределение подвижного состава между маршрутами одного вида транспорта; разработка расписаний работы поездных бригад на каждом маршруте. Исходными данными являются сведения: о пассажиропотоках действующей маршрутной сети (матрица корреспонденций между транспортными районами (остановочными пунктами (ОП) маршрута); о входе, выходе пассажиров на ОП; о пассажиропотоках по участкам маршрутов, о структуре маршрутной сети (транспортное районирование города, длина перегонов и время проезда по ним, количество ОП на сети), количественных и качественных показателей функционирования сети.

При тактическом управлении задача маршрутизации сводится к коррекции маршрутной сети путем локального изменения параметров

отдельных ее участков. В эту коррекцию входят: введение дополнительных укороченных или удлиненных маршрутов, работающих постоянно или временно на участках сети совместно с основными маршрутами; ликвидация ненагруженных маршрутов, экономические показатели которых ниже плановых, с последующим перераспределением пассажиропотоков между корректируемыми маршрутами. Затем по каждому маршруту в соответствии с его загрузкой по часам суток решаются вторая и третья подзадачи маршрутизации. Одним из основных требований, выдвигаемых на этом уровне управления, является равномерное распределение пассажиропотоков по участкам маршрутов.

Достоверность и полнота информации здесь выше, чем для задач стратегического управления. Данные о структуре маршрутной сети и ее функционировании имеют высокую точность. Сложнее получить информацию о пассажиропотоках, достоверность которой влияет на точность решения задач коррекции маршрутной сети. Время решения не лимитируется и может быть довольно большим.

Маршрутизация перевозок на уровне оперативного управления представлена следующими задачами: оперативная корректировка маршрутной сети; перераспределение перевозок между маршрутами; составление оперативных расписаний и графиков движения ТС. Исходными данными для этого уровня управления являются: выпуск подвижного состава и его наполнение; накопление пассажиров на ОП и пересадочных узлах; регулярность движения и сведения о дислокации ТС на маршрутах; информация о сбоях в движении.

На основании информации о сбоях в движении проводится восстановление нарушенного графика движения. Основным критерием при этом является поддержание заданного графика или интервала движения. Время решения лимитировано транспортной технологией, поэтому принятие решения должно производиться в реальном масштабе времени.

Наиболее проработанными и исследованными являются задачи стратегического управления [1, 5, 6], а по задачам тактического и оперативного управления еще ведутся интенсивные исследования.

Рассмотрим подробнее задачу тактического управления перевозками на этапе годового, сезонного планирования. Ставится задача анализа маршрутной схемы и ее корректировки (регулирования) в соответствии с требованием равномерного распределения пассажиропотоков по участкам маршрутов, которое можно интерпретировать как соответствие предоставляемых на участке маршрута пассажиромест количеству пассажиров, запрашивающих эту перевозку. В противном

случае это приводит к нехватке или избыточности транспорта на участках маршрута, т.е. к неэффективному использованию подвижного состава по наполнению, недогрузке одних и перегрузке других участков и в конечном счете к снижению качества транспортного обслуживания.

Избыточная транспортная работа ( $\Delta Q$ ) связана с предоставлением "лишних" мест на некоторых участках маршрута. Каждый  $i$ -й участок маршрута характеризуется мощностью пассажиропотока ( $R_i$ ), представляющей спрос населения на перевозки по  $i$ -му участку в единицу времени. Тогда выполненная транспортная работа ( $Q$ ) на маршруте будет определяться [3] как

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n R_i l_i}{T},$$

где  $n$  – количество участков маршрута;  $l_i$  – длина  $i$ -го участка, км;  $T$  – время обслуживания, ч.

Количество необходимых предоставленных маршрутом мест ( $M$ ) для перевозки рассчитывают по значению расчетной мощности пассажиропотока ( $R_p$ ):

$$M = R_p \sum_{i=1}^n l_i,$$

где  $R_p$  может быть представлена: мощностью пассажиропотока наиболее загруженного участка маршрута ( $R_{\max}$ ); средней мощностью пассажиропотока маршрута ( $R_{cp}$ ); эквивалентной мощностью ( $R_9$ ).

Выбор расчетной мощности пассажиропотока в разные часы суток в зависимости от загруженности маршрута и обеспеченности подвижным составом требует дальнейших исследований.

Избыточная транспортная работа ( $\Delta Q$ ), определяемая как

$$\Delta Q = M - Q,$$

будет стремиться к минимуму при более равномерном распределении пассажиропотока по длине маршрута. Для оценки распределения используем показатель коэффициент заполнения картограммы маршрута

$K_{зк}$ :

$$K_{зк} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i l_i}{R_p \sum_{i=1}^n l_i} = \frac{Q}{M}.$$

Чем ближе  $K_{зк}$  к единице, тем равномернее распределен пассажиропоток по длине маршрута, тем больше соответствие между спросом и предложением  $Q$  и  $M$ .

В связи с потребностью пассажиров совершать поездки по маршруту на разную длину, действующей маршрутной схеме свойственна неравномерность распределения мощности пассажиропотока по длине маршрута как в часовые, так и внутрисуточные временные периоды. Поэтому маршрутной схемой нужно управлять. Задача управления сводится к задаче оптимального распределения пассажиропотоков участков транспортной сети между существующими или вновь проектируемыми маршрутами с целью получения маршрутов с равномерной загрузкой по длине. Принятие эффективного решения возможно в результате анализа картограмм пассажиропотоков каждого маршрута в отдельности с точки зрения прямых беспересадочных связей, оцениваемых коэффициентом пересадочности ( $K_{пер}$ ), и равномерности мощности пассажиропотока по длине, измеряемой коэффициентом заполнения картограммы. Рассматривая совокупность маршрутов локально по районам сети, можно добиться равномерной загрузки по длине маршрутов путем частичных изменений в маршрутной схеме (появление новых маршрутов и перераспределение загрузки между ними и старыми маршрутами или только перераспределение загрузки между старыми маршрутами). Исходными данными для этой задачи должны быть: суточная картограмма пассажиропотоков по сети района (города); картограммы пассажиропотоков маршрутов; суточная матрица корреспонденций маршрутов.

Таким образом, задача управления перевозками на уровне тактического управления, представленная в виде неформализованных рекомендаций и общих приемов, требует разработки ее математической постановки с выбором целевой функции и системы ограничений.

1. Артынов А.П., Скалецкий В.В. Автоматизация процессов планирования и управления транспортными системами. — М.: Наука, 1981. — 280 с.

2. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. — М.: Транспорт, 1990. — 208 с.

3. Овечников Е.В., Фишельсон М.А. Городской транспорт. – М.: Высш. шк., 1976. – 382 с.

4. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. – Харьков: Основа, 1992. – 144 с.

5. Артынов А.П. и др. Автоматизация управления транспортными системами. – М.: Наука, 1984. – 272 с.

6. Резер С.М. Управление транспортом за рубежом. – М.: Наука, 1994.

Получено 10.01.2002

УДК 621.333

В.Х.ДАЛЕКА, канд. техн. наук

Харківська державна академія міського господарства

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПОЖИВАННЯ РЕСУРСІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Розглядається питання розробки математичної моделі перетворення попиту на транспортні послуги до транспортної роботи та витрат ресурсів і отримання доходів. Запропоновано вибір стратегії господарської діяльності підприємств транспорту проводити на основі розв'язання мінімаксної задачі.

На сьогодні виконано багато досліджень з оптимізації показників конструкції технічних засобів, розробки прийомів оптимальної організації експлуатації, створення оптимальних систем технічної експлуатації [1-3]. Але як у цих дослідженнях, так і в практиці планування діяльності підприємств міського електротранспорту завжди виходять, навіть без спеціальних нагадувань, з принципу усталеності балансу взаємодій складових, що розглядаються. Інакше кажучи, досі не враховувалися ситуації, коли видатки на експлуатацію, навіть оптимізовані, не перекриваються відповідними надходженнями, коли втрата технічного ресурсу основних фондів не може бути компенсована амортизаційними відрахуваннями тощо. Тому розглядувана тут модель перетворення попиту на транспортні послуги до транспортної роботи та витрат ресурсів не є всеохоплюючою і, таким чином, виступає складовою частиною більш загальної моделі.

З найбільш загальних позицій функціонування міського електротранспорту є процесом життєдіяльності об'єкта, в якому відбувається перетворення ресурсів, потрібних для виконання призначення цього об'єкта. При цьому ресурсом вважається, незалежно від його природи, все, що має відношення до діяльності об'єкта, змінюється в часі відповідно до призначення об'єкта і може бути виміряне загальною одиницею (звичайно у грошовій формі). Ресурси у вигляді дотацій від міського бюджету і отриманих доходів від перевезень надходять ззовні до об'єкта, створюються самим об'єктом і споживаються у вигляді транс-