

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

**Войда О. С., Масленникова А.А.,
научный руководитель Смирнова А.В.
Сибирский федеральный университет**

Применительно к пассажирским перевозкам логистика рассматривается как совокупность проектных решений, технических средств и методов организации и управления, которые обеспечивают заданный уровень обслуживания с доставкой пассажиров от “двери до двери” в определенное время при минимальных затратах. Функционирование логистической системы позволяет получать представление о состоянии рынка пассажиров и своевременно корректировать работу городских пассажирских перевозок для обеспечения наиболее точного соответствия потребностям пассажиров.

Логистический подход к организации пассажирских перевозок предполагает как можно более полный учет требований пассажиров, которые являются потребителями транспортных услуг городского транспорта. Важным фактором качества транспортного обслуживания является скорость сообщения, которая прямо определяет время, затрачиваемое пассажиром на поездку. Многочисленными исследованиями установлено, что скорость сообщения связана степенной зависимостью с длиной перегона. Чем больше расстояние между остановочными пунктами, тем выше скорость сообщения, тем меньше времени пассажир тратит на поездку.

Количество остановочных пунктов на маршруте неоднозначным образом влияет на качество обслуживания пассажиров: если остановок мало, то увеличивается длина перегона и возрастает скорость сообщения. Но это может привести к увеличению времени подхода пассажира к остановке. Желание уменьшить время подхода пассажира к остановке и увеличение количества остановочных пунктов приводит в ряде случаев к тому, что скорость сообщения на отдельных участках маршрута становится близкой к скорости пешехода. Чрезмерное количество остановок и заниженная длина перегона приводит к перерасходу топлива и энергии, повышенному износу транспортных средств и их преждевременному выходу из строя, утомлению водителей, снижению безопасности дорожного движения.

Сравнение и выбор транспортных средств представляет собой многокритериальную задачу. Можно выделить, по крайней мере, десять показателей, влияющих на выбор подвижного состава, большинство которых являются взаимно независимыми:

- 1) вместимость транспортного средства;
- 2) рыночная стоимость и стоимость ввода в эксплуатацию;
- 3) эксплуатационные затраты;
- 4) тягово-скоростные качества;
- 5) удобство пользования для пассажиров;
- 6) использование габаритных размеров и массы;
- 7) топливная экономичность;
- 8) эксплуатационная технологичность транспортного средства;
- 9) безопасность (активная, пассивная, послеаварийная);
- 10) экологичность транспортного средства.

Эти показатели неравнозначны, формирование на их основе интегральной оценки представляет собой сложную задачу, решение которой зависит от конкретных условий перевозок, а также от предпочтений и квалификации руководителя, в компетенции которого находится этот вопрос. Важность этих показателей неодинакова для перевозчика, для пассажира и для общества в целом. Например, предпринимателю важна стоимость приобретения транспортного средства, пассажиру — удобство использования, а общество в целом заинтересовано в увеличении безопасности дорожного движения и снижении экологической нагрузки. Это означает, что при сохранении свободы выбора транспортного средства перевозчиком имеется сфера принятия компромиссных решений путем введения нормативных ограничений со стороны директивных органов по ряду параметров, получения конкурентных преимуществ за счет учета требований потребителей транспортных услуг.

Задача несколько упрощается, если решать ее в несколько этапов. На первом этапе перечень показателей упорядочивается с точки зрения их важности для выбора решения. Сравнение конкурирующих вариантов проводится по самому важному показателю, за счет чего сокращается количество альтернатив. На втором этапе определяется то, по каким показателям имеется существенное отличие у сравниваемых марок транспортных средств. Среди них также выделяется наиболее важный показатель, сокращая круг сравниваемых вариантов. Путем нескольких итераций выбирается транспортное средство, наиболее рациональное с точки зрения руководителя для данных условий перевозок.

Наиболее важной и ответственной задачей при организации пассажирских перевозок в городах является определение рациональных маршрутов движения транспорта. Решение этой задачи методами математической оптимизации является проблематичным из-за сложности учета в модели множества факторов, из которых не все поддаются формализованному описанию. Наиболее распространенный критерий оптимизации — это минимум суммарных затрат времени на передвижение, включая подход к остановке, ожидание транспорта, пересадки и следование по маршруту. Чтобы получить его значение, требуются статистико-вероятностные данные о затратах времени на поездку различными категориями пассажиров. Это неизбежно придает вероятностный характер и самому полученному «оптимальному» решению.

Представляется, что сама постановка задачи построения рациональной маршрутной сети должна быть несколько скорректирована. Во-первых, затраты времени пассажира на поездку зависят не только от того, насколько рациональны маршруты, но и от графика движения транспортных средств и от того как он соблюдается. Это значит, что критерий решения задачи маршрутизации может отличаться от приведенного. Во-вторых, нельзя ставить целью (и соответственно формировать таким образом целевую функцию) создание системы пассажирского транспорта, обеспечивающего равномерный и минимальный интервал движения по всей городской территории на протяжении всего времени суток. Такую цель тем более не следует ставить, поскольку маршрутная сеть по общепринятым методикам должна строиться по результатам обследования пассажиропотоков в утренний час пик в зимнее время.

Ситуации транспортного обслуживания жителей города различны, методы их разрешения также должны различаться. Приемлемое для практики решение может быть найдено методом таблиц сетевых корреспонденции между зонами маршрута.

Составление маршрутов должно основываться на информации о сетевых корреспонденциях пассажиров, которая отражает транспортные потребности жителей города. Исходным пунктом составления маршрутов является опрос пассажиров о начальных и конечных пунктах их передвижений и о времени совершения поездок в прямом и обратных направлениях. Результатом опроса пассажиров является матрица пассажиропотоков. На ее основе происходит формирование маршрутов.

Необходимо, чтобы транспортные средства не просто обеспечивали связь различных районов города между собой, но в первую очередь удовлетворяли реальные, имеющие четкие временные и пространственные характеристики транспортные потребности жителей города. Тем самым будет реализован один из основных принципов логистических систем - первоочередное удовлетворение требований потребителя.

Для удовлетворения цели, представленной выше, необходимо производить моделирование городских пассажирских перевозок.

В логистической системе городского пассажирского транспорта компромисс составляющих ее элементов достигается на основе централизованного управления со стороны муниципальных органов власти и применения логистических информационных технологий, основанных на широком использовании ЭВМ.

В структурном плане логистическую информационную систему можно представить в виде следующих компонентов: базы данных и банка моделей. База данных — это информация о внутренней среде логистической системы пассажирского транспорта (интервалы движения, количество подвижного состава на маршрутах и т.п.), данные о потребности в перевозках и данные о пассажиропотоках. Банк моделей содержит в себе математические модели, используемые для описания и анализа взаимодействий в логистической системе, а также для планирования и прогнозирования.

Функционирование информационной системы позволяет получать представление о состоянии рынка пассажиров и своевременно корректировать работу городского пассажирского транспорта для обеспечения наиболее точного соответствия потребностям пассажиров.

Учитывая особенность использования методов математического моделирования на стадии текущего планирования и управления транспортными процессами для решения задач распределения подвижных единиц по маршрутам и выбора оптимального числа подвижных единиц на каждом маршруте, целесообразно воспользоваться в качестве составной части банка моделей следующей моделью изолированного маршрута:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{_____ если _____} \\
 I_0 \text{ если _____} \\
 T_{\text{пр}}(N) = T_{\text{пр}}^0 \text{ если } I > 10 \\
 \text{_____ если } I < 10
 \end{array} \right.$$

где N — количество транспортных единиц, движущихся по маршруту; I — интервал движения между транспортом единицами, час; $T_{пр}$ — время движения по маршруту без учета времени простоя на остановках, час; $P_ч$ — часовой пассажиропоток, час; C — время посадки-высадки, чел/час; $T_{пр}^0$ — константа, не зависящая от N ; I_0 — минимальный интервал между транспортными единицами.

Критерием оптимизации для определения числа транспортных единиц и интервала движения между ними может служить сумма затрат времени пассажирами в течение часа на ожидание и проезд ($\mathcal{E}_{пас}$, час) и затраты транспортных организаций на организацию движения в течение часа ($\mathcal{E}_{тр}$, руб):

$$\mathcal{E}_{общ} = \mathcal{E}_{пр} + C_{пч} * \mathcal{E}_{пас},$$

где $C_{пч}$ — стоимость пассажира-часа, руб/час.

Выражения для расчета каждого составляющего данного критерия выглядят следующим образом:

$$\mathcal{E}_{пас} = \mathcal{E}_{ож.пас} + \mathcal{E}_{дв.пас},$$

где $\mathcal{E}_{ож.пас}$ — затраты времени пассажиров на ожидание, час; $\mathcal{E}_{дв.пас}$ — затраты времени пассажиров на проезд, час. В простейшем случае можно предположить, что:

$$\mathcal{E}_{ож.пас} = 0,5 * P_ч$$

$$\mathcal{E}_{дв.пас} = P_ч * D_{ср} * T_{об}$$

где $D_{ср}$ — средняя доля длины маршрута, проезжаемая пассажирами, которая определяется как отношение средней дальности поездки пассажира ($Ч$) к длине маршрута ($l_{п}$); $T_{об}$ — время движения транспортных единиц по маршруту: $T_{об} = T_{пр} + I * C * P_ч / K$.

Таким образом:

$$\mathcal{E}_{пас} = (1/2 + T_{об} * D_{ср}) * P_ч;$$

$\mathcal{E}_{пр} = \mathcal{E}_{п} * N$, где $\mathcal{E}_{п}$ — стоимость эксплуатации одной транспортной единицы в течение часа, руб.

$C_{пч} = ЗП/МФР$, где ЗП — месячная заработная плата пассажира, руб; МФР — месячный фонд рабочего времени, час.

Анализируя составляющие критерия оптимальности, можно выделить два существенных фактора, позволяющих рекомендовать данную модель к применению в сложившихся экономических условиях. Во-первых, критерий учитывает экономические интересы не одной, а обеих сторон, участвующих в процессе. Во-вторых, модель, благодаря этому, позволяет найти компромисс в потерях транспортных организаций и пассажиров.

Список использованных источников

1. Парахина В.Н. Методологические основы и методы муниципального управления развитием пассажирского транспорта города / Автореферат дисс. доктора экономических наук. СПб., 2005. - 38 с.

2. Ожог С.В. О проблемах моделирования социально-экономических процессов // Информационные технологии в естественных науках, экономике и образовании: Труды Междунар. научн. конф. 16-21 апреля 2002 г. Саратов-Энгельс: ПКИ, 2002. - С. 258-259.

3. Миротин Л., Игнатенко А., Марунич В. Логистический взгляд на пассажирские перевозки // Логистика. 2011. - №4. - С.31-33.