



## Формирование скоростных маршрутов в городской транспортной системе

*Э.А. Мамаев, Н.А. Ковалева*

*Ростовский государственный университет путей сообщения*

**Аннотация:** Рассмотрены вопросы организации движения «экспресс-маршрута» в системе городского пассажирского транспорта. Приводится алгоритм и расчет экономии времени пассажира при формировании маршрута в режиме работы «экспресс».

**Ключевые слова:** городской пассажирский транспорт, скорость движения, экономия времени, маршрут перевозки, «экспресс-маршрут», интенсивность движения, улично-дорожная сеть, пассажиропоток.

Определяющим фактором выбора маршрута перемещения пассажира по транспортной сети является суммарное время, затрачиваемое на подход к остановочному комплексу, ожидание транспортного средства, поездку из пункта отправления до пункта назначения, пересадку, перемещение от остановочного пункта до места назначения. Критерий времени, при прочих равных условиях, определяет эффективность организации доставки пассажира и является основным при выборе вида транспорта, способа передвижения. Другими словами, основной задачей организации движения городского пассажирского транспорта, на наш взгляд, является обеспечение минимальных временных затрат на поездку населением, направленное на снижение усталости населения, увеличению качества предоставления услуг, повышению комфортности поездки и привлекательности общественного транспорта для населения. Современная практика организации маршрутной сети крупных городов преимущественно базируется на обеспечении максимального охвата (захвата) остановочных пунктов каждым маршрутом. При кажущейся транспортной обеспеченности, разветвленности (протяженности) маршрутной сети, такой подход не обеспечивает интересы пассажира в скорости и времени доставки.

В работе рассматриваются возможности реализации «экспресс-

---

маршрутов», обеспечивающие достаточно высокую скорость доставки пассажиров в городском пассажирском транспорте (ГПТ).

Время нахождения транспортного средства в пути следования от начального до конечного пункта на маршруте  $M$ , включающая последовательность дуг со смежными вершинами  $M = \{(i_1, i_2); (i_2, i_3); \dots; (i_{M-1}, i_M)\}$  определяется по формуле:

$$T_M = \sum_{(i,j) \in M} T_{ij}(l_{ij}) + k \cdot T_i^{cp}, \quad (1)$$

где  $T_{ij}(l_{ij})$  – время, необходимое транспортному средству на преодоление расстояния  $l_{ij}$ ;  $l_{ij}$  – длина перегона  $(i,j)$ ;  $L = \sum_{(i,j) \in M} l_{ij}$  – протяженность маршрута  $M$ ;  $i, j$  – номера остановочных пунктов на маршруте,  $(i,j) \in M$  – участок между двумя смежными пунктами маршрута  $M$ ;  $k = |M| - 1$  – количество промежуточных остановочных пунктов на маршруте;  $T_i^{cp}$  – среднее время, затрачиваемое на посадку и высадку пассажиров на промежуточном остановочном пункте маршрута.

$$T_i^{cp} = t_{p,z} + p_i \cdot t_{нас, выс}, \quad (2)$$

где  $t_{p,z}$  – время на разгон и замедление транспортного средства;  $t_{нас, выс}$  – время стоянки транспортного средства на промежуточном остановочном пункте маршрута для посадки и высадки пассажиров.

В среднем расстояние между остановочными комплексами на ГПТ составляет 0,2 – 0,6 км, при этом на всем протяжении маршрута существуют разные по объему пассажиропотоки: крупные и мелкие пассажирообразующие и пассажиропоглощающие транспортные районы. На каждом остановочном комплексе транспортное средство совершает остановку и производит посадку и высадку пассажиров, тем самым, увеличивая время нахождения пассажира в салоне подвижного состава.

Рассмотрим линейный маршрут с пунктами  $1, 2, \dots, n$  с пассажиропотоками между пунктами  $(i, j)$  равным  $P_{ij}$ . Тогда суммарные потери времени пассажиров при нахождении на транспорте составят:

$$T_{II}^M = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (T_{ож} + (j-i) \cdot T_i^{cp} + T_{ij}(l_{ij})) \cdot P_{ij}. \quad (3)$$

Сокращение времени нахождения пассажира можно достичь за счет второго слагаемого – за счет исключения промежуточных остановок – формированием «экспресс-маршрутов», которые будут останавливаться только на крупных пассажирообразующих пунктах.

Пусть из маршрута  $M$  с дугами  $D_M = \{(1,2), (2,3), \dots, (n-1,n)\}$  исключаются промежуточные остановки, и формируется экспресс маршрут  $M_{\text{Э}}$  с дугами  $D_{M_{\text{Э}}} = \{(i_0 = 1, i_1), (i_1, i_2), \dots, (i_{M_{\text{Э}}}, i_n = n)\}$ ,  $1 < i_k < n$ ,  $|D_{M_{\text{Э}}}| < |D_M|$ .

Тогда время нахождения пассажира на маршруте составит:

$$T_{II}^{M_{\text{Э}}} = \sum_{(i_k, i_{k+1}) \in D_{M_{\text{Э}}}} (T_{ож} + (i_{k+1} - i_k) \cdot T_i^{cp} + T_{i_k i_{k+1}}(l_{i_k i_{k+1}})) \cdot P_{i_k i_{k+1}}. \quad (4)$$

В результате движения «экспресс-маршрута» экономия времени транспортного средства  $\Delta T_{mc}^{M_{\text{Э}}}$  на маршруте составит:

$$\Delta T_{mc}^{M_{\text{Э}}} = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n (j-i) \cdot T_i^{cp} - \sum_{(i_k, i_{k+1}) \in D_M} (i_{k+1} - i_k) \cdot T_i^{cp}. \quad (5)$$

Естественно, что маршруты с организацией движения в режиме «экспресс» должны быть экономически обоснованы. Экономия от выделения «экспресс-маршрута» будет складываться от экономии времени пассажира в стоимостном выражении и увеличения доходов от эксплуатации транспортного средства. Пусть  $C_{\text{нас}}$  – стоимость единицы времени пассажира составит,  $\Delta d_{mc}$  – чистый доход от эксплуатации транспортного средства в единицу времени. Пусть известны величины  $P_{M_{\text{Э}}}^{\text{min}}$  и  $P_{M_{\text{Э}}}^{\text{max}}$  – соответственно минимальная и максимальная загрузка «экспресс-маршрута» в пути

следования,  $P^{пред}$  – предельная вместимость транспортного средства экспресс-маршрута  $M_{\varepsilon}$ . Тогда экономический целесообразный экспресс-маршрут  $M_{\varepsilon}$  будет определяться из решения задачи:

$$(T_{II}^M - T_{II}^{M_{\varepsilon}}) \cdot \Delta C_{насс} + \Delta d_{mc} \cdot \Delta T_{mc}^{M_{\varepsilon}} \longrightarrow \min_{M_{\varepsilon}} \quad (6)$$

при ограничениях:

$$P_{M_{\varepsilon}}^{min} \leq \sum_{(i,j) \in M_{\varepsilon}} P_{ij} \leq P_{M_{\varepsilon}}^{max}, \quad (7)$$

$$\sum_{\substack{(i,j) \in M_{\varepsilon} \\ i \leq i_k, j > i_k}} P_{ij} \leq P^{пред}, \text{ для всех } i_k \in M_{\varepsilon}, \quad (8)$$

где  $i \in M_{\varepsilon}, j \in M_{\varepsilon}, i_k \in M_{\varepsilon}$  – вершины сети по которым проходит экспресс маршрут.

Ограничение (7) – определяет пределы безубыточности организации экспресс-маршрута, (8) – предельно допустимое число пассажиров в транспортном средстве по пунктам следования при условии использования пассажирами одного транспортного средства для поездки.

При прочих равных условиях фактическое число пассажиров экспресс-маршрута может только увеличиваться за счет пересадки пассажиров от подвозящих маршрутов к остановкам экспресса. Количество экспресс-маршрутов на рассматриваемом маршруте может быть несколько в зависимости от объема пассажиропотока и его распределения по сети.

На рис. 1 представлена блок-схема формирования экспресс-маршрута. Исходной информацией для формирования экспресс маршрутов являются сведения о пассажиропотоке – матрица корреспонденции пассажиропотока.



Рис. 1. – Блок-схема формирования экспресс-маршрута транспорта

Стоит отметить, что при формировании маршрута, работающего в режиме экспресс необходимо внедрения системы единого проездного билета, для организации бесплатной пересадки пассажира, тогда обычные маршруты

ГПТ, которые останавливаются на каждом остановочном пункте, будут также использоваться как подвозящие и при этом обеспечат необходимую мобильность населения. Кроме этого, «экспресс-маршруты» целесообразно применять в утренние и вечерние часы «пик», когда пассажиропоток максимальный и люди спешат на работу и учебу. Так же, движение должно быть организовано по выделенным полосам для общественного транспорта, что обеспечит движение по графику и увеличит надежность доставки пассажира. Все эти факторы будут способствовать уменьшению усталости населения, сокращению экономических потерь и формированию единого транспортного пространства в интересах пассажиров.

К скоростным маршрутам в городской транспортной системе можно также железнодорожное сообщение «Городские электрички». При этом автомобильный вид транспорта может рассматриваться как подвозящий. Организация такого городского интермодального сообщения имеет ряд преимуществ: движение по графику, высокая пропускная способность, большой пассажиропоток, регулярность движения независимо от погодных условий, высокая скорость сообщения, экологический вид транспорта.

### Литература

1. Гузенко, А.В., Вихрева Н.А. Система городского пассажирского транспорта: логистика и регулирование : монография / Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2011. – 212 с.
2. Zyryanov V., Sanamov R. Improving urban public transport operation: experience of Rostov-on-Don (Russia) // International Journal of Transport Economics. – 2009. – V.36. №1. pp.83-96.
3. Иванова, П.В. Анализ пространственной организации города Ростов-на-Дону и тенденции его развития // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1943](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1943).

4. Никитина А.Н., Семчугова Е.Ю. Формирование тарифа на пассажирские перевозки на основе экономической целесообразности деятельности транспортного предприятия // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1114.

5. Alvarez A., Casado S., Gonzalez Velarde J.L., Pacheco J.A. computational tool for optimizing the urban public transport: areal application // Journal of computer and systems sciences international.– 2010. № 2. pp. 78-86.

6. Эльдарханов, Э.Х.М. Организационная модель интегративного управления городским общественным транспортом. – Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), 2012. – № 3. С. 24-30.

7. Бурлуцкий А.А. Обеспечение эффективности функционирования дорожной сети крупного города на основе учета ее взаимодействия с потоками пассажирского транспорта (на примере г. Томска): дис. ... к-та техн. наук: 05.23.11. – Томск, 2015 – 196 с.

8. Черняева В.А. Комплексное обоснование выбора систем городского пассажирского общественного транспорта: дис. ... к-та техн. наук: 05.22.01. – Санкт-Петербург, 2014 – 300 с.

9. Коробов С. А. Совершенствование пассажироперевозок на основе выбора рациональной структуры внутригородских перемещений: Автореф. дис. канд. тех. наук.– Нефтегазовый университет, 2009. – 23 с.

10. Эльдарханов, Х. Ю. Логистика: управление городским грузодвижением– Тамбов: «Грамота», 2008. – 143 с.

### References

1. Guzenko, A.V., Vikhreva N.A. Sistema gorodskogo passazhirskogo transporta : logistika i regulirovanie [The system of urban passenger transport: logistics and regulation] : monografiya. Rost. gos. un-t putey soobshcheniya. Rostov n/D, 2011. 212 p.

2. Zyryanov V., Sanamov R. // International Journal of Transport Economics. 2009, V.36. №1. pp. 83-96.
  3. Ivanova, P.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1943.
  4. Nikitina A.N., Semchugova E.Yu. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4 (part 1) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1114
  5. Alvarez A., Casado S., Gonzalez Velarde J.L., Pacheco J. Journal of computer and systems sciences international. 2010. № 2. pp. 78-86.
  6. El'darkhanov, E.Kh.M. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINKh). 2012. № 3. pp. 24-30.
  7. Burlutskiy A.A. Obespechenie effektivnosti funkcionirovaniya dorozhnoy seti krupnogo goroda na osnove ucheta ee vzaimodeystviya s potokami passazhirskogo transporta (na primere g. Tomska) [Ensuring effective functioning of the road network of a large city by taking into account its interaction with the flow of passenger transport (for example, Tomsk)]: dis. ... k-ta tekhn. nauk: 05.23.11. Tomsk, 2015. 196 p.
  8. Chernyaeva V.A. Kompleksnoe obosnovanie vybora sistem gorodskogo passazhirskogo obshchestvennogo transporta [Complete rationale for the choice of systems of urban passenger public transport]: dis. ... k-ta tekhn. nauk: 05.22.01. Sankt-Peterburg, 2014. 300 p.
  9. Korobov S. A. Sovershenstvovanie passazhiroperevozok na osnove vybora ratsional'noy struktury vnutrigorodskikh peremeshcheniy [Improvement of passenger transport on the basis of a choice of rational structure of intra-movement]: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. Neftegazovyy universitet, 2009. 23 p.
  10. Jel'darhanov, H. Ju. Logistika: upravlenie gorodskim gruzodvizheniem [Logistics: management of urban gruzodvizheniem]. Tambov: «Gramota», 2008. 143 p.
-