



# Мультимодальные пассажирские перевозки в мегаполисе



Александр КОВАЛЕНКО

Alexander N. KOVALENKO

**В статье рассматриваются проблемы транспортного обслуживания населения Москвы, перспективы развития метрополитена, железнодорожной инфраструктуры, пригородных линий и пересадочных станций. Особое место отводится использованию мультимодальных пассажирских перевозок, предусматривающих комплексное применение различных видов транспорта для доставки жителей к пунктам назначения. Даются оценочные критерии для обоснования вариативных предложений, а также примеры расчета эффективности сложных технических (транспортных) систем, характерных для столичного мегаполиса.**

**Ключевые слова:** мультимодальные перевозки, железнодорожная инфраструктура, пассажиропоток, мегаполис, пересадочные узлы, малое кольцо, транспортная система, эффективность, координационный совет.

*Коваленко Александр Николаевич — аспирант кафедры «Экономика» Российской академии путей сообщения Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

**П**роблема своевременного и качественного выполнения пассажирских перевозок городским и пригородным транспортом в крупных мегаполисах, несмотря на прилагаемые большие усилия, далека от своего решения. Рост численности населения за счет миграции из других регионов, расширение пригородной зоны (например, для Москвы), чрезмерная нагрузка улично-дорожной сети автомобильным транспортом создают в таких ареалах огромные трудности в организации пассажиропотоков.

В этих условиях особое значение приобретает комплексное использование различных видов транспорта для доставки пассажиров к пунктам назначения, то есть мультимодальность пассажирских перевозок, с целью сокращения времени и повышения комфортности нахождения пассажира в пути.

Мультимодальные перевозки — транспортировка одного и того же объекта (пассажира или груза) с помощью разных видов транспорта на основе одного договора.

Для Москвы в наборе для подобного совмещения средств передвижения вполне возможно, допустим, легкое метро. Этот вид транспорта сочетает в себе достоинства

метрополитена и пригородных электропоездов. Перспективы его развития объясняются тем, что расходы на создание и функционирование лёгкого метро по сравнению с традиционным подземным поездом меньше, а проблема освоения пассажиропотока решается аналогично, без каких-то специальных дополнительных усилий.

Перспективным направлением пассажирских перевозок столичного мегаполиса считается сегодня эксплуатация транспортной системы малого кольца Московской железной дороги (далее — МК МЖД) с возможностью его использования в системе скоростного внеуличного транспорта, которая будет включать метрополитен, железную дорогу (городскую и пригородно-городскую, «город-аэропорт») и новые виды легкого рельсового транспорта.

Реализация проекта развития МК МЖД осуществляется совместно правительством Москвы и ОАО «РЖД». Кроме того, транспортная система малого кольца должна быть глубоко интегрирована с наземным городским пассажирским транспортом<sup>1</sup>, а также поддерживать взаимодействие с объектами инфраструктуры, обслуживающими индивидуальный транспорт.

Для совместной эффективной реализации комплексного инвестиционного проекта правительством Москвы и ОАО «РЖД» создана ОАО «Московская кольцевая железная дорога» (далее — ОАО «МКЖД»). Реализация намеченной программы предполагает появление в столице нового перевозочно-пересадочного контура, который возьмет на себя часть пассажиропотока метрополитена и железнодорожных линий, позволит более равномерно загрузить транспортную систему города.

Постановлением правительства Российской Федерации от 15 февраля 2011 г. образован координационный совет по развитию транспортной системы столичного региона под председательством министра транспорта России. Сопредседателями стали мэр Москвы и губернатор Московской области. По данным совета средние затраты времени на поездку в Москве для осуществления

трудовой деятельности имеют тенденцию к увеличению. С 1990 года в течение 20 лет для 80÷90% пассажиров затраты выросли: на массовом транспорте с 60 до 65 минут, что превышает нормативный показатель (40÷45), предусмотренный СП 42.13330.2011. На индивидуальном транспорте этот показатель вырос с 39 до 47 минут (с учетом затрат времени на подход к месту хранения автомобиля — до 62).

Средняя скорость передвижения на городском общественном транспорте составляет 22 км/ч, на индивидуальном — 30 км/ч с общей тенденцией к дальнейшему снижению.

Общая протяженность городской сети метрополитена составляет 305,5 км, при этом вне зоны обслуживания подземкой находятся почти 2255 тысяч москвичей и кроме того:

- 41% линий или 125 км — перегружены;
- перегружены 90% пересадочных узлов, расположенных в центре города, и конечные станции метрополитена;
- большинство линий работает при максимальных размерах движения (40 пар восьмивагонных составов в час) и не имеет резервов для увеличения провозной способности.

Условия перевозки пассажиров скоростным внеуличным транспортом, выраженные в наполняемости салона подвижного состава при полностью занятых местах для сидения, ухудшились и превышают нормативные значения в среднем в 1,8 раза, достигая на метрополитене недопустимые 6,0 чел./м<sup>2</sup> площади пола вагона.

Проведенный координационным советом анализ показал, что на наземном пассажирском транспорте в некоторых районах в наиболее напряженный период утра населенность транспортных средств превышает норматив по вместимости подвижного состава в 1,5÷1,7 раза и составляет в среднем 5,3 чел./м<sup>2</sup>, в том числе в автобусах — 5,3 чел./м<sup>2</sup>; троллейбусах — 5,2 чел./м<sup>2</sup>. Ситуация остается неудовлетворительной и в межпиковые периоды.

В железнодорожных сообщениях пригородно-городских направлений наполняемость подвижного состава в среднем составляет 4,5 чел./м<sup>2</sup>, что в 1,5 раза выше нормативных значений. В соответствии с требованиями МГСН 1.01-99 комфортность

<sup>1</sup> Общий коэффициент пересадочности равен 1,4, в том числе на метрополитене 1,66 (постановление правительства Москвы от 23.09.2008 г. № 862-ПП «О концепции комплексной программы развития транспортной системы города Москвы»)



перевозок на скоростных видах транспорта обеспечивается при наличии в вагоне подвижного состава не более 3 чел./м<sup>2</sup>.

В утренние и вечерние «пиковые» часы загрузка пригородных зон Московского железнодорожного узла близка к максимально допустимой, а на ряде направлений превышает предельное нормативное значение (Ярославское, Казанское, Горьковское).

Таким образом, столица сегодня не обеспечивает необходимый уровень комфорта как для жителей города, так и пригородных пассажиров.

Программой развития транспортного комплекса региона на период до 2020 года предусмотрено:

- усиление роли железнодорожного транспорта в городских пассажирских перевозках;
- повышение конкурентоспособности железнодорожных сообщений;
- развитие сети железнодорожных перевозок в регионе;
- приведение технических параметров инфраструктуры железных дорог к нормативному уровню.

Московский метрополитен работает в режиме постоянной перегрузки. Особенно это сказывается на функциях пересадочных узлов в центральной части столицы. При этом около четверти населения города проживает в районах, не обеспеченных шаговой доступностью к сети подземного транспорта<sup>2</sup>.

С учетом именно этих обстоятельств в городских пассажирских перевозках предусматривается рост нагрузки на линии железных дорог. В частности, развитие малого кольца МЖД направлено, во-первых, на освоение возрастающих объемов таких перевозок, а также в корреспонденции с потребностями всего региона; во-вторых, на преобразование местного железнодорожного транспорта из пригородного в пригородно-городской, ориентированный на перевозку пассажиров не только в сообщении Москва — пригород, но и между отдельными районами города; в-третьих, на включение МК МЖД в разгрузку метрополитена и городского наземного транспорта, превратив все системы в единое целое путём устройства комплексных пересадочных пунктов.

<sup>2</sup> «Нормы и правила проектирования планировки и застройки в г. Москве» (МГСН 1.01–99).

Еще одним направлением, которое реализует компания «РЖД», является организация интермодального пригородно-городского движения электропоездов для связи с аэропортами города и между ними.

В соответствии с первоначальными параметрами бизнес-плана общий объем потребных денежных средств для реализации проекта МК МЖД был оценен в 284,5 млрд рублей, в том числе:

- реконструкция железнодорожной инфраструктуры — 42,3 млрд;
- строительство электродепо — 4,4;
- закупка электропоездов — 3,0;
- строительство остановочных пунктов — 16,2;
- строительство ТПУ — 26,3;
- строительство коммерческой недвижимости — 187,2;
- проектно-изыскательские работы — 5,1.

Учитывая сложность и многоплановость задач по развитию железнодорожной инфраструктуры МК МЖД, их решение возможно лишь на основе серьезной технико-экономической оценки.

В качестве технических критериев принимаются: провозная и пропускная способности; вместимость подвижного состава; уровень населенности транспортных средств. Эти показатели характеризуют качество системы, ее технический уровень. Однако использование только их приводит к локальной оценке эффективности новой системы. Поиск же оптимальных схем для МК МЖД должен происходить с доминантой экономических и социальных факторов. Совершенствование технических параметров системы в данном случае призвано улучшать одновременно и экономические, социальные, организационные показатели.

При экономическом подходе в качестве основного критерия эффективности принимается экономия совокупных затрат, которые включают ежегодные эксплуатационные расходы и приведенные капитальные вложения. Такой критерий применим, если различные варианты технических решений сопоставимы по достижению цели (обеспечение требуемой пропускной и провозной способности системы, вместимости транспортных средств, времени доставки пассажиров, уровень комфорта).

Экономический критерий напрямую не учитывает социальные элементы эффективности. Более того, при проектировании сложной технической системы (СТС), к которой относится МК МЖД, получение определенных социальных показателей может стать основной целью или привести к побочному эффекту. То есть по факту следует оценивать как положительные социальные составляющие эффективности СТС, так и отрицательные — в виде того или иного ущерба.

В общем случае социальная и экономическая эффективности взаимно связаны. Однако эта взаимосвязь диалектически сложная: повышение экономичности новой системы не всегда приводит к положительным социальным последствиям и наоборот.

Исходя из отмеченных особенностей формируются критерии эффективности СТС различного назначения. В качестве таковых прежде всего рассматриваются минимум затрат ( $W_{min}$ ) и максимум эффекта ( $\mathcal{E}_{max}$ ) [1, 2]:

$$W_{min} = \min_{x \in X} W(x), \quad \mathcal{E}(x) \in \mathcal{E}^* \quad (1)$$

$$\mathcal{E}_{max} = \max_{x \in X} \mathcal{E}(x), \quad W(x) \in W^* \quad (2)$$

где  $X$  — множество допустимых вариантов по условиям задачи для достижения цели;  $\mathcal{E}^*$ ,  $W^*$  — допустимые области изменения соответственно эффекта и затрат.

Зависимость (1) используется в тех случаях, когда при заданном эффекте определяется вариант ( $x_0 \in X$ ), при котором обеспечиваются минимально возможные затраты. Если же при заданных затратах требуется достичь цели в максимальной степени, применяется условие (2).

Когда эффект и затраты СТС определяются множеством показателей качества, то есть являются векторами  $\mathcal{E}$  и  $W$ , целесообразно строить их оптимизацию с учетом:

$$W_{opt} = \operatorname{opt}_{x \in X} W(x), \quad \mathcal{E}(x) \in \mathcal{E}^* \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_{opt} = \operatorname{opt}_{x \in X} \mathcal{E}(x), \quad W(x) \in W^* \quad (4)$$

где  $\operatorname{opt}$  — оператор оптимизации.

Рассмотрим примеры определения эффективности СТС (МК МЖД) на основе изложенных критериев.

**Пример 1.** Требуется определить технико-экономическую эффективность систе-

мы управления движением на МК МЖД. С целью выбора оптимального решения берутся несколько вариантов ( $x \in X$ ) построения системы. Они представляются в виде различных графиков движения поездов, способов организации движения по МК МЖД, способов взаимодействия МК МЖД с различными типами городского транспорта и так далее. В качестве полезного эффекта принимаются количество пар поездов ( $Q$ ), обслуживаемых системой. Расходами считаются приведенные затраты (3) в сфере создания и эксплуатации системы. Необходимо обеспечить обслуживание объектов ( $Q \geq Q_T$ ) при минимально возможных затратах ( $3_{min}$ ) и при ограничениях, накладываемых на показатели качества  $K'_i \leq K_i \leq K''_i$ ,  $i = 1, n$ . При использовании принципа минимума затрат отыскивается решение ( $x_0 \in X$ ), удовлетворяющее условиям:

$$3_{min} = \min_{x \in X} 3(x) \quad Q \geq Q_T, \quad K'_i \leq K_i \leq K''_i \quad (5)$$

Данная задача может быть решена на основе методов математического моделирования.

**Пример 2.** Обеспечить технико-экономическую эффективность взаимодействия различных видов транспорта на пересадочных узлах (ТПУ). Полезный (технический) эффект характеризуется следующими показателями: вероятностью правильного подбора взаимодействующих видов транспорта ( $D_{МК МЖД}$ ), вероятностью своевременной стыковки различных видов транспорта ( $G_{МК МЖД}$ ), надежностью функционирования ( $H_{МК МЖД}$ ), пропускной способностью ТПУ ( $\lambda_{МК МЖД}$ ). Составляющими затрат являются: капитальные вложения в систему МК МЖД ( $K_{МК МЖД}$ ); годовые эксплуатационные расходы ( $C_{эксп МК МЖД}$ ); время для создания системы ( $T_{МК МЖД}$ ).

Рассматривая множество способов взаимодействия различных видов транспорта в ТПУ, следует определить такое их сочетание, при котором полезный эффект был бы оптимальным с учетом ограничений на затраты. Для решения поставленной задачи необходимо образовать результирующие векторы эффекта и затрат. В нашем случае вектор эффекта имеет технико-экономическое содержание и обозначается ( $\mathcal{E}_T$ ). Вектор затрат образуется на основе



экономических показателей и обозначается ( $W_{\gamma}(x)$ ).

С учетом введенных обозначений принцип оптимума эффекта определяется соотношениями:

$$\mathcal{E}_{T \text{ opt}} = \underset{x \in X}{\text{opt}} \mathcal{E}_T(x), \quad W(x) \in W^*, \quad L_i(x) \in \phi_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где  $L_i(x)$  – вектор-функция, составляющими которой могут быть: ограничения ( $\phi_i$ ) на внутренние параметры системы, совокупность ограничений на отдельные показатели качества и т. д.

**Пример 3.** Требуется оценить эффективность ТПУ при взаимодействии различных видов транспорта. Составляющими технического эффекта ТПУ являются: повышение провозной способности ( $K_{nc}$ ), наполняемость подвижного состава ( $K_{inc}$ ), затраты времени на поездку ( $\Delta f_u$ ), объем перевозок ( $V_a$ ) и другие. К составляющим затратам относятся: капитальные вложения в строительство ТПУ ( $K_a$ ), стоимость перевозок ( $C_a$ ), капитальные вложения в реконструкцию железнодорожной инфраструктуры ( $m_a$ ) и так далее. Как и в предыдущей задаче, анализируется ( $x_a \in X_a$ ) способов построения ТПУ. Следует найти такое решение ( $x_{a0} \in X_a$ ), которое обеспечивало бы опти-

мальные затраты при ограничениях на технический эффект. На основе введенных показателей формируются вектор технического эффекта  $\mathcal{E}_{Ta}(x_a)$  и вектор затрат  $W_a(x_a)$ . Оптимизация затрат определяется в виде:

$$W_{a \text{ opt}} = \underset{x_a \in X_a}{\text{opt}} W_a(x_a), \quad \mathcal{E}_{ma}(x_a) \in \mathcal{E}_{ma}^*, \quad L_i(x_a) \in \phi_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

В качестве первого шага к созданию системы мультимодальных пассажирских перевозок в Москве как одном из крупнейших мегаполисов может рассматриваться использование единых проездных документов «аэроэкспресс–метро», а также внедрение с 2013 года универсальных билетов для проезда пассажиров в метрополитене, вагонах монорельсовой системы, автобусе, троллейбусе, трамвае.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ланге О. Оптимальные решения. – М.: Прогресс, 1967. – 286 с.
2. Юрлов Ф. Ф. Технико-экономическая эффективность сложных радиоэлектронных систем. – М.: Советское радио, 1980. – 280 с.
3. Жардемев Б. Б., Богданович С. В. Доходность пассажирских перевозок // Мир транспорта. – 2013. – № 1. – С. 86–90.
4. Вакуленко С. П., Копылова Е. В., Куликова Е. Б. Логистика пригородных пассажирских перевозок // Мир транспорта. – 2012. – № 6 – С. 102–109. ●

## MULTIMODE PASSENGER TRAFFIC IN MEGALOPOLIS

**Kovalenko, Alexander N.** – Ph.D. student at the department of economics of Russian railway academy of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

*The studied problems concern transport services to Moscow residents, outlook for Moscow metro development, rail infrastructure, commuter trains and transfer stations. The special attention is paid to multimode passenger traffic that comprehensively uses different modes of transport*

*to deliver residents to destination points. The author suggests criteria of assessment to substantiate variable proposals as well as gives examples of efficiency evaluation for complex technical transportation systems that are widely operated in capital area.*

**Key words:** multimode traffic, rail infrastructure, passenger flow, megalopolis, transfer hubs, «small ring», transport system, efficiency, coordination council.

## REFERENCES

1. Lange O. Optimal decisions [Optimalnye resheniya]. Moscow, Progress publ., 1967, 286 p.
2. Yurlov F. F. Technical and economical efficiency of complex radio-electronic systems [Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost slozhnykh radioelektronnykh sistem]. Moscow, Sovetskoe radio publ., 1980, 280 p.
3. Zhardemov B. B., Bogdanovich S. V. Profitability of Passenger Traffic. *Mir Transporta* [World of Transport and Transportation] *Journal*, 2013, Vol. 45, Iss.1, pp. 86–90.
4. Vakulenko S. P., Kopylova E. V., Kulikova E. B. Logistics of Commuter Passenger Traffic. *Mir Transporta* [World of Transport and Transportation] *Journal*, 2012, Vol.44, Iss.6, pp.102–109.

Координаты автора (contact information): Коваленко А. Н. (Kovalenko A. N.) – Alexnikkovalenko@gmail.com.

Статья поступила в редакцию / article received 05.03.2013  
Принята к публикации / article accepted 17.04.2013