



УДК 656.072

© *И. Н. Пугачёв, П. П. Володькин, 2010*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ КРУПНОГО ГОРОДА**

*Пугачёв И. Н.* – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобильные дороги», сот. тел.: 8-914-540-32-34, pin@dvadi.khstu.ru; *Володькин П. П.* – канд. экон. наук, доц. кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», сот. тел.: 8-914-159-94-37, pvolodkin@mail.khstu.ru (ТОГУ)

Рассмотрены вопросы передвижений пассажиров, их влияние на оптимизацию системы ГПТ на примере Хабаровска. Проведен расчет оптимизации системы ГПТ, рассмотрены вопросы реформирования управления ГПТ.

Problems of passenger transportation and its influence on the optimization of the urban passenger transport (UPT) are considered using Khabarovsk as an example. The optimization of UPT is computed, reforming the control of UPT system is discussed.

*Ключевые слова:* провозная способность, городской пассажирский транспорт, структура пассажирского парка, пассажироперевозки, транспортные услуги.

Все передвижения пассажиров, несмотря на их кажущуюся хаотичность, подчиняются определенным закономерностям, знание которых помогает правильно планировать развитие системы городского пассажирского транспорта (ГПТ). Наиболее важные закономерности передвижений, влияющие на работу ГПТ, связаны с масштабом города, взаимным размещением и удалением отдельных пунктов тяготения, вероятностью пользования транспортом, выбором пути следования и др. Эти факторы влияют на подвижность, а также на основные пространственно-временные параметры передвижения населения.

В дальневосточных городах с развитым массовым пассажирским транспортом, вследствие небольшой плотности расселения, передвижения «от двери до двери» связаны со значительными накладными затратами на подход, ожидание, пересадку, отход от остановки.

Анализ влияния отдельных параметров на структуру времени полного передвижения и производительность системы ГПТ в Хабаровске был прове-

ден с использованием результатов оптимизационных расчетов. Исходные данные для расчета приведены в таблице.

Исходные данные для расчета ГПТ в Хабаровске

Плотность населения, тыс. жит./км <sup>2</sup>	$\delta_n$	$3 \leq \delta_n \leq 9$
Линейная плотность транспортной сети, км/км <sup>2</sup>	$\delta_l$	$1 \leq \delta_l \leq 3,5$
Время суточных передвижений	$t_{\text{нас}}$	$38 \leq t_{\text{нас}} \leq 42$
Используемая удельная работа системы ГПТ, км/жит. сут.	$l_{\text{ср}}$	4,34
Коэффициент пересадочности	$K_{\text{п}}$	1,33

В результате расчетов получена зависимость времени подхода и отхода от плотности сети, времени ожидания от плотности сети и населения, времени полной поездки и скорости передвижения от  $\delta_l$  и  $\delta_n$ . Если время подхода и отхода снижается с ростом плотности сети (вне зависимости от плотности населения), то время ожидания возрастает с ростом  $\delta_l$ , а также по мере снижения  $\delta_n$ . Время поездки во всех случаях остается постоянным. В результате время полного передвижения снижается с ростом  $\delta_l$ , а также ростом  $\delta_n$ . Это говорит о том, что среднее значение плотности сети  $\delta_l = 2,34$  км/км<sup>2</sup> по критерию полных затрат времени передвижения нельзя принять за оптимальную величину, поскольку они снижаются и далее по мере роста как  $\delta_l$ , так и  $\delta_n$ . Зависимость же скорости передвижения от  $\delta_l$  и  $\delta_n$  обратная – нарастает с ростом этих параметров.

Анализ показывает, что динамика изменения изучаемых показателей  $t_{\text{пол}}$  и  $t_{\text{нас}}$  за пределами  $\delta_l = 1,5$  км/км<sup>2</sup> и  $\delta_n = 7$  тыс. жит./км<sup>2</sup> снижается, т. е. дальнейший рост этих показателей не приводит к столь же существенному росту производительности системы ГПТ, как на предыдущем этапе. Поэтому эти величины можно условно принять за границы эффективности изменения  $\delta_l$  и  $\delta_n$  по экономическому критерию.

В результате приведенного вычислительного эксперимента, а также анализа существующих исследований были сформулированы основные принципы рационального развития систем ГПТ, которые вытекают из обобщенной расчетной блок-схемы, которая приведена на рис. 1 [1].

1. Рост эффективности систем ГПТ обеспечивается путем повышения удельной загрузки всех ее элементов до определенного предела (при соблюдении нормативных показателей), поскольку при этом снижается потребность в материально-технических и других ресурсах в расчете на жителя, увеличивается фондоотдача и растет производительность системы.

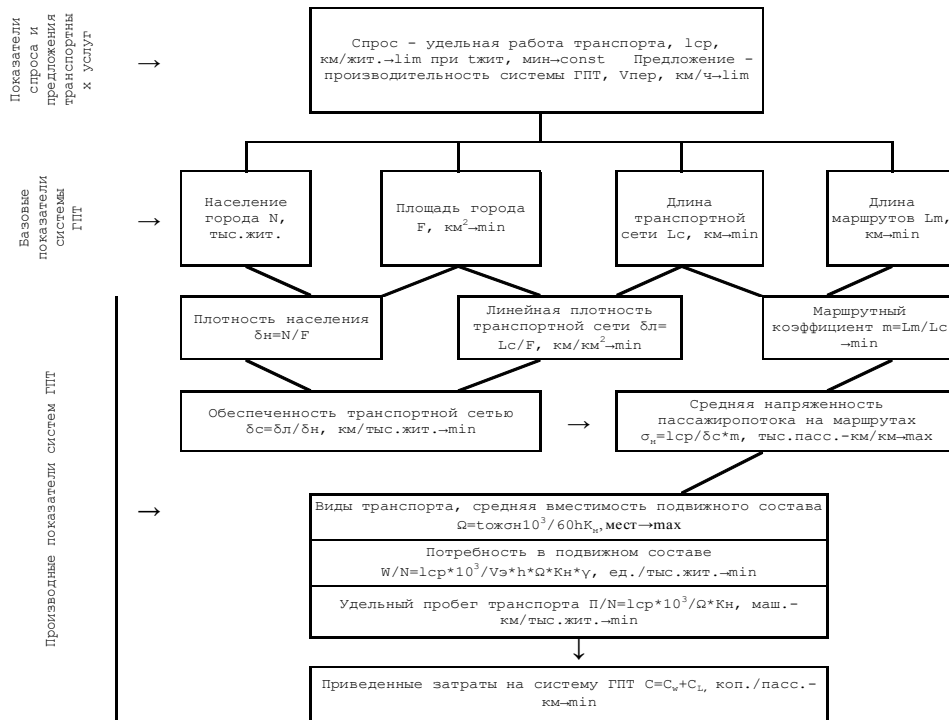


Рис. 1. Блок-схема оптимизации системы ГПТ

2. Повышение удельной загрузки системы ГПТ возможно главным образом за счет совершенствования планировочных показателей города: повышения плотности населения  $\delta_n$  до максимального, а плотности транспортной сети  $\delta_l$  – до минимального уровня (в пределах существующих нормативов). Это, в свою очередь, приведет к оптимизации самой системы ГПТ – обеспеченности транспортной сетью  $\delta_c$ , маршрутного коэффициента  $k_m$ , напряженности пассажиропотока на маршрутах  $\sigma_m$ , средней вместимости подвижного состава, скорости сообщения транспорта  $V_c$ , его пробега  $P$ .

3. Анализ показал, что затраты на систему ГПТ в расчете на жителя обратно пропорциональны плотности населения, но характер этой зависимости неодинаков по отдельным группам городов. При этом плотность населения можно повысить в основном за счет освоения пустующих городских территорий.

Наиболее простой путь достижения эффекта оптимизации систем ГПТ – это минимизация базовых абсолютных показателей системы: площади города  $F$ , км<sup>2</sup>; длины транспортной сети  $l_c$ , км; длины маршрутов  $l_m$ , км; при заданной численности населения  $N$  (рис. 1), где  $\alpha_v$  – коэффициент выпуска подвижного состава на перспективу равен 0,75;  $V_c$  – эксплуатационная скорость транспорта, равная  $V_c/1,1$ ;  $T_h$  – часы работы транспорта на линии, 19 ч. При

этом будет минимизирован уровень обеспеченности жителей магистральной сетью  $\delta_c = \delta_n / \delta_H$  км/тыс. жит., что в свою очередь, приведет к повышению удельной загрузки маршрутов  $b_m = l / \delta_c k_m$ , тыс. пасс.-км/км. Этот показатель впервые предложен проф. Д. С. Самойловым [2]. Эффект будет более значительный при одновременном снижении до минимума маршрутного коэффициента  $k_m$ . Рост удельной загрузки маршрутов вызывает потребность в подвижном составе с большей средней вместимостью  $Q = t_{ож} b_m 10^3 / 60 T_h k_n$  мест, который имеет меньшую себестоимость перевозок. Далее по методике проф. Д. С. Самойлова определяется структура подвижного состава по вместимости, затем его количество и пробег. В пределах полученных общих показателей системы ГПТ эффект будет тем выше, чем ниже доля работы транспорта с наиболее высокими приведенными строительно-эксплуатационными затратами, зависящими от пробега (с учетом области применения видов транспорта), и чем меньше длина наиболее дорогостоящей транспортной сети. В целом с увеличением средней вместимости уменьшается потребность в подвижном составе, сокращается пробег, уменьшаются затраты на систему ГПТ. Все перечисленные параметры можно вычислить на ЭВМ или вручную, поскольку они входят в аналитические выражения отдельных составляющих времени полного передвижения пассажира  $t_{нас}$ .

Следует отдельно остановиться на зависимости величины маршрутного коэффициента от различных параметров. Анализ значений этого коэффициента, проведенный по городам нашей страны и за рубежом, показал, что он зависит не только от величины города, но от плотности транспортной сети и плотности населения. В целом он снижается с ростом этих показателей. В Хабаровске величина маршрутного коэффициента зафиксирована в размере  $k_m = 1,64$ , при плотности населения  $\delta_n = 1,55$  тыс. жит./км<sup>2</sup> и линейной плотности транспортной сети  $\delta_l = 2,34$  км/км<sup>2</sup>.

Анализ показывает, что в наших городах еще не достигнуты наилучшие (в допустимых пределах) значения плотности магистральной сети и населения. Так, средняя плотность магистральной сети в городах страны не превышает 1 км/км<sup>2</sup>, т. е. не достигает нижней границы, а средняя плотность населения  $\delta_H = 5$  тыс. жит./км, т. е. не достигает верхней границы нормы.

Система ГПТ оказывает значительное влияние на темпы развития и функционирования города. Качественная модель данной системы построена на базе предложенных ниже удельных показателей. В отличие от общепринятой методики в данной работе был проведен расчет показателей по методике проф. Э. А. Сафронова.

На базе предложенной им методики по блок-схеме (рис. 1) проведены расчеты по оптимизации системы ГПТ в Хабаровске на существующее положение и на перспективу. На первой стадии были обоснованы показатели транспортного обслуживания населения ( $l$ ,  $t$ ,  $V_{неп}$ ) и транспортно-планировочные показатели по группам городов ( $\delta_H$ ,  $\delta_n$ ,  $k_m$ ). Затем были проведены оптимизационные расчеты показателей системы ГПТ. Динамика удельной потребности в ресурсах подтверждает вывод об обратной ее зави-



симости от плотности населения и величины города. Поскольку в перспективе планировочные показатели будут совершенствоваться (рост  $\delta_n$  потребность в транспортной сети и подвижном составе будет снижаться). Это приведет к снижению удельных капиталовложений в систему ГПТ. Эксплуатационные же затраты будут возрастать в связи с ростом удельной потребности в машино-местах и вагоно-километрах. Однако рост будет сдерживаться с увеличением средней вместимости подвижного состава, эксплуатация которого обходится дешевле. Для их снижения по мере роста города целесообразно развитие скоростного и высокопроизводительного транспорта с более низкими эксплуатационными затратами. Такой процесс изменения указанных показателей в целом экономически эффективен, т. к. сопровождается снижением фондоемкости и повышением их отдачи.

Для расчета рациональных параметров системы городского пассажирского транспорта для Хабаровска, который относится к III группе городов, принимаются следующие исходные данные:

1. Используемая удельная работа системы ГПТ (средняя дальность поездки пассажиров на маршрутной сети Хабаровска)  $l_{cp} = 4,34$  км/жит. сут.;
2. Население города  $N = 577,35$  тыс. жит.;
3. Плотность населения  $\delta_n = 1,55$  тыс. жит./км<sup>2</sup>;
4. Маршрутный коэффициент  $k_m = 1,64$ ;
5. Линейная плотность транспортной сети  $\delta_l = 2,34$  км/км<sup>2</sup>;
6. Часы работы транспортных предприятий  $T_h = 19$  ч;
7. Коэффициент наполнения подвижного состава  $k_n = 0,28$ .

Для целей оптимизации системы ГПТ был проведен расчет обеспеченности транспортной сетью, определяемой по формуле

$$\delta_c = \frac{\delta_l}{\delta_n}, \quad (1)$$

где  $\delta_l$  – линейная плотность транспортной сети, км/км<sup>2</sup>;  $\delta_n$  – плотность населения, тыс. жит./км<sup>2</sup>.

Далее определялась средняя напряженность пассажиропотока на маршрутах

$$\delta_M = \frac{l_{cp}}{\delta_c \cdot k_m}, \quad (2)$$

где  $l_{cp}$  – используемая удельная работа системы ГПТ, км/жит. сут.;  $\delta_c$  – обеспеченность транспортной сетью, км/тыс. жит.;  $k_m$  – маршрутный коэффициент.

Для определения маршрутного коэффициента вводятся следующие обозначения:  $l_c$  – протяженность транспортной сети по оси улиц, км;  $l_m$  – суммарная протяженность всех маршрутов, км;  $k_m = l_m / l_c$  – маршрутный коэффициент.

Суммарная потребность населения города в передвижениях задана в виде удельного показателя – удельной суточной работы транспорта.

$$l_{cp} = \frac{Q_M \cdot l_M}{N}, \quad (3)$$

где  $Q_M$  – объем перевозок в маршрутных поездках, пасс.,  $l_M$  – дальность маршрутной поездки, км,  $N$  – численность населения города, жит. Отношение  $Q_M$  к  $N$  есть  $B_M$  – маршрутная среднесуточная транспортная подвижность населения, поездок на жителя в сутки.

На следующем этапе была определена средняя вместимость подвижного состава

$$\Omega = \frac{t_{ож} \cdot \delta_M}{60 \cdot T_h \cdot j_H}, \quad (4)$$

где  $t_{ож}$  – среднее время ожидания пассажиром прибытия ТС, мин;  $\delta_M$  – средняя напряженность пассажиропотока на маршрутах, тыс. пасс.-км/км;  $T_h$  – часы работы транспортных предприятий, ч;  $j_H$  – коэффициент наполнения подвижного состава.

Завершающим этапом расчетов является вычисление потребности в подвижном составе по формуле

$$A_m = \frac{l_{cp} \cdot 10^3}{V_s \cdot T_h \cdot \Omega \cdot j_H \cdot \alpha_e}, \quad (5)$$

где  $V_s$  – средняя эксплуатационная скорость на маршруте, км/ч;  $\alpha_e$  – коэффициент выпуска подвижного состава. Для Хабаровска

$$A_m = \frac{4.34 \cdot 10^3}{18.92 \cdot 19 \cdot 31 \cdot 0.28 \cdot 0.75} = 1.84 \approx 2 \text{ ед. тыс. жит.}$$

Согласно проведенным расчетам в Хабаровске на сегодняшний день наблюдается избыток транспортных средств, осуществляющих транспортное обслуживание населения. При этом подлежит списанию около 85 % подвижного состава.

Оптимизационные расчеты, проведенные в Хабаровске показали, что на существующей магистральной сети рациональным распределением работы транспорта будет следующее: на автобус – 40 %, на электротранспорт – 60 % (сейчас 80 и 20 %). В свою очередь, объем работы по электротранспорту распределится так: на троллейбус – 20 %, на трамвай – 40 % (сейчас 8 и 12 %).

В настоящее время в центральной части города нет возможности для расширения или нового строительства автотранспортных магистральных направлений. Пропускная способность существующих дорог уже сегодня не удовлетворяет потребности растущего парка машин. Решение этой проблемы возможно при создании условий для разгрузки центра от транспортных потоков путем переноса некоторых конечных остановочных пунктов общественного транспорта за границы центра города, создание автобусных терминалов и сохранение нескольких маршрутов пассажирского транспорта по центру



города. Это введение значительно уменьшит транзит общественного транспорта через центр, а также уменьшит количество подвижного состава в черте города.

Идея создания автобусных терминалов заключается в том, что население получит возможность из одного пункта доехать на любом виде транспорта в любую точку центра города.

Было предложено разместить данные терминалы в трёх районах города (рис. 2).

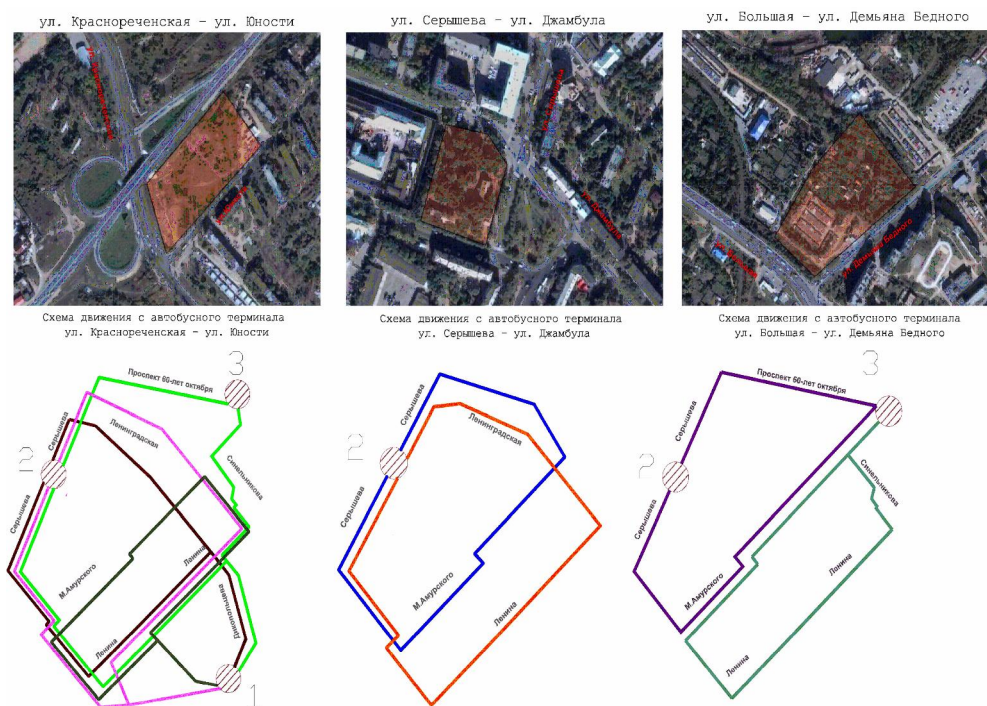


Рис. 2. Места расположения автобусных терминалов и схемы движения на их территории в Хабаровске

*Первый* – ул. Краснореченская – ул. Юности, данный терминал будет принимать маршруты, которые движутся по направлению в сторону центра города по следующим улицам: Краснореченская; Пионерская; Проспект 60 лет Октября.

*Второй* – ул. Серышева – ул. Джамбула – терминал предназначен для приема маршрутов, которые движутся в направлении центра по улицам: Тихоокеанская; Воронежская.

*Третий* – ул. Д.Бедного – автобусный терминал, обслуживающий следующие направления маршрутов: Ул. Карла Маркса; Проспект 60 лет Октября; Большая.

В крупных городах назрела необходимость проведения реформы ГПТ, основанная на ряде принципов. Прежде всего, необходимо разделение управления системой ГПТ и непосредственного выполнения перевозок. Являясь собственником городской транспортной инфраструктуры и маршрутной сети, а также имея все необходимые закрепленные федеральным законодательством полномочия, городская администрация несет полную ответственность за организацию транспортного обслуживания. Местная власть сама выбирает модель реформирования, реализуя принцип конкурентности. Должно происходить постепенное выравнивание уровней транспортной обеспеченности города на основе единых социальных стандартов.

Таким образом, общими задачами в области координации деятельности различных перевозчиков на общей маршрутной сети города должны стать:

- кардинальный пересмотр или разработка новых принципов оплаты услуг;
- разработка новой схемы общественного пассажирского транспорта на основе идей развития скоростного рельсового транспорта (электропоезд), уменьшения числа маршрутов автобусов, укорачивания маршрутов, стимулирования пересадок (в том числе мультимодальных), зонирования территорий по транспортной доступности.

Основными целями реформы ГПТ в городах должны стать вытеснение индивидуального транспорта, рост провозной способности ДС, увеличение скорости сообщения и создание условий для цивилизованного рынка услуг перевозок.

### Библиографические ссылки

1. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов : учеб. пособие для вузов. М., 2005.
2. Пугачёв И. Н., Куликов Ю. И., Володькин П. П. Основные принципы системной организации дорожного движения, перевозок и управления // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: материалы V междунар. науч.-техн. конф. 21–23 мая 2008 г. Пенза, 2008. Ч. 1.
3. Пугачёв И. Н. Методология развития эффективного и безопасного функционирования транспортных систем городов. Владивосток, 2009.
4. Володькин П. П. Реформирование деятельности городского пассажирского транспорта в условиях ограниченного финансирования. Хабаровск, 2002.
5. Пугачёв И. Н., Леонтьев Р. Г. Проблемы эффективной модернизации городской дорожной сети // Транспорт: наука, техника, управление: науч. информ. сб., 2008. Вып. 4.
6. Пугачев И. Н. Проблемы модернизации транспортных систем городов // Транспортное строительство. 2008. № 8.