

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 338.45.656

В.П. ЧЕРНОВ,

доктор экономических наук, профессор

Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов,

Т.В. КАБАЛИНА,

ассистент

*Северодвинский филиал Поморского государственного университета
им. М.В. Ломоносова*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА В СИСТЕМЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ

Статья посвящена модернизации и методологическим аспектам компьютерного численного моделирования комплексного показателя уровня пассажирского сервиса А.В. Шабанова как элемента эффективности перевозок пассажиров общественным транспортом. Предложена трансформация указанного измерителя в соответствии с действующими нормативными документами в области общественного транспорта и со спросом пассажиров. Получено аналитическое и графическое решение для модели зависимости убытка городских пассажирских перевозок от уровня пассажирского сервиса.

Чрезвычайный по сравнению с развитием дорожно-автомобильной инфраструктуры темп автомобилизации в России и связанные с ним ухудшение экологии, пробки и другие проблемы ставят среди первоочередных задачу повышения привлекательности среди населения поездок городским общественным транспортом (ОТ). В связи с этим необходимо формирование целесообразной системы обслуживания пассажиров и измерителя его цели – обеспечение своевременных и качественных перевозок пассажиров, – отражающего всю сложность и противоречивость как взаимосвязей внутри системы ОТ, так и взаимодействий ее с окружающей средой.

В настоящее время отсутствует единый подход к определению критерия эффективности транспортной системы (ТС). Часто ее оценивают по применению подвижного состава такими пока-

зателями, как материалоемкость, энергоемкость, себестоимость перевозок, трудоемкость использования, производительность, от которых зависят экономические показатели транспортной фирмы (прибыль и рентабельность). Отдельные интегральные показатели, например, число ДТП, совершенных по вине водителей ОТ, на 1 транспортное средство; число транспортных средств ОТ на 1 000 жителей и число рейсов на 1 000 жителей в год; провозная способность на 1 пассажира, удобны лишь для статистических отчетов. Известные количественные интегральные коэффициенты не могут полностью охарактеризовать достигнутое состояние развития ТС.

Рассмотрим один из социальных показателей эффективности ТС. В основе измерения качества сервиса ОТ лежит система принятых нормативов. Важнейшие ее элементы [1]: расстояние подхода к

ближайшей остановке (не более 500 м); плотность транспортной сети ($2 \pm 0,5$ км/кв. км); общие затраты времени на поездку от мест проживания до мест массового посещения для 90 % пассажиров не более 30–45 мин (в зависимости от численности населения города). На практике в разных городах России они значительно выше нормы.

Достаточно разносторонне отдельные аспекты оценки и повышения эффективности освещены, например, в [2]. Показана структура показателей эффективности ТС, разбитых на 4 группы (экономические, технические, социальные, природно-экологические). Описываются технико-экономические показатели и влияние на них других показателей. Рассматриваются показатели качества и методы повышения качества и эффективности перевозок. Приведен коэффициент эффективности K_3 функционирования пассажирского ОТ:

$$K_3 = \frac{a}{a + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8},$$

где $a = Q(t) (0,5S_A + 0,25S_T + 0,25S_{TP})$ – объем и себестоимость перевозок, выполняемых соответственно автобусами, трамваями и троллейбусами; R_1, R_8 – дополнительные затраты соответственно из-за использования нерационального вида транспорта, подвижного состава неоптимальной пассажироместимости, увеличения платы за проезд, уровня организации перевозок, инерционности перевозочного процесса, увеличения себестоимости автобусных, трамвайных и троллейбусных перевозок.

Качество обслуживания населения ОТ в период плановой экономики оценивалось различными техническими показателями: плотность транспортной сети; затраты времени на подход к остановочному пункту ОП и от ОП до места назначения, ожидание транспорта, поездки и пересадки; коэффициент комфортабельности поездки (отношение норматива стоящих пассажиров к фактическому наполнению в часы «пик») и др. Так, в [2] упоминаются как показатели качества движения соответственно коэффициент времени поездки (до середины 90-х гг. XX в.), **показатели А. Большакова** (в среднем принимает значения от 0,49 до 0,94 в зависимости от категории города) и С.П. Артемьева:

$$K_{вп} = t_T / t_\phi, K_A = (t_n / t_\phi) \times (\gamma_n / \gamma_\phi) \times R, \\ K_B = (R_\phi^{пер} / R_\phi) \times K_{в.пр},$$

где $t_T = 12,25 + 3/1,2 + 0,17 \sqrt{F}$ и t_ϕ – соответственно теоретическое и фактическое среднее время на поездку; F – селитебная площадь города; t_n – норматив времени на поездку; γ_ϕ и γ_n – соответственно фактический и нормативный коэффициенты наполнения (средний $\gamma_n \leq 0,3$, в час пик $\gamma_n \leq 0,8$);

R – показатель регулярности движения; $R_\phi^{пер}$ и R_ϕ – соответственно количество рейсов по расписанию и фактически выполненных; $K_{в.п.р}$ – коэффициент выполнения плановых рейсов.

Необходимость учета большого количества факторов и отсутствие четких единых их измерителей обуславливает совместное применение количественных и качественных показателей. Многими исследователями для оценки качества предложены различные интегральные показатели. На наш взгляд, наиболее информативен мультипликативный показатель уровня пассажирского сервиса *S.A.B. Шабанова* [3] из 6 составляющих. В [4] предлагается: дополнить данную модель комплексностью S_7 и доступностью S_8 ; термин «доступность» S_2 заменить на «регулярность»; под «доступностью» S_8 понимать бездискриминационный доступ к пользованию услугой различных групп пассажиров. Получим:

$$S = S_1^{k_1} S_2^{k_2} S_3^{k_3} S_4^{k_4} S_5^{k_5} S_6^{k_6} S_7^{k_7} S_8^{k_8},$$

где $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ и S_8 – соответственно надежность перемещения точно по графику, регулярность, безопасность, комфортность, стоимость проезда (тариф), информационный сервис, комплексность и доступность.

Сначала исчисляются характеристики для l -го маршрута i -го вида ОТ по отношению фактического уровня к оптимальному, номинальному, максимально возможному уровню или минимального уровня к фактическому. Затем для каждого вида транспорта и далее для ОТ в целом. В данной модели **надежность, регулярность, тариф и информационный сервис** l -го маршрута i -го вида ОТ определяют по формулам:

$$S_{1il} = \Delta\tau_{il}^{факт} / \Delta\tau_{il}^{опт}, \\ S_{2il} = \omega_{il}^{факт} / \omega_{il}^{опт}, i = \overline{1, n}, \Delta\tau_{il} = \Delta\tau_{kil} - \Delta\tau_{oil}, \\ \omega_{il} = n_{il} / \Delta T, S_{5il} = \frac{C_l^{min}}{C_{il}},$$

$$S_{6il} = \frac{Y_{il}}{Y_{i\max}} = \sum_{j=1}^J K_j I_j^{il} / Y_{i\max}, j = \overline{1,4},$$

где $\Delta\tau_{il}$, $\Delta\tau_{kil}$, $\Delta\tau_{oil}$ – соответственно время поездки и моменты времени прибытия пассажиров в пункт назначения, поступления заявок на поездку; ω_{il} – количество передвижений n_i подвижного состава за период ΔT ; C_{il} и C_l^{\min} – соответственно тариф и минимальный тариф среди разных видов ОТ на маршруте l ; Y_{il} и $Y_{i\max}$ – соответственно уровень информационного обеспечения i -го вида ОТ и вида с максимально возможным уровнем;

I_j^{il} и K_j – соответственно j -й параметр качества информационного обеспечения и коэффициент, учитывающий долю этого параметра.

Методом экспертной оценки до начала поездки (математически обработав данные опроса) находят долю каждого параметра качества, а затем и величину I_j^{il} (доступность, надежность, скорость, точность информации).

Показатель *комфортности* поездки рекомендуется вычислять методом, аналогичным расчету показателя S_6 по формуле:

$$S_{4il} = K_{il} / K_{l\max} = \sum_{j=1}^J m_j T_j^{il} / K_{l\max},$$

где T_j^{il} и m_j – соответственно j -й параметр качества поездки и его вес; $K_{l\max}$ – наибольший возможный уровень качества поездки.

К основным параметрам качества поездки относят удобство места расположения пассажира, обзорность, возможность отдыха в пути, информационное обслуживание во время следования по маршруту. Необходимо к указанным параметрам присоединить наполняемость салона транспортного средства, культуру перевозчика (коммуникабельность, вежливость, внешний вид и др.), удобство посадки-высадки.

Вероятность безотказной работы на маршруте l в модели А.В. Шабанова следует перенести из показателя безопасности в *комплексность*:

$$S_{7il} = \frac{R_{il}}{R_{l\max}} \times \frac{Q_{il}^{\text{факт}}(\Delta T)}{Q_{il}^{\text{ном}}(\Delta T)} = \frac{\sum_{j=1}^J m_j P_j^{il}}{R_{l\max}} \times \frac{1 - \frac{m_{il}}{N_{il}}}{Q_{il}^{\text{ном}}(\Delta T)},$$

$$\sum_{j=1}^J m_j = 1,$$

где $P_{il}(\Delta T) = \frac{m_{il}}{N_{il}}$ – вероятность выхода из строя

m_{il} транспортных средств из количества в наличии N_{il} ; P_j^{il} , m_j и $R_{l\max}$ – соответственно j -й параметр, вес и максимально возможный уровень комплексности; $Q_{il}^{\text{ном}} \Delta T$ – номинальная безотказность работы за отрезок времени ΔT .

Комплексность – выполнение технологического содержания услуги перевозки: удобство подходов к ОП и осуществления пересадок; наличие резервного подвижного состава; предоставление дифференцированных скидок; продажа проездных билетов и продление их и др.

Ввиду особой важности для государства и пассажиров целесообразно выделить *безопасность* как отдельный показатель, но под ним понимать неопасность для здоровья, жизни, имущества граждан и природной среды. Характеристиками S_3 нужно выбрать готовность и адекватность водителя (прохождение им до- и послерейсового медосвидетельствования, наличие квалификации, опыта и культуры вождения, соблюдение режимов труда и отдыха и т.п.), безопасность конструктивную (не слишком высокие и крутые ступени, отдаленность ОП от перекрестка, пешеходного перехода и др.) и эксплуатационную (ежегодный и ежедневный техосмотр, своевременное техобслуживание, ремонт), оперативный контроль процесса перевозки (визуальный осмотр салона и входов-выходов, связь с диспетчером), состояние микроклимата (температура; чистота; освещенность транспортного средства; уровень шума, вибраций и выбросов в салоне; исправность салона), обязательное страхование жизни пассажиров, меры по охране окружающей среды, обеспечению безопасности движения и др.

Доступность во всех районах города и всем категориям населения (с ограниченными физическими и материальными возможностями, пожилым, пассажирам с детьми) обеспечивается за счет установления соответствующих социальных, экономических и технических характеристик (пешеходная доступность ОП, пониженный уровень пола, достаточно высокий потолок, наличие пандусов и мест для колясок, звуковое и визуальное сопровождение, единый транспортный тариф и предоставление льгот проезда на всех видах

транспорта и др.). Показатели безопасности и доступности выразим так:

$$S_{3il} = \frac{B_{il}}{B_{lном}} = \frac{\sum_{j=1}^J m_j F_j^{il}}{B_{lном}},$$

$$S_{8il} = \frac{D_{il}}{D_{lmax}} = \frac{\sum_{j=1}^J m_j U_j^{il}}{U_{lmax}}, \quad \sum_{j=1}^J m_j = 1,$$

где F_j^{il} и U_j^{il} – j -й параметр соответственно безопасности и доступности; m_j – коэффициент, учитывающий долю j -го параметра; $B_{lном}$ – номинальный уровень безопасности поездки; U_{lmax} – максимальный уровень доступности.

В условиях высокой социальной дифференциации признание главной целью ОТ доступности снижает привлекательность его для части населения, способной оплачивать полную стоимость проезда и более качественные услуги и вынуждает этих жителей пересесть на личный транспорт.

Параметры и веса добавленных составляющих – безопасности, комплексности и доступности – следует вычислять аналогично S_{6i} .

В данной региональной модели, справедливой и для городского ОТ, показатели сервиса для видов и ОТ в целом в идеале стремятся к единице:

$$S_{mi} = \prod_{l=1}^L S_{mil} = 1 \quad \text{и} \quad S_m = \prod_{i=1}^n S_{mi} = 1.$$

Не всегда важно учитывать весь набор предложенных составляющих в модели. Так, итоги социологического опроса 2010 г. в г. Северодвинске показывают, что для пассажиров особенно важны стоимость проезда, надежность, регулярность, а веса $k_4 = k_6 = k_7 = 0$. С точки зрения государства, при перевозках необходимо соблюдение безопасности и доступности.

Интерес представляет изменение значения комплексного показателя при различном количестве составляющих, которое может эффективно вычисляться с помощью численных компьютерных моделей. Результаты численного моделирования процесса в экономике городского ОТ при разном количестве равнозначных составляющих m приведены на рис. 1.

В случае $m = 1$ интегральный показатель линейно зависит от одного показателя: $S = S_j$. При $m > 1$ зависимость $S = S_m^i$ приобретает степен-

ной характер, причем с ростом m крутизна кривой увеличивается. Показатель S при $m \rightarrow \infty$ вырождается в дельта-функцию $\delta(S_m)$. Для достижения конкретного значения комплексного показателя S при большем количестве равнозначных составляющих значение каждой должно быть больше. Отслеживая падение спроса (например, заметив, что $k_4 = k_6 = 0$ или $S_j = 1$), можно уменьшить число составляющих и сэкономить на зависящих от уровня сервиса условно-переменных затратах c_l (на объект управления и его инфраструктуру). С помощью мощного мониторинга рынка пассажирских услуг можно удовлетворять как требованиям минимизации издержек предприятия, так и запросам потребителей к качеству пассажирского сервиса. Противоречивость этих требований обуславливает компромисс при их выборе, поэтому нужно сформировать информационный канал логистической системы для быстрого получения информации на базе оптимального набора исходных данных.

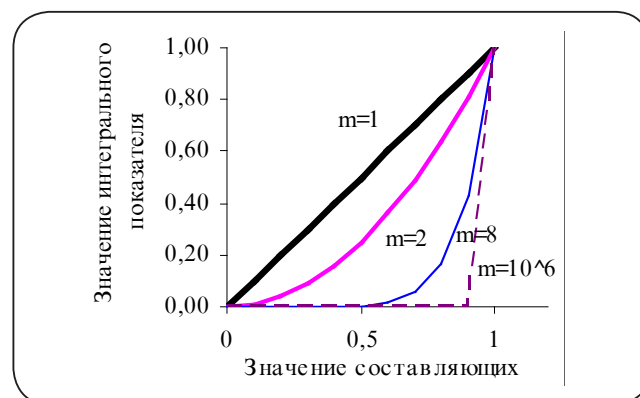


Рис. 1. Изменение интегрального показателя в модели пассажирского сервиса при изменении количества равнозначных составляющих

Убыток в доступной всем слоям населения дотационной системе городского ОТ по Миротину описывается зависимостью, минимизацией которой предлагалось получать оптимальный уровень S_{min} :

$$Y = C - P = \left(c + \frac{c_1}{1-S} \right) - (p_1 + a S^b),$$

$$D: a > 0, 0 < b < 1, c_1 > 0, 0 < S < 1,$$

где c – условно-постоянные затраты ОТ, не зависящие от уровня сервиса (на субъект управления), p_1 – доход ОТ без учета требований к уровню сервиса.

Приравняем к нулю первую производную убытка. Рисунок 2 показывает моделирование левой части полученного уравнения, преобразованного к виду $-S^{b-1}(S-1)^2 = -c_1/a/b = (\text{const})$. Получаем семейство непрерывных функций вида $dY/dS = f(S) | b$. Чем ближе b к нулю, тем круче график. При приближении b к единице он приближается к левой ветви параболы $-(S-1)^2$. Числовые значения a и b (параметров влияния уровня сервиса на пассажиропоток) зависят от особенностей функционирования и вида ОТ.

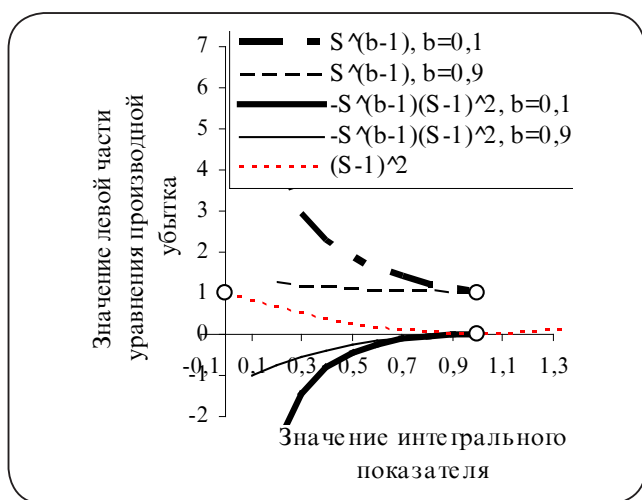


Рис. 2. Моделирование производной убытка городского ОТ

Очевидно существование и единственность корня функции $f(S)$, то есть $\forall 0 < b < 1 \exists S | c_1 / (ab) - S^{b-1}(S-1)^2 = 0$ (функции $dY/dS = f(S)$, и d^2f/dS^2 непрерывны на $D : S \in]0; 1[$, значения $f(S)$ на концах $]0; 1[$ имеют разные знаки, и она монотонна). Искомый корень является минимумом функции убытка по второму достаточному условию экстремума, так как $d^2Y/dS^2 = 2c_1 / (1-S)^3 - ab(b-1)S^{b-2} > 0 \forall S, a, b, c_1 \in D$.

$S^{b-1} |_{\forall b \in]-\infty; \infty[} > 0$. Уравнение имеет единственное точное решение $S=1$ при $c_1 / (ab) = 0$. Это возможно при заданных $a > 0, b < 0, c_1 > 0$, если $a = \infty$, что противоречит экономическому смыслу. Поэтому, вопреки предположению автора уравнения, возможно получить только приближенное решение. Аналитически решают нелинейное уравнение с одной неизвестной, отделяя корень и находя его приближенное значение с заданной точностью $\epsilon > 0$ численными

методами. Рисунок 3 иллюстрирует поиск корня методом дихотомии. Делим отрезок пополам и положим $t = (a + b) / 2$. Если $f(t) = 0$, то корень S_{\min} найден. При $f(t) \neq 0$ выбираем часть отрезка с $f(t)f(a) < 0$ или $f(t)f(b) < 0$, делим ее снова пополам и т.д. Процесс останавливается при $|b_i - t_i| < \epsilon$ на шаге i и вычислении $S_{\min} = (a_i + b_i) / 2$.

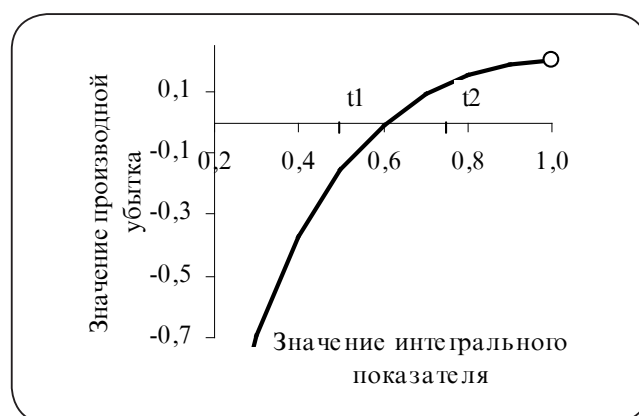


Рис. 3. Графическое решение производной убытка городского ОТ

Таким образом, для нахождения $S_{\text{опт}}$ (абсциссы точки $(S_{\text{опт}}; Y_{\text{мин}})$) вместо построения зависимости $Y(S)$ по графикам доходов и затрат можно строить график производной убытка. Алгоритм определения c_1 показан на рис. 4, аналогичен ему и алгоритм вычисления a и b по графику дохода ОТ от уровня сервиса (без p_1). Тогда $S_{\text{опт}}$ определяем по графику $dY/ds(S)$ или численным методом. Во многие математические пакеты встроены итерационные алгоритмы для решения подобных уравнений, например, в MS Excel решить нелинейное уравнение можно с помощью функции Подбор параметра.

В первом приближении принимается $S_m = \sqrt[m]{S}, m = 1,8$. Далее варьируют значениями S_m с учетом принципа справедливой относительной компенсации:

$$\sum_m (\Delta S_m / S_m) = 0.$$

В условиях рынка от правильности, точности и быстроты определения характеристик доходов и расходов зависит общая эффективность транспортного обслуживания. Поэтому требуются постоянный мониторинг и корректировка с при-

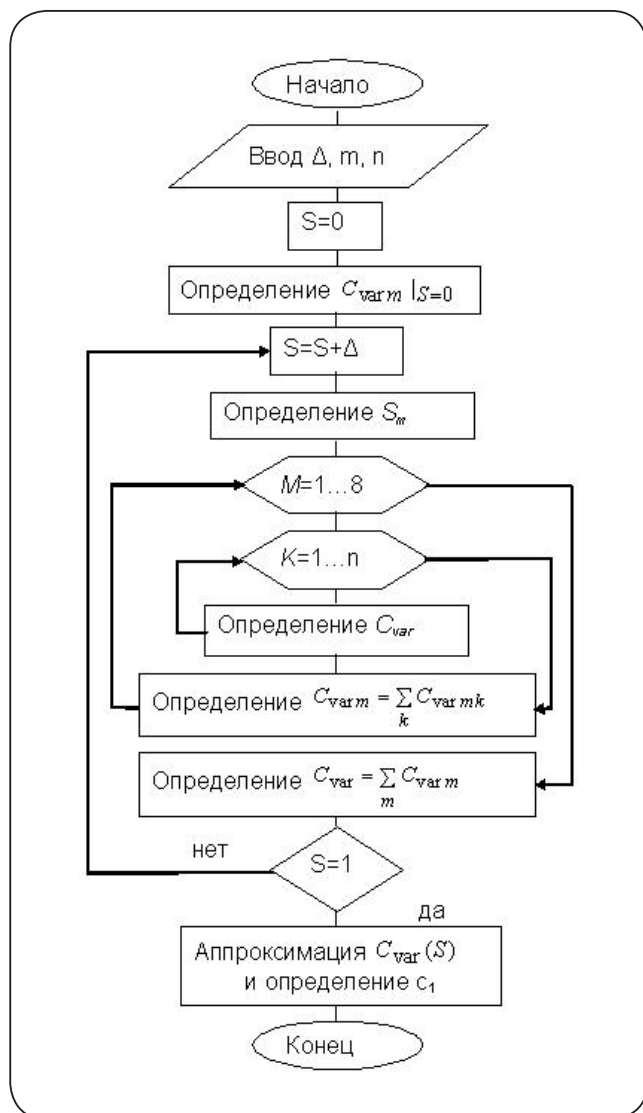


Рис. 4. Блок-схема алгоритма определения зависимости переменных затрат от уровня пассажирского сервиса

менением компьютерного численного моделирования факторов, влияющих на комплексный показатель пассажирского сервиса – параметров, веса и количества составляющих. Зафиксированные зависящие от требований пассажиров, государства и других заинтересованных сторон изменения следует учитывать в системе моделей городского ОТ, элементом которых и служит непрерывно модернизируемый интегральный показатель.

Сложность уровня пассажирского сервиса, только одного из показателей эффективности ТС, показывает, что в единственном критерии эффективности системы ОТ не удастся учесть множество порой противоречащих друг другу факторов, даже без учета проективно-строительных. Поэтому необходим комплексный подход к описанию и анализу эффективности функционирования ТС, учитывающий количественные и качественные показатели. С другой стороны, вышеупомянутая структура показателей эффективности не исчерпывает всех элементов, поэтому составление классификации и поиск критериев эффективности транспортного обслуживания требует дальнейшего исследования.

Список литературы

1. СНиП 2.07.01-89. – М.: Стройиздат, 1991. – 56 с.
2. Пассажирские автомобильные перевозки / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
3. Логистика: общественный пассажирский транспорт / под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2003. – 224 с.
4. Кабалина Т.В. О безопасности городского общественного транспорта // Казанская наука. – 2010. – № 2. – С. 167–172.

В редакцию материал поступил 22.10.10

Ключевые слова: эффективность перевозок пассажиров общественным транспортом, пассажирский сервис