

С. А. Легкий, канд. экон. наук, Л. А. Пихтерева

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ГОРОДСКИХ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК

*Рассмотрены методики выбора рационального подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта. Выявлены их преимущества и недостатки. Предложена методика выбора рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок, позволяющая учитывать качество обслуживания пассажиров, себестоимость 1 км пробега и комфортность автобусов.*

**Ключевые слова:** автобус; перевозка пассажиров, выбор вместимости, себестоимость перевозок, комфортность автобуса, выбор марки

### **Постановка проблемы**

Автомобильной промышленностью выпускается большое количество различных типов и марок транспортных средств, предназначенных для перевозки пассажиров. Каждая марка и модель подвижного состава имеет определенные технические характеристики (габаритные размеры, ширина дверей, радиус поворота, тягово-скоростные характеристики и т. д.) и конструктивные особенности, влияющие на результаты транспортного процесса и качество обслуживания пассажиров. Кроме этого каждая марка транспортного средства отличается по стоимости и эксплуатационным затратам, что напрямую влияет на себестоимость перевозок. В одних условиях применение той или иной марки и модели подвижного состава может быть целесообразным, а в других условиях – нет. Все это дает нам основание считать, что выбор рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок, обеспечивающий высокий уровень качества обслуживания пассажиров и минимальные транспортные издержки, является актуальной задачей.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Проведенный анализ последних исследований и публикаций [1–9] позволяет сделать вывод, что на данный момент нет единой методики выбора рационального подвижного состава для маршрутов городского пассажирского автомобильного транспорта.

Так, Д. Н. Новоселов [1] предлагает производить выбор рациональной марки автобуса из условия обеспечения необходимого уровня качества перевозок, высокой скорости доставки и экологической безопасности.

Показатель комфортности поездки по его методике определяется по формуле:

$$K_1 = \frac{n_{сид} + k_1 \cdot n_c + k_2 \cdot (n_{общ} - n_{сид} - n_c)}{n_{общ}}, \quad (1)$$

где  $n_{общ}$  – общее количество пассажиров, находящихся в автобусе на перегоне маршрута, чел.;

$n_{сид}$  – число сидящих пассажиров, чел.;

$n_c$  – число пассажиров с предоставлением комфортного проезда стоя, чел.;

$k_1, k_2$  – коэффициенты, учитывающие приемлемость совершения поездки стоя в комфортных условиях и стоя в переполненном автобусе.

Показатель скорости поездки определяется по следующей формуле:

$$K_2 = \frac{t_{\max} - t_{\phi}}{t_{\max} - t_{\min}}, \quad (2)$$

где  $t_{\max}$  – принятое максимально допустимое время перемещения на маршруте, мин.;

$t_{\min}$  – минимальное время перемещения на маршруте, мин.;

$t_{\phi}$  – фактическое время перемещения на маршруте, мин.

Показатель экологической безопасности определяется по формуле:

$$K_3 = \frac{Y_{\text{эmax}} - Y_{\text{эф}}}{Y_{\text{эmax}} - Y_{\text{эmin}}}, \quad (3)$$

где  $Y_{\text{эmax}}$  – максимальный уровень эколого-экономического ущерба, руб.;

$Y_{\text{эmin}}$  – минимальный уровень эколого-экономического ущерба, руб.;

$Y_{\text{эф}}$  – фактический уровень эколого-экономического ущерба, руб.

Обобщенный показатель качества определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot K_i, \quad (4)$$

где  $\alpha_i$  – значимость частного показателя.

Преимуществом этого подхода является то, что при выборе рациональной марки автобуса учитываются показатели качества обслуживания пассажиров – комфортабельность (учитывающая наполняемость салона) и скорость поездки, а также экологическая безопасность перевозок в виде ущерба, наносимого автобусами окружающей среде.

Недостатком этого подхода является то, что выбор рациональной марки автобуса производится только из марок автобусов, эксплуатируемых на конкретном маршруте в реально сложившихся условиях перевозки, что затрудняет применение этого подхода при выборе других марок автобусов и делает невозможным его применение при проектировании маршрутов. Кроме этого, к недостаткам нужно отнести отсутствие учета затрат перевозчиков на обслуживание маршрутов и пассажиров на ожидание автобусов, а также высокую трудоемкость сбора и анализа данных для вычисления показателя комфортности поездки.

Рациональный подвижной состав Г. В. Бойко [2] предлагает выбирать с помощью критерия, учитывающего удовлетворенность пассажирского спроса на перевозки, экологичность перевозок и безопасность дорожного движения:

$$K = \sqrt[3]{K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{эк}} \cdot K_{\text{БД}}}, \quad (5)$$

где  $K_{\text{пер}}$  – коэффициент, учитывающий уровень транспортного обслуживания пассажиров;

$K_{\text{эк}}$  – коэффициент, учитывающий экологичность перевозок;

$K_{\text{БД}}$  – коэффициент, учитывающий безопасность дорожного движения.

Коэффициент, учитывающий безопасность дорожного движения определяется по формуле:

$$K_{\text{БД}} = \frac{m \cdot \frac{P_{\text{перег}}}{P_{\text{общ}}} \cdot K}{N_a \cdot l_m}, \quad (6)$$

где  $m$  – степень опасности маршрута;

$P_{\text{перез}}$  – число нерегулируемых пересечений;

$P_{\text{общ}}$  – общее число пересечений;

$N_a$  – интенсивность движения автомобилей, авт./ч;

$l_m$  – длина маршрута, км;

$K$  – коэффициент, характеризующий помехонасыщенность маршрута.

Коэффициент, учитывающий уровень транспортного обслуживания определяется по формуле:

$$K_{\text{пер}} = \frac{(Q_i)^{n1}}{Q_{\text{max}}} \cdot \alpha_s \cdot \gamma \cdot \frac{\Delta t_i^{\text{opt}}}{(\Delta t_i^{\text{ф}})^{n2}} \cdot \frac{(w_i^{\text{ф}})^{n3}}{w_i^{\text{opt}}} \cdot R_o \cdot \frac{Q_i^{\text{ф}}(\Delta T)}{Q_i^{\text{ном}}(\Delta T)} \cdot K_i \cdot \frac{C_{\text{min}}}{C_i} \cdot \Pi_{\text{cmi}}, \quad (7)$$

где  $Q_i$  – количество перевезенных пассажиров  $i$ -м видом транспорта, чел.;

$Q_{\text{max}}$  – максимальный объем перевозок, чел.;

$\alpha_s$  – коэффициент выпуска на линию;

$\Delta t_i^{\text{ф}}$  – фактическое время поездки по маршруту, мин;

$\Delta t_i^{\text{opt}}$  – оптимальное время поездки по маршруту, мин;

$w_i^{\text{ф}}$  – фактическая частота движения пассажирского транспорта, авт./ч;

$w_i^{\text{opt}}$  – оптимальная частота движения пассажирского транспорта, авт./ч;

$R_o$  – регулярность движения;

$Q_i^{\text{ф}}(\Delta T)$  – фактическая вероятность безотказной работы  $i$ -го вида пассажирского транспорта на маршруте за определенный период ( $\Delta T$ );

$Q_i^{\text{ном}}(\Delta T)$  – номинальная вероятность безотказной работы  $i$ -го вида пассажирского транспорта на маршруте за определенный период ( $\Delta T$ );

$C_{\text{min}}$  – минимальная стоимость проезда (тариф) на различных видах транспорта, функционирующих по маршруту, руб.;

$C_i$  – стоимость проезда (тариф)  $i$ -м видом транспорта на маршруте, руб.;

$\Pi_{\text{cmi}}$  – потребительская стоимость  $i$ -го вида транспорта (определяется по результатам экспертных оценок), руб.;

$n1, n2, n3$  – эмпирические показатели степени,  $n1 = 5, n2 = 18, n3 = 16$ ;

$K_i$  – показатель комфорта.

Преимуществом этого подхода является то, что выбор рациональной марки автобуса осуществляется с учетом комплексного показателя качества обслуживания пассажиров, учитывающего большое количество факторов, и уровня безопасности дорожного движения.

Недостатки этого подхода аналогичны недостаткам предыдущего подхода.

Выбирать транспортное средство с учетом транспортной усталости пассажира и экономических интересов транспортного предприятия предлагают К. В. Доля, Е. Е. Вакуленко [3, 4].

Целевая функция выбора рационального транспортного средства записывается следующим образом:

$$\Pi \rightarrow \min / PP \leq \omega, \quad (8)$$

где  $\Pi$  – утомление пассажира вследствие транспортной поездки, бал.;

$PP$  – период окупаемости инвестиционного проекта, годы;

$\omega$  – экономически обусловленная величина периода окупаемости основных активов предприятия в условиях рыночной экономики с учетом законодательной базы, годы.

В развернутом виде эта целевая функция имеет следующий вид:

$$P = -0,21 + 1,045 \cdot \left( (2,16 + 0,513 \cdot \ln(t_{ож} + 1) + 0,00107 \cdot t_{ож}) \cdot (1 - 0,14 \times \right. \\ \left. \times (k' \cdot \gamma_{mn} + 0,6) \cdot \ln(t_{mn}) + k' \cdot \gamma_{mn} \cdot (k' \cdot \gamma_{mn} + 0,6) \cdot \ln(t_{mn})) \right) \rightarrow \min / PP \leq \omega, \quad (9)$$

где  $t_{ож}$  – время ожидания пассажирами транспортного средства;

$t_{mn}$  – время маршрутной поездки (время пассажира на поездку);

$k'$  – коэффициент пропорциональности;

$\gamma_{mn}$  – коэффициент наполнения салона транспортного средства.

Преимуществом этого подхода является то, что при выборе рационального автотранспортного средства для работы на маршрутах города учитываются показатели качества обслуживания пассажиров – время ожидания и время поездки в транспортном средстве, коэффициент использования вместимости транспортных средств, а также интересов транспортного предприятия (через проверку соответствия фактического периода окупаемости инвестиционного проекта экономически обусловленному периоду окупаемости основных активов предприятия в условиях рыночной экономики с учетом законодательной базы).

Недостатками этого подхода являются: выбор рационального автотранспортного средства производится из марок, используемых на существующем маршруте; при выборе не учтены затраты перевозчиков на обслуживание маршрута и пассажиров на ожидание автотранспортных средств, а также ущерб, наносимый автобусами окружающей среде; значительная трудоемкость сбора и анализа информации для определения степени транспортной усталости пассажира вследствие транспортного процесса.

Авторы [5–9] считают, что в качестве критерия выбора рационального подвижного состава необходимо использовать экономические показатели такие, как общие затраты на эксплуатации подвижного состава, суммарные затраты на перевозку пассажиров, себестоимость перевозок, приведенные народнохозяйственные затраты.

Так, С. Л. Голованенко [5] считает, что выбор рациональной марки автобуса необходимо производить по критерию минимума суммарных затрат на перевозки пассажиров по формуле:

$$Z_i = \left[ Q_{пик} \cdot \frac{L_m}{v_3 \cdot A_i} \cdot C_{пч} + \frac{0,15 \cdot A_i \cdot (K_{ai} + K_{мтбi})}{365 \cdot \alpha_i \cdot T_p} + \frac{C_{постi} \cdot A_i}{\alpha_i} + C_{непi} \cdot v_3 \cdot A_i \right] \rightarrow \min, \quad (10)$$

где  $Q_{пик}$  – количество перевезенных пассажиров в часы пик, пасс.;

$L_m$  – длина маршрута, км;

$A_i$  – количество автобусов  $i$ -того типа;

$C_{пч}$  – стоимость оценки одного часа свободного времени пассажира, руб.;

$K_{ai}$  – оптовая цена одного автобуса  $i$ -того типа, руб.;

$K_{мтбi}$  – капитальные вложения в материально-техническую базу по обслуживанию, ремонту и хранению одного автобуса  $i$ -того типа, руб.;

$C_{постi}$  – постоянные затраты на 1 ч работы автобуса  $i$ -того типа, руб.;

$C_{непi}$  – переменные затраты на 1 ч работы автобуса  $i$ -того типа, руб.;

$\alpha_i$  – коэффициент использования парка автобусов  $i$ -того типа, руб.;

$T_p$  – средняя продолжительность работы автобусов на линии, ч.

Антошвили М. Е. [6] предлагает в качестве критерия выбора рациональной марки автобусов использовать минимум приведенных народнохозяйственных затрат:

$$Z = \min(T_{\Sigma} \cdot C + Z_{АТП}), \quad (11)$$

где  $T_{\Sigma}$  – суммарные потери времени на ожидание всех пассажиров за день, ч;

$C$  – стоимостная оценка потери пассажиро-часа на ожидание, руб/ч;

$Z_{АТП}$  – затраты АТП на эксплуатацию маршрута.

В развернутом виде этот критерий записывается следующим образом:

$$Z = \min \left( \sum_{i=1}^l \left( \sum_{j=1}^m \bar{T}_{ожжи} \cdot S_{ji} \right) \cdot 60 \cdot t_i \cdot C + Z_{АТП} \right), \quad (12)$$

где  $m$  – количество остановок в прямом и обратном направлениях, ед.;

$\bar{T}_{ожжи}$  – средние затраты времени одного пассажира на ожидание посадки на  $j$ -той остановке в  $i$ -тый период времени, мин;

$S_{ji}$  – интенсивность подхода пассажиров на  $j$ -тую остановку в  $i$ -тый период времени, пасс/мин;

$t_i$  – продолжительность  $i$ -того периода, ч.

Преимуществом этого подхода является то, что при выборе рациональной марки автобуса учитываются затраты перевозчиков на эксплуатацию автобусов на маршрутах и затраты пассажиров на ожидание автобусов.

Недостатком этого подхода является то, что выбор рациональной марки автобуса производится из марок автобусов, эксплуатируемых на существующем маршруте в реально сложившихся условиях перевозки пассажиров, а также не учитываются показатели качества обслуживания пассажиров, ущерб, наносимый автобусами окружающей среде.

Анализ существующих методик выбора рационального подвижного состава для маршрутов городского пассажирского автомобильного транспорта позволил сделать вывод, что они в основном предназначены для выбора рационального автобуса из марок, используемых на существующих маршрутах при сложившихся условиях перевозки, и не могут быть применены при проектировании новых маршрутов. Существующие методики выбора рациональной марки подвижного состава учитывают: уровень качества перевозок; удовлетворенность пассажирского спроса на перевозки, экологичность перевозок и безопасность дорожного движения; степень транспортной усталости пассажира вследствие транспортного процесса и периода окупаемости инвестиционного проекта; экономические показатели.

**Цель статьи** – обоснование методики выбора рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок.

### ***Изложение основного материала исследования***

На основании проведенного анализа существующих методик выбора рационального подвижного состава для маршрутов городского пассажирского автомобильного транспорта предлагается следующая методика выбора рационального подвижного состава и алгоритм ее реализации (рисунок 1).

Процесс выбора рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок состоит из двух подсистем (блоков): выбор рациональной вместимости подвижного состава и выбор рациональной марки подвижного состава.

Элементы подсистем отображают состав и содержание этапов процесса выбора рационального подвижного состава, а связи между ними – их последовательность.

Выбор рационального подвижного состава начинается с определения максимального часового пассажиропотока на маршруте в одном направлении. На основании результатов обследования пассажиропотока на маршруте (при помощи одного из методов обследования: отчетно-статистического, табличного, счетно-табличного, анкетного, талонного и т. д.) определяется часовой пассажиропоток в прямом и обратном направлениях и устанавливается максимальный часовой пассажиропоток на маршруте в одном направлении.



Рисунок 1 – Алгоритм выбора рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок

На следующем этапе, в зависимости от максимального часового пассажиропотока на маршруте в одном направлении, осуществляется установление интервала движения автобусов на маршруте, обеспечивающее максимальный уровень качества обслуживания пассажиров (таблица 1).

На третьем этапе определяется рациональная вместимость подвижного состава с учетом обеспечения максимального уровня качества обслуживания пассажиров по формуле:

$$q = 1,28...1,37 \cdot \frac{Q_{\max} \cdot I}{60}, \text{ пасс.}, \quad (13)$$

где 1,28...1,37 – интервал значений коэффициентов, учитывающих нормативное значение коэффициента вместимости салонов автобусов в час пик в одном направлении ( $\gamma = 0,73-0,78$  [10]).

Таблица 1 – Нормативы интервала движения автобусов в зависимости от максимального часового пассажиропотока на маршруте в одном направлении [10]

Размер пассажиропотока, пасс/ч	Интервал движения автобусов на маршруте, мин.	Количество автобусов на 1 км автобусной сети, ед.
До 750	8,0	0,5
От 750 до 1500	4,0	1,0
» 1500 » 2250	2,7	1,5
» 2250 » 3000	2,0	2,0
» 3000 » 3750	1,6	2,5
» 3750 » 4500	1,3	3,0
Свыше 4500	1,0	4,0

На четвертом этапе производится формирование группы автобусов разных марок в соответствии с оптимальной вместимостью для выбора из этих марок автобусов наиболее рациональной. На этом этапе из выпускаемых или имеющихся городских автобусов формируется группа автобусов разных марок с вместимостью, соответствующей или близкой к интервалу рациональной вместимости, определенной на предыдущем этапе.

На следующем этапе производится определение себестоимости 1 км пробега автобуса. Себестоимость 1 км пробега автобуса,  $S_{1км}$ , определяется согласно [11].

Предлагается в состав себестоимости городских автобусных перевозок при выборе рациональной марки подвижного состава включать:

- расходы на топливо;
- расходы на смазочные материалы;
- расходы на автомобильные шины;
- расходы на аккумуляторные батареи;
- расходы на техническое обслуживание и ремонт автобусов;
- расходы на амортизацию автобусов.

Расходы на заработную плату и отчисления из нее на социальные мероприятия предлагается не включать в состав себестоимости перевозок, учитывая, что автобусы одинаковой вместимости в большинстве случаев принадлежат одному классу и имеют габаритную длину, соответствующую диапазону изменения габаритной длины, для которой часовая тарифная ставка водителей одинаковая. Кроме этого обычно водители одного и того же маршрута имеют одинаковую заработную плату.

Общепроизводственные расходы также предлагается не включать в состав себестоимости перевозок, учитывая, что не существует общепринятой методики их определения, и они обычно принимаются как доля от суммы отдельных затрат себестоимости перевозок. Следует отметить, что в большинстве случаев на конкретном маршруте эксплуатируются автобусы одного перевозчика, поэтому общехозяйственные расходы таких перевозок одинаковые у всех автобусов.

Приведем методику расчета затрат, входящих в себестоимость 1 км пробега автобуса.

1. Расходы на топливо на 1 км пробега определяются по формуле:

$$B_T = 0,01 \cdot H_T^i \cdot (1 + 0,01 \cdot K_\Sigma) \cdot C_T, \text{ руб/км}, \quad (14)$$

где  $H_T^i$  – базовая линейная норма расхода топлива автобуса  $i$ -й марки, л/100 км ( $\text{м}^3/100 \text{ км}$ ) [12];

$K_\Sigma$  – суммарный корректирующий коэффициент к линейной норме, учитывающий конкретные условия эксплуатации, % [12];

$C_T$  – цена топлива, руб/л (руб/ $\text{м}^3$ ).

2. Расходы на смазочные материалы на 1 км пробега определяются по формуле:

$$B_{см} = 0,01 \cdot B'_T \cdot (H_m^i \cdot C_m + H_{mp}^i \cdot C_{mp} + H_{cn}^i \cdot C_{cn} + H_{nl}^i \cdot C_{nl}), \text{ руб/км}, \quad (15)$$

где  $H_m^i$ ,  $H_{mp}^i$ ,  $H_{cn}^i$ ,  $H_{nl}^i$  – нормы расхода моторных, трансмиссионных, специальных масел (л/100 л топлива) и пластичных смазок (кг/100 л топлива) автобуса  $i$ -й марки, [12];

$C_m$ ,  $C_{mp}$ ,  $C_{cn}$ ,  $C_{nl}$  – цена моторных, трансмиссионных, специальных масел (руб/л) и пластичных смазок (руб/кг);

$B'_T$  – общие нормативные расходы топлива на 1 км пробега, л/км ( $\text{м}^3/\text{км}$ ):

$$B'_T = 0,01 \cdot H_T^i \cdot (1 + 0,01 \cdot K_\Sigma), \text{ л/км } (\text{м}^3/\text{км}). \quad (16)$$

3. Расходы на автомобильные шины на 1 км пробега определяются по формуле:

$$B_{ш} = \frac{C_{ш} \cdot K_{ш}^i}{H_{ш} \cdot K_k}, \text{ руб/км}, \quad (17)$$

где  $C_{ш}$  – цена автомобильной шины, руб.;

$K_{ш}^i$  – количество шин, установленных на автобусе  $i$ -й марки, ед.;

$H_{ш}$  – норма эксплуатационного пробега шин, км [13];

$K_k$  – коэффициент корректирования, учитывающий условия эксплуатации [13].

4. Расходы на аккумуляторные батареи на 1 км пробега определяются по формуле:

$$B_{аб} = \frac{C_{аб} \cdot K_{аб}^i}{H_{аб} \cdot K_k \cdot I^i}, \text{ руб/км}, \quad (18)$$

где  $C_{аб}$  – цена аккумуляторной батареи, руб.;

$K_{аб}^i$  – количество аккумуляторных батарей, установленных на автобусе  $i$ -й марки, ед.;

$H_{аб}$  – эксплуатационная норма среднего ресурса аккумуляторных батарей, месяцев [14];

$K_k$  – коэффициент корректирования, учитывающий условия эксплуатации [14];

$I^i$  – фактическая интенсивность эксплуатации автобуса  $i$ -й марки, км/мес.

5. Расходы на техническое обслуживание и ремонт автобусов включают расходы на оплату труда (и соответствующие отчисления из нее) рабочих, выполняющих ТО и ТР, а также расходы на материалы и запасные части.

Расходы на оплату труда рабочих, выполняющих ТО и ТР автобусов определяются по формуле:

$$ЗП_{р.р} = \sum T_p^i \cdot ЗП_{р.р/ч} \cdot (1 + \sum K), \text{ руб.}, \quad (19)$$

где  $\sum T_p^i$  – суммарная трудоемкость работ по ТО и ТР автобуса  $i$ -й марки, чел. ч;

$ЗП_{р.р/ч}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/ч;

$\sum K$  – суммарный коэффициент, учитывающий минимальные размеры доплат и надбавок к тарифным ставкам рабочих в относительных величинах.

Средний разряд рабочих определяется по «Нормам затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт по базовым маркам автомобилей» [15].

Суммарная трудоемкость работ по ТО и ТР автобуса  $i$ -й марки определяется по формуле:

$$\sum T_p^i = N_{EO}^i \cdot T_{p.EO}^i + T_{p.TO-1}^i \cdot N_{TO-1}^i + T_{p.TO-2}^i \cdot N_{TO-2}^i + \frac{L_{общ}^i}{1000} \cdot T_{p.ТР}^i, \text{ чел. ч.}, \quad (20)$$

где  $N_{EO}^i$  – количество ЕО автобуса  $i$ -й марки, ед.;

$T_{p.EO}^i, T_{p.TO-1}^i, T_{p.TO-2}^i, T_{p.ТР}^i$  – трудоемкость работ единицы ЕО, ТО-1, ТО-2, текущего ремонта (на 1000 км) автобуса  $i$ -й марки, соответственно, чел. ч.;

$N_{TO-1}^i, N_{TO-2}^i$  – количество ТО-1, ТО-2 автобуса  $i$ -й марки, ед.

Количество ТО-1 и ТО-2 рассчитывается на основе годового пробега автобусов и нормативов периодичности ТО, которые определяются по «Положению о техническом обслуживании и ремонте дорожных транспортных средств автомобильного транспорта» [16].

Отчисления из расходов по оплате труда ремонтных рабочих на социальное страхование определяются по формуле:

$$B_{oc}^{p.p} = K_{cm} \cdot 3\Pi_{p.p}, \text{ руб.}, \quad (21)$$

где  $K_{cm}$  – ставка отчислений на социальные мероприятия.

Расходы на материалы и запчасти рассчитываются по следующей формуле:

$$B_{м.зч} = N_{EO}^i \cdot H_{EO.м}^i + N_{TO-1}^i \cdot H_{TO-1.м}^i + N_{TO-2}^i \cdot H_{TO-2.м}^i + \frac{L_{общ}^i \cdot (H_{p.м}^i + H_{p.зч}^i)}{1000}, \text{ руб.}, \quad (22)$$

где  $H_{EO.м}^i, H_{TO-1.м}^i, H_{TO-2.м}^i$  – нормативы расходов материалов на одно ЕО, ТО-1, ТО-2 автобуса  $i$ -й марки, руб.;

$H_{p.м}^i, H_{p.зч}^i$  – нормы расходов материалов и запасных частей на текущий ремонт автобуса  $i$ -й марки, руб./1000 км [15].

Расходы на техническое обслуживание и ремонт автобусов на 1 км пробега определяются по формуле:

$$B_{ТО.ТР} = \frac{3\Pi_{p.p} + B_{pp}^{oc} + B_{м.зч}}{L_{общ}^i}, \text{ руб./км.} \quad (23)$$

6. Расходы на амортизацию автобусов на 1 км пробега определяются по формуле:

$$B_A = \frac{Ц_a^i \cdot H_A}{100 \cdot L_{общ}^i}, \text{ руб./км.}, \quad (24)$$

где  $Ц_a^i$  – остаточная или первоначальная балансовая стоимость автобуса  $i$ -й марки, руб.;

$H_A$  – годовая норма амортизации, %.

На шестом этапе производится определение показателя, учитывающего комфортность автобуса.

Предлагается показатель, учитывающий комфортность автобуса, определять по следующей формуле:

$$k_{комф} = \sqrt[4]{\frac{n_{дв} \cdot b_{дв} \cdot b_{пр} \cdot h_{см.н}}{n_{дв.н} \cdot b_{дв.н} \cdot b_{пр.н} \cdot h_{см}}}, \quad (25)$$

где  $n_{дв}$  – количество дверей;

$n_{дв.н}$  – нормативное количество дверей;

$b_{дв}$  – ширина дверей;

$b_{дв.н}$  – нормативная ширина дверей;

$b_{пр}$  – ширина прохода между сидениями;

$b_{пр.н}$  – нормативная ширина прохода между сидениями;

$h_{ст}$  – высота ступеньки над уровнем дороги;

$h_{ст.н}$  – нормативная высота ступеньки над уровнем дороги.

Согласно ГОСТ 27815-88 [17] приняты следующие нормативы для определения показателя, учитывающего комфортность автобуса:

- количество пассажирских дверей должно быть менее указанного в таблице 2;
- ширина пассажирских дверей – не менее 1200 мм;
- ширина прохода между сидениями – не менее 550 мм;
- высота ступеньки над уровнем дороги – не более 360 мм.

Таблица 2 – Минимальное количество пассажирских дверей в автобусах I класса

Пассажировместимость автобуса, мест	Число пассажирских дверей
17–60	2
61–95	3
Свыше 95	4

На завершающем этапе осуществляется выбор марки подвижного состава, для которой себестоимость 1 км пробега с учетом показателя, учитывающего комфортность автобуса, является минимальной:

$$S = \min \left( \frac{S_{1км}}{k_{комф}} \right). \quad (26)$$

### Заключение

Усовершенствована методика выбора рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок. Новизна данного научного результата заключается в представлении процесса выбора рационального подвижного состава как совокупности процессов выбора рациональной вместимости и рациональной марки подвижного состава с учетом качества обслуживания пассажиров, себестоимости 1 км пробега и комфортности автобуса.

### Список литературы

1. Новоселов, Д. Н. Определение оптимального количества и вместимости подвижного состава на городском маршруте : дис. ... канд. техн. наук / Д. Н. Новоселов. – Тюмень : ТГНУ, 2009. – 124 с.
2. Бойко, Г. В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок : дис. ... канд. техн. наук / Г. В. Бойко. – Волгоград : ВГТУ, 2006. – 157 с.
3. Доля, К. В. Методика вибору пасажирських автотранспортних засобів на маршрутах міста / К. В. Доля, К. Є. Вакуленко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 1/3 (37). – С. 13–17.
4. Вакуленко, К. Є. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посіб. / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля. – Х. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 257 с.
5. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / С. Л. Голованенко, И. Г. Крамаренко, В. В. Перфильев, В. Г. Сословский ; под ред. С. Л. Голованенко. – К. : Техника, 1981. – 167 с.
6. Антошвили, М. Е. Оптимизация городских автобусных перевозок / М. Е. Антошвили, С. Ю. Либерман, И. В. Спириин. – М. : Транспорт, 1985. – 102 с.
7. Глемин, А. М. Пассажирские автомобильные перевозки и безопасность дорожного движения : учеб. пособие / А. М. Глемин, А. М. Третьяков. – Бийск : Изд-во Алтайского гос. техн. ун-та, 2007. – 96 с.
8. Пассажирские автомобильные перевозки : учеб. для студентов вузов / Л. Л. Афанасьев [и др.] ; под ред. Н. Б. Островского. – М. : Транспорт, 1986. – 220 с.

9. Куниця, О. А. Розробка методики вибору раціонального типу рухомого складу за економічними показниками / О. А. Куниця, К. В. Марченко // Вісті Автомобільно-дорожного інституту : наук.-вироб. зб. – Горлівка : ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. – 2011. – № 2 (13). – С. 26–30.
10. Большаков, А. М. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов / А. М. Большаков, Е. М. Кравченко, Л. М. Черникова. – М. : Транспорта, 1981. – 206 с.
11. Методические рекомендации расчета тарифов на оказание услуг пассажирского автомобильного транспорта и городского электротранспорта (трамвай, троллейбус) [Электронный ресурс] : приказ Министерства транспорта ДНР от 05.05.2015 г. № 140 / Официальный интернет-ресурс Министерства транспорта ДНР. – Режим доступа : <http://donmintrans.ru/page-docs> .
12. Об утверждении Норм расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте [Электронный ресурс] : приказ Министерства транспорта Донецкой Народной Республики от 05.05.15 г. № 141 / Официальный интернет-ресурс Министерства транспорта ДНР. – Режим доступа : <http://donmintrans.ru/d/1/prikaz/2015/Prikaz141.pdf> .
13. Про затвердження Норм експлуатаційного пробігу автомобільних шин [Електронний ресурс] : наказ Міністерства транспорту України від 08.12. 1997 р. № 420 / Закони України. Інформаційно-правовий портал. – Режим доступу : [http://www.uazakon.com/documents/date\\_ar/pg\\_iegesy.htm](http://www.uazakon.com/documents/date_ar/pg_iegesy.htm) .
14. Про затвердження Експлуатаційних норм середнього ресурсу акумуляторних свинцевих стартерних батарей колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі [Електронний ресурс] : наказ Міністерства транспорту та зв'язку України № 489 від 20.05. 2006 р. / Законодавство України. Інформаційний портал. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0695-06> .
15. Норми витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт за базовими марками автомобілів / Міністерство транспорту України та Департамент автомобільного транспорту. – К. : РВК «Укрінтеравтосервіс», 1995. – 22 с.
16. Про затвердження Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту [Електронний ресурс] : наказ Міністерства транспорту України від 30.03 1998 року № 102 / Законодавство України. Інформаційний портал. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1081-2008-п> .
17. ГОСТ 27815-88. Государственный стандарт Союза ССР. Автобусы. Общие требования к безопасности конструкции. [Электронный ресурс]. – Введ. 1988–08–31 / Фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/gost-27815-88> .

*С. А. Легкий, Л. А. Пухтерева*  
*Автомобильно-дорожный институт*  
**ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка**  
**Усовершенствование методики выбора рационального подвижного состава**  
**для городских автобусных перевозок**

Актуальность изучения проблемы выбора рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок обусловлена тем, что выпускаемые типы и марки автобусов отличаются как по техническим характеристикам, так и по стоимости и эксплуатационным затратам, которые напрямую влияют на себестоимость перевозок. В одних условиях применение той или иной марки и модели подвижного состава может быть целесообразным, а в других условиях нет.

Проведенный анализ последних исследований и публикаций позволяет сделать вывод, что на данный момент нет единой методики выбора рационального подвижного состава для маршрутов городского пассажирского автомобильного транспорта. Существующие методики в основном предназначены для выбора рациональной марки автобусов из марок используемых на существующих маршрутах при сложившихся условиях перевозки пассажиров и не могут быть применены при проектировании новых маршрутов. Кроме этого, существующие методики учитывают: уровень качества перевозок; удовлетворенность пассажирского спроса на перевозки, экологичность перевозок и безопасность дорожного движения; степень транспортной усталости пассажира вследствие транспортного процесса и периода окупаемости инвестиционного проекта; экономические показатели.

На основе проведенного анализа существующих методик выбора рационального подвижного состава для маршрутов городского пассажирского автомобильного транспорта разработана авторская методика выбора рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок и алгоритм ее реализации. Процесс выбора рационального подвижного состава для городских автобусных перевозок состоит из двух подсистем: выбор рациональной вместимости подвижного состава и выбор рациональной марки подвижного состава. Выбор рациональной вместимости подвижного состава осуществляется с учетом оптимального интервала движения автобусов и наполнения салонов автобусов, которые обеспечивают максимальный уровень качества обслуживания пассажиров. Выбор рациональной марки подвижного состава осуществляется с учетом себестоимости 1 км пробега и комфортабельности автобуса для пассажиров.

Предлагаемая методика позволяет учитывать при выборе рациональной марки автобусов качество обслуживания пассажиров, себестоимость перевозки и комфортность автобуса. Мы предлагаем в качестве критерия выбора рациональной марки подвижного состава использовать отношение себестоимости 1 км пробега к показателю, учитывающему комфортность автобуса для пассажиров. Разработанная методика может быть использована для выбора рационального подвижного состава других видов транспорта.

**АВТОБУС: ПЕРЕВОЗКА ПАССАЖИРОВ, ВЫБОР ВМЕСТИМОСТИ, СЕБЕСТОИМОСТЬ ПЕРЕВОЗОК, КОМФОРТНОСТЬ АВТОБУСА, ВЫБОР МАРКИ**

*S. A. Legkii, L. A. Pikhтерева*

*Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka*  
**Procedure Improvement of the Rational Rolling Stock Selection for Urban Bus Transportation**

The urgency of the problem study of the rational rolling stock selection for urban bus transportation is due to the fact that produced types and marks of buses differ in specifications as well as in operating costs influencing on the traffic handling cost. Under certain conditions application of this or that rolling stock mark or model can be expedient, in other conditions can be not.

Conducted analysis of recent researches and publications allow to come to conclusion that now there is no single selection procedure of rational rolling stock for routes of urban passenger automobile transport. Generally, existing procedures are designed for selection of the rational bus mark from marks used on existing routes under prevailing conditions of passenger transportation and they cannot be applied for designing new routes. Besides existing procedures take into account quality level of transportations, satisfaction of passenger demand for transportation, environmentally friendly transportation and traffic safety, degree of passenger transport fatigue due to the transport process and payback period of the investment project, economic indexes.

Based on the conducted analysis of existing selection procedures of the rational rolling stock for routes of urban passenger automobile transport the author's selection procedure of the rational rolling stock for urban bus transportation and the algorithm of its implementation are developed. The selection process of the rational rolling stock for urban bus transportation consists of two subsystems: the selection of rational rolling stock capacity and the selection of rational rolling stock mark. The selection of rational rolling stock capacity is made taking into account the cost of the 1km run and bus comfort for passengers.

The suggested procedure allows to take into account at the selection of rational bus mark the quality of passenger service, transportation cost and bus comfort. We suggest using as the selection criterion of rational rolling stock mark the cost ratio of 1 km run to the indicator taking into account bus comfort for passengers. Developed procedure can be applied for the rational rolling stock selection of other modes of transport.

**BUS: TRANSPORTATION OF PASSENGERS, CAPACITY SELECTION, TRANSPORTATION COST, BUS COMFORT, MARK SELECTION**

**Сведения об авторах:**

**С. А. Легкий**

SPIN-код: 6047-7196  
 SCOPUS ORCID ID: 0000-0003-0049-578X  
 Телефон: раб. +38 (06242)-4-88-04,  
 моб. +38 (066) 902-00-57,  
 +38 (071) 316-84-49

Эл. почта: LegkiySA@mail.ru

**Л. А. Пихтерева**

Телефон: +38 (066) 930-55-23  
 Эл. почта: ms.lina.vip@mail.ru

*Статья поступила 07.12.2017*

*© С. А. Легкий, Л. А. Пихтерева, 2018*

*Рецензент: А. Н. Дудников, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»*