

DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-180-202

УДК 656.1



Научная статья | Управление процессами перевозок

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПАРКА БЕЗРЕЛЬСОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ГОРОДСКИЕ ПАССАЖИРСКИЕ МАРШРУТЫ, НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.И. Рассоха, Д.А. Дрючин, С.Л. Надирян

В статье проведён анализ научных работ, направленных на повышение эффективности функционирования городских пассажирских транспортных систем, приведены его результаты. Отмечено значимость структурных параметров подвижного состава, как элемента, определяющего качество и эффективность транспортного процесса. В плане развития существующих разработок предложены комплекс методик, позволяющих провести математическое моделирование пассажиропотоков маршрутов городского пассажирского транспорта и показателей эффективности обслуживания данных маршрутов парком, имеющим заданные структурные параметры. На основании результатов моделирования определены области эффективного применения различных видов транспорта и категорий транспортных средств. Полученные данные могут быть использованы в качестве исходной информации при определении оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты.

***Цель** – повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспортного комплекса на основе оптимизации структурных параметров парка транспортных средств.*

***Метод или методология проведения работы.** При проведении исследования использованы: теория технической эксплуатации автомобилей; методы технико-экономического анализа; теория*

эксплуатационных свойств автомобилей; теория вероятности; методы математического анализа; теория управления социально-техническими системами.

Результаты: разработан комплекс взаимосвязанных методик, позволяющих выполнить моделирование пассажиропотоков городских пассажирских маршрутов и определить ключевые показатели эффективности эксплуатации различных видов транспорта и категорий транспортных средств. Определены значения годовых объёмов перевозок, определяющие области их эффективного применения.

Область применения результатов: научно-исследовательская и практическая деятельность в области организации транспортного обслуживания населения городским пассажирским общественным транспортом.

Ключевые слова: транспорт; перевозки; пассажиропоток; эффективность; себестоимость; маршрут; структура

Для цитирования. Рассоха В.И., Дрючин Д.А., Надирян С.Л. Оптимизация структуры парка безрельсовых транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, на основе результатов математического моделирования // *International Journal of Advanced Studies*. 2023. Т. 13, № 3. С. 180-202. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-180-202

Original article | Transportation Process Management

OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF THE FLEET OF TRACKLESS VEHICLES SERVING URBAN PASSENGER ROUTES BASED ON THE RESULTS OF MATHEMATICAL MODELING

V.I. Rassokha, D.A. Dryuchin, S.L. Nadiryann

The article analyzes scientific works aimed at improving the efficiency of urban passenger transport systems, its results are presented. The im-

portance of the structural parameters of the rolling stock as an element determining the quality and efficiency of the transport process is noted. In terms of the development of existing developments, a set of methods is proposed that allow mathematical modeling of passenger flows of urban passenger transport routes and indicators of the efficiency of servicing these routes by a fleet with specified structural parameters. Based on the simulation results, the areas of effective use of various types of transport and categories of vehicles are determined. The obtained data can be used as initial information in determining the optimal structural parameters of the fleet of vehicles serving urban passenger routes.

Purpose – improving the efficiency of the urban passenger transport complex on the basis of optimizing the structural parameters of the fleet of vehicles.

Methodology: during the research, the following methods were used: theory of technical operation of cars; methods of technical and economic analysis; theory of operational properties of cars; probability theory; methods of mathematical analysis; theory of management of socio-technical systems.

Results: a set of interrelated methods has been developed that allow to simulate passenger flows of urban passenger routes and determine key performance indicators for the operation of various modes of transport and categories of vehicles. The values of annual traffic volumes determining the areas of their effective application are determined.

Practical implications: research and practical activities in the field of organization of public transport services by urban passenger public transport.

Keywords: transport; transportation; passenger traffic; efficiency; cost; route; structure

For citation. Rassokha V.I., Dryuchin D.A., Nadiryan S.L. Optimization of the Structure of the Fleet of Trackless Vehicles Serving Urban Passenger Routes Based on the Results of Mathematical Modeling. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 3, pp. 180-202. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-180-202

Основной задачей системы городского пассажирского транспорта является удовлетворение транспортных потребностей населения при надлежащем уровне качества оказываемых услуг.

В последние десятилетия городские транспортные системы претерпели существенные изменения, обусловленные стремительным повышением уровня автомобилизации, изменением конструкции, технических и эксплуатационных характеристик транспортных средств, обострением энергетических и экологических проблем, изменением общественного строя и принципов экономических взаимоотношений в обществе.

За несколько прошедших десятилетий в жизни нашего общества произошли радикальные изменения, затронувшие сферы общественно-политического устройства общества, материального производства и социально-экономических отношений. Для транспортной отрасли отмечена тенденция децентрализации производства, приход на рынок транспортных услуг большого количества мелких предприятий. Исторически сложилось, что для многих муниципальных образований значительно возросла доля частных перевозчиков, осуществляющих транспортное обслуживание населения, как в границах населённых пунктов, так и за их пределами.

В сформировавшихся условиях от органов муниципального управления, во многом утративших административно-хозяйственные рычаги управления, требуется реализация гибкой политики обеспечивающей соблюдение компромиссных условий между экономическими интересами частного бизнеса и социальными запросами общества.

В свете вышеизложенного, определение оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, является одной из ключевых задач, решение которой во многом определяет сбалансированный подход, позволяющий учесть разноплановые интересы основных участников перевозочного процесса.

Задача оптимизации структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, рассматривалась в работах многих отечественных и зарубежных учёных, таких, как Е.С. Кузнецов, Г.В. Крамаренко, О.Ю. Матанцева, А.И. Фадеев, Н.В. Якунина, Д.Х. Нестеренко, А.В. Спирина, Г.В.Мохова, Ш.М. Минатуллаев и ряд других [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 15, 16]. Основные положения экономического анализа нашли отражение в нормативных документах, регламентирующих деятельность хозяйствующих субъектов и органов местного самоуправления в области транспортного обслуживания населения городским пассажирским транспортом. Во многих работах структура парка транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, рассмотрена как один из ключевых факторов, определяющих качество транспортного обслуживания населения. Исходя из того, что качество является комплексным свойством, определяемым множеством показателей, можно сделать предварительный вывод о том, что структура парка транспортных средств, является ключевым фактором, оказывающим многопараметрическое влияние. [3, 11, 13]

Качество транспортного обслуживания населения является комплексным свойством, оцениваемым следующими основными параметрами:

- регулярность и точность расписания;
- частота движения транспортных средств;
- удобство и комфортабельность транспортных средств.
- безопасность и надежность транспорта.
- вероятность обслуживания всех потенциальных пассажиров в часы пиковых нагрузок.
- доступность для всех групп населения.
- экологическая и энергетическая эффективность.
- стоимость проезда.

Большинство параметров, определяющих качество транспортного процесса, являются максимизируемыми и их максимальные

значения, зачастую ограничены последним рассмотренным показателем – «Стоимость проезда», который во многом зависит от себестоимости выполнения транспортной работы.

Исходя из вышеизложенного, в качестве минимизируемой целевой функции, при определении оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, целесообразно использовать себестоимость перевозки одного пассажира. Ограничения целевой функции определяются комплексом минимально-допустимых максимизируемых показателей, определяющих качество транспортного обслуживания населения.

Исследуемыми структурными параметрами парка, в плане решения поставленной задачи, являются численность и пассажировместимость транспортных средств, входящих в его состав. При этом, численность транспортных средств непосредственно влияет на частоту (интервал) их движения. А пассажировместимость на провозную способность одного транспортного средства, следовательно, на его производительность.

Очевидно, что пассажиропотоки городских регулярных маршрутов не стационарны. Как правило, количество пассажиров, перевозимых за единицу времени, изменяется в зависимости от сезона, дня недели, времени суток и участка маршрута. В качестве примера, на рисунках 1, 2 и 3 приведены диаграммы, иллюстрирующие характер изменения пассажиропотоков на одном из городских пассажирских маршрутов города Оренбурга.

Очевидно, что высокий уровень вероятности обслуживания пассажиров достигается при наличии необходимого количества транспортных средств заданной пассажировместимости, общая провозная способность которых обеспечивает перевозку всех пассажиров в часы пик на наиболее загруженном участке маршрута.

На начальном этапе исследования выдвинута гипотеза о том, что увеличение пассажировместимости транспортных средств, при обеспечении заданной наполняемости салона, приводит к сни-

жению себестоимости перевозки одного пассажира. Необходимая наполняемость салона в условиях увеличения пассажировместимости транспортных средств, при заданном объёме перевозок, может быть достигнута за счёт уменьшения количества транспортных средств, обслуживающих маршрут, что, в свою очередь, приводит к увеличению интервала их движения на маршруте.

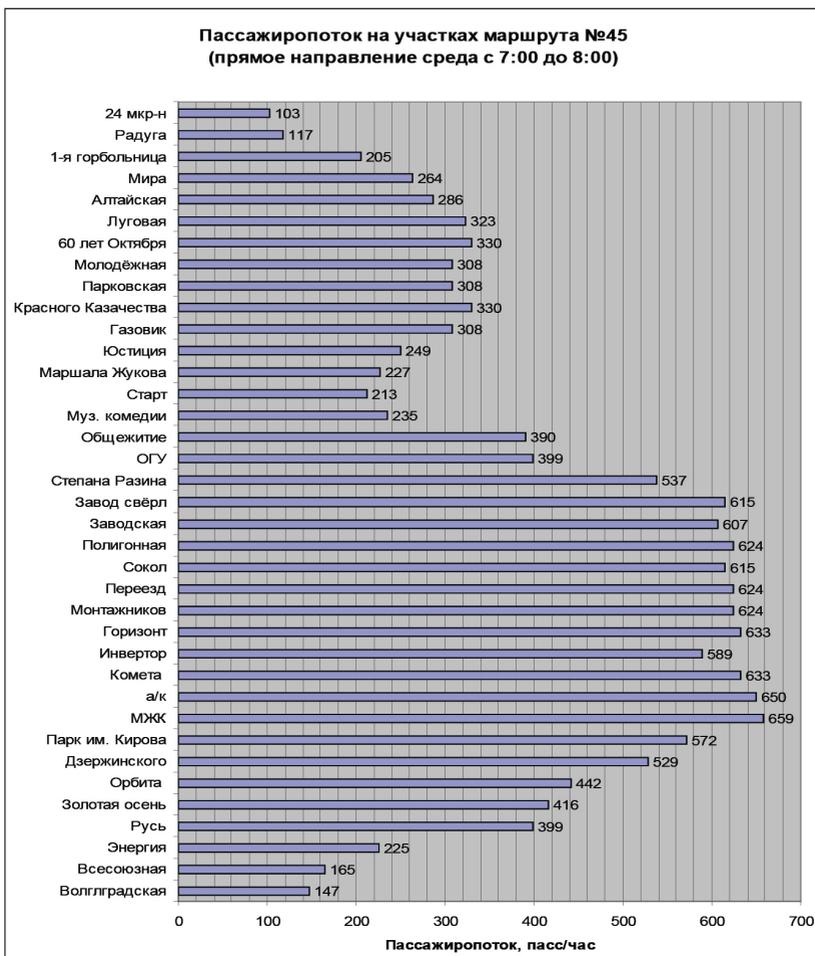


Рис. 1. Распределение пассажиропотоков по участкам городского маршрута

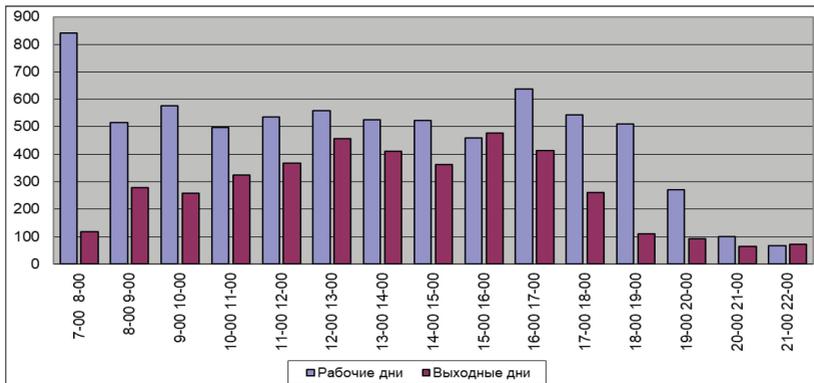


Рис. 2. Распределение пассажиропотоков по времени суток

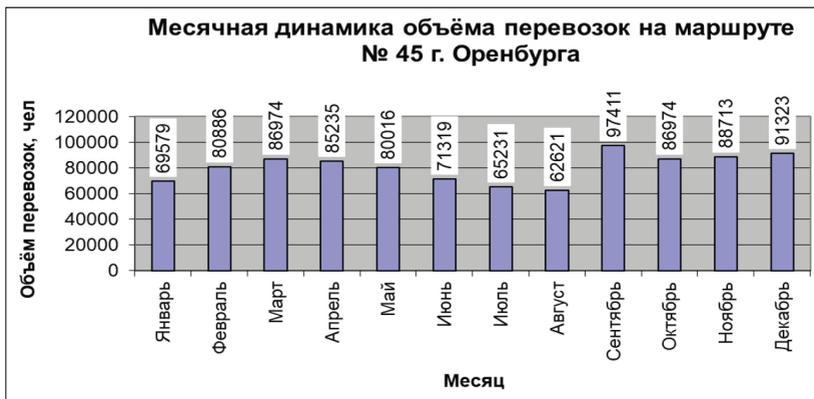


Рис. 3. Распределение пассажиропотоков по месяцам года

Интервал движения транспортных средств на маршруте является одним из параметров, определяющих регулярность транспортного обслуживания населения. Как правило, для магистральных городских маршрутов, установлено максимально-допустимое значение интервала не более 15-20 минут в пиковое время и 30-40 минут в межпиковый период.

Таким образом, установлены два условия, определяющих структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих городские автобусные маршруты.

Первое условие – обеспечение соблюдения максимально-допустимого интервала движения. Второе условие – гарантированное удовлетворение спроса на транспортные услуги, в том числе, в пиковое время на наиболее загруженных участках маршрутов.

Исходя из первого условия, численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом, определяется по формуле:

$$N_{ABT}^{\min I} = \frac{L_{МАРШ}}{I^{\max} \cdot V_{МАРШ}^{CP}}, \quad (1)$$

где $L_{МАРШ}$ – длина оборотного рейса, км.;

I^{\max} – максимально-допустимый интервал движения для рассматриваемого времени суток, час.;

$V_{МАРШ}^{CP}$ – средняя скорость движения транспортных средств на маршруте, км/час.

Исходя из второго условия минимально-необходимое количество автобусов, закреплённых за маршрутом ($N_{ABT}^{\min II}$), определяется на основе максимальной величины пассажиропотока:

$$N_{ABT}^{\min II} = \frac{Q_{МАРШ}^{MAX} \cdot L_{МАРШ}}{P_{Авт} \cdot V_{МАРШ}^{CP}}, \quad (2)$$

где $Q_{МАРШ}^{MAX}$ – максимальный часовой объём перевозок на наиболее нагруженном участке маршрута, пасс/час.

$P_{Авт}$ – пассажироместимость транспортного средства, пасс.

Приняв за максимальный цикл интервал времени протяжённостью один год, получаем следующие циклически повторяющиеся вложенные временные периоды, определяющие характер распределения пассажиропотоков: неделя года, день недели, час суток (смены), участок маршрута. Исходя из предложенного подхода, для моделирования пассажиропотоков городского транспортного комплекса, введён параметр – «коэффициент неравномерности распределения объёма перевозок». Данный параметр определяется как отношение максимального значения пассажиропотока на одном из периодов цикла к среднему значению данного параметра, определённого в результате анализа всех периодов рассматриваемого цикла.

Коэффициент неравномерности распределения объёма перевозок по неделям года определяется по формуле:

$$K_H^{\text{НЕД}} = \frac{Q_{\text{НЕД}}^{\text{МАХ}} \cdot 52,14}{Q_{\text{ГОД}}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{НЕД}}^{\text{МАХ}}$ – максимальный объём перевозок, зафиксированный течение одной из недель года; пасс;

$Q_{\text{ГОД}}$ – объём перевозок за год, пасс;

52,14 – количество периодов (недель) в году.

Аналогично определяются коэффициенты неравномерности распределения объёма перевозок по дням недели и по часам рабочей смены

Формула для расчёта коэффициента неравномерности распределения объёмов перевозок по участкам маршрута имеет несколько иной вид:

$$K_H^{\text{МАРШ}} = \frac{P_C^{\text{МАХ}} \cdot n}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (4)$$

где $P_C^{\text{МАХ}}$ – максимальное количество пассажиров в салоне транспортного средства на одном из перегонов маршрута, пасс;

$\sum_{i=1}^n P_i$ – сумма численностей пассажиров в салоне транспортного средства на всех перегонах маршрута, пасс;

n – количество перегонов маршрута, ед.

Исходя из совокупного применения коэффициентов неравномерности пассажиропотоков, определено выражение для расчёта максимального часового объёма перевозок на наиболее нагруженном участке маршрута:

$$Q_{\text{МАРШ}}^{\text{МАХ}} = \frac{Q_{\text{ГОД}} \cdot K_H^{\text{НЕД}} \cdot K_H^{\text{СВТ}} \cdot K_H^{\text{ЧАС}} \cdot K_H^{\text{МАРШ}}}{T_M \cdot D_{\text{ГОД}}}, \quad (5)$$

Подставив выражение 5 в формулу 2, получаем выражение для расчёта численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, исходя из гарантированного удовлетворения спроса на транспортные услуги:

$$N_{ABT}^{\min II} = \frac{Q_{ГОД} \cdot K_N^{MEC} \cdot K_N^{HEД} \cdot K_N^{CYT} \cdot K_N^{ЧAC} \cdot K_N^{МАРШ} \cdot L_{МАРШ}}{P_{Aвт} \cdot V_{МАРШ}^{CP} \cdot T_M \cdot D_{ГОД}}, \quad (6)$$

Очевидно, что минимально возможное количество автобусов, работающих на маршруте, соответствует максимальному значению из двух величин: $N_{ABT}^{\min I}$ и $N_{ABT}^{\min II}$.

Исходя из того, что численность транспортных средств на маршруте в пиковое, межпиковое и послепиковое время, как правило, значительно отличается, для дальнейших расчётов введена величина среднесуточной численности транспортных средств, одновременно работающих на маршруте. С учётом данной величины, годовой пробег автотранспортных средств, обслуживающих городские автобусные маршруты, может быть определён по формуле:

$$L_{ГОД} = T_M \cdot V_{МАРШ}^{CP} \cdot 0,85 \cdot DP_{ГОД} \cdot N_{ABT}^{МАРШ}, \quad (7)$$

где T_M – среднесуточная продолжительность работы транспортных средств на маршруте, час;

$V_{МАРШ}^{CP}$ – средняя скорость движения транспортных средств на маршруте, км/ч;

$DP_{ГОД}$ – количество дней работы маршрута в году, ед.;

$N_{ABT}^{МАРШ}$ – среднесуточная численность транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, ед.

Численность транспортных средств одновременно, работающих на маршруте, как в пиковое, так и в межпиковое время определяется исходя из обеспечения двух условий: соблюдение максимально-допустимого интервала движения и полное удовлетворение спроса на транспортные услуги (необходимая провозная способность). Исходя из условия изменчивости основных исходных параметров, определяющих обеспечение данных условий, существует три варианта формирования среднесуточной численности транспортных средств:

1) В пиковое и межпиковое время численность транспортных средств определена исходя из условия соблюдения максимально-допустимого интервала движения;

2) В пиковое время численность транспортных средств определена исходя из условия удовлетворение спроса на транспортные услуги, в межпиковое время, исходя из условия соблюдения максимально-допустимого интервала движения;

3) В пиковое и межпиковое время численность транспортных средств определена исходя из условия соблюдения максимально-допустимого интервала движения.

Для первого варианта, расчёт среднесуточной численности транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, производится по формуле:

$$N_{АВТ1}^{МАРШ} = \frac{L_{МАРШ}}{V_{МАРШ}^{CP}} \cdot \left(\frac{T_{ПИК}}{I_{max}^{ПИК}} + \frac{(T_M - T_{ПИК})}{I_{max}^{НЕПИК}} \right), \quad (8)$$

где $T_{ПИК}$ – продолжительность пикового периода в течении смены, ч;
 $I_{max}^{ПИК}$ – максимально-допустимый интервал в пиковое время, ч;
 $I_{max}^{НЕПИК}$ – максимально-допустимый интервал в межпиковое время, ч.

Для второго варианта расчёт среднесуточной численности транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, производится по формуле имеющей вид:

$$N_{АВТ2}^{МАРШ} = \frac{N_{АВТ}^{min II} \cdot T_{ПИК} + N_{MIN1}^{МАРШ} \cdot (T_M - T_{ПИК})}{T_M}, \quad (9)$$

где $N_{АВТ}^{min II}$ – численность транспортных средств, обеспечивающих удовлетворение спроса на транспортные услуги, в пиковое время, ед.;
 $N_{MIN1}^{МАРШ}$ – численность транспортных средств, обеспечивающих максимально-допустимый интервал в межпиковое время, ед.

Для третьего варианта среднесуточная численность транспортных средств может быть определена исходя из величины годового объёма перевозок по формуле:

$$N_{АВТ3}^{МАРШ} = \frac{Q_{ГОД} \cdot L_{МАРШ}}{P_{Авт} \cdot 0,8 \cdot V_{МАРШ}^{CP} \cdot T_M \cdot D_{ГОД}}, \quad (10)$$

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет определить два ключевых параметра, определяющих сум-

марные затраты на выполнение заданного объёма транспортной работы при выполнении перевозок пассажиров по маршрутам городского наземного транспортного комплекса:

- численность транспортных средств, закреплённым за маршрутом регулярных городских перевозок (исходя из условия обеспечения заданных показателей качества в пиковые периоды);
- суммарный годовой пробег транспортных средств, закреплённых за маршрутом регулярных городских перевозок (исходя из среднесуточной численности транспортных средств одновременно работающих на маршруте).

Следующим этапом выполнения расчётных работ является определение суммарных годовых затрат и себестоимости перевозки одного пассажира при установленных структурных параметрах парка.

В качестве основы для выполнения данных расчётов приняты «Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования», введены в действие распоряжением Министерства транспорта РФ от 18 апреля 2013 г. № НА-37-р.

В соответствии методическими рекомендациями, затраты перевозчиков включают в себя прямые и косвенные расходы. [3, 10, 15] Прямые расходы непосредственно связаны с перевозочным процессом, косвенные расходы не имеют прямой связи с перевозками, но они необходимы для создания условий его бесперебойного осуществления.

В состав прямых расходов включены: расходы на оплату труда водителей автобусов и кондукторов; отчисления на социальные нужды; расходы на топливо для автобусов и электроэнергию для транспортных средств на электрической тяге; расходы на смазочные и прочие эксплуатационные материалы; расходы на из-

нос и восстановление шин (для трамваев отсутствуют); расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт транспортных средств; амортизационные отчисления на восстановление транспортных средств; прочие расходы по основным видам деятельности.

В состав косвенных расходов включены следующие статьи затрат: накладные расходы; управленческие расходы; коммерческие расходы.

Себестоимость перевозки одного пассажира определяется, как отношение общих годовых затрат перевозчиков к объёму перевозок [6].

При определении оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты городского наземного транспортного комплекса, представленная последовательность расчётных действий выполняется в отношении заданного спектра транспортных средств различных категорий. Методика применима всех видов городского наземного пассажирского транспорта, в том числе, электротранспортных средств (троллейбус и трамвай).

Результаты моделирования позволяют выявить виды транспорта и категории транспортных средств, обеспечивающих минимальную себестоимость выполнения транспортной работы при заданных значениях ключевых показателей качества транспортного обслуживания населения.

Блок-схема алгоритма практической реализации описанных методов представлена на рисунке 4.

Представленный на рисунке 4 алгоритм реализован в формате электронной таблицы Microsoft Excel. Данный программный продукт позволил произвести расчёт структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих типовой маршрут городских регулярных перевозок города с населением 500 тыс. человек. Параметры маршрута, принятого в качестве основы для моделирования представлены в таблице 1

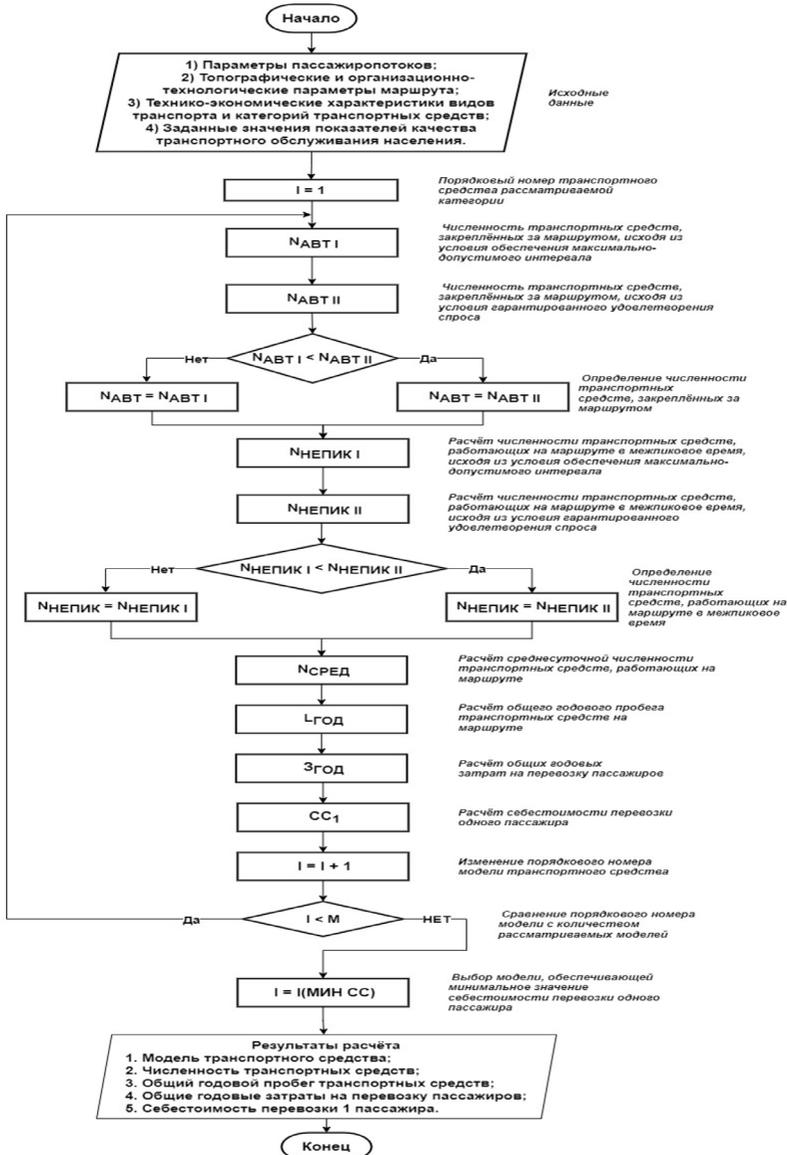


Рис. 4. Блок-схема алгоритма определения структурных параметров парка транспортных средств

Таблица 1.

**Организационно-технологические параметры маршрута,
принятого в качестве основы для моделирования**

| Параметр | Значение |
|--|-----------|
| Протяжённость оборотного рейса, км | 26 |
| Годовой объём перевозок, пасс. | 1 200 000 |
| Средняя скорость передвижения транспортных средств, км/ч | |
| - автобус пассажироместимостью 100 чел; | 18 |
| - автобус пассажироместимостью 45 чел; | 20 |
| - автобус пассажироместимостью 20 чел; | 22 |
| - троллейбус; | 17,5 |
| - трамвай (один вагон) | 17 |
| Минимально-допустимый интервал движения транспортных средств в пиковое время, мин | 15 |
| Минимально-допустимый интервал движения транспортных средств в межпиковое время, мин | 30 |
| Среднесуточная продолжительность пикового периода, ч | 4 |
| Продолжительность смены, ч | 16 |
| Коэффициент неравномерности по неделям года | 1,1 |
| Коэффициент неравномерности по дням недели | 1,2 |
| Коэффициент неравномерности по часам рабочей смены | 1,3 |
| Коэффициент неравномерности по участкам маршрута | 1,2 |

Таблица 2.

**Результаты моделирования технологических показателей
и показателей эффективности транспортного процесса**

| Наименование показателя | Модель транспортного средства / вид транспорта | | | | |
|---|--|-----------|-------------|------------|---------|
| | ЛиАЗ-5239 | ПАЗ-32053 | Газель-NEXT | Троллейбус | Трамвай |
| Количество транспортных средств, закреплённых за маршрутом, ед. | 11 | 24 | 41 | 11 | 8 |
| Среднее количество транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, ед. | 5 | 10 | 16 | 5 | 5 |
| Общий годовой пробег транспортных средств на маршруте, тыс. км. | 446,8 | 992,8 | 1747,3 | 434,4 | 421,9 |
| Общие годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб. | 46 149 | 60 521 | 72 665 | 61 025 | 79 292 |
| Себестоимость перевозки одного пассажира, руб. | 38,5 | 50,4 | 60,6 | 50,8 | 66,8 |

В соответствии с разработанной методикой произведено моделирование технологических показателей и показателей эффективности транспортного процесса при различных значениях годового объема перевозок. Результаты моделирования приведены в таблице 2.

По результатам выполненного исследования определены области эффективного применения различных категорий транспортных средств в заданных условиях. Размерность области эффективного применения определена параметром «Объем перевозок». Полученные результаты отражены на рисунках 5 и 6.

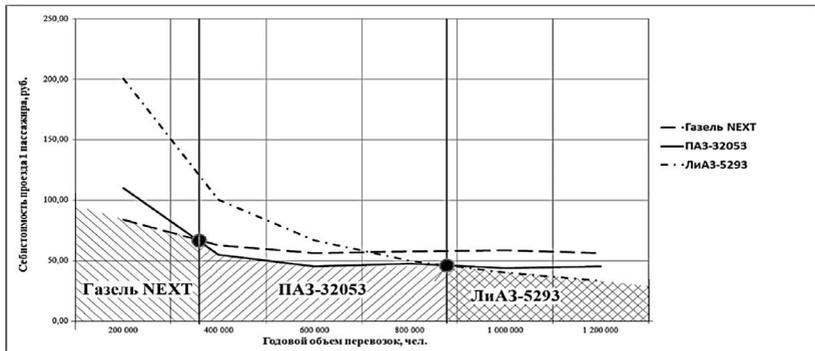


Рис. 5. Области эффективного применения различных категорий транспортных средств на типовом маршруте городского пассажирского транспортного комплекса

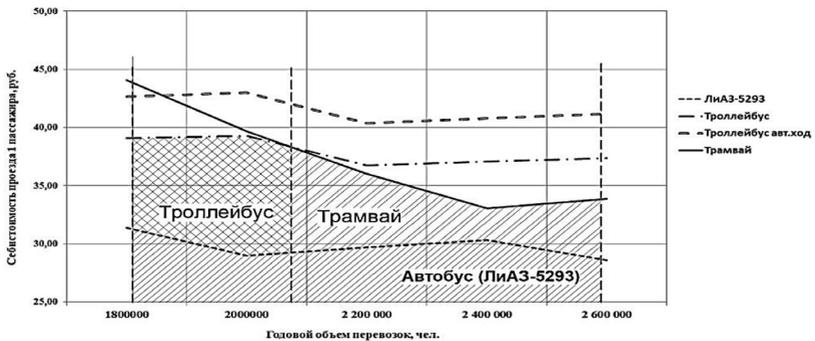


Рис. 6. Области эффективного применения различных категорий транспортных средств на типовом маршруте городского пассажирского транспортного комплекса

Таким образом, теоретически обоснован, разработан и опробован на практике математический инструментарий, позволяющий получить результаты, имеющие важное прикладное значение. Разработанная математическая модель позволяет проводить научные исследования и выявлять закономерности, восполняющие пробелы в знаниях о процессах транспортного обслуживания населения городским наземным пассажирским транспортом.

Заключение

Полученные результаты позволяют сделать выводы, иллюстрирующие решение поставленных задач.

По результатам теоретического исследования разработана математическая модель формирования пассажиропотоков городских пассажирских маршрутов. Данные о пассажиропотоках, характеризующиеся рядом коэффициентов неравномерности, являются исходной информацией для определения структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты городского пассажирского наземного транспорта.

Разработанная математическая модель дополнена методикой определения оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих городские регулярные маршруты. Результатами практического применения разработанных методов являются структурные параметры парка транспортных средств (вид, категория, численность), обеспечивающие минимальные значения себестоимости транспортной работы при заданных значениях показателей качества транспортного обслуживания населения.

На основе результатов моделирования определены многомерные области эффективной эксплуатации различных видов городского пассажирского транспорта и категорий транспортных средств, позволяющие сформировать парк транспортных средств для аналогичных маршрутов городского пассажирского транспортного комплекса.

Список литературы

1. Матанцева О.Ю. Перевозки пассажиров транспортом общего пользования: основные экономические проблемы и пути их решения / О.Ю. Матанцева, А.К. Акредова // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2018. - № 2(75). – С. 65-69.
2. Якунин Н.Н. Моделирование экономической мотивации качественных перевозок пассажиров автомобильным транспортом по городским регулярным маршрутам / Н.Н. Якунин, А.А. Шмарин, А.П. Шмарин // Проблемы современной экономики. - 2017. - № 2 (62). - С. 198-201.
3. Фадеев А.И. Методология проектирования перевозок и управления наземным пассажирским транспортом общего пользования: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.22.10 / А.И. Фадеев. Красноярск: 2021. 40 с.
4. Якунина Н.В. Методология повышения качества перевозок общественным автомобильным транспортом : дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / Н. В. Якунина - Оренбург : 2013. - 354 с.
5. Нестеренко Д.Х. Методика повышения привлекательности городских пассажирских автомобильных перевозок на основе управления структурой транспортных потоков : дис. ... канд. техн. наук: 2.9.5 / Д.Х. Нестеренко - Оренбург : 2021. - 118 с.
6. Матанцева О.Ю. Правовые аспекты экономической устойчивости автотранспортной организации : монография / О.Ю. Матанцева. - Москва : Юстицинформ, 2016. - 247 с.
7. Мохова Г.В. Формирование и регулирование тарифов на пассажирские перевозки автомобильным транспортом в городских агломерациях : дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Г.В. Мохова - Москва : 2008. - 168 с.
8. Минатулаев Ш.М. Организация автобусных перевозок на основе согласованности временных характеристик маршрутов и остановочных пунктов : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Ш.М. Минатулаев - Оренбург : 2019. - 157 с.
9. Шевцов Ю.Д. Влияние факторов внешней среды на выбор подвижного состава при организации процесса транспортировки груза / Ю.Д. Шевцов, С.Л. Надирян, М.П. Миронова, М.Д. Шепелева // Наука. Техника. Технологии (политех. вестник). - 2022. - № 2. - С. 70-73.

10. Коновалова Т.В. Анализ общих затрат на транспорт производственных предприятий при выборе инсорсинга или аутсорсинга / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, А.О. Недашковская // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2016. № 6-7. С. 198-200.
11. Bratzel, S. (1999). Conditions of success in sustainable urban transport policy - policy change in «relatively successful» European cities. *Transport Reviews*, 19(2), P. 177–190.
12. Pucher, J. Urban passenger transport in the United States and Europe: A comparative analysis of public policies. Part 2. Public transport, overall comparisons and recommendations. *Transport Reviews*.- 1995.- 15(3), P. 211–227.
13. Lohse D. Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 2. Aufgabe, Berlin, Verlag für Bauwesen GmbH. 1997. - P. 326.
14. Regirer S.A. Smirnov N.N., Chenchik, A.E. Mathematical model of moving collectives interaction: Public transport and passengers. *Automation and Remote Control*.- 2007. vol. 68. - No 7. - P.1225-1238.
15. Mao B.-H., Wang M., Ho, T.-K., Chen H.-B. A Review and Prospect of Urban Public Transit Level-of-Service Research. *Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng Yu Xinxi. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. 2022; 22(1): 2-13.
16. Dahim M. Enhancing the development of sustainable modes of transportation in developing countries: Challenges and opportunities. *Civil Engineering Journal (Iran)*. 2021; 7(12): 2030-2042.

References

1. Matantseva O.Yu. Transportation of passengers by public transport: the main economic problems and ways / O.Yu. Matantseva, A.K. Akredova // *Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, Economics*. 2018. № 2(75). pp. 65-69.
2. Yakunin N.N. Modeling of economic motivation of high-quality passenger transportation by road on urban regular routes / N.N. Yakunin, A.A. Shmarin, A.P. Shmarin // *Problems of modern economy*. 2017. № 2 (62). pp. 198-201.

3. Fadeev A.I. Methodology of transportation design and management of public land passenger transport : abstract. dis. ...Dr. Technical sciences: 05.22.10 / A.I. Fadeev - Krasnoyarsk : 2021. - 40 p.
4. Yakunina N.V. Methodology of improving the quality of transportation by public road transport : dis. ... Doctor of Technical Sciences: 05.22.10 / N. V. Yakunina - Orenburg : 2013. - 354 p.
5. Nesterenko D.H. Methods of increasing the attractiveness of urban passenger automobile transportation based on the management of the structure of traffic flows : dis. ... Candidate of Technical Sciences: 2.9.5 / D.H. Nesterenko - Orenburg : 2021. - 118 p.
6. Matantseva O.Yu. Legal aspects of economic sustainability of a motor transport organization : monograph / O.Yu. Matantseva. - Moscow : Justicinform, 2016. - 247 p.
7. Mokhova G.V. Formation and regulation of tariffs for passenger transportation by road in urban agglomerations : dis. ... Candidate of Economic Sciences: 08.00.05 / G.V. Mokhova. - Moscow : 2008. - 168 p.
8. Minatulaev Sh.M. Organization of bus transportation based on the consistency of the time characteristics of routes and stopping points : dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.22.10 / Sh.M. Minatulaev - Orenburg : 2019. - 157 p.
9. Shevtsov Yu.D. Influence of environmental factors on the choice of rolling stock when organizing the process of cargo transportation / Yu.D. Shevtsov, S.L. Nadiryan, M.P. Mironova, M.D. Shepeleva // Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). 2022. № 2. pp. 70-73.
10. Konovalova T.V. Analysis of total transport costs of industrial enterprises when choosing insourcing or outsourcing / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, A.O. Nedashkovskaya // Humanities, socio-economic and social sciences. 2016. № 6-7. pp. 198-200.
11. Bratzel, S. (1999). Conditions of success in sustainable urban transport policy - policy change in «relatively successful» European cities. *Transport Reviews*, 19(2), P. 177–190.
12. Pucher, J. Urban passenger transport in the United States and Europe: A comparative analysis of public policies. Part 2. Public transport,

- overall comparisons and recommendations. *Transport Reviews*.- 1995.- 15(3), P. 211–227.
13. Lohse D. *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 2. Aufgabe*, Berlin, Verlag für Bauwesen GmbH. 1997. - P. 326.
 14. Regirer S.A. Smirnov N.N., Chenchik, A.E. Mathematical model of moving collectives interaction: Public transport and passengers. *Automation and Remote Control*.- 2007. vol. 68. - No 7. - P.1225-1238.
 15. Mao B.-H., Wang M., Ho, T.-K., Chen H.-B. A Review and Prospect of Urban Public Transit Level-of-Service Research. *Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng Yu Xinxi. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. 2022; 22(1): 2-13.
 16. Dahim M. Enhancing the development of sustainable modes of transportation in developing countries: Challenges and opportunities. *Civil Engineering Journal (Iran)*. 2021; 7(12): 2030-2042.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Рассоха Владимир Иванович, доктор технических наук, доцент,
декан транспортного факультета
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»
пр. Победы, 13, г. Оренбург, Оренбургская область, 460018,
Российская федерация
cabin2012@yandex.ru

Дрючин Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»
пр. Победы, 13, г. Оренбург, Оренбургская область, 460018,
Российская федерация
dmi-dryuchin@yandex.ru

Надирян София Леоновна, старший преподаватель кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
ул. Красная, 135, г. Краснодар, Краснодарский край, 350020, Российская Федерация
sofi008008@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Vladimir I. Rassokha, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Transport
Orenburg State University
13, Pobedy Ave., Orenburg, Orenburg Region, 460018, Russian Federation
cabin2012@yandex.ru

Dmitry A. Dryuchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technical Operation and Repair of Cars
Orenburg State University
13, Pobedy Ave., Orenburg, Orenburg Region, 460018, Russian Federation
dmi-dryuchin@yandex.ru

Sofiya L. Nadiryan, Senior Lecturer of the Department of Transport Processes and Technological Complexes
Kuban State Technological University
135 Krasnaya Str., Krasnodar, Krasnodar Krai, 350020, Russian Federation
sofi008008@yandex.ru

Поступила 22.06.2023
После рецензирования 10.07.2023
Принята 15.07.2023

Received 22.06.2023
Revised 10.07.2023
Accepted 15.07.2023