

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-354

EDN: NVUBDZ



УДК 656.022.42

Научная статья | Управление процессами перевозок

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ЗАПРОСАМ ПАССАЖИРОВ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ С НИЗКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

*С.С. Титова, А.В. Остроух*

### *Аннотация*

**Обоснование.** Организация маршрутов общественного транспорта по индивидуальным запросам пассажиров (on-demand маршрутов) на автобусах малого класса в населенных пунктах с низкой плотностью населения становится актуальной задачей в связи с необходимостью повышения эффективности транспортных систем в условиях ограниченных финансовых и материальных ресурсов. Традиционные схемы регулярных маршрутов зачастую оказываются нерентабельными и недостаточно удобными для жителей таких территорий, что приводит к снижению уровня транспортной доступности и ухудшению качества жизни населения. Современные технологии и математическое моделирование позволяют разработать гибкие и экономичные решения, способные адаптироваться к особенностям низкоплотностных регионов и минимизировать затраты на организацию транспортных услуг.

Необходимость оптимизации транспортных потоков приобретает особую значимость в свете глобальных тенденций устойчивого развития и экологичности. Разработка моделей, позволяющих снизить эксплуатационные расходы и уменьшить углеродный след транспортных операций, соответствует современным требованиям к рациональному использованию природных ресурсов и энергоэффективности.

Создание эффективных механизмов управления on-demand маршрутами имеет высокую социальную значимость, способствуя обеспечению равных возможностей для всех слоев населения, независимо от их географического положения и материального достатка.

**Цель.** Разработать математическую модель для организации on-demand маршрутов пассажирских перевозок на автобусах малого класса в населенных пунктах с низкой плотностью населения, обеспечивающую максимальную эффективность и экономичность транспортных услуг.

**Материалы и методы.** В работе использовался комплексный подход к разработке математической модели организации маршрутов по требованию. Исследование базировалось на анализе реальных условий функционирования автобусного сообщения в регионах с низкой плотностью населения. Модель учитывала следующие параметры: количество населенных пунктов и их географическое расположение, объем пассажиропотока, технические характеристики автобусов малого класса, временные ограничения и финансовые показатели работы транспортных предприятий. Оптимизация маршрутов осуществлялась с помощью алгоритмов динамического программирования, учитывающих переменную структуру спроса и ограниченность ресурсов. Практическая апробация модели проведена на базе данных конкретного региона с низкой плотностью населения, что позволило получить достоверные результаты и сделать выводы об эффективности предложенного подхода к организации транспортного обслуживания.

**Результаты.** Проведен комплексный анализ существующих подходов к организации маршрутов по требованию и определены ключевые факторы, определяющие их эффективность. Разработана математическая модель, учитывающая специфику населенных пунктов с низкой плотностью населения, включая неравномерность распределения спроса, большие расстояния между населенными пунктами и ограниченные финансовые ресурсы. Исследованы различные алгоритмы оптимизации маршрутов и выбран наиболее подходящий ме-

тод для решения поставленной задачи. Проведено численное моделирование предложенной модели на примере конкретного региона и оценена ее эффективность в сравнении с существующими схемами перевозок. Разработаны рекомендации по внедрению предложенной модели в реальную практику транспортных организаций, работающих в условиях низкой плотности населения.

**Ключевые слова:** on-demand маршруты; demand-responsive transport; маршрутизация; математическая модель; пассажирские перевозки; качество пассажирских перевозок; доступность транспортных услуг

**Для цитирования.** Титова, С. С., & Остроух, А. В. (2025). Математическая модель динамического формирования маршрутов общественного транспорта по индивидуальным запросам пассажиров для территорий с низкой плотностью населения. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 151–167. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-354>

Original article | Transportation Process Management

## MATHEMATICAL MODEL OF ON-DEMAND ROUTE FORMATION FOR PUBLIC TRANSPORT BASED ON INDIVIDUAL PASSENGER REQUESTS IN LOW-DENSITY POPULATION AREA

*S.S. Titova, A.V. Ostroukh*

### *Abstract*

**Background.** The organization of public transport routes based on individual passenger requests (on-demand routes) using small-class buses in areas with low population density has become a pressing issue due to the necessity of improving the efficiency of transport systems under limited financial and material resources. Traditional regular route schemes often prove unprofitable and insufficiently convenient for residents of such

territories, leading to decreased transport accessibility and deterioration of population living standards. Modern technologies and mathematical modeling enable the development of flexible and cost-effective solutions capable of adapting to the characteristics of low-density regions and minimizing costs associated with organizing transport services.

The need for optimizing transport flows acquires particular significance in light of global sustainable development and environmental trends. Developing models that reduce operational expenses and decrease the carbon footprint of transport operations corresponds to modern requirements for rational natural resource utilization and energy efficiency.

Creating effective mechanisms for managing on-demand routes holds high social significance, contributing to ensuring equal opportunities for all segments of the population regardless of their geographical location and financial status.

**Purpose.** To develop a mathematical model for organizing on-demand routes for passenger transportation using small-class buses in populated areas with low population density, ensuring maximum efficiency and economic viability of transport services.

**Materials and methods.** This study employed a comprehensive approach to developing a mathematical model for organizing on-demand routes. The research was based on analyzing real conditions of bus service operation in regions with low population density. The model considered the following parameters: number of populated areas and their geographic location, passenger flow volume, technical specifications of small-class buses, time constraints, and financial performance indicators of transport enterprises. Route optimization was performed using dynamic programming algorithms that accounted for variable demand structure and resource limitations. Practical testing of the model was conducted using data from a specific region with low population density, enabling the collection of reliable results and drawing conclusions about the effectiveness of the proposed approach to organizing transport services.

**Results.** A comprehensive analysis of existing approaches to organizing on-demand routes was conducted, and key factors determining their

effectiveness were identified. A mathematical model was developed that accounts for the specifics of populated areas with low population density, including uneven distribution of demand, large distances between populated areas, and limited financial resources. Various route optimization algorithms were investigated, and the most suitable method was selected for solving the stated problem. Numerical simulation of the proposed model was performed using a specific regional example, and its effectiveness was evaluated compared to existing transportation schemes. Recommendations were developed for implementing the proposed model in the practical activities of transport organizations operating in conditions of low population density.

**Keywords:** on-demand routes; demand-responsive transport; route optimization; mathematical modeling; passenger transportation; transport service quality; transport accessibility

**For citation.** Titova, S. S., & Ostroukh, A. V. (2025). Mathematical model of on-demand route formation for public transport based on individual passenger requests in low-density population area. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 151–167. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-354>

## **Введение**

On-demand маршруты для пассажирских перевозок — это маршруты, организуемые по запросу пользователей в режиме реального времени [1-5]. Они отличаются от традиционных регулярных маршрутов, которые действуют по заранее установленному расписанию и маршруту [6-12]. В случае on-demand маршрутов, пользователи заказывают поездку тогда, когда она им необходима, указывая начальную и конечную точку маршрута. Система автоматически планирует оптимальный путь следования, исходя из текущих запросов и расположения транспортных средств.

Особенности on-demand маршрутов:

1. Гибкость: Такие маршруты формируются динамически, исходя из потребностей пассажиров в конкретный момент времени.

Это позволяет избежать излишних затрат на пустые рейсы и улучшить обслуживание.

2. Реактивность: Маршруты создаются в ответ на запросы пользователей, что позволяет быстрее реагировать на изменение спроса и обеспечивать более персонализированный сервис.

3. Экономия ресурсов: On-demand маршруты снижают количество непродуктивных пробегов транспортных средств, что ведет к уменьшению расхода топлива и других эксплуатационных затрат.

4. Удобство для пассажиров: Пользователи могут заказать поездку в удобное для них время, что увеличивает комфорт и доступность транспортных услуг.

5. Технические требования: Для успешной реализации on-demand маршрутов необходимы современные информационные системы, такие как GPS-трекинг, мобильные приложения и платформы для обработки заказов.

On-demand маршруты особенно полезны в населенных пунктах с низкой плотностью населения, где традиционные регулярные маршруты могут быть нерентабельными. Они также находят применение в крупных городах для улучшения транспортного обслуживания в часы пик или в труднодоступных районах.

### **Разработка математической модели для организации on-demand маршрутов**

Цель разработки математической модели — создать математическую основу для системы, которая будет обеспечивать удобные и доступные транспортные услуги населению, учитывая местные условия и бюджетные ограничения. Все элементы модели взаимосвязаны и влияют друг на друга, что делает задачу комплексной и интересной с научной точки зрения.

Разработка математической модели для организации on-demand маршрутов для пассажирских перевозок требует учета множества факторов, включая плотность населения, спрос на перевозки, географические особенности населенного пункта, а также экономические аспекты [13-17]. Ниже приведена общая структура такой модели:

## **Основные элементы модели**

### **1. Географическая сетка**

Населенный пункт делится на небольшие зоны (например, квадраты или прямоугольники), каждая из которых представляет собой область с определенным количеством потенциальных пассажиров. Это помогает разбивать территорию на управляемые части и облегчает планирование маршрутов.

Основные параметры:

- o Размер сетки: Зоны могут иметь одинаковый размер (квадратные клетки) или различаться в зависимости от плотности застройки и инфраструктуры.
- o Центры притяжения: Важно определить ключевые точки, такие как остановки общественного транспорта, торговые центры, школы, больницы и др., поскольку именно эти места будут основными источниками и целями поездок.

Задачи:

- o Создать карту населенного пункта с четкой сеткой зон.
- o Определить основные точки притяжения и их важность для маршрутов.

### **2. Спрос на перевозки**

Учитываются данные о количестве людей, нуждающихся в транспорте в разное время суток, дни недели и сезоны года. Например, утром больше людей едет на работу, вечером — домой, а в выходные спрос смещается в сторону развлекательных мероприятий.

Основные параметры:

- o Время суток: Утро, день, вечер, ночь.
- o Дни недели: Рабочие дни, выходные.
- o Сезонность: Лето, зима, межсезонье.
- o Количество пассажиров: Сколько человек хочет поехать из одной зоны в другую в определенный период времени.

Задачи:

- o Собрать исторические данные о пассажиропотоке.

- o Прогнозировать изменения спроса на основе временных факторов.
- o Корректировать маршруты в зависимости от текущего спроса.

### 3. Параметры транспортных средств

Этот раздел описывает характеристики самих автобусов, используемых для перевозок. Важно учитывать как технические возможности машин, так и их эксплуатационные показатели.

Основные параметры:

- o Вместимость: Сколько пассажиров может взять один автобус.
- o Скорость передвижения: Средняя скорость движения, учитывающая дорожную ситуацию.
- o Интервал рейсов: Как часто автобусы отправляются на маршрут.
- o Топливный расход: Расход топлива на километр пути.
- o Обслуживание: Частота техобслуживания и замены запчастей.

Задачи:

- o Оценка необходимого количества автобусов.
- o Оптимизация интервалов движения для обеспечения максимальной загрузки.
- o Планирование обслуживания и ремонта автопарка.

### 4. Маршрутизация

Основной задачей здесь является построение оптимального маршрута для каждого автобуса таким образом, чтобы удовлетворить максимальный спрос при минимальных затратах ресурсов (топлива, времени, труда водителя). Это включает в себя выбор последовательности остановок и направлений движения.

Основные параметры:

- o Расстояние между зонами: Сколько километров нужно проехать от одной зоны до другой.
- o Загруженность дорог: Учёт пробок и альтернативных путей.
- o Коэффициент приоритетности: Какие зоны требуют большего внимания (например, центральные районы города).

Задачи:

- o Построить маршруты, минимизирующие общие затраты времени и топлива.
- o Максимально эффективно использовать транспортный парк.
- o Учитывать возможные задержки и отклонения от плана.

#### 5. Экономические факторы

Эта часть модели оценивает финансовую составляющую проекта. Нужно учесть расходы на содержание автопарка, заработную плату водителей, топливо и амортизацию техники, а также доходы от продажи билетов.

Основные параметры:

- o Текущие расходы: Затраты на бензин, зарплату водителям, ремонт и обслуживание автобусов.
- o Доходы: Деньги, полученные от оплаты проезда пассажирами.
- o Бюджетные ограничения: Суммарное финансирование проекта, выделенное местными властями или инвесторами.

Задачи:

- o Оптимизировать расходы для получения максимальной прибыли.
- o Анализировать рентабельность различных маршрутов.
- o Предложить гибкую тарифную политику, учитывающую разницу в спросе на поездки.

#### 6. Алгоритмы оптимизации

Для нахождения наилучших решений используются методы математической оптимизации. Это позволяет находить компромисс между множеством критериев: минимальная стоимость, максимальная загрузка, минимальное время в пути и т.д.

Методы:

- o Линейное программирование: Нахождение оптимума при заданных ограничениях.
- o Эвристики и метаэвристики: Приближённые алгоритмы для сложных задач, когда точное решение найти сложно.
- o Генетические алгоритмы: Моделируют эволюционный процесс для поиска лучшего решения.

Задачи:

- o Автоматически рассчитывать оптимальные маршруты.
- o Быть способным адаптироваться к изменениям условий (например, увеличение числа пассажиров).
- o Регулярно обновлять результаты расчетов для повышения точности планирования.

### Пример математического подхода

Пусть имеется  $n$  зон, каждая из которых имеет координаты  $(x_i, y_i)$ , где  $i=1, \dots, n$ . Обозначим через  $d_{ij}$  расстояние между зонами  $i$  и  $j$ .

### Переменные

- o  $X_{ijk}$  – бинарная переменная, равная 1, если автобус  $k$  перемещается из зоны  $i$  в зону  $j$ , и 0 иначе.
- o  $T_k$  – общее время работы автобуса  $k$ .
- o  $C_k$  – стоимость эксплуатации автобуса  $k$ .
- o  $P_{ik}$  – количество пассажиров, перевозимых автобусом  $k$  из зоны  $i$ .

Ограничения

1. Ограничение на вместимость:

$$\sum_{i=1}^n P_{ik} \leq V_k, \quad k = 1, \dots, m,$$

где  $P_{ik}$  – количество пассажиров, которые должны быть перевезены из зоны  $i$  автобусом  $k$ ;

$V_k$  – вместимость автобуса  $k$ ;

$n$  – количество зон, которые обслуживает автобус  $k$ ;

$m$  – общее количество автобусов.

Это ограничение гарантирует, что суммарное количество пассажиров, перевозимых автобусом  $k$  из всех зон  $i$ , не превышает его вместимость  $V_k$ . Например, если вместимость автобуса  $V_k=20$  то:

$$P_{1k} + P_{2k} + \dots + P_{nk} \leq 20$$

Это означает, что автобус  $k$  не сможет взять на борт больше 20 пассажиров, даже если суммарный спрос из всех зон превышает эту цифру.

2. Ограничение на время работы:

$$T_k \leq T_{max}, \quad k = 1, \dots, m,$$

где  $T_k$  – время работы автобуса  $k$  за одну смену;

$T_{\max}$  – максимальное допустимое время работы одного автобуса;

$m$  – общее количество автобусов.

Это ограничение необходимо для соблюдения трудового законодательства – водитель не должен работать дольше установленной нормы без перерыва; эффективности работы автобусов, ведь переработка может привести к быстрому износу транспортных средств.

3. Целостность маршрута:

$$\sum_{j=1}^n X_{ijk} = \sum_{j=1}^n X_{jik}, \quad i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, m,$$

где  $X_{ijk}$  – бинарная переменная, равная 1, если автобус  $k$  перемещается из зоны  $i$  в зону  $j$ , и 0 в противном случае;

$n$  – количество зон;

$m$  – количество автобусов;

$i$  – текущая зона;

$j$  – соседняя зона.

Это условие гарантирует, что маршрут автобуса  $k$  остается замкнутым. Оно означает, что сумма выездов из зоны  $i$  равна сумме въездов в зону  $i$ : если автобус покидает зону  $i$ , он обязательно должен вернуться в нее (или завершить маршрут в той же зоне). Например, если автобус выезжает из зоны  $i$  в зоны  $j_1, j_2, \dots, j_n$ , то он должен вернуться в зону  $i$  из тех же зон  $j_1, j_2, \dots, j_n$ .

### Целевая функция

Минимизировать совокупные затраты на эксплуатацию всего парка автобусов:

$$\min \sum_{k=1}^m C_k = \sum_{k=1}^m (c_1 T_k + c_2 D_k),$$

где  $C_k$  – общие затраты на эксплуатацию автобуса  $k$ ;

$c_1$  – стоимость единицы времени работы автобуса, включает затраты на оплату труда водителя, амортизацию автобуса и другие операционные издержки, зависящие от времени, проведенного автобусом на маршруте;

$T_k$  – время работы автобуса  $k$ ;  
 $c_2$  – стоимость километра пробега, включает затраты на топливо, техническое обслуживание и износ транспортного средства, которые зависят от пройденного расстояния;  
 $D_k$  – общий пробег автобуса  $k$ ;  
 $m$  – количество автобусов в парке.

### **Заключение**

Предложенная модель является упрощенной версией реальной системы и может быть расширена для учета дополнительных факторов, таких как пробки, погодные условия и другие специфические параметры. Для реализации потребуется использование специализированных программных инструментов, таких как CPLEX или Gurobi, для решения задач линейного программирования.

Модель решает задачу оптимизации маршрута для группы автобусов, распределяя их между различными зонами таким образом, чтобы:

- o Удовлетворять спрос на перевозки.
- o Не нарушать ограничений по вместимости и рабочему времени.
- o Минимизировать общие эксплуатационные затраты.

Однако стоит отметить, что данная модель является упрощенной и может требовать дальнейшего расширения для учёта дополнительных аспектов, таких как:

- o Изменчивость трафика в течение дня.
- o Временные задержки из-за пробок.
- o Необходимость учёта сезонных колебаний спроса.

Чтобы сделать модель более реалистичной, её можно дополнить динамическими элементами, такими как стохастическое моделирование спроса и случайные вариации времени прибытия пассажиров.

### **Список литературы**

1. Pei-Yu Chen, & Shin-Yi Wu. (2012). The Impact and Implications of On-Demand Services on Market Structure. *Information Systems Research*, 24(3). <https://doi.org/10.1287/isre.1120.0451>

2. Terry A. Taylor. (2018). On-Demand Service Platforms. *Manufacturing & Service Operations Management*, 20(4). <https://doi.org/10.1287/msom.2017.0678>
3. Juluri, P., Tamarapalli, V., & Medhi, D. (2016). Measurement of Quality of Experience of Video-on-Demand Services: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(1), 401–418. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2401424>
4. Bai, J., So, K. C., Tang, C. S., Chen, X., & Wang, H. (2018). Coordinating Supply and Demand on an On-Demand Service Platform with Impatient Customers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 21(3). <https://doi.org/10.1287/msom.2018.0707>
5. Донской, П., & Малахальцев, П. (2019). On demand: адаптивные маршруты общественного транспорта. *Городские исследования и практики*, 4(4), 93–125. <https://doi.org/10.17323/usp44201993-125> EDN: <https://elibrary.ru/OEDOBV>
6. Иванов, О. Н., Листов, Н. О., & Остроух, А. В. (2017). Исследование технических характеристик электробусов, как перспективных видов наземного пассажирского транспорта. *International Journal of Advanced Studies*, 7(4-2), 29–48. EDN: <https://elibrary.ru/ZMIHGL>
7. Листов, Н. О., Иванов, О. Н., & Остроух, А. В. (2017). Совершенствование автоматизированной системы контроля пассажиропотока. *International Journal of Advanced Studies*, 7(4-2), 49–58. EDN: <https://elibrary.ru/ZMIHGV>
8. Kuftinova, N. G., & Ostroukh, A. V. (2014). Development of an Automated System of Survey Passenger Traffics. *International Journal of Advanced Studies*, 4(4), 3–9. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2014-4-1> EDN: <https://elibrary.ru/TEBOER>
9. Ostroukh, A. V., & Polgun, M. B. (2013). Automation of Processes Supervisory Control Urban Passenger Transport. *International Journal of Advanced Studies*, 3(3), 3–9. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2013-3-1> EDN: <https://elibrary.ru/RUNXID>
10. Ostroukh, A. V., & Polgun, M. B. (2013). New Approaches to Development of Automated Supervisory Systems of Industrial Enterprises Trans-

- port. *International Journal of Advanced Studies*, 3(4), 3–7. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2013-4-1> EDN: <https://elibrary.ru/QBIDCV>
11. Куфтинова, Н. Г., Остроух, А. В., Суркова, Н. Е., & Баринов, К. А. (2020). Прогнозирование транспортных потоков агломераций на основе нейронной сети. *Промышленные АСУ и контроллеры*, (11), 40–45. <https://doi.org/10.25791/asu.11.2020.1235> EDN: <https://elibrary.ru/ABWTIO>
  12. Польгун, М. Б., Остроух, А. В., Николаев, А. Б., & Ефименко, Д. Б. (2013). Автоматизация процессов диспетчерского управления городским пассажирским транспортом. *Промышленные АСУ и контроллеры*, (5), 10–16. EDN: <https://elibrary.ru/SKEOYJ>
  13. Ostroukh, A. V., Surkova, N. E., Vorobieva, A. V., & Polgun, M. B. (2015). Automated Supervisory Control System of Urban Passenger Transport. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(10), 4334–4340. EDN: <https://elibrary.ru/UGFLYX>
  14. Михневич, И. М., & Белехов, А. А. (2024). Метод оценки целесообразности внедрения транспорта по запросу в городских и пригородных зонах. *Мир транспорта и технологических машин*, (2-2), 32–41. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-2-2\(85\)-32-41](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-2-2(85)-32-41) EDN: <https://elibrary.ru/OJFRDA>
  15. Мороз, Д. Г., Титова, С. С., & Чернышев, А. А. (2019). Применение методов анализа пассажиропотоков к реформированию пассажирской транспортной системы района Левобережный города Москвы. *Мир транспорта*, 17(5), 268–284. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-268-284> EDN: <https://elibrary.ru/LQZKAR>
  16. Собесский, Р. Р., & Шевырев, Л. Ю. (2018). Развитие технологий общественного транспорта DRT. В *Перспективные технологии в эксплуатации транспортных и транспортно-технологических комплексов* (с. 83–84). Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт. EDN: <https://elibrary.ru/XZXPIT>
  17. Титова, С. С. (2018). Проблемы качества перевозки пассажиров в условиях городской агломерации. *Молодой ученый*, (23), 241–245. EDN: <https://elibrary.ru/XQG CZN>

### References

1. Chen, P.-Y., & Wu, S.-Y. (2012). The impact and implications of on-demand services on market structure. *Information Systems Research*, 24(3). <https://doi.org/10.1287/isre.1120.0451>
2. Taylor, T. A. (2018). On-demand service platforms. *Manufacturing & Service Operations Management*, 20(4). <https://doi.org/10.1287/msom.2017.0678>
3. Juluri, P., Tamarapalli, V., & Medhi, D. (2016). Measurement of quality of experience of video-on-demand services: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(1), 401–418. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2401424>
4. Bai, J., So, K. C., Tang, C. S., Chen, X., & Wang, H. (2018). Coordinating supply and demand on an on-demand service platform with impatient customers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 21(3). <https://doi.org/10.1287/msom.2018.0707>
5. Donskoy, P., & Malakhaltsev, P. (2019). On demand: adaptive public transport routes. *City Studies and Practices*, 4(4), 93–125. <https://doi.org/10.17323/usp44201993-125> EDN: <https://elibrary.ru/OEDOBV>
6. Ivanov, O. N., Listov, N. O., & Ostroukh, A. V. (2017). Investigating technical characteristics of electric buses as promising modes of ground passenger transport. *International Journal of Advanced Studies*, 7(4-2), 29–48. EDN: <https://elibrary.ru/ZMIHGL>
7. Listov, N. O., Ivanov, O. N., & Ostroukh, A. V. (2017). Improvements in automated passenger flow monitoring systems. *International Journal of Advanced Studies*, 7(4-2), 49–58. EDN: <https://elibrary.ru/ZMIHGV>
8. Kuftinova, N. G., & Ostroukh, A. V. (2014). Development of an automated system of survey passenger traffics. *International Journal of Advanced Studies*, 4(4), 3–9. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2014-4-1> EDN: <https://elibrary.ru/TEBOER>
9. Ostroukh, A. V., & Polgun, M. B. (2013). Automation of supervisory control processes in urban passenger transport. *International Journal of Advanced Studies*, 3(3), 3–9. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2013-3-1> EDN: <https://elibrary.ru/RUNXID>

10. Ostroukh, A. V., & Polgun, M. B. (2013). New approaches to development of automated supervision systems for enterprise transport. *International Journal of Advanced Studies*, 3(4), 3–7. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2013-4-1> EDN: <https://elibrary.ru/QBIDCV>
11. Kuftinova, N. G., Ostroukh, A. V., Surkova, N. E., & Barinov, K. A. (2020). Prediction of traffic flows in metropolitan areas using neural networks. *Industrial Automatic Control Systems and Controllers*, (11), 40–45. <https://doi.org/10.25791/asu.11.2020.1235> EDN: <https://elibrary.ru/ABWTIO>
12. Polgun, M. B., Ostroukh, A. V., Nikolaev, A. B., & Efimenko, D. B. (2013). Automation of dispatching processes in urban passenger transport. *Industrial Automatic Control Systems and Controllers*, (5), 10–16. EDN: <https://elibrary.ru/SKEOYJ>
13. Ostroukh, A. V., Surkova, N. E., Vorobieva, A. V., & Polgun, M. B. (2015). Automated supervisory control system of urban passenger transport. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(10), 4334–4340. EDN: <https://elibrary.ru/UGFLYX>
14. Mikhnevich, I. M., & Belehov, A. A. (2024). Method for evaluating feasibility of implementing request-based transport in urban and sub-urban zones. *World of Transport and Technological Machines*, (2-2), 32–41. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-2-2\(85\)-32-41](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-2-2(85)-32-41) EDN: <https://elibrary.ru/OJFRDA>
15. Moroz, D. G., Titova, S. S., & Chernyshev, A. A. (2019). Application of passenger flow analysis methods to reform the passenger transport system of Levoberezhny district in Moscow. *World of Transport*, 17(5), 268–284. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-268-284> EDN: <https://elibrary.ru/LQZKAR>
16. Sobessky, R. R., & Shevyrev, L. Y. (2018). Development of DRT public transport technologies. In *Prospective Technologies in Exploitation of Transport and Transport-Technological Complexes* (pp. 83–84). Zernograd: Azovo-Chernomorsky Engineering Institute. EDN: <https://elibrary.ru/XZXPIT>
17. Titova, S. S. (2018). Problems of passenger transportation quality in urban agglomerations. *Young Scientist*, (23), 241–245. EDN: <https://elibrary.ru/XQGCZN>

## **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Титова Светлана Семеновна**, старший преподаватель, аспирант

*ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»*

*Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация*

*s.titova@madi.ru*

**Остроух Андрей Владимирович**, доктор технических наук профессор

*ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»*

*Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация*

*ostroukh@mail.ru*

## **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Svetlana S. Titova**, Senior Lecturer, Postgraduate Student

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

*64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation*

*s.titova@madi.ru*

**Andrey V. Ostroukh**, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

*64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation*

*ostroukh@mail.ru*

Поступила 01.03.2025

После рецензирования 15.03.2025

Принята 23.03.2025

Received 01.03.2025

Revised 15.03.2025

Accepted 23.03.2025