



# Использование нейронной сети для учёта и анализа показателей работы транспортного предприятия



Олег МОСКВИЧЕВ



Светлана ЛЕОНОВА



Дмитрий ВАСИЛЬЕВ

*Олег Валерьевич Москвичев*<sup>1</sup>, *Светлана Александровна Леонова*<sup>2</sup>, *Дмитрий Владиславович Васильев*<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия.

✉ <sup>1</sup> [moskvichev063@yandex.ru](mailto:moskvichev063@yandex.ru).

<sup>2</sup> [s.leonova@samgups.ru](mailto:s.leonova@samgups.ru).

<sup>3</sup> [vasilyevdmitriy.str@gmail.com](mailto:vasilyevdmitriy.str@gmail.com).

## АННОТАЦИЯ

В последнее время возрастает актуальность вопроса определения фактических значений пассажиропотока на городском общественном и пригородном транспорте на каждом участке маршрута в режиме реального времени, которые оказывают значительное влияние на планирование и организацию, а также на показатели работы транспортного предприятия.

Оценить реальные размеры пассажиропотока по числу оформленных пассажирам проездных документов не представляется возможным из-за большого количества неучтённых пассажиров (несоответствия числа оформленных проездных документов реальному значению перевезённых пассажиров).

Целью исследования, результаты которого приводятся в статье, является разработка интеллектуальной системы для расчёта и анализа показателей работы транспортного предприятия, которая в автоматическом режиме позволяет собирать, обрабатывать и анализировать информацию о пассажиропотоках, рассчитывать коэффициент сменности пассажиров на маршруте, составлять оптимальные графики и расписание движения автобусов, корректировать интервалы движения транспортных средств, определять потребность в подвижном

составе с целью минимизации вероятности отказа пассажиру в посадке, повышения качества обслуживания пассажиров и снижения эксплуатационных расходов транспортного предприятия.

Подсчёт значений пассажиропотока в режиме реального времени по каждому транспортному средству на маршруте городского общественного транспорта осуществляется количественным методом, основанным на технологии искусственной нейронной сети, позволяющим в автоматическом режиме обрабатывать большой объём информации с камер видеонаблюдения, которыми оборудуются салоны транспортных средств.

С использованием теоретических методов исследования и с помощью интеллектуальной системы выполнены анализ и сравнение числа оформленных проездных документов с фактическим числом перевезённых пассажиров на маршруте городского общественного транспорта Самары с выводом результатов в графический интерфейс пользователя. Получены зависимости числа неучтённых пассажиров на маршруте от величины пассажиропотока и времени суток.

Отмечена возможность использования предлагаемой интеллектуальной системы в пригородных электричках при условии оборудования вагонов камерами видеонаблюдения.

**Ключевые слова:** городской общественный транспорт, пригородные железнодорожные перевозки, нейронная сеть, интеллектуальная система, пассажиропоток, транспортное предприятие, показатели работы, неучтённые пассажиры, оформленные проездные документы, потребность в подвижном составе.

*Для цитирования:* Москвичев О. В., Леонова С. А., Васильев Д. В. Использование нейронной сети для учёта и анализа показателей работы транспортного предприятия // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 2 (105). С. 39–46. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-2-4>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.  
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Деятельность предприятий пассажирского транспорта оценивается количественными и качественными показателями, характеризующими в том числе количество подвижного состава и уровень его производительности [1–3].

Количественные показатели определяют доход предприятия от перевозочной деятельности, число перевезённых пассажиров и пассажирооборот. Значения пассажиропотока на каждом участке маршрута отражают, насколько эффективно используются те или иные транспортные средства.

Коэффициент технической готовности, количество подвижного состава, коэффициент выпуска на линию относят к качественным показателям работы транспортного предприятия, как и продолжительность работы транспортного средства, коэффициент использования пробега и скорость движения на маршруте.

Для транспортных предприятий важными факторами являются снижение эксплуатационных расходов и повышение качества обслуживания пассажиров.

Если рассматривать пример городского общественного транспорта, то пассажиры осуществляют свой выбор в пользу того или иного вида транспорта на основании регулярности движения и заполняемости транспортных средств, особенно в «часы пик». Подача транспортных средств должна осуществляться в таком количестве, которое позволит в «пиковые» периоды охватить весь пассажиропоток на заданном направлении и снизить вероятность отказа пассажиру в посадке. Всё это возможно только в случае наличия точных данных о величине и колебаниях пассажиропотока на каждом участке маршрута [4–5].

Сбор и анализ данных о количестве перевезённых пассажиров в реальном времени позволяет принимать взвешенные решения о количестве транспортных средств, работающих на маршруте, рационально планировать график работы водителей и составлять расписание движения автобусов таким образом, чтобы охватить весь пассажиропоток в «пиковые» периоды с обеспечением надлежащего качества предоставления услуги.

Оценить реальные размеры пассажиропотока по числу оформленных проездных документов не представляется возможным из-за

большого количества неучтённых пассажиров (несоответствия числа оформленных билетов реальному значению перевезённых пассажиров). Важно получить данные о величине пассажиропотока по часам суток на каждом участке маршрута для составления оптимальных графиков работы и расписания движения автотранспортных средств, оценки эффективности использования рабочего парка подвижного состава и снижения эксплуатационных расходов предприятия. При этом необходимо анализировать и обрабатывать большой массив информации, выполнять расчёт и корректировку количественных и качественных показателей, что невозможно без современной интеллектуальной системы, способной в автоматическом режиме выполнять сбор, анализ и корректировку данных в режиме реального времени.

Вопрос определения значений пассажиропотока на каждом участке является актуальным в том числе и на пригородном железнодорожном транспорте. Важным является учёт и отслеживание пассажиров в пригородных электричках не только с целью обеспечения безопасности, но и с целью определения спроса на данное направление, возможности учёта перевезённых пассажиров между конкретными станциями, принятия решения о добавлении или уменьшении количества вагонов в составе пригородного поезда.

Целью работы является разработка интеллектуальной системы на основе нейронной сети для расчёта и анализа показателей работы транспортного предприятия, которая позволяет обрабатывать и анализировать информацию о пассажиропотоках, данные о наполнении подвижного состава по участкам и всей длине маршрута, результаты расчёта количественных и качественных показателей, сравнивать число оформленных проездных документов с фактическим числом перевезённых пассажиров на маршруте.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Предлагаемая интеллектуальная система состоит из следующих модулей [6]:

- 1) Модуль, позволяющий определять реальные значения пассажиропотоков количественным методом, основанным на использовании технологии искусственных нейронных сетей. На данном этапе создаётся база данных, содержащая информацию о количестве входящих и выходящих пассажиров на

остановочных пунктах в каждый период времени.

2) Модуль, позволяющий сопоставить все проведённые транзакции с координатами расположения транспортного средства в каждый период времени. На данном этапе получаем базу данных о количестве оформленных проездных документов на маршруте городского транспорта.

3) Модуль анализа, позволяющий на основе данных из ранее описанных модулей, производить оценку количественных и качественных показателей транспортного предприятия, сравнение числа оформленных проездных документов с реальным количеством перевезённых пассажиров на маршруте. Предусмотрена гибкая группировка по маршрутам, дням недели, сезонам.

Первый модуль позволяет выполнять автоматический подсчёт пассажиров на каждом участке маршрута каждого транспортного средства, решает задачи систематизации данных о пассажиропотоках при заданных параметрах, определяет коэффициент заполняемости транспортного средства между остановками, рассчитывает коэффициент сменности пассажиров на маршруте.

В целом анализ колебаний пассажиропотока позволяет получить информацию о спросе на то или иное направление и выявить закономерности формирования пассажиропотока как по каждому маршруту в отдельности, так и по всей транспортной сети.

Сложность сбора таких данных заключается в большом объёме и изменчивости информации, а также в отсутствии специальных технических средств, позволяющих собирать данные о количестве перевезённых пассажиров на каждом участке маршрута [7; 8]. В настоящее время единственным приемлемым способом сбора данных о количестве перевезённых пассажиров на каждом участке маршрута городского округа Самара является *табличный метод*, который позволяет фиксировать пассажиров, входящих и выходящих из транспортного средства<sup>1</sup>. Использование данного метода связано с большими финансовыми затратами в случае использования специальных технических средств (датчиков), установленных в дверях автобуса или значительными трудовыми и финансовыми затра-

тами в случае использования человеческого ресурса: в салоне автобуса должен располагаться работник, осуществляющий подсчёт входящих и выходящих пассажиров, однако применение данного подхода характеризуется большой погрешностью выходных данных, связанной с человеческим фактором. В свою очередь, необходимо регулярно обновлять информацию о пассажиропотоках для принятия оптимальных решений по количеству подвижного состава на линии, формирования графика работы водителей и кондукторов, составления расписания движения транспортных средств с возможностью охватить весь пассажиропоток «пикового» периода [9–11]. Особое значение это приобретает в условиях динамически развивающейся городской инфраструктуры и сети городского общественного транспорта.

В данной работе для определения пассажиропотоков в режиме реального времени предлагается *метод*, основанный на технологии нейронных сетей [12–15]. Искусственные нейронные сети охватывают совокупность популярных методов машинного обучения, имитирующих механизмы обучения, которые действуют в биологических организмах.

Входными данными для расчёта пассажиропотоков (модуль 1 разработанной интеллектуальной системы) являются данные камер видеонаблюдения в салонах автотранспортных средств, которые по требованиям обеспечения транспортной безопасности установлены почти в каждом автобусе, работающем на линии, и направлены на салон и входные двери.

Искусственная нейронная сеть получает информацию с камер видеонаблюдения, направленных на входные двери, и осуществляет распознавание пассажиров, входящих или выходящих из салона транспортного средства. Для повышения точности определения возможно переставить камеры таким образом, чтобы они осуществляли съёмку вертикально вниз. Так снизится вероятность перекрытия изображения пассажирами.

Разработанная интеллектуальная система в рамках первого модуля способна осуществлять отслеживание пассажиров, то есть определять направление движения пассажиров: на вход или на выход. Также система исключает вероятность повторного учёта пассажиров, так как для каждой остановки

<sup>1</sup> Общественный транспорт Самарской области. [Электронный ресурс]: <http://www.samaratrans.info>. Доступ 03.12.2021.





Рис. 1. Автоматический подсчет входящих и выходящих пассажиров [выполнено авторами].

создаётся временный массив с данными о каждом пассажире, который очищается при закрытии дверей. Интеллектуальная система на основе искусственной нейронной сети в результате обработки данных камер видеонаблюдения определяет число перевезённых пассажиров на каждом участке маршрута (рис. 1).

Заполняемость транспортного средства на каждом участке рассчитывается как:

$$H_{i-(i+1)} = H_{i-(i-1)} + B_i - C_i, \quad (1)$$

где  $(i-1)$  и  $i$  – остановочные пункты;

$H_{i-(i-1)}$  – число перевезённых пассажиров на заданном участке (данные получены путём подсчёта пассажиров предлагаемой интеллектуальной системой);

$B_i$  – количество человек, вошедших в транспортное средство на остановочном пункте  $i$ ;

$C_i$  – количество человек, вышедших на остановочном пункте  $i$ .

Второй модуль позволяет выводить в графический интерфейс пользователя данные о числе проданных билетов для каждого транспортного средства с указанием даты, времени, остановки приобретения билета.

Входными данными для второго модуля являются массивы транзакций и данные о местонахождении транспортных средств из навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.

Третий модуль позволяет на основе данных из ранее описанных модулей производить оценку количественных и качественных показателей работы автотранспортного предприятия, расчёт эксплуатационных расходов,

составлять оптимальные графики и расписания движения автобусов, корректировать интервалы движения автотранспортных средств, определять их заполняемость с целью минимизации вероятности отказа пассажиру в посадке, сопоставлять количество оформленных проездных документов с реальными значениями числа пассажиров на маршруте.

Вероятность отказа пассажиру в посадке  $P_{\text{отк}}$  – это доля пассажиров, которые из-за переполнения транспортного средства приняли решение остаться на остановке, и пассажиров, которые осуществили посадку в транспортное средство несмотря на ненадлежащее качество предоставляемой транспортной услуги:

$$P_{\text{отк}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy \quad (2)$$

при  $x = \frac{q + 0,5 - I \cdot \lambda}{\sqrt{I \cdot \lambda}}$  и  $x \leq y \leq \infty$ ,

где  $q$  – предельная вместимость транспортного средства, пасс. (величина, определяемая конструкцией подвижного состава);

$\lambda$  – средняя интенсивность пассажиропотока на определённом участке маршрута, пасс/мин.;

$I$  – интервал движения, мин.

С целью достижения  $P_{\text{отк}} \rightarrow \min$  осуществляется точный подсчёт пассажиропотока, корректировка интервалов движения подвижного состава и расписания движения транспортных средств.

Таким образом, с помощью разработанной интеллектуальной системы на основе нейронной сети в рамках первого модуля был выполнен предварительный анализ данных по де-

Таблица 1

Данные о наполнении автобуса 41-го городского маршрута округа Самара  
[выполнено авторами]

Остановочный пункт	Высадка, пасс.	Посадка, пасс.	Заполняемость, пасс	Высадка, пасс.	Посадка, пасс.	Заполняемость, пасс.
15-й «А» микрорайон	0	9	9	0	4	4
пр. Карла Маркса	4	11	16	1	6	9
Универмаг «Юность»	10	0	0	5	0	0

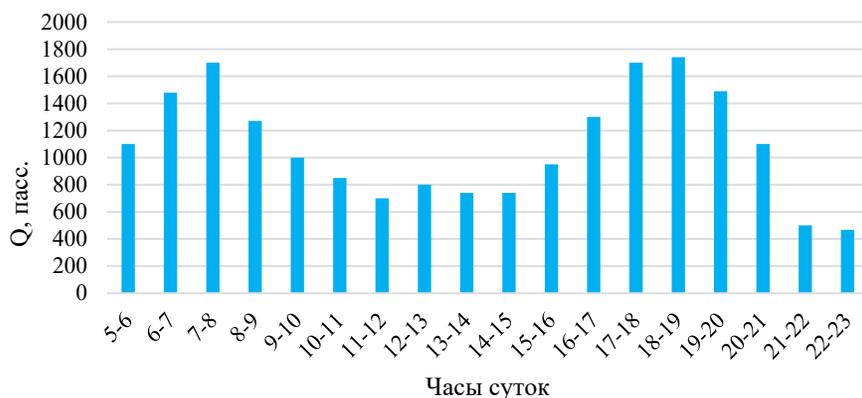


Рис. 2. Картограмма распределения пассажиропотоков по часам суток в будний день [выполнено авторами].

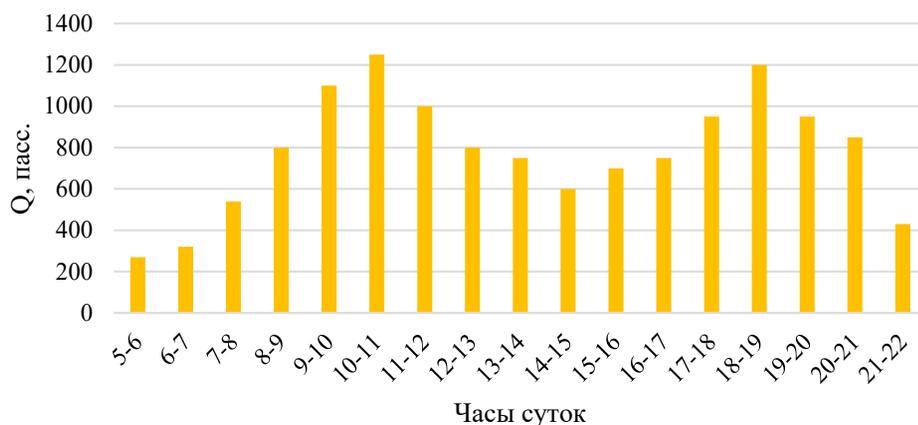


Рис. 3. Картограмма распределения пассажиропотоков по часам суток в выходной день [выполнено авторами].

сяти городским маршрутам автотранспортного предприятия городского округа Самара. Получен массив данных о наполнении автобусов, работающих на каждом маршруте. Например, в табл. 1 представлен фрагмент базы данных о наполнении автобуса, работающего на маршруте 41 городского округа Самара и осуществляющего первый рейс в будний день.

Предлагаемая интеллектуальная система обрабатывает большой массив данных о количестве перевезённых пассажиров каждым транспортным средством на каждом участке

маршрута за рейс, смену, сутки и т.д. Возможны сбор, систематизация и представление данных в любом удобном формате – в виде таблиц, диаграмм, схем, рисунков и т.п. за любой промежуток времени.

Так, например, на рис. 2, 3 представлены картограммы распределения пассажиропотоков для маршрута 41 городского округа Самара по часам суток.

С помощью интеллектуальной системы определяются коэффициенты неравномерности пассажиропотока (по часам суток, по направлениям движения, по продолжитель-



## Данные по маршрутам городского округа Самара [выполнено авторами]

№ маршрута	Средний пассажиропоток за сутки, пасс.	Режим работы	Интервалы движения	Количество единиц подвижного состава на линии	% неучтённых пассажиров
1	6882	Ежедневно: с 6 ч до 22 ч	По рабочим дням: 8–20 мин, по выходным дням: 16–35 мин. В вечернее время (после 19 часов): 20–60 мин	По рабочим дням 18–20, по выходным дням 10–14	13,1
2	4619	Ежедневно: с 6 ч до 22 ч	По рабочим дням: 8–17 мин, по выходным дням: 12–40 мин. В вечернее время (после 20 часов): 25–76 мин	По рабочим дням 10, по выходным дням 7	9,6
22	1897	Ежедневно: с 6 ч до 22 ч	Понедельник, вторник, четверг: 10–28 мин, среда, пятница: 20–40 мин, по выходным дням: 14–60 мин.	Понедельник, вторник, четверг 7, среда, пятница 5, по выходным дням 4	7,7
23	3909	По рабочим дням: с 5 ч до 23 ч По выходным дням: с 7 ч до 22 ч	Понедельник, вторник, четверг: 14–30 мин, среда, пятница: 18–39 мин, по выходным дням: 13–69 мин.	Понедельник, вторник, четверг 12, среда, пятница 10, по выходным дням 6	8,9
34	17715	По рабочим дням: с 5 ч до 23 ч По выходным дням: с 6 ч до 23 ч	По рабочим дням: 3–8 мин, по выходным дням: 6–12 мин. В вечернее время (после 20 часов): 15–46 мин.	По рабочим дням 38, по выходным дням 18–23	24,3
37	6061	Ежедневно: с 6 ч до 22 ч	По рабочим дням: 8–21 мин, по выходным дням: 10–25 мин. В вечернее время (после 19 часов): 15–40 мин.	По рабочим дням 20, по выходным дням 10	10,5
41	17978	По рабочим дням: с 5 ч до 23 ч По выходным дням: с 5 ч до 22 ч	По рабочим дням: 4–10 мин, по выходным дням: 5–12 мин. В вечернее время (после 20 часов): 15–30 мин.	По рабочим дням 35, по выходным дням 24–28	25,1
50	6652	Ежедневно: с 6 ч до 23 ч	По рабочим дням: 10–22 мин, по выходным дням: 12–25 мин. В вечернее время (после 20 часов): 25–60 мин.	По рабочим дням 18–20, по выходным дням 10	11,8
67	17379	Ежедневно: с 5 ч до 23 ч	По рабочим дням: 4–8 мин, по выходным дням: 6–12 мин. В вечернее время (после 20 часов): 10–26 мин.	По рабочим дням 35–40, по выходным дням 26–30	23,4

ности рейса), коэффициент использования вместимости автобусов на каждом маршруте и т.д.

В рамках второго модуля получена база данных о количестве оформленных проездных документов для каждого транспортного средства с указанием даты, времени, остановки приобретения билета. Эти данные сравниваются с данными о количестве фактически перевезённых пассажиров на рассматриваемых маршрутах.

В рамках третьего модуля выполняются автоматический расчёт и оценка количественных и качественных показателей транспортного предприятия, сравнение числа обилечен-

ных пассажиров с реальным значением перевезённых пассажиров на маршруте.

Предлагаемая интеллектуальная система составляет оптимальные графики и расписание движения автобусов, ею выполняется корректировка интервалов движения автотранспортных средств, определяется потребность в подвижном составе в зависимости от пассажиропотока (табл. 2) с целью минимизации вероятности отказа пассажиру в посадке и снижения эксплуатационных расходов автотранспортного предприятия.

Для десяти городских маршрутов автотранспортного предприятия городского округа Самара получены средние значения несо-

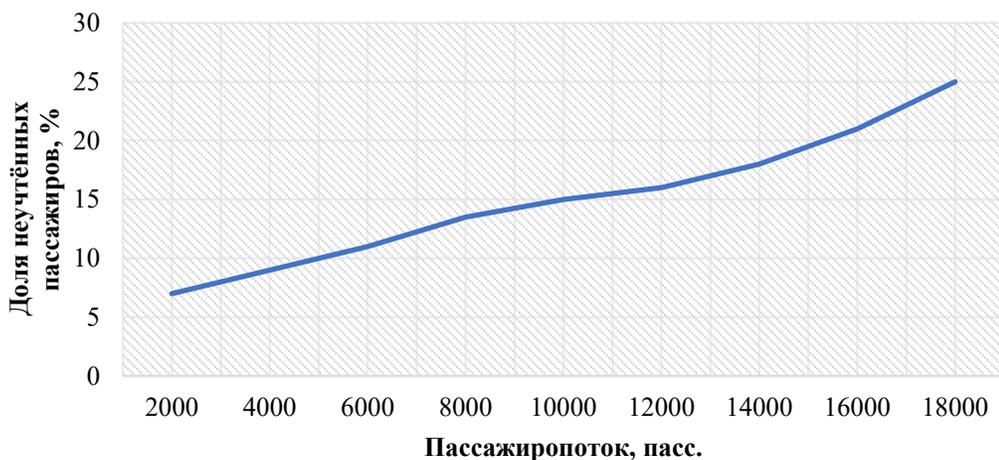


Рис. 4. Зависимость количества неучтённых пассажиров от величины пассажиропотока [выполнено авторами].

ответствия фактического числа перевезённых пассажиров данным по проведённым транзакциям, представленные в табл. 2. Процент неучтённых пассажиров рассчитывается для каждого автотранспортного средства, работающего на маршруте, в каждый период времени. Также можно оценить добросовестность водителей на основании данных о неучтённых пассажирах в каждую смену на рассматриваемом маршруте.

В результате анализа данных получаем зависимость числа неучтённых пассажиров на маршруте от величины пассажиропотока (рис. 4) и от времени суток (рис. 5).

Таким образом, можно сделать вывод, что количество неучтённых пассажиров может достигать 25 % от общего количества перевезённых пассажиров на маршруте за сутки.

Чем значительнее пассажиропоток на маршруте, тем наблюдается большее несоответствие числа фактически перевезённых пассажиров данным по транзакциям.

Также следует отметить, что большая часть неучтённых пассажиров приходится на «пиковые» периоды суток.

## ВЫВОДЫ

Предлагаемая интеллектуальная система для расчёта и анализа показателей работы транспортного предприятия, основанная на применении технологии нейронной сети, позволяет осуществлять подсчёт значений пассажиропотока в режиме реального времени по каждому транспортному средству на маршруте городского общественного транспорта, анализировать количественные и каче-

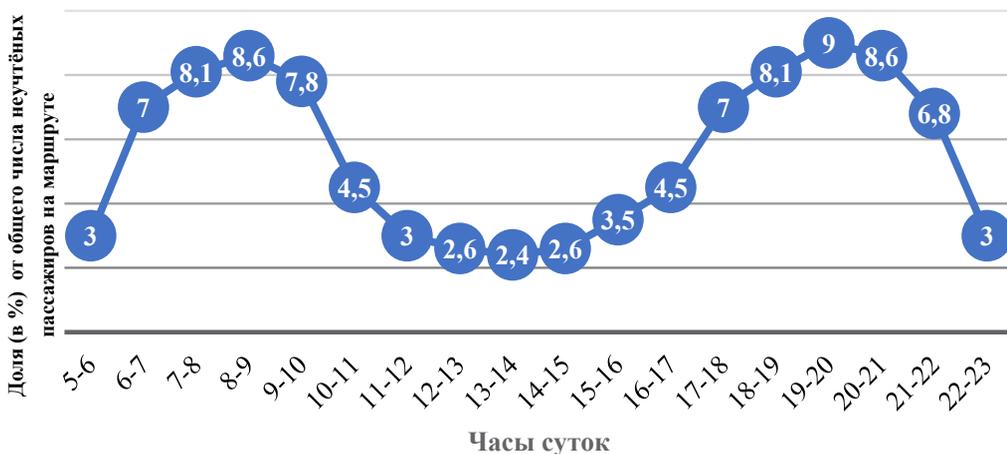


Рис. 5. Зависимость количества неучтённых пассажиров от времени суток [выполнено авторами].



ственные показатели работы, сопоставлять число оформленных проездных документов с реальным значением перевезённых пассажиров на маршруте с выводом результатов в графический интерфейс пользователя. Это в свою очередь даёт возможность составлять оптимальные графики и расписание движения транспортных средств, корректировать интервалы движения подвижного состава, определять потребность в транспортных средствах с целью минимизации вероятности отказа пассажиру в посадке и снижения расходов транспортного предприятия.

Применение предлагаемой системы возможно и на пригородном железнодорожном транспорте с целью создания возможности учёта перевезённых пассажиров между конкретными станциями, принятия решения о добавлении или уменьшении количества вагонов в составе пригородного поезда.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Корганбай, А. Ж. Л., Сарсенов А. Е. Результаты исследования качественных показателей работы городского пассажирского транспорта // *Современные научные исследования и инновации*. – 2021. – № 1 (117). – С. 10. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44655068>. Доступ 28.02.2023.
2. Kbilashvili, D., Chogovadze, Ju., Gogiashvili, P., Lekveishvili, G. Analysis of the results of a pilot study of problems existing in passenger traffic by urban passenger transport. *Bulletin of Science and Practice*, 2018, Vol. 4, No 5, pp. 231–238. DOI: 10.5281/zenodo.1246177.
3. Чумаченко И. В., Давидич Ю. А., Галкин А. С., Давидич Н. В. Оценка качества перевозки пассажиров городским транспортом при различном количестве транспортных средств, работающих на маршруте // *Наука и техника*. – 2017. – Т. 16. – № 5. – С. 415–421. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-5-415-421.
4. Fadeev, A. I. The task of determining the actual routes in the traffic control system using satellite navigation. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2019, Vol. 537, Iss. 2, 022043. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022043.
5. Fadeev, A. I., Alhussini, S. Passenger trips analysis determined by processing validation data of the electronic tickets in public transport. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, International Conference Aviation Engineering and Transportation (AviaEnT 2020), 21<sup>st</sup>-26<sup>th</sup> September 2020, Irkutsk, Russia, Vol. 1061, 012001. DOI: 10.1088/1757-899X/1061/1/012001.
6. Леонова С. А. Обеспечение безопасности на городском общественном транспорте // *Проблемы безопас-*

ности на транспорте: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел.ж.д. (Гомель, 24–25 ноября 2022 г.): в 2 ч. Ч. 2 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел.ж.д., Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель: БелГУТ, 2022. – 447 с. – С. 131–133. ISBN 978-985-891-071-6 (ч. 2). [Электронный ресурс]: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_49904770\\_88286874.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49904770_88286874.pdf). Доступ 28.02.2023.

7. Дерп Е. С., Киселёв В. А., Горячкина И. Н. Методы и способы обследования пассажиропотока // *Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2020): Сборник статей XII Международной научно-технической конференции, посвящённой 25-летию кафедры технологии материалов и транспорта*, Курск, 23 октября 2020 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 98–101. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44160578>. Доступ 28.02.2023.

8. Колебер Ю. А. Методы обследования маршрутных пассажиропотоков на пассажирском транспорте общего пользования в городах // *NovInfo.Ru*. – 2018. – № 87. – С. 38–43. [Электронный ресурс]: <https://novinfo.ru/res/ojtm7bjocr.pdf>. Доступ 28.02.2023. [Полный текст выпуска журнала].

9. Hui, Bo; Yan, Da; Chen, Haiquan; Ku, Wei-Shinn. TrajNet: A Trajectory-Based Deep Learning Model for Traffic Prediction. *KDD '21: Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, August 2021, pp. 716–724. DOI: <https://doi.org/10.1145/3447548.3467236> [ограниченный доступ].

10. Weiming Liu, Xiaorui Du, Qinghua Geng, Jingning Li, Haiyu Li, Lan Liu. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 688, Iss. 4, 044025. DOI: 10.1088/1757-899X/688/4/044025.

11. Liu, G., Yin, Z., Jia, Y., Xie, Y. Passenger flow estimation based on convolutional neural network in public transportation system. *Knowledge-Based Systems*, 2017, Vol. 123, pp. 102–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2017.02.016>.

12. Menezes de, Á. L. L., Almeida de, R. C., Almonfrey, D., Nunes, R. B. Using Artificial Intelligence for Obtaining Vehicle Occupancy Using Security Cameras. 2021 14<sup>th</sup> IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON), São Paulo, Brazil, 2021, pp. 635–639. DOI: 10.1109/INDUSCON51756.2021.9529418.

13. Velastin, S. A., Fernández, R., Espinosa, J. E., Bay, A. Detecting, Tracking and Counting People Getting On/Off a Metropolitan Train Using a Standard Video Camera. *Sensors*, 2020, Vol. 20, Iss. 21, 6251. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20216251>.

14. Bernardin, K., Stiefelhagen, R. Evaluating Multiple Object Tracking Performance: The CLEAR MOT Metrics. *Eurasip Journal on Image and Video Processing*, 2008, Art. 246309. DOI: 10.1155/2008/246309.

15. Brunetti, A., Buongiorno, D., Trotta, G. F., Bevilacqua, V. Computer vision and deep learning techniques for pedestrian detection and tracking: A survey. *Neurocomputing*, 2018, Vol. 300, pp. 17–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.01.092>. ●

### Информация об авторах:

**Москвичев Олег Валерьевич** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой управления эксплуатационной работой Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия, [moskvichev063@yandex.ru](mailto:moskvichev063@yandex.ru).

**Леонова Светлана Александровна** – специалист учебно-методического управления, старший преподаватель кафедры управления эксплуатационной работой Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия, [s.leonova@samgps.ru](mailto:s.leonova@samgps.ru).

**Васильев Дмитрий Владиславович** – старший преподаватель кафедры управления эксплуатационной работой Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия, [vasilyevdmitriy.str@gmail.com](mailto:vasilyevdmitriy.str@gmail.com).

Статья поступила в редакцию 28.02.2023, одобрена после рецензирования 15.05.2023, принята к публикации 18.05.2023.