



ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧАСТКА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

А. В. Умнов

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В данной статье рассмотрена проблема автомобильных заторов, связанная с увеличением количества автомобилей, проведено имитационное моделирование участка транспортной сети в Санкт-Петербурге, а также методы, с помощью которых можно сократить время простоя общественного транспорта в заторах.

Ключевые слова: автомобильные заторы, общественный транспорт, имитационное моделирование, адаптивное управление светофорами.

Для цитирования:

Умнов, А. В. Предложения для повышения эффективности участка транспортной сети / А. В. Умнов // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 2(40). – с. 123 – 129. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-2-123-129.

SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT NETWORK

A. V. Umnov

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

This article shows the problem of traffic congestion associated with an increase in number of cars, carried out simulation of the section of the transport network in St. Petersburg, reviewed methods that can be used to reduce time of public transport in congestions.

Keywords: traffic congestion, public transport, simulation modeling, adaptive traffic light control.

For citation:

Umnov, A. V. Suggestions for improving the efficiency of transport network / A. V. Umnov // System analysis and logistics. – 2024. – № 2(40). – p. 123 – 129. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-2-123-129.

Введение

Автомобильные заторы – одна из больших проблем, с которыми сталкиваются жители каждого крупного города. Спрос на автомобили часто растет с течением времени, поэтому заторы на дорогах могут возникать просто потому, что пропускная способность дороги или перекрестка не рассчитана на большое количество автомобилей, особенно в часы пик. В результате транспортные средства накапливаются, скорость снижается, а время в пути увеличивается. Автомобили имеют преимущества с точки зрения облегчения личной мобильности, они дают ощущение безопасности и даже повышенного статуса, особенно в развивающихся странах, однако они не являются эффективным средством пассажирского транспорта, поскольку в часы пик каждый пассажир частного автомобиля вызывает в несколько раз больше заторов, чем пассажир общественного транспорта.

В Санкт-Петербурге проблема роста автомобилей стоит особенно остро. Являясь вторым по населенности городом России с населением более 5,6 миллионов человек, в Санкт-Петербурге количество автомобилей на 1000 человек превышает аналогичный показатель в Москве. На 2022 год, в северной столице 290,2 машины на 1000 человек, когда в Москве этот показатель равен 282,3 [1]. Причем, в отличие от Москвы, где количество машин уменьшилось по сравнению с 2011 годом, в Санкт-Петербурге этот показатель увеличился, рис.1.

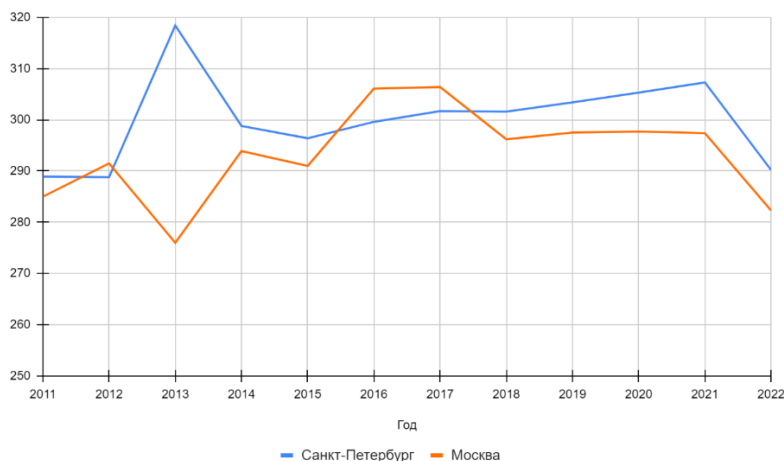


Рис. 1. Количество автомобилей на 1000 человек в Санкт-Петербурге и Москве

Плохое совершенствование внутригородских дорог, вкупе с плохо развитым общественным транспортом делает Санкт-Петербург вторым по загруженности городом России и одним из самых загруженных городов мира. Согласно исследованию компании «ТомТом», которое основывается на совокупности статических факторов (дорожная инфраструктура, пропускная способность дорог и ограничения скорости) и динамических (автомобильные заторы, изменения в потоке), загруженность дорог в Санкт-Петербурге возросла на 5% за 5 лет, рис.2 [2].

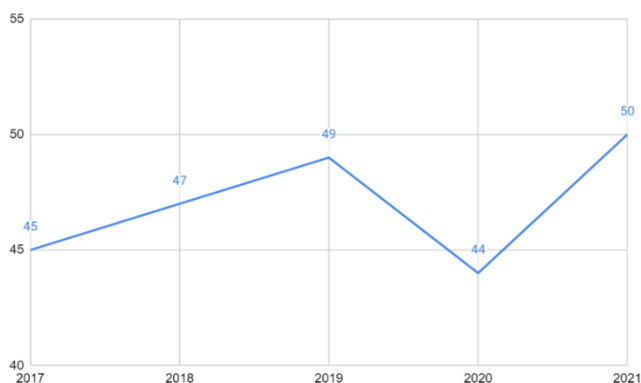


Рис. 2. Процент загруженности дорог в Санкт-Петербурге

Многие жители города остаются все также не довольны качеством и количеством транспорта. Из годового отчета «О ходе реализации государственной программы Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» следует, что лишь 60,7% жителей города удовлетворены качеством обслуживания на городском общественном транспорте. Основные причины такого показателя – большие интервалы движения, время ожидания транспорта и возникающая из-за этого переполненность салонов, а также высокая стоимость проезда и постоянно увеличивающиеся сроки открытия новых станций метро. Доля маршрутов общественного транспорта с интервалом движения менее 10 минут в пиковые периоды суток лишь 16,1% [3]. Из-за плохо развитой инфраструктуры общественного транспорта среднее время поездки по деловым целям увеличилось почти на 10 минут по сравнению с 2018 годом, рис.3.

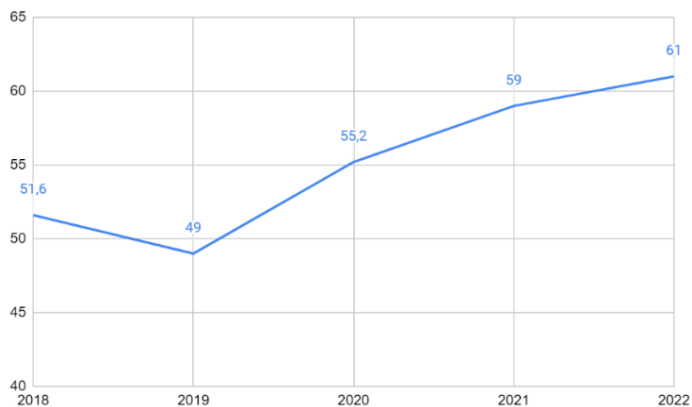


Рис. 3. Среднее время поезда с трудовыми целями в Санкт-Петербурге, минуты

Одной из ключевых «артерий» Санкт-Петербурга является Московский проспект. Его протяженность составляет 9,3 километра. Он соединяет Сенную площадь на севере и Площадь Победы на юге.

Важность Московского проспекта определяется несколькими факторами:

1. он соединяет аэропорт Пулково с Московским, Адмиралтейским районами и центром города, а также связывает центр города с его юго-восточными районами и пригородами;

2. вдоль Московского проспекта расположены важные инфраструктурные объекты, такие как станции метро – Сенная площадь, Технологический институт, Фрунзенская, Московские ворота, Электросила, Парк Победы, Московская;

3. от станции Московская начинают свои маршруты автобусы, которые отправляются в города Ленинградской области;

4. множество важных общественных мест расположены вдоль проспекта – здание университетов, парки – Парк Победы, Пулковский парк, торговые центры и прочие места развлечения.

Рассматривая скорость движения автобусов, тоже можно заметить, что часы-пик и резкое увеличение автомобилей ведет к значительному увеличению времени проезда. Для примера, можно взять автобус №50, маршрут которого проходит вдоль Московского проспекта.

Если смотреть время проезда автобуса №50 в будний день от остановки «ул. Авиационная» (на юге) до остановки «Московский проспект, 4» (на севере), когда на дорогах нет заторов, то автобус тратит от 26 до 30 минут. Однако в часы-пик это время может увеличиваться до 46 минут. В среднем с утра задержка составляет 10 минут, а вечером – 15 минут, рис.4.

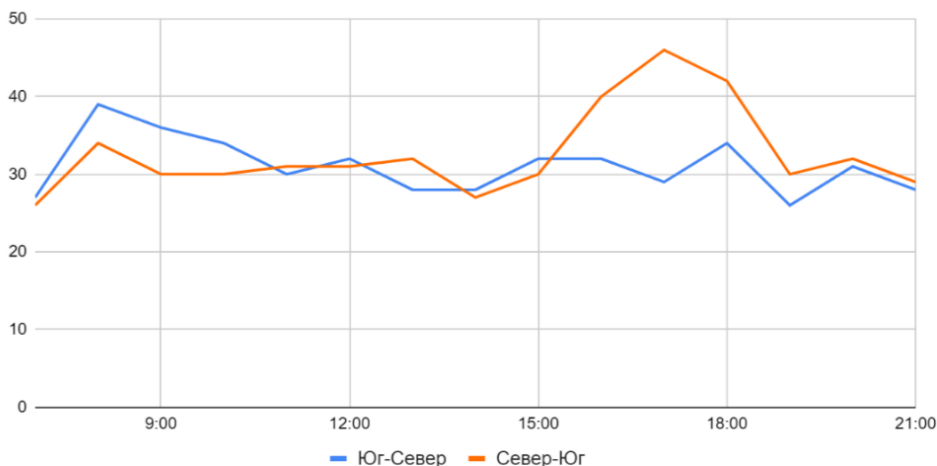


Рис. 4. Время проезда Московского проспекта автобусом №50



Для примера будет рассмотрен участок Московского проспекта от перекрестка с Ташкентской улицей до перекрестка с улицей Рошинская. Данный участок длиной 1 километр, вдоль которого имеется станция метро «Московские ворота», множество автобусных и троллейбусных остановок и маршрутов, а также регулярные автомобильные заторы.

Для моделирования интенсивности движения общественного транспорта, воспользуемся расписанием с сайта «Яндекс.Транспорт» [4].

Расчет интенсивности автомобилей производился для каждого направления движения в течении буднего дня с 7:00 до 21:00. В ходе имитации были получены время движения личных транспортных средств и общественного транспорта в текущей транспортной обстановке., табл.1.

Таблица 1 –Время движения транспортных средств в текущей транспортной обстановке

Время проезда	До внесения изменений, сек
автомобилей	
Юг-Север	202
Север-Юг	175
автобусов	
Юг-Север	390
Север-Юг	927
троллейбусов	
Юг-Север	422
Север-Юг	948

Из полученных данных можно сделать вывод, что движения общественного транспорта на данном участке Московского проспекта затруднено. В среднем общественный транспорт едет в 2 раза дольше с юга на север и в 5,3 раза дольше с севера на юг, чем личный.

Предлагается решить проблему, при которой общественный транспорт стоит в пробках, в три этапа: путем добавления нового места для разворота на перекрестке Московского проспекта и Заставской улицей; отказом от отдельных автобусных и троллейбусных остановок, добавлением выделенной полосы для общественного транспорта; добавлением адаптивного управления светофорами, направленного на минимальные простои общественного транспорта на светофорах. Принцип работы адаптивного светофора заключается в том, что под асфальтом расположены датчики, на расстоянии 70 метров от перекрестка. Они определяют наличие или отсутствие автобуса или троллейбуса на выделенной полосе, и не позволяют светофору переключить сигнал с зеленого на красный до тех пор, пока автобус или троллейбус не проедет перекресток.

Для моделирования используется программное обеспечение Anylogic. Anylogic – это платформа для моделирования и анализа бизнес-процессов, дорожного движения, систем управления и различных систем в целом. По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, о том, что время движения общественного транспорта в направлении север-юг после введения изменений уменьшилось на 63% или на 587 секунд ($\approx 9,8$ минут), а в направлении юг-север уменьшилось на 19% или на 78 секунд ($\approx 1,3$ минут). При этом время движения автомобилей изменилось не значительно: в направлении юг-север транспортные средства стали ехать на 8% быстрее или на 17 секунд (0,28 минуты), а в направлении север-юг на 3% медленнее или на 6 секунд (0,1 минуты).

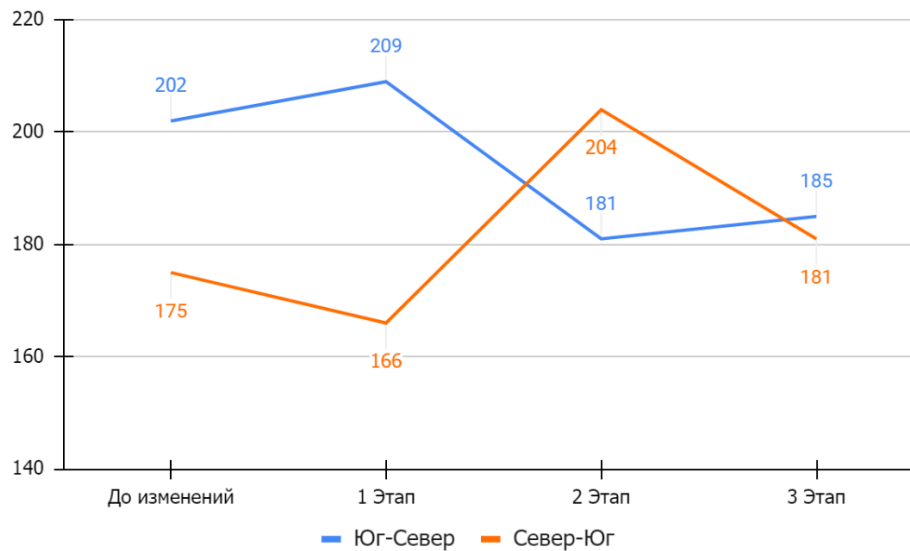


Рис.5. Изменения времени движения автомобилей, сек

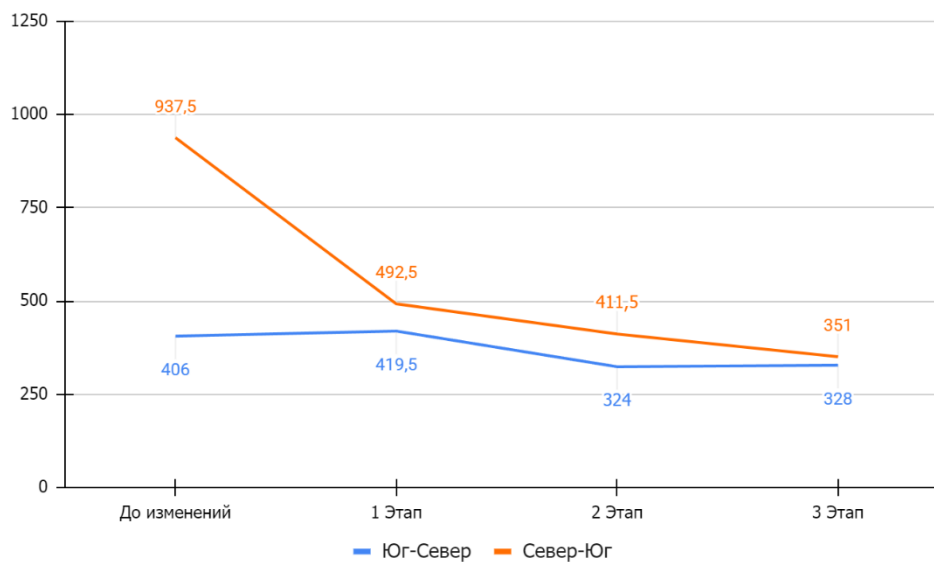


Рис. 6. Изменения времени движения общественного транспорта, сек

Потери времени на нахождении в автомобильном заторе можно оценить с экономической точки зрения. Исходя из данных о средней заработной плате в Санкт-Петербурге, среднем количестве рабочих часов в месяц, количестве перевезенных общественным транспортом пассажиров можно сделать вывод о том, что при введении перечисленных выше методов экономия для пассажиров общественного транспорта может составить 453 916 445 рублей/год. Аналогично эффекты от реализации предложений можно оценить с социальной точки зрения. По данным исследования уровня удовлетворенности пассажирским транспортом, скорость движения транспорта является ключевым показателем качества услуг [4]. Можно определить показатель качества транспортного обслуживания в городах согласно формуле Большакова А.М. [62]:

$$K_n = \frac{t_n}{t_\phi} * \frac{y_n}{y_\phi} * R \quad (1)$$

где t_n – норматив времени, затрачиваемый на поездку, t_ϕ – фактическое время поездки, y_n – нормативный коэффициент наполнения, рекомендуемый для городских перевозок (в



среднем не более 0,3, а в часы пик 0,8); y_{ϕ} - фактическое значение коэффициента наполнения; R – показатель регулярности движения [5].

Рассчитаем показатель качества транспортного обслуживания в направлении север-юг до (K_1) и после (K_2) принятых изменений на участке Московского проспекта.

$$K_1 = \frac{5}{15,625} * \frac{0,3}{0,6} * 60\% = 9,6\%$$

$$K_2 = \frac{5}{5,25} * \frac{0,3}{0,4} * 90\% = 64\%$$

Также результаты можно оценить с точки зрения экологии значение выбросов можно посчитать по формуле из приказа Минприроды России от 27.11.2019 года №804 [6]:

$$M_{Li} = \frac{L}{1200} \sum_1^k M_{k,i}^L * G_{kn} * r_{k,i} \quad (2)$$

где L (км) - протяженность автодороги (участка автодороги); $M_{k,i}^L$ (г/км) - удельный пробеговый выброс i -го вредного вещества k -й типы транспортного средства; G_{kn} - количество транспортных средств каждого из k типов, находящихся на всей протяженности обследуемой автодороги в «пробке» в течение 20 мин; k - количество групп транспортных средств; $r_{k,i}$ - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость изменения количества выбрасываемых загрязняющих веществ от средней скорости движения автотранспортного потока ($V_{k,i}$ (км/час) на выбранной автодороге; при скорости движения 20 км/час = 1,2, при скорости движения 10 км/час = 1,35.

Получим, что выбросы от одного автомобиля на выбранном участке Московского проспекта:

$$M_{Li} = \frac{1}{1200} * 1,5 * 1 * 1,2 = 0,0015 \text{ г/км}$$

А для автобусов:

$$M_{Li} = \frac{1}{1200} * 9,27 * 1 * 1,35 = 0,01 \text{ г/км}$$

Но при этом стоит учитывать, что в одном автобусе в среднем находится 12,5 человек, то есть выбросы на одного человека в автобусе 0,0008 г/км, а в одной машине – 1,34 человека, то есть выбросы составляют 0,00201 г/км. Это значит, что выбросы от одного пассажира автобуса в 2,5 раза меньше, чем от одного автомобиля. Однако, в Санкт-Петербурге часть автобусов работают на газе, который выбрасывает в атмосферу в 1,7 раза меньше парниковых газов, чем дизельное топливо, и в 2 раза меньше, чем бензин [7].

Заключение

Моделирование пассажиропотоков в ТПУ имеет огромное значение в современном управлении и планировании транспортных систем. Транспортно-пересадочный узел представляет собой сложную систему, где пассажиры перемещаются в дискретном пространстве и времени. В этой системе каждый пассажир способен автономно принимать решения о своих действиях на следующем этапе, основываясь на своем собственном поведении или состоянии системы в целом. Для моделирования такой системы необходимо учитывать логические взаимосвязи.

При решении задач, связанных с моделированием транспортных потоков, первоочередным является выбор подходящего метода моделирования. Этот выбор определяется как типом задачи, так и имеющимися временными и трудовыми ресурсами.



Метод моделирования определяет способ построения модели, настройку её параметров и необходимые данные для её создания.

Описание поведения всех возможных потоков пассажиров в ТПУ, учитывающее логические зависимости в организации движения и перемещения пассажиров, позволяет оценить существующий и задать желаемый уровень устойчивости, безопасности, комфорта и эффективности функционирования ТПУ. Результаты моделирования позволяют установить внутренние параметры ТПУ и определиться с транспортно-технологическим и планировочным решением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики: обеспеченность легковыми автомобилями [Электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/obesp_legk_avto.xls (дата обращения: 11.02.2024)
2. TomTom: Ranking [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/> (дата обращения: 26.02.2024)
3. Администрация Санкт-Петербурга: Годовой отчет за 2022 год [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2023/04/10/22/%D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82_2022_%D0%BF%D0%BE_552_%D0%93%D0%9F.pdf (дата обращения: 06.02.2024)
4. Яндекс.Транспорт: Транспорт Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg/transport> (дата обращения: 20.03.2024).
5. Социально-экономические явления и процессы: Оценка удовлетворенности потребителей услуг городского общественного транспорта в г. Тамбове [Электронный ресурс]. – URL: <https://journals.tsutmb.ru/a8/upload/auto/e9/6d/temp.e96d65d1c3b399e7a53599cb9138c702.pdf> (дата обращения: 07.03.2024)
6. Большаков, А. М. Повышение уровня обслуживания пассажиров автобусами на основе комплексной системы управления качеством: дис. канд.экон. наук. – М., 1981. – 174 с.
7. Новая модель транспортного обслуживания: курс на экологию // Администрация Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_transport/news/234009/ (дата обращения: 12.03.2024)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Умнов Алексей Владимирович

Магистр кафедры системного анализа и логистики

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: sakh_tonik61@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Umnov Alexey Vladimirovich

Master student of the Department of System Analysis and Logistics,

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: sakh_tonik61@mail.ru