



## АНАЛИЗ НАЗЕМНЫХ ГОРОДСКИХ МАРШРУТОВ НА МИКРОУРОВНЕ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

**Г. А. Лореш, С. А. Хаттунен**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*По мере разрастания Санкт-Петербурга уровень населения значительно увеличивается, что приводит к разрастанию окраин, а транспортная инфраструктура этих районов подвергается серьезным испытаниям. В данной статье подробно рассмотрена транспортная логистика окраинных районов Санкт-Петербурга, в связи с тем, что они являются относительно новыми и не перестают развиваться, а маршруты меняются крайне редко. В рамках исследования был проделан анализ эффективности действующих автобусных и троллейбусных маршрутов районов, лежащих вдоль комендантского проспекта. Основным критерием которого являлось число пассажиров, так как именно это ведет к переполнению транспорта, и образованию очередей на остановках, следовательно и увеличению времени в пути. Одним из предложенных вариантов было изменение маршрутов автобусов и троллейбусов с целью оптимизации движения и равномерного распределения пассажиров. Также было рассмотрено увеличение количества транспортных средств на популярных маршрутах в часы пиковой нагрузки. На основании данного исследования сделаны выводы и предложено альтернативные варианты маршрутов, которые позволят устранить существующие проблемы. Также в работе представлен сравнительный анализ маршрутов, который подтверждает, что новые маршруты помогут улучшить пассажирооборот района, что в свою очередь приведет к более комфортной и эффективной работе общественного транспорта.*

*В результате анализа автобусных и троллейбусных маршрутов районов, лежащих вдоль Комендантского проспекта, было выявлено, что в часы пиковой нагрузки общественный транспорт не справляется с пассажиропотоком, вследствие чего на остановках возникают большие очереди и увеличивается время в пути. В исследовании были предложены варианты, которые позволят устранить существующие проблемы. Таким образом, проведенное исследование показывает, что оптимизация маршрутов может значительно улучшить транспортную логистику окраинных районов Санкт-Петербурга, обеспечивая более комфортное передвижение горожан и сокращая время в пути. Реализация предложенных вариантов позволит сделать общественный транспорт более эффективным и доступным для всех жителей города.*

*Ключевые слова:* маршрутная сеть, наземный городской транспорт, анализ маршрутов, оптимизация.

### **Для цитирования:**

*Лореш, Г. А. Анализ наземных городских маршрутов на микроуровне транспортного планирования / Г. А. Лореш, С. А. Хаттунен // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 3(41). – с. 70-83. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-70-83.*

## ANALYSIS OF LAND-BASED URBAN ROUTES ON MICROLEVEL OF TRANSPORT PLANNING

**G. A. Loresh, S. A. Khattunen**

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*As St. Petersburg grows, the population level increases significantly, which leads to the sprawl of the suburbs, and the transport infrastructure of these areas is being seriously tested. This article examines in detail the transport logistics of the outskirts of St. Petersburg, due to the fact that they are relatively new and do not stop developing, and routes change extremely rarely. As part of the study, an analysis of the effectiveness of existing bus and trolleybus routes in the areas along Komendantsky Prospekt was carried out. The main criterion of which was the number of passengers, since this is what leads to overcrowding of transport, and the formation of queues at stops, therefore, an increase in travel time. One of the proposed options was to change the routes of buses and trolleybuses in order to optimize traffic and evenly distribute passengers. An increase in the number of vehicles on popular routes during peak hours was also considered. Based on this study, conclusions have been drawn and alternative route options have been proposed that will eliminate existing problems. The paper also presents a comparative analysis of routes, which confirms that the new routes will help improve the passenger turnover of the area, which in turn will lead to more comfortable and efficient operation of public transport.*

*As a result of the analysis of bus and trolleybus routes of the districts lying along Komendantsky Prospekt, it was revealed that during peak hours public transport cannot cope with passenger traffic, as a result of which long queues arise at stops and travel time increases. The study suggested options that would eliminate existing problems. Thus, the conducted research shows that route optimization can significantly improve the transport logistics of the outskirts of St.*



*Petersburg, providing more comfortable movement of citizens and reducing travel time. The implementation of the proposed options will make public transport more efficient and accessible to all residents of the city.*

*Keywords: route network, urban land transport, route analysis, optimization.*

**For citation:**

*Loresh, G. A. Analysis of land-based urban routes on microlevel of transport planning / G. A. Loresh, S. A. Khattunen // System analysis and logistics. – 2024. – № 3(41). – p. 70-83. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-70-83.*

**Введение**

Санкт-Петербург является четвертым по численности населения городом Европы [1]. Сотни тысяч людей ежедневно перемещаются в пределах городской агломерации. В этих условиях эффективное функционирование городского общественного транспорта [2] крайне важно для каждого жителя города. По мере разрастания города уровень населения значительно увеличивается, что приводит к разрастанию окраин, а транспортная инфраструктура этих районов подвергается серьезным испытаниям. Автобусы и троллейбусы являются ключевой артерией в транспортной логистике таких районов, поэтому в рамках исследования они рассматриваются как ключевые.

Существующие маршруты не в состоянии справиться с растущим пассажиропотоком, что приводит к перегруженности транспорта и увеличению времени в пути, особенно это ощутимо в часы пиковой нагрузки. Для решения этой проблемы необходимо провести тщательный анализ действующих маршрутов с целью выявления недостатков [3]. Основным показателем в исследовании будет количество пассажиров, поскольку увеличение времени в пути возникает вследствие невозможности полного охвата пассажиропотока с текущей провозной способностью общественного транспорта. Полученные в ходе исследования данные необходимы для эффективной оптимизации [4] действующих маршрутов общественного транспорта. Таким образом, можно добиться улучшения транспортной логистики в окраинных районах города и повысить качество жизни населения.

**Этап 1. Сбор и анализ данных**

В данной работе проведем оценку автобусных и троллейбусных маршрутов районов, лежащих вдоль Комендантского проспекта (рис. 1) [1,2] – область, ограниченная зеленым цветом), а именно будем рассматривать маршруты, представленные в таблице 1.



Рис. 1. Рассматриваемый район на карте



Таблица 1 – Перечень маршрутов

Маршруты, идущие вдоль Комендантского проспекта:	Маршруты, идущие вдоль Комендантского проспекта или пересекающие его и/или параллельные ему линии:
<p>автобусный маршрут №127 от остановки «ст. м. Комендантский проспект» до остановки «Арцеуловская аллея»</p> <p>автобусный маршрут №127М от остановки «ст. м. Комендантский проспект» до остановки «ул. Шаврова»</p> <p>троллейбусный маршрут №23 от остановки «ст. м. Комендантский проспект» до остановки «Арцеуловская аллея»</p>	<p>автобусный маршрут №223 от остановки «ст. м. Комендантский проспект» до остановки «Арцеуловская аллея»</p> <p>автобусный маршрут №227 от остановки «проспект Королева, угол ул. Уточкина» до остановки «Арцеуловская аллея»</p> <p>автобусный маршрут №171 от остановки «ст. м. Комендантский проспект» до остановки «ул. Шаврова»</p> <p>автобусный маршрут №135 от остановки «ст. м. Комендантский проспект» до остановки «Глухарская улица»</p> <p>троллейбусный маршрут №50 от остановки «ст. м. Комендантский проспект» до остановки «Плесецкая улица»</p> <p>автобусный маршрут №194 от остановки «ст. м. Комендантский проспект» до остановки «улица Летчика Паршина»</p>

По указанным маршрутам в основном курсируют автобусы с вместимостью 35/60 сидячих и стоячих мест (средний класс), 45/80 сидячих и стоячих мест (большой класс) и 55/100 сидячих и стоячих мест (особо большой класс) и троллейбусы с вместимостью 20/40 сидячих и стоячих мест [5].

### Этап 2. Оценка загруженности маршрутов

Будучи регулярными пассажирами перечисленных маршрутов, можем отметить следующие часы загруженности:

- утреннее время: с 7:00 до 10:30;
- вечернее время: с 17:00 до 20:00.

В указанные утренние часы на остановках «Арцеуловская аллея» и «Плесецкая улица» большое количество пассажиров ожидают необходимое транспортное средство, однако по его прибытию около 20% пассажиров не может войти, что говорит о несоответствии пассажиропотока провозной способности транспорта, поскольку число людей на остановке в среднем составляет 150 человек. С пребывающим после транспортным средством ситуация не изменяется, поскольку количество пассажиров продолжает расти. Аналогичная ситуация в указанные вечерние часы обстоит с остановкой «ст. м. Комендантский проспект», однако здесь превышение количества людей на момент убытия транспортного средства составляет около 40% от его вместительности (около 180 человек). Кроме того, в быстро строящихся районах, расположенных вдоль Комендантского проспекта, достаточно слабая связь между линиями, идущими параллельно ему (на рис. 1 — это Парашютная улица, проспект Королева, проспект Авиаконструкторов и Планерная улица), что затрудняет путь до значимых мест, находящихся на них [6].



### Этап 3. Построение графовой модели маршрутной сети

Для построения графовой модели (рис. 2) была собрана информация о маршрутах, лежащих вдоль Комендантского проспекта [7].

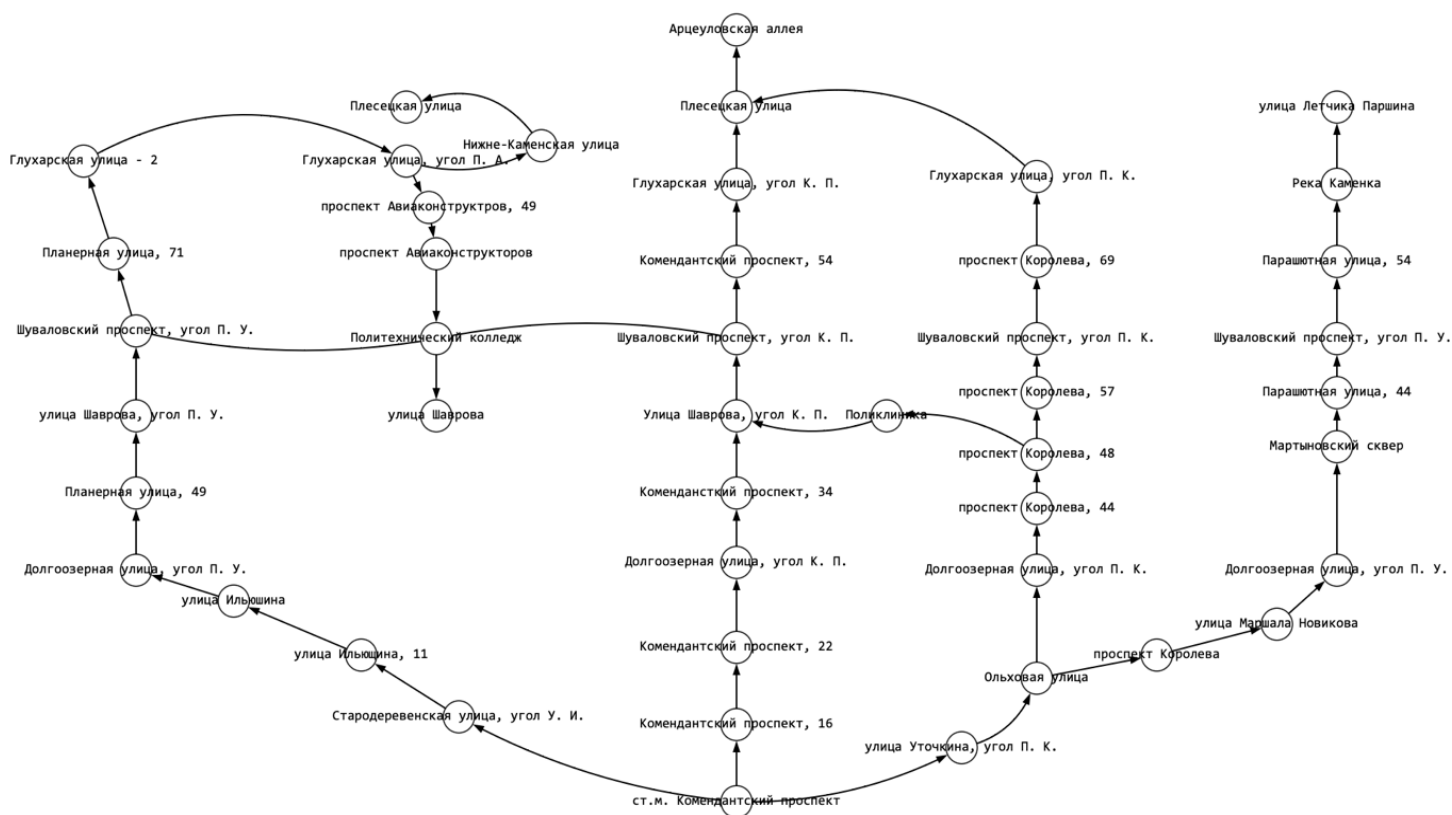


Рис. 2. Графовая модель маршрутной сети

### Этап 4. Идентификация загруженных точек

На графе, представленном ниже (рис. 3) продемонстрирована загруженность остановок в утреннее время и вечернее время в часы пик на вход и выход соответственно:

- зеленым цветом указана малая загруженность остановок (менее 3 человек);
- желтым цветом указана средняя загруженность остановок (3 до 7 человек);
- оранжевым цветом указана повышенная загруженность остановок (от 7 до 15 человек);
- красным цветом указана высокая загруженность остановок (более 15 человек)

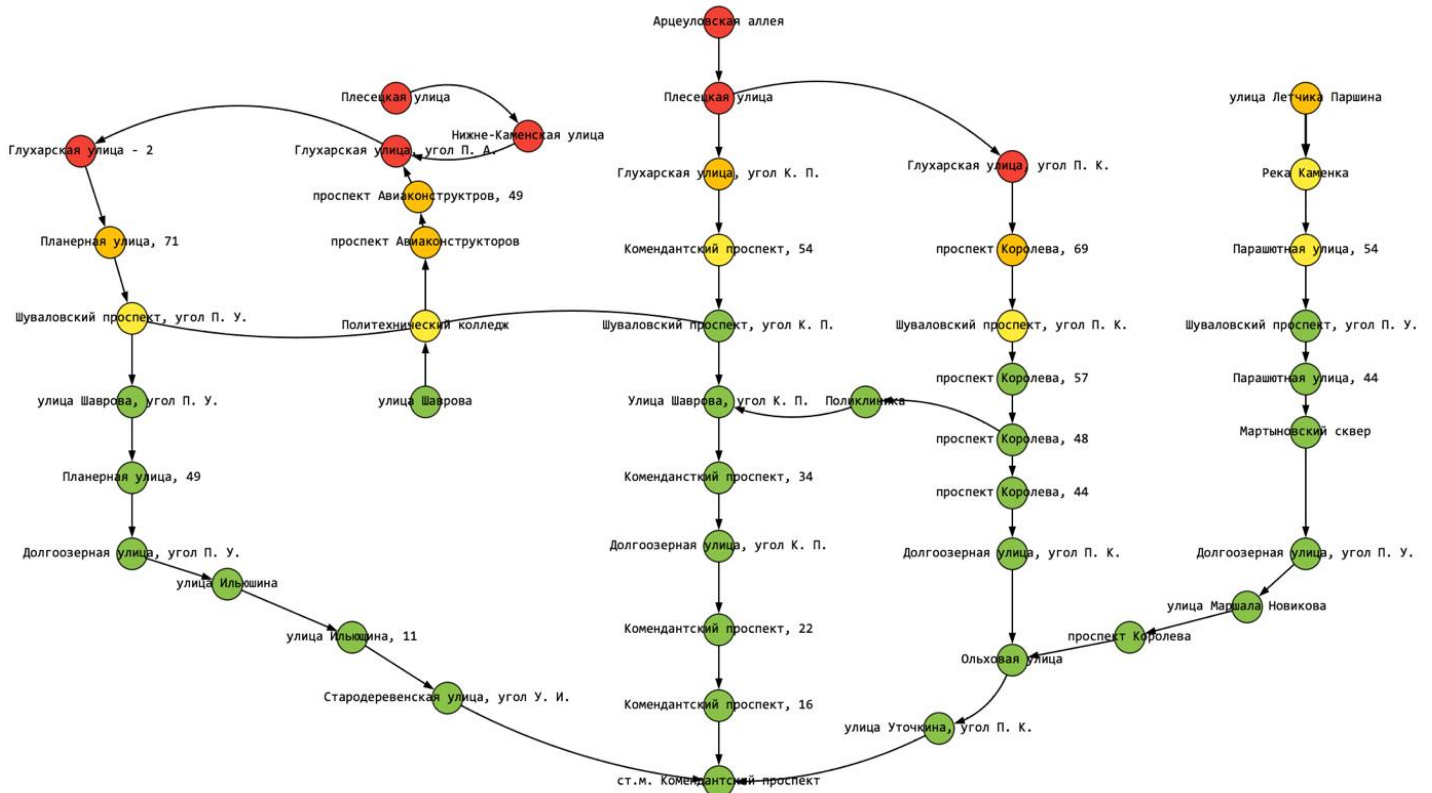


Рис. 3. Загруженность остановок на вход в утреннее время и выход в вечернее время

На графе (рис. 4) продемонстрирована загруженность остановок в утреннее время и вечернее время в часы пик на выход и вход соответственно:

- зеленым цветом указана малая загруженность остановок (менее 3 человек);
- желтым цветом указана средняя загруженность остановок (3 до 7 человек);
- оранжевым цветом указана повышенная загруженность остановок (от 7 до 15 человек);
- красным цветом указана высокая загруженность остановок (более 15 человек).

С помощью полученных данных, а также с помощью наблюдений можно сделать вывод [4], что мест в общественном транспорте всем пассажирам не хватает, что приводит к возникновению очередей и увеличению времени в пути.





На графе выше зеленый цвет свидетельствует о низкой загруженности дорог, желтый – об умеренной (средней) загруженности, оранжевый – о повышенной загруженности, красный – о высокой загруженности.

Проанализировав построенную модель, было принято решение предложить следующие изменения в маршрутной сети [4, 8, 9]:

### 1. Изменение существующих маршрутов.

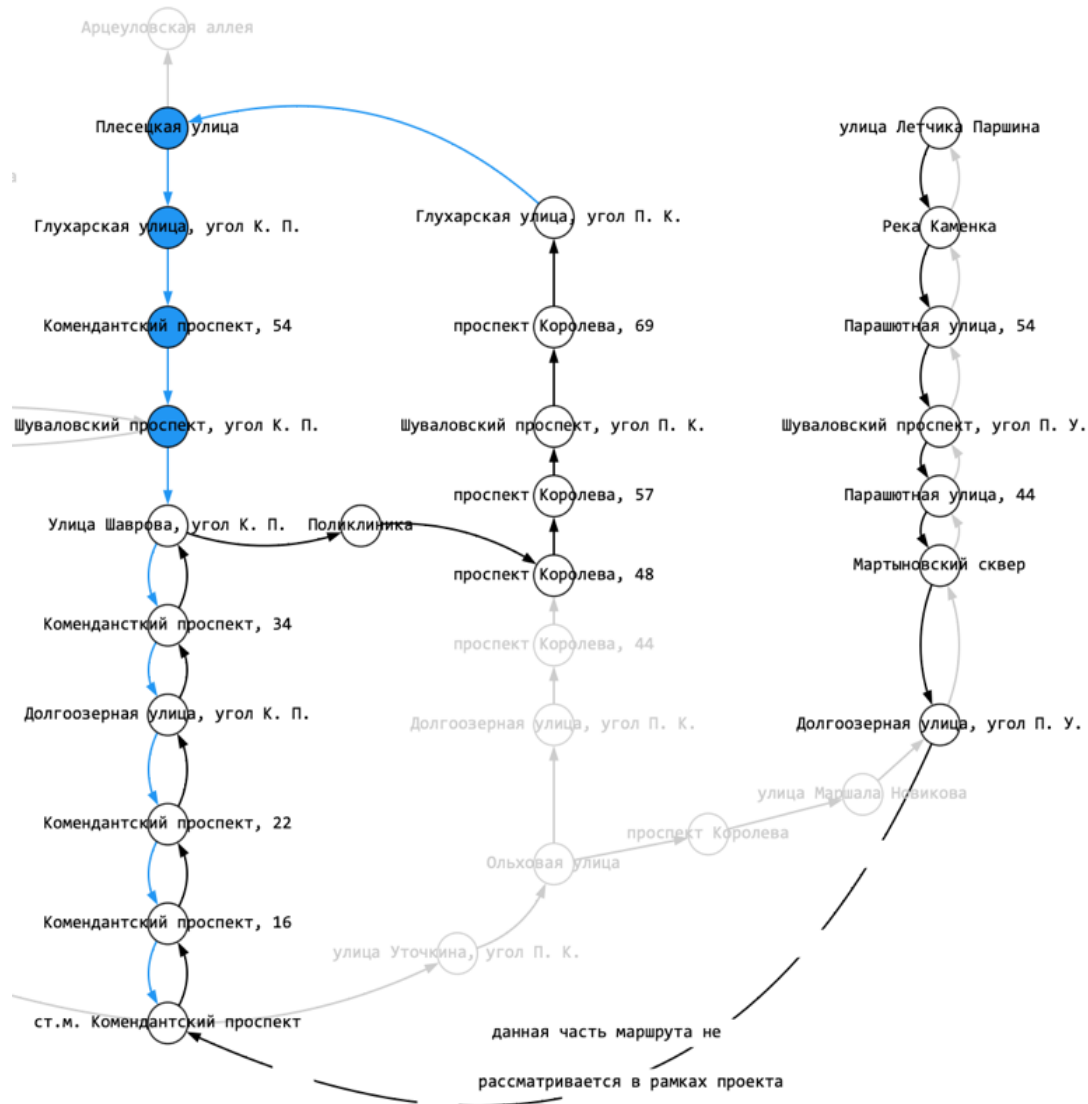


Рис. 6. Измененный маршрут №135

а) Продлить маршрут №135 от остановки «Глухарская улица, угол Парашютной улицы» до остановки «ст. м. Комендантский проспект» в обратном направлении (на рис. 3 добавленные остановки и направления выделены синим цветом).

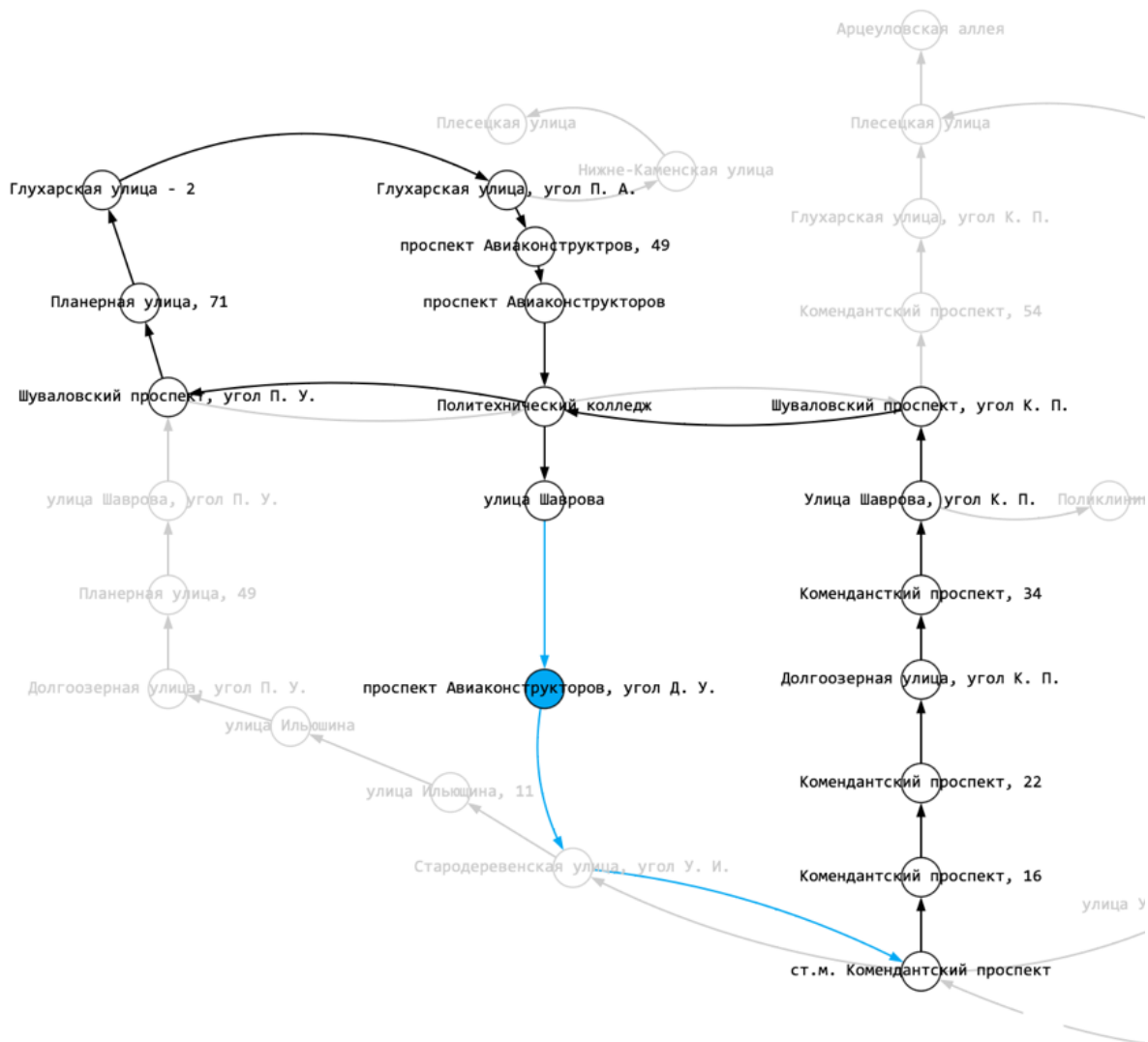


Рис. 7. Измененный маршрут №171

б) Продлить маршрут №171 от остановки «улица Шаврова» до остановки «ст. м. Комендантский проспект» с добавлением остановки «проспект Авиаконструкторов, угол Долгоозерной улицы» и необходимых путей (на рис. 4 выделены синим цветом).



## 2. Добавление новых маршрутов.

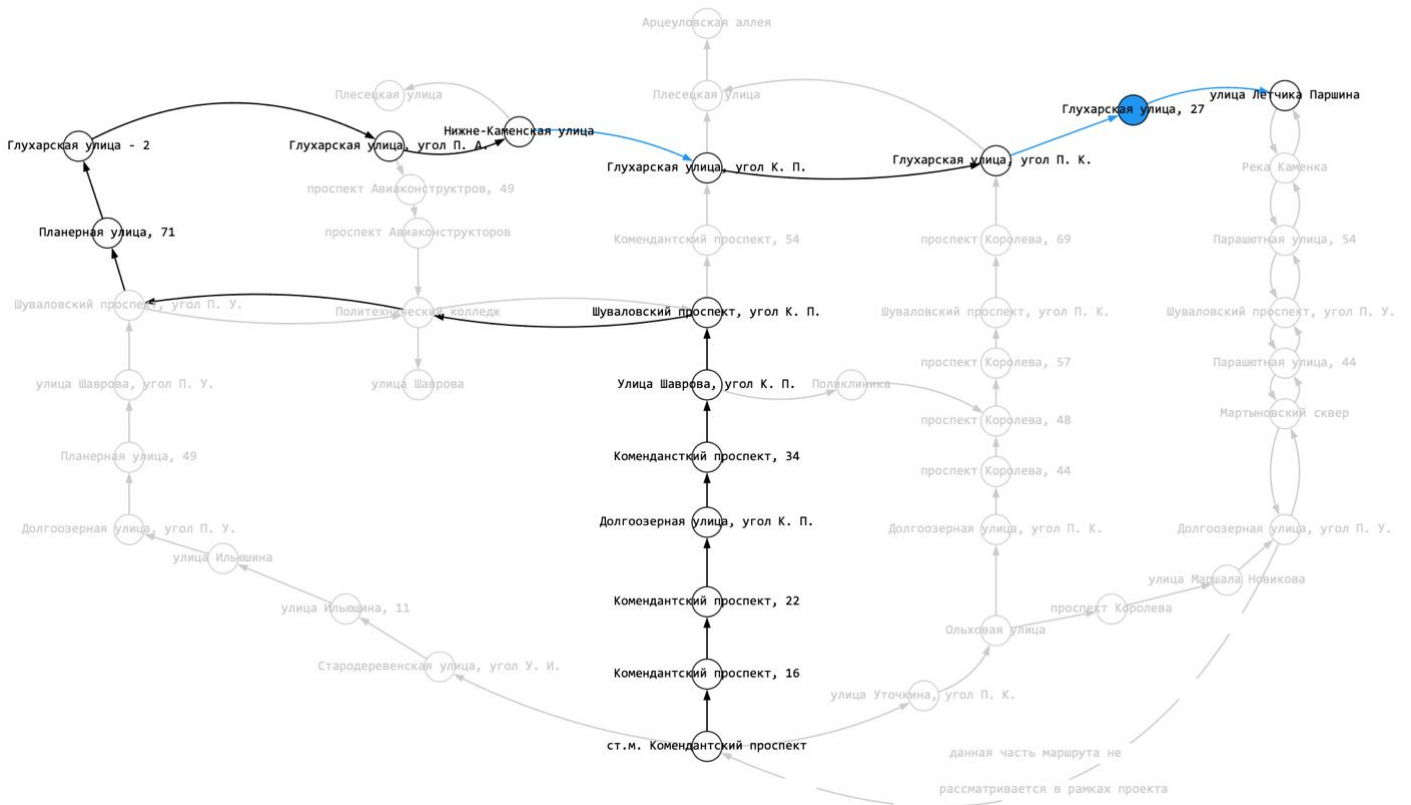


Рис. 8. Маршрут №762

в) Добавить маршрут №762, идущий по пути, указанному на рис. 4, с остановкой «Глухарская улица, 27» и необходимых путей (на рис. 4 выделены синим цветом).

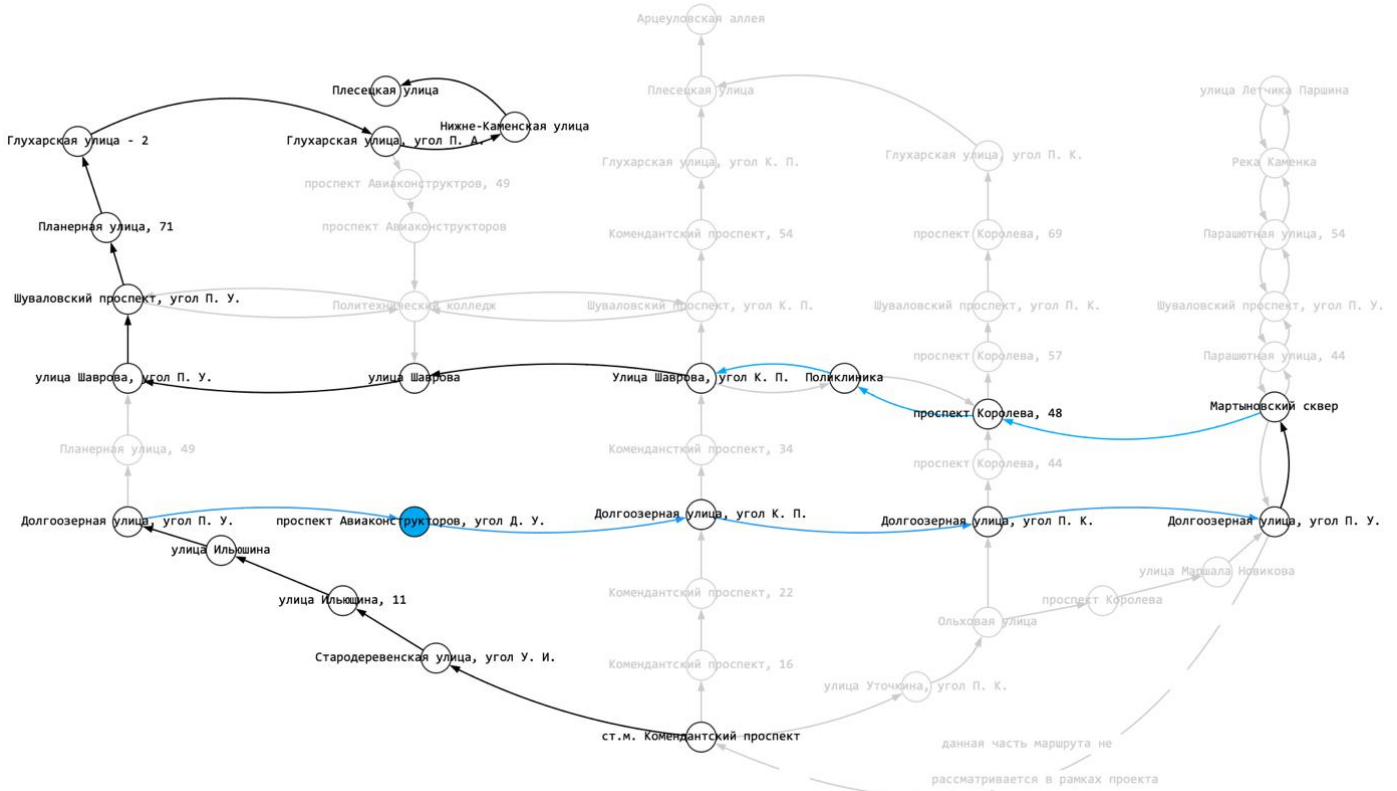


Рис. 9. Маршрут №627



г) Добавить маршрут №267, идущий по пути, указанному на рис. 5, с остановкой «проспект Авиаконструкторов, угол Долгоозерной улицы» и необходимыми путями (на рис. 5 выделены синим цветом).

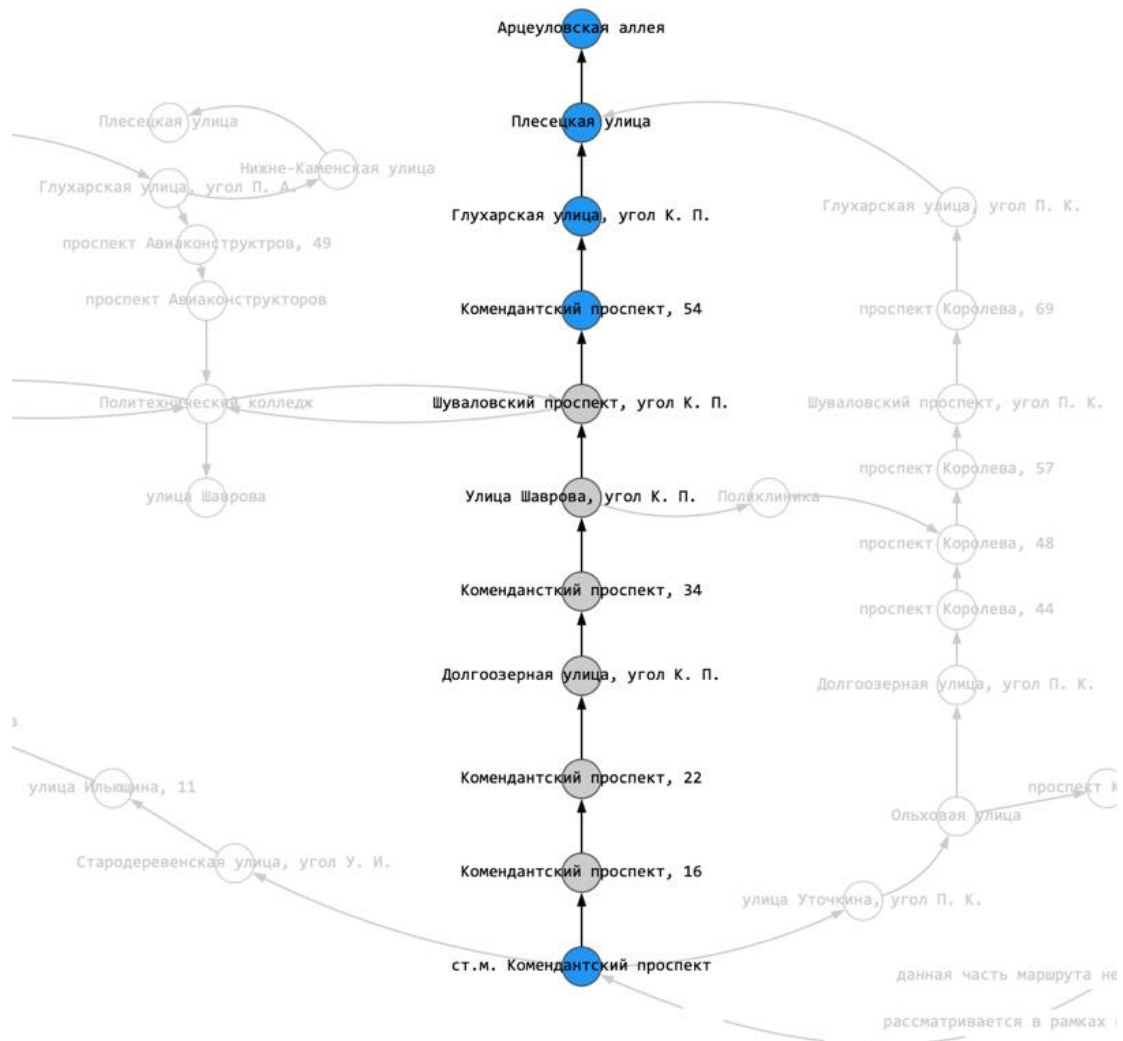


Рис. 10. Маршрут №127Э

д) Ввести маршрут 127Э в часы пик, путь которого совпадает с маршрутами №127, 127М и 23, однако он идет без остановок на перегоне «ст. м. Комендантский проспект» → «Комендантский проспект» (на рис. 2 перегон выделен серым цветом). Таким образом, улучшенная маршрутная сеть может быть представлена в виде следующего графа:

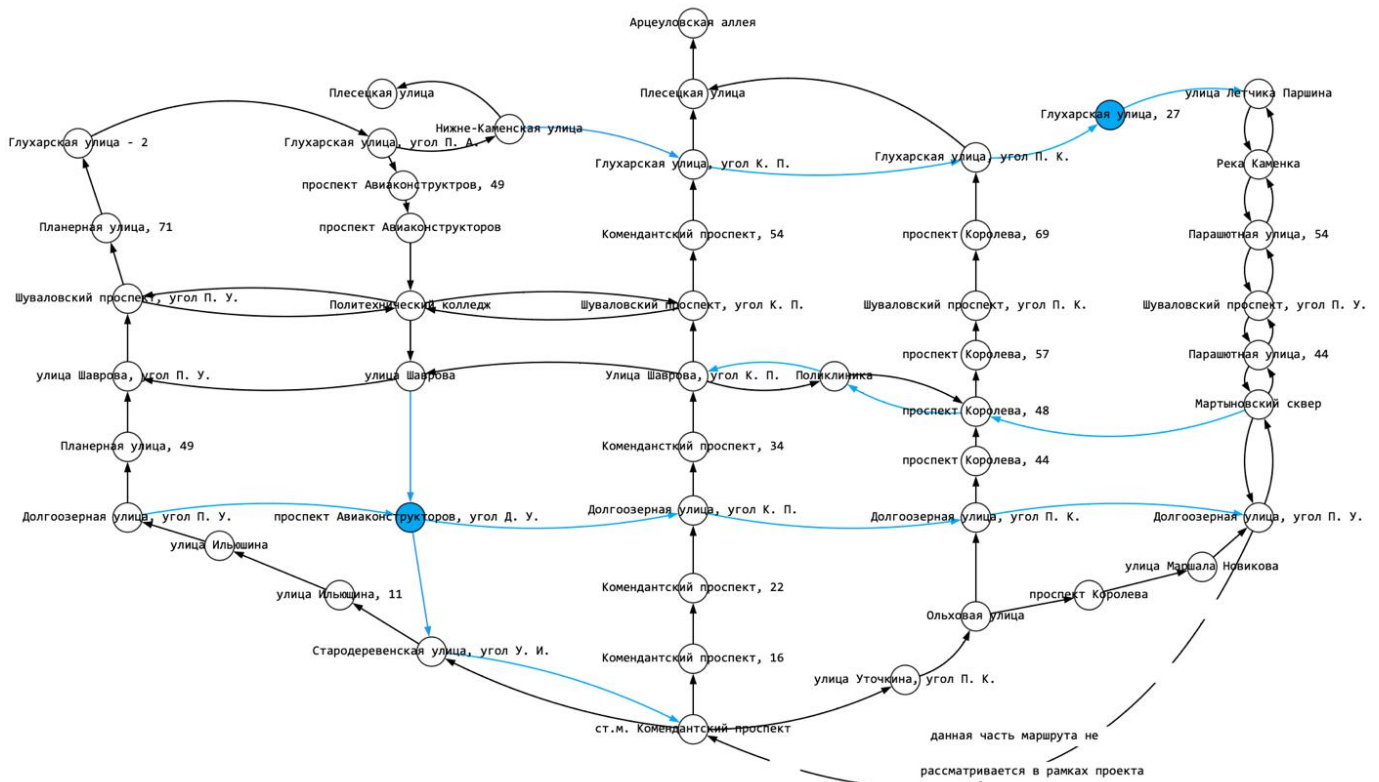


Рис. 11. Графовая модель улучшенной маршрутной сети

## Этап 6. Сравнительный анализ

### а) Путем изменения маршрута №135:

- увеличена пропускная способность Комендантского проспекта;
- усилено движение на участке «Глухарская улица, угол проспекта Королева» → «Плесецкая улица».

### б) Путем продления маршрута №171:

- увеличена транспортная доступность метро для людей, живущих на остановках «Плесецкая улица», «Нижне-Каменская улица» и «Глухарская улица, угол проспекта Авиаконструкторов».

### в) Путем создания маршрутов №762 и 627:

- связаны линии, идущие параллельно Комендантскому проспекту, что повысило доступность важных социальных организаций, расположенных на них;
- усилено движение по Комендантскому проспекту [10].

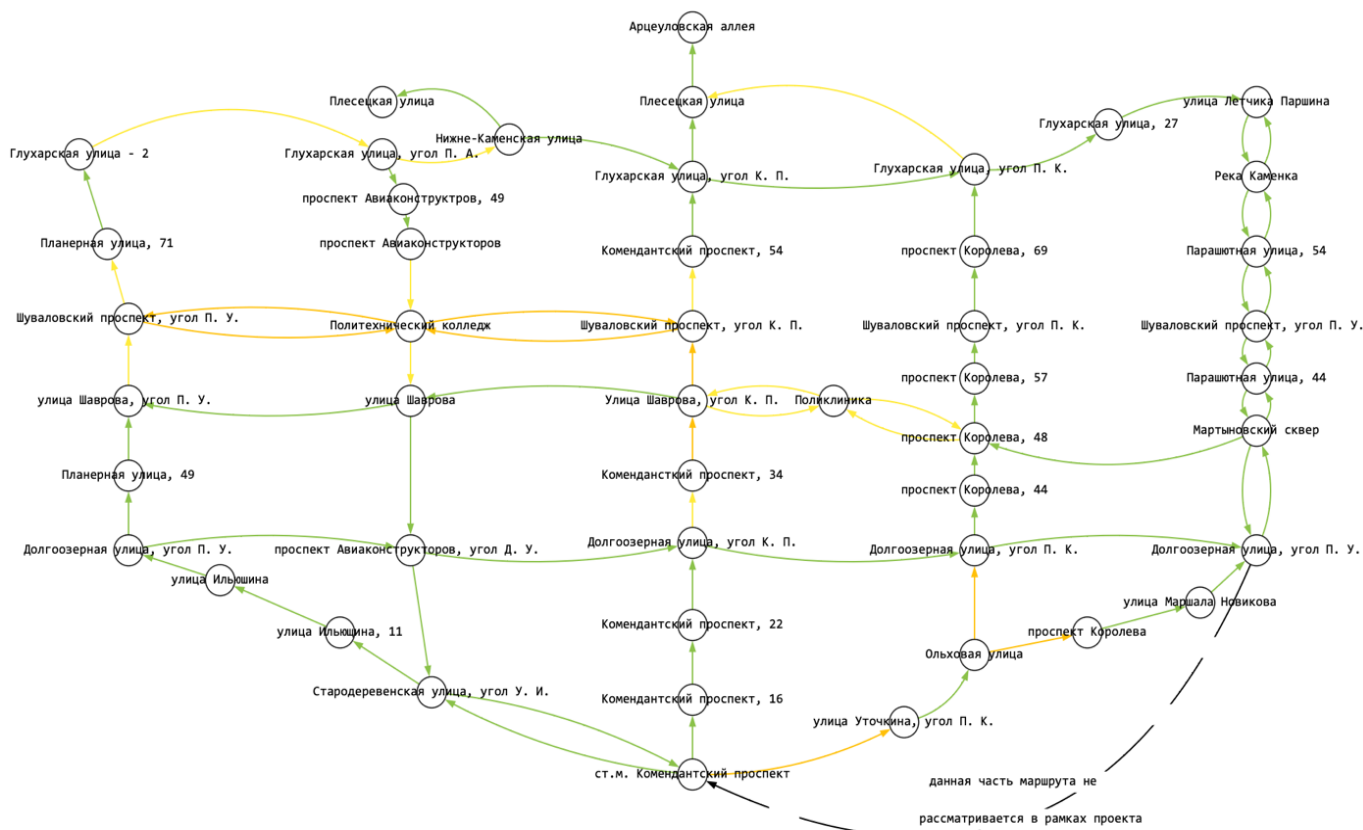


Рис. 12. Загруженность измененной транспортной сети

### Этап 7. Планирование и реализация изменений

В первую очередь необходимо претворить в жизнь измененный маршрут №135 и 171, а также ввести в часы пик разработанный маршрут №127Э. Это позволит усилить движение по Командантскому проспекту и повысить доступность метрополитена для людей, живущих на остановках «Плесецкая улица», «Нижне-Каменская улица» и «Глухарская улица, угол проспекта Авиаконструкторов». В дальнейшем, при малой транспортной загруженности улиц, можно ввести разработанные маршруты №762 и 627 [11].

### Заключение

При анализе автобусных и троллейбусных маршрутов районов, лежащих вдоль Командантского проспекта, было выявлено, что в часы пиковой нагрузки общественный транспорт не справляется с пассажиропотоком, в следствии чего на остановках возникают большие очереди и увеличивается время в пути. В данной работе были предложены варианты, которые позволят устранить существующие проблемы.

При реализации данной идеи, необходимо продолжать вести мониторинг автобусных и троллейбусных маршрутов районов, лежащих вдоль Командантского проспекта, чтобы убедиться в корректности исследования. Так же будет создан опрос, который поможет оценивать ситуацию в данном районе: для этого в автобусах, курсирующих по измененным/новым маршрутам, раз в 4 остановки будет проигрываться сообщение, уведомляющее пассажиров о возможности отправить претензии и предложения, касающиеся удобства и эффективности транспортной логистики, на электронную почту. Таким образом, в случае неудовлетворенности граждан, будут приниматься меры по устранению возникающих жалоб.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров, В. А. Городской пассажирский транспорт Санкт-Петербурга: Политика, Стратегия, Экономика / В. А. Федоров – «Принт», 2014. – 232 с.
2. Болтаевский, А. А. Транспорт как основа современного города / А. А. Болтаевский // Урбанистика. – 2018. – № 4. – С. 88–95. DOI: 10.7256/2310–8673.2017.1.17047.
3. Коновалова, Т. В. Анализ работы транспортных систем / Коновалова Т. В. – Краснодар: КубГТУ, 2019. – 271 с.
4. Аникин, Б. А. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики / Б. А. Аникин, Т. А. Родкина, В. А. Волочиенко, Н. И. Заичкин, А. Д. Межевов, Л. С. Федоров, В. М. Вайн, В. И. Воронов, В. В. Водянова, М. А. Гапонова, И. А. Ермаков, В. В. Ефимова, М. В. Кравченко, С. Ю. Серова, Р. В. Серышев, Е. Е. Филиппов, И. А. Пузанова, М. Ю. Учирова, И. Л. Рудая – Москва, 2014. – 213с.
5. Официальный сайт СПб ГУП «Пассажиравтотранс» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.avtobus.spb.ru/?ysclid=1vs4hlq7y0120351525> (дата обращения: 07.05.2024).
6. Транспортные системы крупных городов. Анализ режимов работы на примере города Перми / Якимов М.Р. – Пермь. гос. техн. ун-та, 2008. – 184 с.
7. Моделирование транспортных процессов / Майоров Н.Н., Фетисов В.А. – ГУАП 2011. – 165с.
8. Методологические основы формирования и развития региональной логистики: Монография / Воронов В.И. – Владивосток: Изд-во Дальневосточного Университета, 2003. – 316 с.
9. Методы общей и локальной маршрутизации автобусного транспорта в городах / Хрущев М.В. – Москва: ГУУ, 1999. – 168 с.
10. Проектирование и оценка транспортной сети и маршрутной системы в городах / Булавина Л.В. – Екатеринбург: Урал. ун-та, 2013. – 48 с.
11. Пассажирские перевозки в городах и агломерациях / Бирюков В.В. – Новосибирск: НГТУ, 2020. – 368 с.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### **Лореш Глеб Александрович**

студент кафедры системного анализа и логистики  
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
E-mail: loreshgleb@mail.ru

### **Хаттунен Сергей Александрович**

студент кафедры системного анализа и логистики  
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
E-mail: hattunens@mail.ru

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

### **Loresh Gleb Alexandrovich**

student of the Department of System Analysis and Logistics  
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia  
E-mail: loreshgleb@mail.ru



**Khattunen Sergey Alexandrovich**

student of the Department of System Analysis and Logistics  
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia  
E-mail: hattunens@mail.ru