

УДК 625.46

DOI 10.51691/2541-8327\_2022\_9\_1

**ТРЕБОВАНИЯ К ТРАМВАЙНОЙ МАРШРУТНОЙ СЕТИ  
И ОЦЕНКА ПОТРЕБНОГО ЧИСЛА ТРАМВАЙНЫХ ВАГОНОВ ДЛЯ  
РЕКОНСТРУКЦИИ МАРШРУТНОЙ СЕТИ Г. ТУЛЫ**

**Трещев В. Д.**

*аспирант,*

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет транспорта»,*

*Москва, Россия*

**Ефимов Р. А.**

*доцент, кандидат технических наук,*

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет транспорта»,*

*Москва, Россия*

**Аннотация**

В статье рассмотрен ретроспективный анализ статистических данных функционирования транспортной системы города Тулы в целом и отечественный опыт реконструкции трамвайных сетей городов России.

Разработаны типовые требования к трамвайной маршрутной сети.

На основе анализа существующей трамвайной маршрутной сети Тулы произведен расчёт необходимого количества трамвайных вагонов для бесперебойной работы предлагаемой концепции развития трамвая в тульской агломерации.

**Ключевые слова:** трамвай, городской рельсовый транспорт, городской транспорт, трамвайная сеть, Тула, тульская агломерация, комфортный общественный транспорт.

***REQUIREMENTS FOR THE TRAM ROUTE NETWORK  
AND ASSESSMENT OF THE REQUIRED NUMBER OF TRAM CARS FOR  
THE RECONSTRUCTION OF THE ROUTE NETWORK OF TULA***

***Treshchev V. D.***

*graduate student,*

*Federal State Autonomous Educational Institution  
of Higher Education "Russian University of Transport",  
Moscow, Russia*

***Efimov R. A.***

*Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,  
Federal State Autonomous Educational Institution  
of Higher Education "Russian University of Transport",  
Moscow, Russia*

**Annotation**

The article considers a retrospective analysis of statistical data on the functioning of the transport system of the city of Tula as a whole and the domestic experience of reconstruction of tram networks of Russian cities.

Standard requirements for the tram route network have been developed.

Based on the analysis of the existing tram route network of Tula, the calculation of the required number of tram cars for the smooth operation of the proposed tram development concept in the Tula agglomeration was made.

**Keywords:** tram, urban rail transport, urban transport, tram network, Tula, Tula agglomeration, comfortable public transport.

## **Введение**

В крупных развивающихся городах важной частью инфраструктуры является городской пассажирский транспорт, к основной задаче которого относится обеспечение потребности населения в перевозках при возможности экономии времени, затраченного на перемещение граждан между различными районами города [1].

Во многих странах мира трамвай уже доказал свое преимущество в сокращении зависимости горожан от личного автотранспорта, также он имеет большое количество критериев, положительно влияющих на жизнь города.

Однако, несмотря на большое количество плюсов в ряде отечественных городов трамвайная система проигрывает как личным автомобилям и коммерческим маршрутным такси, так и троллейбусам, и автобусам. Ярким примером может служить тульская маршрутная трамвайная сеть.

Это обуславливает в настоящее время необходимость разработки стратегии развития единой трамвайной системы Тулы, отвечающей современным требованиям качества городского общественного транспорта.

Городской наземный электрический транспорт – признак развивающегося, цивилизованного города [2].

### **1. Цель и методы исследования**

Целью исследования является выработка вариантов совершенствования функционирования и повышения имиджа городского рельсового транспорта Тулы – трамвая, направленных на увеличение пассажиропотока.

### **2. Транспортная система города Тулы**

Тула имеет площадь 145,8 км<sup>2</sup> на которой проживает 467 955 человек. По территории города пролегает 102 маршрута наземного городского пассажирского транспорта, которые связывают 1 162 остановочных пункта.

По данным сервиса Transmetrika.com (рисунок 1 – 3) видно, что в целом городской транспорт в Туле имеет положительные показатели в части

площади покрытия остановками, доли населения в зоне покрытия и доли домов в зоне покрытия.

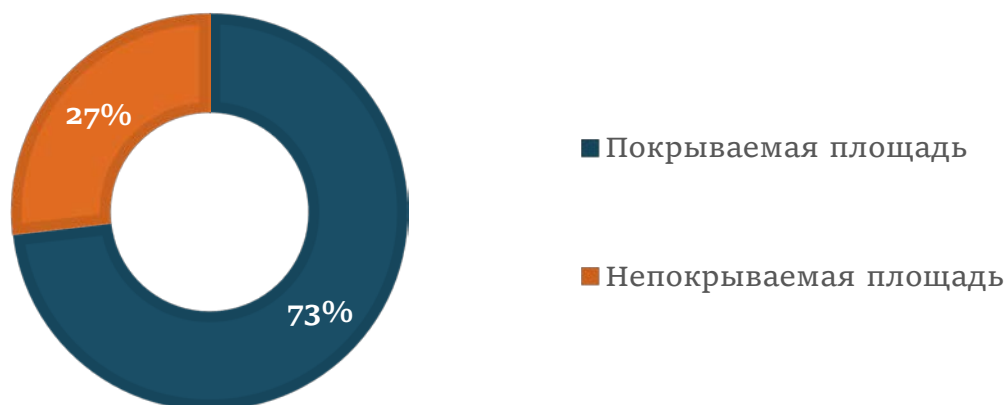
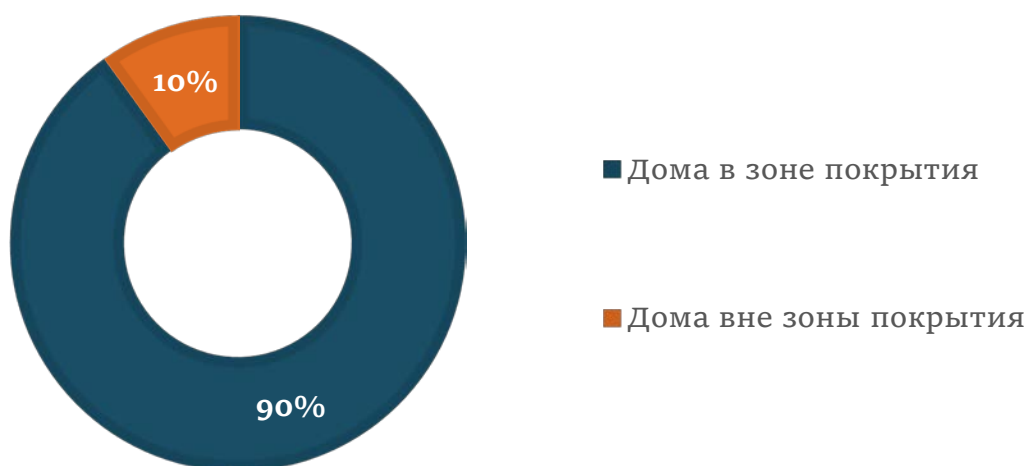


Рисунок 1 – Площадь покрытия остановками<sup>1</sup>



Рисунок 2 – Доля населения в зоне покрытия<sup>2</sup>

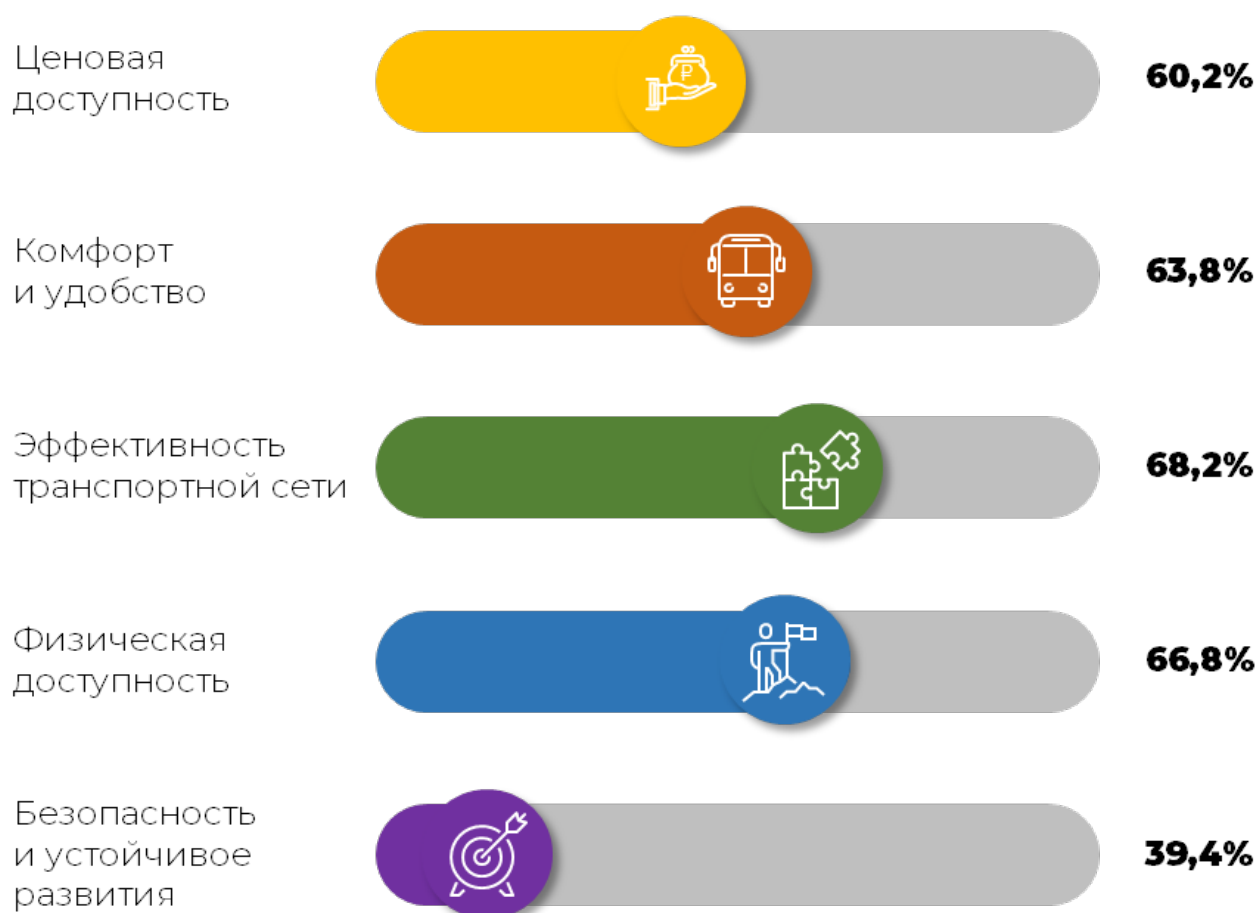


<sup>1</sup> Рисунок составлен авторами.

<sup>2</sup> Рисунок составлен авторами.

Рисунок 3 – Доля домов в зоне покрытия<sup>3</sup>

Компания SIMETRA ежегодно проводит анализ городского транспорта городов России по качеству. По данному рейтингу Тула занимает 26 место в стране (опустилась на 9 строчек в рейтинге в сравнении с 2020 годом). На рисунке 4 представлены результаты качества Общественного транспорта Тулы за 2021 год.

Рисунок 4 – Качественные показатели общественного транспорта Тулы<sup>4</sup>

### 3. Отечественный опыт развития трамвая

В России уже есть примеры реконструкции трамвайных систем в городах. Наиболее яркий из них – трамвай «Чижик» в Санкт-Петербурге. «Чижик» – первый в России проект комплексной реконструкции трамвайного движения и первый в России проект государственно-частного партнерства

<sup>3</sup> Рисунок составлен авторами.

<sup>4</sup> Рисунок составлен авторами.

в сфере легкорельсового транспорта и комплексной реконструкции трамвайного движения. План реконструкции трамвайной сети Петербурга подразумевал строительство абсолютно новой инфраструктуры, создание современной автоматизированной системы управления движением и приобретение современных вагонов.

По словам руководителя Дирекции инвестиционных проектов и программ управляющего директора ЗАО «Лидер» Сергея Кербера: «Проект по созданию, реконструкции и эксплуатации трамвайной сети «Чижик» не только решает проблему транспортной доступности одного из крупнейших районов Санкт-Петербурга – он открывает новую страницу в истории общественного транспорта современной России» [3].

Директор ООО «ТКК» Сергей Окутин заявил: «Проект скоростной трамвайной сети «Чижик» – это не просто реконструкция, а подлинная инфраструктурная модернизация, основанная только на современных технологиях. Это позволило «Чижик» стать действительно скоростной и полностью автоматизированной системой, соответствующей большинству стандартов легкого наземного метро» [3].

Общий объем инвестиций в реализацию проекта «Чижик» в Красногвардейском районе Санкт-Петербурга – 13,7 млрд рублей, из них 1,3 млрд рублей предоставил город. Оставшаяся сумма была привлечена за счет размещения концессионных облигаций суммарным объемом порядка 12 млрд рублей.

После запуска «Чижика» больше, чем в 3 раза вырос пассажиропоток в день, повысилась вдвое скорость движения, а необходимое количество вагонов сократилось в 2 раза – благодаря автоматизированной системе управления движением. Пропускная способность «Чижика» в день составляет 90 000 пассажиров. А общий пассажиропоток составил 33,2 млн. пассажиров в год. Общие показатели функционирования трамвайной системы «Чижик» сведены в рисунок 5.





Рисунок 5 – Общие показатели функционирования трамвайной системы

«Чижик»<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Рисунок выполнен авторами

Во крупных городах России тоже рассматриваются варианты развития трамвайной сети. Например, глава города Краснодара Андрей Алексеенко считает, что трамвайная система в 99% случаев – это самый точный вид транспорта. Это объясняется тем, что трамваи на выделенных маршрутах практически не стоят в пробках, в сравнении с теми же автобусами. И именно это направление в дальнейшем будет развивать Краснодар. Глава Краснодара, думает, что уже в 2022 году будет подписано концессионное соглашение о строительстве дополнительно 71 километра трамвайных путей. Плюс в планах закупить для новых линий еще 100 современных низкопольных трамваев, — заявил Алексеенко [4].

Таким образом, по словам Андрея Алексеенко, это позволит охватить те микрорайоны, где сегодня нет никакой транспортной доступности.

#### **4. Требования к трамвайной маршрутной сети и анализ существующей маршрутной сети**

Основная концепция — сделать так, чтобы люди могли передвигаться на общественном транспорте быстрее, стабильнее и комфортнее.

При проектировании и обосновании сети рельсового транспорта необходимо учитывать его влияние на городскую среду, расположенную в зоне тяготения рассматриваемого маршрута [5].

В основе требований к трамвайной маршрутной сети – принципы эффективной работы городского общественного транспорта:

1. Интервалы движения трамвая должны быть рассчитаны исходя из объема пассажиропотока. Если на маршруте трамвая большое количество социально значимых объектов притяжения, то по данному маршруту трамвай должен ходить чаще, для разгрузки системы в целом. Эффективность трамвайного маршрута выражается в количестве пассажиров, использующих его для поездок. Чем больше людей пользуется трамвайным маршрутом, тем более он эффективен – рисунок 6.



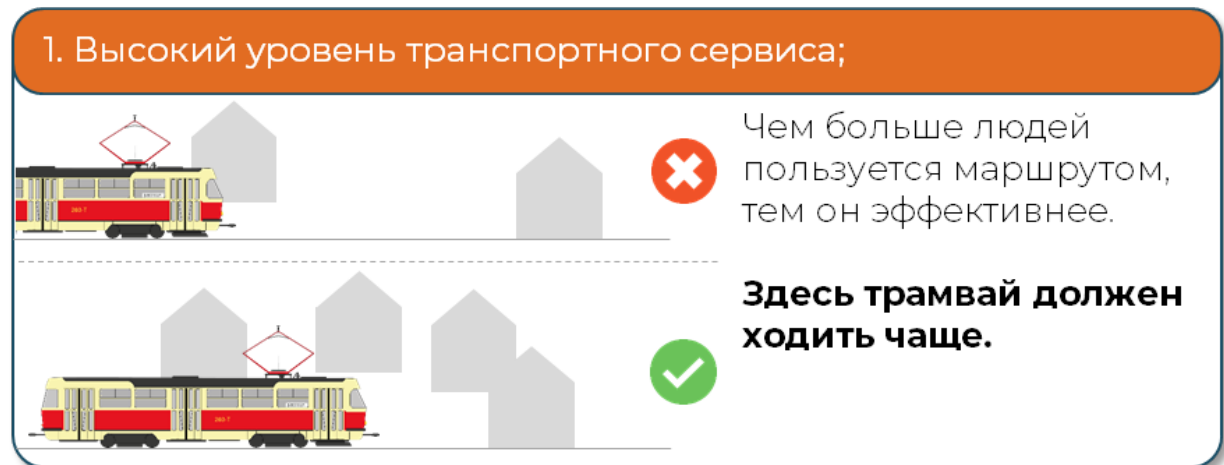


Рисунок 6 – Высокий уровень транспортного сервиса<sup>6</sup>

2. Трамвайная остановка должна располагаться в пешей доступности. Чем ближе остановка, тем больше вероятность, что человек воспользуется общественным транспортом – рисунок 7.

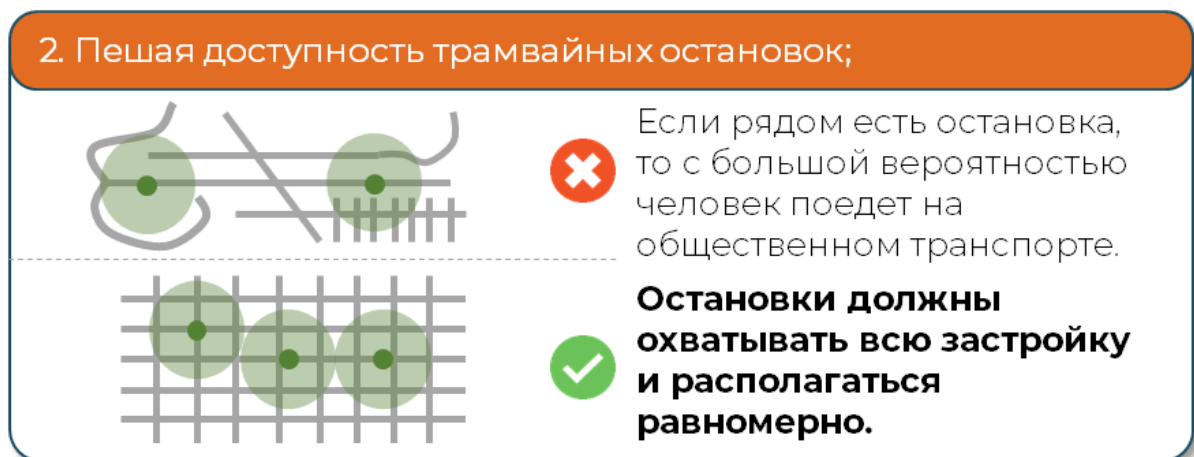


Рисунок 7 – Пешая доступность трамвайных остановок<sup>7</sup>

3. Важные принципы при выборе пассажиром того или иного вида транспорта – скорость и время в пути. Трамвай является наиболее скоростным среди других видов транспорта. Чем меньше петляет маршрут трамвая, тем меньше времени человек потратит в дороге. Трамвайные маршруты должны быть наиболее прямолинейными. Если маршрут прямой,

<sup>6</sup> Рисунок выполнен авторами

<sup>7</sup> Рисунок выполнен авторами

то себестоимость перевозки пассажиров ниже, а, следовательно, ниже стоимость проезда – рисунок 8.



Рисунок 8 – Линейная маршрутная сеть<sup>8</sup>

4. Наиболее оптимально объекты объединять в группы притяжения. Маршруты трамвая должны иметь связанные точки притяжения: магазины, больницы, парки. Идеальный маршрут – прямой маршрут, соединяющий группы социально значимых объектов – рисунок 9.



Рисунок 9 – Обслуживание сгруппированных объектов притяжения<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Рисунок выполнен авторами

<sup>9</sup> Рисунок выполнен авторами

Существующая маршрутная сеть Тулы (рисунок 10 на плане города, рисунок 11 – схема маршрутной сети) имеет 71,3% дублирующих трамвайных маршрутов с общей площадью покрытия города 47,1%.

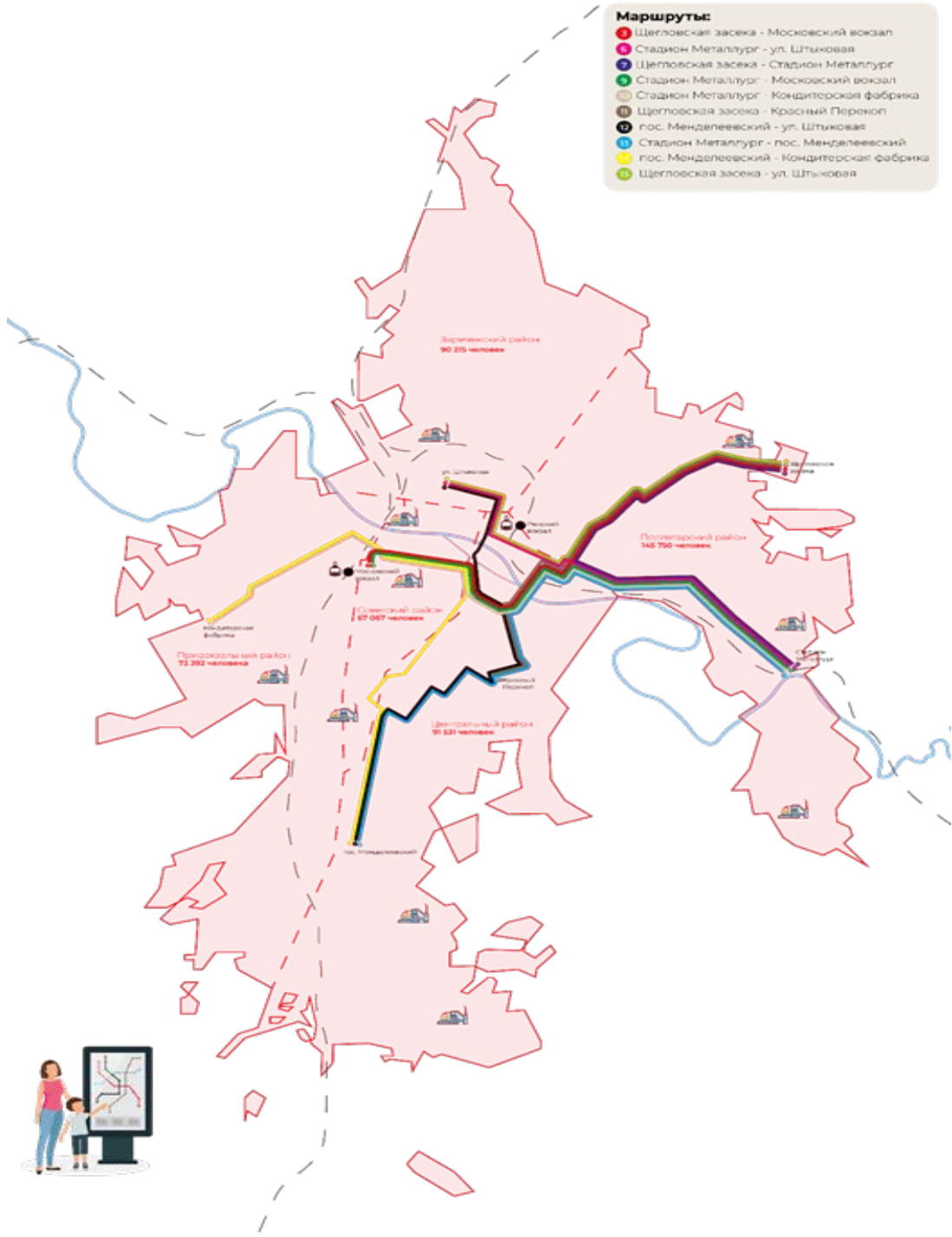
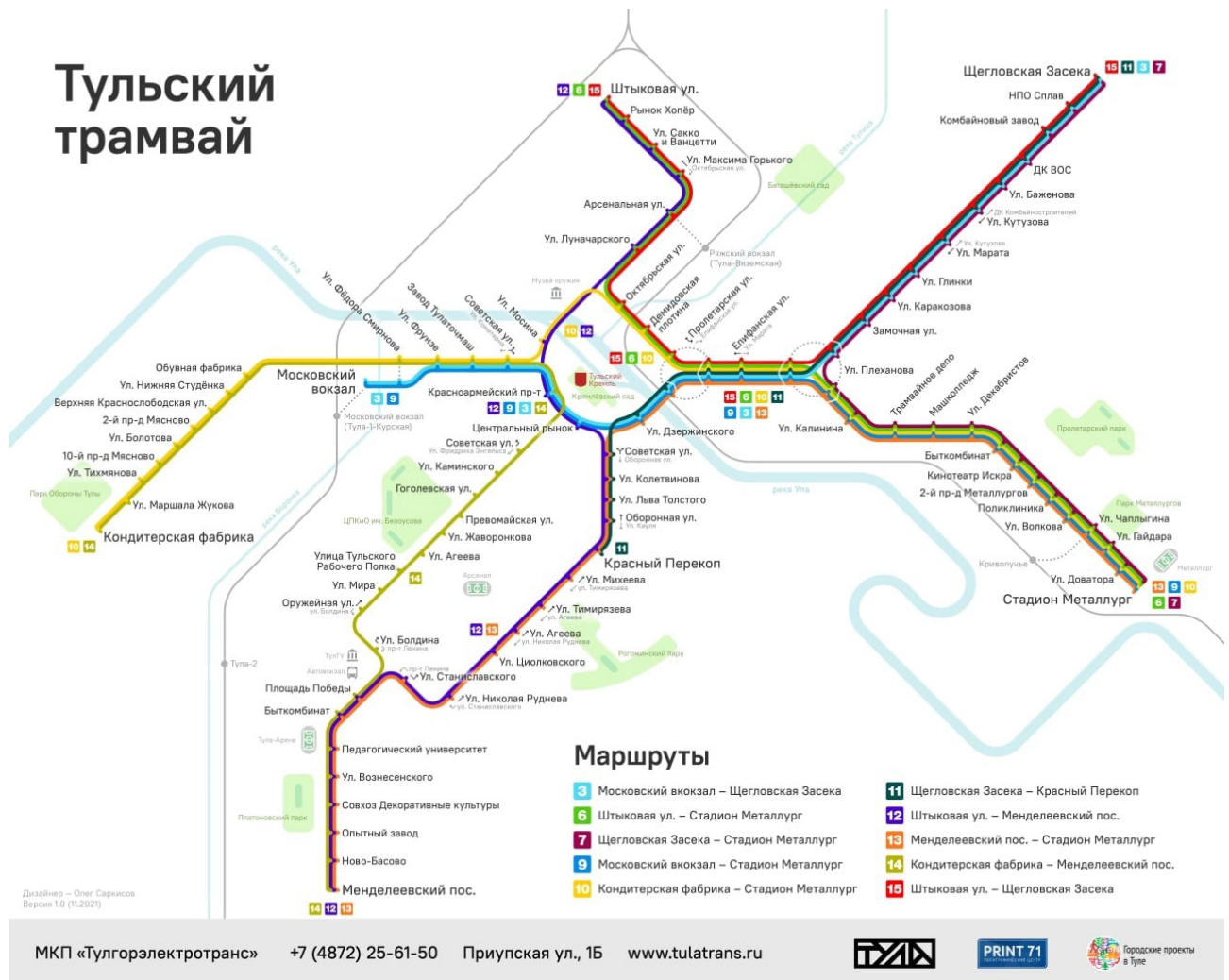


Рисунок 10 – Существующая схема трамвайных маршрутов Тулы на плане города<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Рисунок выполнен авторами

Рисунок 11 – Схема маршрутной трамвайной сети<sup>11</sup>

Для улучшения качества трамвайной сети города необходимо:

1. полностью пересмотреть маршрутную сеть;
2. на 40% сократить дублирующие маршруты трамвая;
3. провести линии трамвая на север и юг города;
4. до 75% увеличить площадь покрытия города трамвайной системой.

Высокие темпы урбанизации населения требуют изменения количественных и качественных характеристик работы транспорта. Количественная характеристика выражается в наращивании

<sup>11</sup> Источник: <https://myslo.ru/news/tula/2021-11-24-ob-yavlen-pobeditel-konkursa-na-luchshuyu-shemu-dvizheniya-tul-skih-tramvaev>

пассажиропотоков; качественная – в увеличении скорости перемещения пассажиров, увеличении вместимости транспортных средств [6].

## 5. Расчет потребного числа трамвайных вагонов

Для определения количества трамвайных вагонов для обслуживания маршрутной сети Тулы необходимо определить время оборота трамвайного вагона по формуле 1:

$$Q_{об.} = \frac{1}{18} * (2 * \frac{L_M}{V_M} + t_{об} + t_{от}) \quad (\text{ф. 1})$$

где: 18 – время работы трамвайной системы;

$L_M$  – длина маршрута, км;

$V_M$  – маршрутная скорость, км/ч;

$t_{об}$  – время оборота, час;

$t_{от}$  – время обслуживания, час.

$$Q_{об.} = \frac{2 * 92,6 / 50 + 0,17 + 0,33}{18} + 0,27 = 0,5 \text{ часа}$$

Время оборота одного трамвайного вагона в среднем по сети составляет 30 минут. При интервале движения 5 – 10 минут на один маршрут необходимо 9 трамвайных вагонов. На 4 основных маршрута необходимо 36 вагонов, дополнительно необходимо 6 вагонов в качестве резерва и для замены вагона с линии под прохождение технического обслуживания.

По анализу отечественного опыта и математическому расчету выявлено, что для успешного функционирования модернизированной трамвайной системы Тулы необходимо 42 трамвайных вагона.

При выборе модели трамвайного вагона необходимо учитывать:

- вместимость;
- технические характеристики;
- страну производителя.



Приоритет для поставщика трамвайных вагонов – производство российскими компаниями, производство на территории Российской Федерации, производство дружественными странами.

В качестве вариантов рассматривается два основных трамвая:

1. Трамвайный вагон 71-931 М «Витязь-М» (рисунок 12) производство: Тверь, Россия, ООО «ПК Транспортные Системы»;

2. Трамвайный вагон Stadler В85600М «Чижик» (рисунок 13) производство: Минск, Белоруссия, ЗАО «Штадлер Минск»;



Рисунок 12 – Трамвайный вагон 71-931 М «Витязь-М»<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Источник: <https://transphoto.org/photo/1005127/>





Рисунок 13 – Трамвайный вагон Stadler B85600M «Чижик»<sup>13</sup>

В ходе комплексной реконструкции всей инфраструктуры и обновления вагонного парка в 2 раза уменьшится трамвайная маршрутная сеть, но при этом до 7 минут сократится интервал движения трамваев; 6 минут составит среднее время ожидания трамвая на остановке; на 49,75% сократится время в пути.

### **Заключение**

Современный трамвай может достаточно укрепить свои позиции, особенно на тех городских территориях, где пассажирские потоки достаточно велики, а строительство метрополитена признается неоправданным [7].

Важным показателем работы городского пассажирского транспорта является безопасность, включающая соблюдение во время поездок

<sup>13</sup> Источник:

[https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&text=%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B2%D0%B0%D0%B9%20%D1%87%D0%B8%D0%B6%D0%B8%D0%BA&pos=7&img\\_url=http%3A%2F%2Favatars.mds.yandex.net%2Fget-zen\\_doc%2F3047751%2Fpub\\_5f098ba4d40fc84e10e57d39\\_5f098cf63caf712f2e21393b%2Fscale\\_1200&rpt=simage&lr=213](https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&text=%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B2%D0%B0%D0%B9%20%D1%87%D0%B8%D0%B6%D0%B8%D0%BA&pos=7&img_url=http%3A%2F%2Favatars.mds.yandex.net%2Fget-zen_doc%2F3047751%2Fpub_5f098ba4d40fc84e10e57d39_5f098cf63caf712f2e21393b%2Fscale_1200&rpt=simage&lr=213)

водителями правил дорожного движения и посадки/высадки пассажиров, торможения, ускорения, маневры, движение с открытой дверью и др. [8].

В статье был рассмотрен отечественный опыт комплексного подхода к реконструкции трамвайных сетей на примере трамвайной системе «Чижик» в Санкт-Петербурге.

Разработаны требования к трамвайной маршрутной сети и анализ существующей маршрутной сети Тулы.

Рассчитано потребное количество трамвайных вагонов для трамвайной системы Тулы – 42 трамвайных вагона.

### **Библиографический список**

1. Иванова, И. Ю. Современное состояние и пути развития пассажирских перевозок в городе Красноярске / И. Ю. Иванова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – Т. 2. – № 12. – С. 988-990.
2. Игнатов, А. В. К вопросу об актуальности развития городского наземного электрического транспорта / А. В. Игнатов, В. Н. Басков // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2018. – № 1. – С. 64-69.
3. Филиал ООО «ТКК» «Чижик» РФ: Официальный сайт. – Санкт-Петербург. – URL: [http://chizhik-lrt.ru/document/Chizhik\\_web.pdf](http://chizhik-lrt.ru/document/Chizhik_web.pdf) (дата обращения 02.04.2022).
4. Краснодарские новости «КИ.NEWS»: Официальный сайт. Краснодар. – URL: <https://ki-news.ru/2022/07/06/tramvai-i-vezdy-glava-krasnodara-rasskazal-kak-budet-razgruzhat-dorogi-goroda/> (дата обращения 02.04.2022).
5. Дудкин, Е. П. Основные аспекты проектирования систем рельсового транспорта в городах / Е. П. Дудкин, В. А. Черняева, С. А. Дороничева // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2016. – Т. 6. – № 1. – С. 38-43. – DOI 10.18503/2222-9396-2016-6-1-38-43.

6. Федорова, М. В. Скоростной городской транспорт для современной агломерации / М. В. Федорова // Транспортные системы и технологии. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 26-36.

7. Дудкин, Е. П. Основные аспекты проектирования систем рельсового транспорта в городах / Е. П. Дудкин, В. А. Черняева, С. А. Дороничева // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2016. – Т. 6. – № 1. – С. 38-43. – DOI 10.18503/2222-9396-2016-6-1-38-43.

8. Горшков, В. В. Пути повышения эффективности управления транспортной инфраструктурой муниципального образования / В. В. Горшков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7(129). – С. 181-186.

*Оригинальность 86%*