

УДК 625.4

Особенности эксплуатации трамвайных стрелок различной конструкции

Д. А. Басовский¹, Н. М. Панченко¹, О. В. Востриков²

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

²Петербургское унитарное предприятие «Горэлектротранс», Российская Федерация, 196105, Санкт-Петербург, Сызранская ул., 15

Для цитирования: Басовский Д. А., Панченко Н. М., Востриков О. В. Особенности эксплуатации трамвайных стрелок различной конструкции // Бюллетень результатов научных исследований. — 2025. — Вып. 4. — С. 78–86. DOI: 10.20295/2223-9987-2025-4-78-86

Аннотация

Цель: Проанализировать различия в жизненном цикле трамвайных стрелок с одним и двумя перьями в ситуациях, где условия использования и установка идентичны. **Методы:** Проведен анализ объемов основных видов эксплуатационных работ для различных конструкций стрелочных переводов в течение одного эксплуатационного периода при условии соответствия их технического состояния требованиям Правил технической эксплуатации. **Результаты:** Установлено, что двухперьевого стрелочный перевод требует меньшего объема обслуживающих работ по сравнению с одноперьевым в течение одного и того же периода наблюдения, даже при более высокой грузонапряженности на его участке. **Практическая значимость:** Учитывая широкую распространенность одноперевых стрелочных переводов на трамвайных путях Санкт-Петербурга и других городов, оценка экономической целесообразности их содержания определяет стоимость жизненного цикла. Это позволяет обоснованно выбирать тип стрелочного перевода при проектировании и эксплуатации трамвайных путей.

Ключевые слова: Трамвайный путь, стрелка, условия эксплуатации, обслуживание.

Трамвай занимает второе место по пассажироперевозкам в городе, уступая лишь метро. Экономическая эффективность этого вида транспорта проявляется особенно ярко при перевозке более пяти тысяч пассажиров в час: в таких условиях его эксплуатация становится выгоднее, чем у автобусов и троллейбусов.

Благодаря этим преимуществам трамвай пережил период интенсивного развития. К концу 1980-х гг. в Ленинграде (ныне — Санкт-Петербурге) протяженность трамвайных путей достигла 750 километров, что позволило внести город в Книгу рекордов Гиннесса. Однако в начале 1990-х, в период экономического кризиса, протяженность трамвайных линий в России существенно сократилась [1].

В настоящее время в Санкт-Петербурге функционирует 513 километров однопутных трамвайных путей (без учета участков, обслуживаемых по концессионным договорам). Несмотря на активное внедрение современных трамвайных путей — в том числе бесшпальных — некоторые элементы верхнего строения пути, сформировавшиеся еще в прошлом, требуют модернизации. В частности, устарели рельсовые скрепления и шпалы: их технические характеристики не

соответствуют современным требованиям к комфорту и скорости движения трамвайных вагонов.

29 сентября 1907 г. Санкт-Петербург приветствовал появление трамвайного движения, которое к следующему году достигло протяженности в 58 километров. К 1914 г. трамвайная сеть охватила практически все ключевые магистрали города, включая набережную Обводного канала, Лиговский проспект, улицы Восстания, Захарьевскую, Кирочную, Некрасова, Шпалерную, Тверскую. Также была модернизирована и переведена на электрическую тягу линия на Большом Сампсониевском проспекте, ранее работавшая на тяге с паровым двигателем.

Петербургские трамваи, возникшие на месте конных железных дорог, сохранили некоторые черты организации путей, заложенные их предшественниками.

В начале своего развития петербургские трамвайные пути были укомплектованы стрелками с одним подвижным острием (пером), созданными по английской технологии из особо прочной стали с высоким содержанием марганца. Их простота в производстве, высокая ремонтпригодность, надежность при работе на умеренных скоростях и износостойкость сделали этот тип стрелок популярным решением, которое до сих пор широко используется в Санкт-Петербурге (табл. 1, рис. 1).

ТАБЛИЦА 1. Ключевые сведения о стрелочных переводах, расположенных на путях СПб ГУП «Горэлектротранс»

Тип стрелочного перевода	Количество, пар	Автоматизация		Радиус стрелочного перевода, м	
		оборудованных	необорудованных	30 м / 14 м	50 м
Одноперьевые	1091	202	889	1085	6
Двухперьевые	47	26	21	44	3
Всего	1138	228	910	1129	9



Рис. 1. Одноперьевая трамвайная стрелка в Санкт-Петербурге (фото О. В. Вострикова)

Такая конструкция вполне удовлетворяла требованиям скорости, комфорта и загруженности трамвайных вагонов начала XX в., например трамвайного вагона МС-1, и оставалась приемлемой при эксплуатации моделей трамваев конца XX в., таких как ЛМ-99 (рис. 2). Далее, с развитием трамвайных перевозок, появились новые требования к подвижному составу: увеличение вместимости, скорости движения, повышение комфорта пассажиров по уровням шума и вибрации, температурного режима салона и условие последнего времени — необходимость ровного пола салона трамвайного вагона (рис. 3). Реализация всех требований к трамвайному вагону привела к увеличению его длины, массы, тяговой мощности (табл. 2).

Хотя одноперьевые стрелки имеют ряд достоинств, их эксплуатация в современных трамвайных системах сталкивается с существенными проблемами. В частности, они демонстрируют низкую стабильность при движении вагонов с увеличенной колесной базой и большим весом. Использование ударных приводов не позволяет контролировать прилегание пера к рельсу. Кроме того, прокат колес вагона на реборде по глухой части стрелочного перевода создает дополнительную ударную нагрузку, вибрацию и износ реборды [2].

ТАБЛИЦА 2. Основные сведения о подвижном составе трамвая, используемом в Санкт-Петербурге

№	Характеристика	Значения для трамвайного вагона модели		
		МС-1	71-134А5НВ (ЛМ-99)	71-931 М (Витязь)
1	Длина вагона (по кузову), мм	10 270	15 000	27 500
2	Ширина вагона (по кузову), мм	2450	2550	2550
3	Высота вагона (по кузову), мм	3270	3150	3600
4	Масса тары, не более, т	13,7	19,5	37
5	База вагона Между тележками, мм Между тележкой и сочленением, мм	2700	7500	9000 6614
6	База тележки, мм	2700	1940	1800
7	Количество мест для сидения пассажиров	32	23	60
8	Вместимость пассажиров, не менее, чел.: – номинальная (при 5 чел/м ²) – номинальная (при 8 чел/м ²)	64 101	118 162	185 260
9	Мощность тягового электродвигателя, кВт	40	55	72
10	Количество тяговых электродвигателей на вагоне, шт.	2	4	6
11	Скорость вагона конструктивная, км/ч	40	75	75
12	Одиночный вагон должен вписываться в габарит подвижного состава на кривых участках пути радиусом 20 м и проходить криволинейные участки парковых путей радиусом, м, не менее:	14	14	16
13	Диаметр нового колеса по кругу катания, мм:	850	710	620



Рис. 2. Трамвайный вагон 71-134A5NB (ЛМ-99). Общий вид (фото О. В. Вострикова)



Рис. 3. Трамвайный вагон 71-931М «Витязь-М». Общий вид (фото О. В. Вострикова)

Все эти особенности приводят к необходимости ограничения скорости трамвайных вагонов при движении по стрелкам: до 5 км/ч при проезде стрелок в противошерстном направлении и до 15 км/ч при проезде пошерстных стрелок [3]. Чтобы водитель трамвая мог выполнить визуальный контроль положения и прилегания пера стрелки, скорость ограничивается заблаговременно — вплоть до полной остановки.

Такие требования делают укладку одноперьевых стрелочных переводов нецелесообразной на магистральных трамвайных путях. Однако удобство очистки,

обогрева в зимний период и обслуживания меньшего количества подвижных элементов стрелки обуславливают востребованность одноперьевых стрелок на вее-рах трамвайных парков и путях разворотных колец — там, где скорость маневрового движения не превышает 5 км/ч [4].

Установлены параметры и допуски контроля одноперьевого стрелочного перевода (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3. Параметры контроля одноперьевого стрелочного перевода и их допуски

№ п/п	Места замеров	Норма, мм	Допуски, мм
1	На расстоянии 2 м до тонких концов стрелок	1524	+12; –2
2	В тонких концах стрелок	1524	+12; –2
3	У острьяка глухой стрелки (по боковому направлению)	1548	+12; –2
4	В хвостовиках стрелок (по прямому и боковому направлениям)	1524	+12; –2
		1524	+12; –2
5	В соединительных кусках между стрелками и крестовинами (по боковому и прямому направлениям)	1524	+12; –2
		1524	+12; –2
6	В одиночной крестовине (по прямому и боковому направлениям)	1524	+12; –2
		1524	+12; –2
7	В ромбовых крестовинах (по прямому и боковому направлениям)	1524	+12; –2
		1524	+12; –2
		1524	+12; –2
8	Превышение пера одноперьевых стрелок над рамным рельсом	от 2 мм до 17 мм	
9	Боковой износ пера стрелки	не более 12 мм	
10	Уступ в накате желоба глухих стрелок	не более 3 мм	
11	Вертикальный люфт пяты пера	не более 6 мм	
12	Горизонтальный люфт пяты пера	не более 4 мм	

В Санкт-Петербурге, основываясь на возможностях городской инфраструктуры с учетом проектов горизонтальной планировки улично-дорожной сети, осуществляется переход на укладку двухперьевых стрелок и сварных крестовин.

С началом массового обновления подвижного состава на более тяжелые современные модели наблюдается неодинаковая скорость износа элементов одноперьевых стрелочных переводов. При этом грузонапряженность участков изменяется незначительно.

Срок службы стрелочных переводов ограничивается их износом и зависит от многих эксплуатационных факторов, среди которых грузонапряженность и скорость движения трамваев являются решающими. Кроме того, необходимо учитывать характерные особенности работы: например, для стрелочных переводов попутного и встречного направлений характерен различный механизм формирования износа.

Основываясь на известных методиках определения сроков службы стрелочных переводов и данных проведенных исследований научных коллективов, износ элементов стрелок и крестовин можно определить по формуле:

$$h = a\sqrt{T} + bT,$$

где T — тоннаж млн т брутто, прошедший по стрелочному переводу;
 a, b — коэффициенты, зависящие от типа рельса стрелочного перевода, типа крестовины и условий эксплуатации [5].

Характеристика эксплуатационных условий, определяющая значения коэффициентов a и b , охватывает ключевые параметры влияния на износ крестовин, за исключением тоннажа. К ним относятся: материал, конструктивные особенности, технология производства, методы укладки, величина нагрузок от колес подвижного состава, проходящего по конструкции, диаметры колес, а также дополнительные нагрузки, вызванные неровностями поверхностей катания.

Выполнен сравнительный анализ периодичности и объемов работ по обслуживанию стрелок разных конструкций — одноперьевого с поворотным креплением пера и двухперьевого с поворотным креплением перьев, которые размещены в сходных условиях и расположены в разных районах города.

В связи с тем, что трамвайные пути и стрелки, расположенные в теле дороги, подвергаются дополнительному износу от воздействия автотранспорта, к рассмотрению приняты стрелки, уложенные в обособленном полотне. Характеристики рассматриваемых стрелок представлены в табл. 4.

ТАБЛИЦА 4. Характеристики рассматриваемых стрелок

Признак	Стрелка 1	Стрелка 2
Адрес укладки	узел 11: ул. Ярослава Гашека — Купчинская ул.	узел № 295: пр. Стачек, выезд из трамвайного парка
Направление движения от ...	от конечного пункта «Купчино» к Купчинской ул.	от трамвайного парка
Конструкция	одноперьевая	двухперьевая
Марка стрелки, радиус	ЛГМ-126 подвижная, ЛГМ-129 глухая (Р-30)	8428.00-000-01 (Р-30)
Направление работы стрелочного перевода	встречное левое	встречное правое
Грузонапряженность, млн тонн брутто в год	5,2	7,6

Работы по обслуживанию стрелок объединены в группы:

- 1) осмотр, регулировка, смазка стрелок и замыкателя;
- 2) регулировка, снятие остроты пера;
- 3) осмотр без выполнения работ;
- 4) наплавка пяты пера, замена пятовых болтов;
- 5) замена пера стрелки;
- 6) замена элементов замыкателя.

Оценочный период установлен с 1 января 2023 г. по 1 января 2025 г. В указанный период полная замена стрелок не выполнялась, параметры стрелок находились в пределах допусков. Для удобства анализа учет выполненных работ принят по эпизодам, безотносительно к трудозатратам.

ТАБЛИЦА 5. Выполненные работы на стрелках.

Вид работ	Количество работ	
	Стрелка 1	Стрелка 2
Осмотр, регулировка, смазка стрелок и замыкателя	5	2
Регулировка, снятие остроты пера	2	2
Осмотр без выполнения работ	7	9
Наплавка пяты пера, замена пятовых болтов	6	2
Замена пера стрелки	1	0
Замена элементов замыкателя	3	0
Всего:	24	15

Оценивая полученные результаты, можно сделать вывод, что за один и тот же период эксплуатации у двухперьевой стрелки объем необходимых работ по обслуживанию меньше на 62 % по сравнению с одноперьевой — даже при большей грузонапряженности. Это подтверждает необходимость перехода на более современную конструкцию: ее применение уменьшает износ и, соответственно, увеличивает срок службы.

Список источников

1. Дудкин Е. П. Современные конструкции трамвайных путей: монография / Е. П. Дудкин, К. А. Гмыря, А. В. Колтаков, М. В. Малахов и др. — М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2020. — 136 с.
2. Басовский Д. А. Существующие и перспективные конструкции стрелочных переводов трамвайного пути в Санкт-Петербурге / Д. А. Басовский, О. В. Востриков // Сборник материалов конференции «II Международная конференция “Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт”». — М., 2023.
3. Правила технической эксплуатации трамвая: утв. распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 30.11.2001 № АН-103.

4. Басовский Д. А. Возможности применения новых конструкций стрелочных переводов для путевого хозяйства рельсового городского транспорта / Д. А. Басовский, О. В. Востриков / III Бетанкуровский международный инженерный форум: сборник трудов. — 2021. — С. 39–42.

5. Яковлева Т. Г. Основы устройства и расчета железнодорожного пути / Т. Г. Яковлева, В. Я. Шульга, С. В. Амелин и др. — М.: Транспорт, 1990. — 367 с.

Дата поступления: 24.07.2025

Решение о публикации: 29.07.2025

Контактная информация:

БАСОВСКИЙ Дмитрий Аркадьевич — канд. техн. наук, доц.; d1976bas@rambler.ru

ПАНЧЕНКО Наталья Михайловна — канд. техн. наук, доц.; panchnat@rambler.ru

ВОСТРИКОВ Олег Владимирович — инженер, зам. начальника службы пути; vost-ol@yandex.ru

Specifics of Operating Tram Switches of Different Designs

D. A. Basovsky¹, N. M. Panchenko¹, O. V. Vostrikov²

¹Emperor Alexander I Saint Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

²Petersburg Unitary Enterprise “Gorelektrotrans”, 15, Syzranskaya str., Saint Petersburg, 196105, Russian Federation

For citation: Basovsky D. A., Panchenko N. M., Vostrikov O. V. Specifics of Operating Tram Switches of Different Designs. *Bulletin of scientific research results*, 2025, iss. 4, pp. 78–86. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2025-4-78-86

Summary

Purpose: To examine the life cycle characteristics of single-point and double-point tram track switches under comparable operational and installation conditions. **Methods:** An analysis of the volume of fundamental maintenance tasks performed on different switch designs over an identical duration, ensuring adherence to technical operational standards. **Results:** The findings indicate a reduced maintenance requirement for double-point switches compared to single-point switches within the same observation period, even when subjected to increased operational loads. **Practical significance:** The practical implications of this research are significant, particularly given the widespread use of single-point switches in Saint Petersburg and other urban tram networks. Establishing the economic viability of maintaining a specific switch design directly influences the overall life cycle cost, thereby providing a basis for evaluating the efficacy of different switch types in the design and operation of tram systems.

Keywords: Tram track, switch, operational conditions, maintenance.

References

1. Dudkin E. P., Gmyrya K. A., Koltakov A. V., Malakhov M. V. et al. *Sovremennyye konstruksii tramvaynykh putey: monografiya* [Modern designs of tram tracks]. Moscow: FGBU DPO “Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte” Publ., 2020, 136 p. (In Russian)

2. Basovskiy D. A., Vostrikov O. V. Sushchestvuyushchie i perspektivnye konstruksii strelochnykh perevodov tramvaynogo puti v Sankt-Peterburge [Existing and prospective designs of tramway turnouts in Saint Petersburg]. *Sbornik materialov konferentsii II Mezhdunarodnaya konferentsiya "Nauka 1520 VNIIZhT: Zaglyani za gorizont"* [Proceedings of the II International Conference "Nauka 1520 VNIIZhT: Look Beyond the Horizon"]. Moscow, 2023. (In Russian)
3. *Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii tramvaya: utv. rasporyazheniem Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 30.11.2001 № AN-103* [Rules for technical operation of trams: approved. by order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated November 30, 2001 № AN-103]. (In Russian)
4. Basovskiy D. A., Vostrikov O. V. Vozmozhnosti primeneniya novykh konstruksiy strelochnykh perevodov dlya putevogo khozyaystva rel'sovogo gorodskogo transporta [Possibilities of applying new designs of turnouts for track facilities of rail urban transport]. *III Betankurovskiy mezhdunarodnyy inzhenernyy forum: sbornik trudov* [III Betankurov International Engineering Forum: Proceedings]. 2021, pp. 39–42. (In Russian)
5. Yakovleva T. G., Shul'ga V. Ya., Amelin S. V. et al. *Osnovy ustroystva i rascheta zheleznodorozhnogo puti* [Fundamentals of railway track design and calculation]. Moscow: Transport, 1990, 367 p. (In Russian)

Received: July 24, 2025

Accepted: July 29, 2025

Author's information:

Dmitry A. BASOVSKY — PhD in Engineering, Associate Professor; d1976bas@rambler.ru

Natalia M. PANCHENKO — PhD in Engineering, Associate Professor; panchnat@rambler.ru

Oleg V. VOSTRIKOV — Engineer, Deputy Head of Track Service; vost-ol@yandex.ru