

Перспективы эксплуатации троллейбусов с возможностью автономного хода требует сохранения существующей контактной сети, а не ее ликвидацию. В заключении следует отметить опыт зарубежных городов, который ясно говорит о необходимости сохранения троллейбусных систем, об исключении связанных с этим ошибок.

Литература

1. <https://daily.afisha.ru/cities/1378-pochemu-v-moskve-ubirayt-trolleybusy-i-cto-budet-vmesto-nih/>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D0%B1%D1%83%D1%81>
3. <http://masterok.livejournal.com/3987221.html>

Поступила 26 декабря 2017 г.

УДК 656.13

Трамвайная система г. Минска – проблемы и перспективы

Е.Н. Кот, С.С. Семченков, В.Ю. Ромейко

Выполнен анализ характеристик трамвайной системы г. Минска с выявлением проблем, препятствующих ее развитию, рассмотрены варианты возможной трансформации.

Authors considered the analysis of the characteristics of the tram system in Minsk with the identification of problems impeding its development, consider options for possible transformation.

1. Обзор существующей трамвайной системы г. Минска

1.1. Сеть трамвайных линий и характеристики путей

Трамвайное движение в г. Минске было открыто в 1929 году. Построенная к 1941 г. сеть была полностью уничтожена в годы Второй мировой войны. В послевоенные годы сеть была восстановлена и затем много раз изменялась (строились новые линии, затем постепенно с главных проспектов линии переносились на параллельные улицы, позже наступил период постепенного сокращения).

В 1984 г. в Минске было открыто движение по первой линии метрополитена, а в следующем 1985 г. была сдана в эксплуатацию последняя новая трамвайная линия в жилой район Серебрянка. В

1990 г. в связи со строительством второй линии метрополитена была разобрана трамвайная линия по Партизанскому проспекту, от ее восстановления (намеченного первоначально) впоследствии отказались.

После 1990 г. конфигурация трамвайной сети практически не изменилась (кроме переноса отдельных участков на обособленное полотно), ее основу составляют 4 радиальных линии (рисунок 1). Суммарная протяженность линий в двухпутном исчислении составляет 24 км. С 2015 г. временно закрыто движение трамваев на линии по ул. Октябрьской.

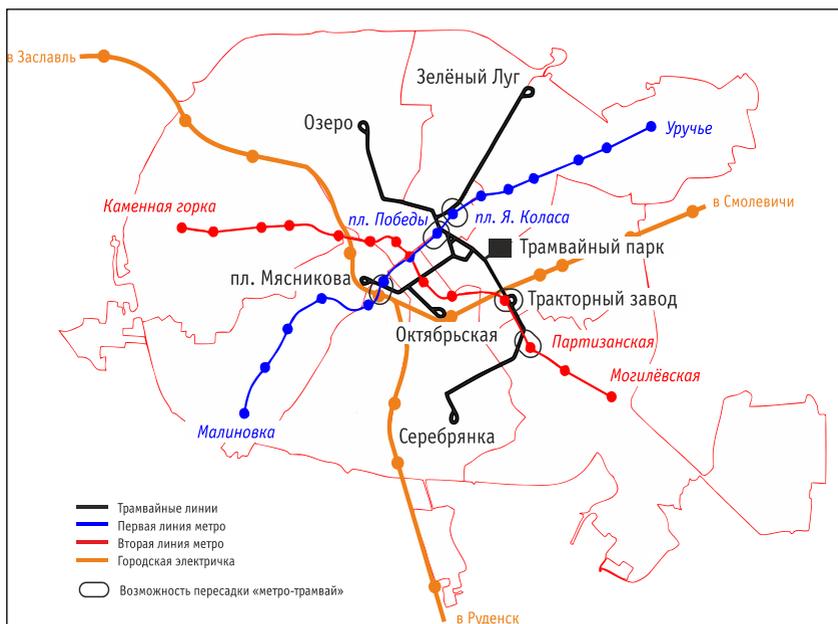


Рисунок 1 – Схема рельсовой пассажирской системы г. Минска (2017 г.)

К особенностям сети следует отнести малое количество мест для разворота трамваев (5 колец расположены на концах линий, два промежуточных – на пл. Змитрока Бядули и Тракторном заводе). Периодически при сбойных ситуациях на ул. Козлова или Долгобродской разворот трамваев выполняется и через территорию трамвайного парка. В 2013 г. было ликвидировано разворотное

кольцо «Волгоградская», что ухудшило условия работы линии в жилой район Зеленый Луг.

40 % трамвайных путей в г. Минске размещены на обособленном полотне сбоку от проезжей части, 60 % — на совмещенном полотне на середине проезжей части. До 2010 г. на ул. Долгобродской был участок обособленного полотна на середине проезжей части, однако в результате выполненной реконструкции «обособленность» полотна на этом участке была ликвидирована, оно стало совмещенным с возможностью движения нерельсовых транспортных средств (рисунок 2).

В 2007–2017 гг. в г. Минске выполнен большой объем работ по реконструкции трамвайных путей по «бесшпальной» технологии (с клейкой специальных бесшпальных рельсов в основание из бетонных плит). В результате доля таких участков к настоящему времени достигла 55%.



Рисунок 2 – Характеристики трамвайных путей в г. Минске

На 10 % протяженности линий устроен бесстыковой путь с пониженным уровнем шума (на железобетонных шпалах со сваркой стыков и мощением пространства между рельсами железобетонной плиткой). Оставшиеся 35 % составляют пути, построенные по

«обычной» технологии (на железобетонных или деревянных шпалах с мощением междурельсового пространства железобетонной плиткой и частичной сваркой стыков).

1.2. Трамвайные маршруты

Таблица 1 – Характеристики существующих трамвайных маршрутов

Утренний час «пик»					Дневное межпиковое время				
№ м-та	Время оборота, мин	Кол-во ваг.	Интервал, мин	Интенсивность движения, ваг./ч	№ м-та	Время оборота, мин.	Кол-во ваг.	Интервал, мин	Интенсивность движения, ваг./ч
1	91	14	7	9	1	91	9	10	6
3	104	22	5	13	3	104	9	12	5
4	76	6	13	5	4	76	4	19	3
5	78	6	13	5	5	78	4	20	3
6	118	27	4	14	6	118	19	6	10
7	101	8	13	5	7	101	7	14	4
9	45	4	11	5	9	–	–	–	–
11	56	9	6	10	11	–	–	–	–
Итого	–	96	–	–	Итого	–	52	–	–

Таблица 2 – Интенсивность движения трамваев по участкам сети

Участок трамвайной сети	Маршруты, проходящие по участку	Интенсивность движения, ваг./ч	
		в час «пик»	в межпиковое время
Ул. Красная – ул. Коласа – Логойский тракт	1, 5, 6, 11	38	19
Пр-т Машерова – ул. Даумана – Старовиленский тракт	3, 4, 5	23	11
Центральный участок (от ул. Красной до пл. Зм. Бядули)	1, 3, 4, 6, 11	51	24
Ул. Козлова – ул. Долгобродская (до тракторного завода)	3, 6, 7	32	19
Ул. Долгобродская (от тракторного завода) – Ул. Плеханова – ул. Якубова	3, 6, 7, 9	37	19
Ул. Первомайская – Ульяновская – Бобруйская	1, 4, 7	19	13
Ул. Октябрьская	Регулярного движения нет с 2015 г.		

По состоянию на сентябрь 2017 г. в Минске осуществляется движение по 8 трамвайным маршрутам (рис. 3). Основные характеристики маршрутов приведены в табл. 1, суммарная интенсивность движения по отдельным участкам сети – в таблице 2.

1.3. Остановочные пункты

Перечень и характеристики остановочных пунктов (ОП) трамвая в г. Минске с распределением по линиям и уровню обустройства приведены в таблице 3.

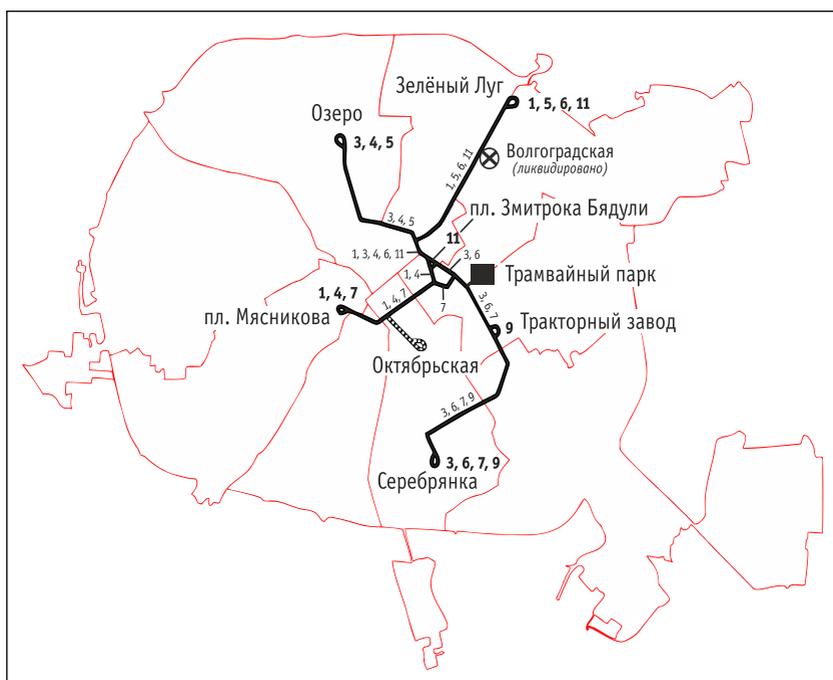


Рисунок 3 – Схема трамвайных маршрутов в г. Минске

На обособленном трамвайном полотне расположены 47 % ОП, остальные 53 % – на участках совмещенного полотна. 30 ОП «на совмещенке» оборудованы приподнятыми над проезжей частью посадочными площадками. Выход пассажиров на посадочные пло-

шадки на 8 ОП организован из подземных пешеходных переходов, на 22 ОП – по наземным пешеходным переходам. На 26 наиболее опасных ОП посадка-высадка пассажиров выполняется непосредственно с проезжей части.

Таблица 3 – Основные характеристики остановочных пунктов трамвая в г. Минске

	Линия (улицы)	Всего ОП	Размещение и характеристики ОП			
			на обособленном полотне	На совмещенном полотне		
				оборудованный приподнятой посадочной площадкой с подземным переходом	оборудованный приподнятой посадочной площадкой	с высадкой пассажиров непосредственно на проезжую часть
1	Красная – Коласа – Логойский тракт	24	11	2	6	5
2	П-т Машерова – ул. Даумана – Старовиленский тракт	14	11	0	0	3
3	Центральный участок (ул. Козлова – пр-т Машерова)	4	0	0	4	0
4	Козлова – Долгобродская – Якубова	34	16	6	6	6
5	Зм. Бядули – Первомайская – Ульяновская – Бобруйская	16	4	0	6	6
6	Чапаева – Платонова	4	4	0	0	0
7	Октябрьская	7	1	0	0	6
Итого на сети:		103	47	8	22	26

1.4. Трамвайные вагоны

Инвентарный парк трамваев г. Минска по состоянию на 01.09.2017 включает 131 односекционный трамвай АКСМ-60102, один сочлененный трамвай АКСМ-743 и 5 сочлененных трамваев АКСМ-843. Все трамваи изготовлены на заводе «Белкоммунмаш» в г. Минске.

Трамваи АКСМ-60102 длиной 15 м имеют номинальную пассажироместимость 121 человек (из расчета размещения стоящих

пассажирами с плотностью 5 пасс/м²). Уровень пола – высокий, количество дверей – 3. Законом-изготовителем не предусмотрена возможность эксплуатации таких трамваев в составе поездов из двух и более вагонов.

Трамвай АКСМ-743 длиной 26 м имеет номинальную пассажироместимость 184 человека, изготовлен в 2001 г. в единственном экземпляре. Уровень пола – низкий, количество дверей – 4 двусторончатых + одна уменьшенной ширины.

Трамваи АКСМ-843 длиной 26 м имеют номинальную пассажироместимость 176 человек, изготовлены в 2009–2012 гг. Уровень пола – низкий, расположение дверей – двустороннее, количество дверей с каждой стороны – 3. Трамваи имеют две кабины водителя для возможности работы на участках без разворотных колец.

Динамика изменения инвентарного парка трамваев и их выпуска на линию приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение количества трамваев в г. Минске

Год	1988	1997	2003	2008	2014	2016	2017
Инвентарный парк пассажирских трамваев, в том числе сочлененных	225	159	154	152	138	138	137
Выпуск трамваев на линию, в том числе трамвайных поездов (или сочлененных трамваев)	180	124	118	118	108	81	96
Количество обслуживаемых маршрутов	≈60	≈40	28	6	–	4	4
Коэффициент выпуска	10	11	10	10	9	5	8
	0,80	0,78	0,77	0,78	0,78	0,59	0,69

2. Основные проблемы трамвайной системы г. Минска

2.1. Перераспределение пассажиропотоков, потеря пассажиров

Ежегодный объем перевозок пассажиров маршрутными транспортными средствами государственного предприятия (ГП) «Минсктранс» в период с 2011 по 2015 г. уменьшился более чем на 110 млн человек. С 2013 г. объем перевозок уменьшается не только всеми видами наземного транспорта, но и метрополитеном. Сокращение количества пассажиров связано (среди других факторов) с увеличе-

нием использования легковых автомобилей (уровень моторизации в Минске в 2015 г. достиг 375 авт./1000 жит., в том числе легковых автомобилей – 338 авт./1000 жит.).

В настоящее время доля трамвайной системы в общем объеме перевозок пассажиров в г. Минске маршрутными транспортными средствами составляет около 4 %. С 2011 г. трамвайная система «потеряла» 21 % пассажиров (больше, чем другие виды наземного транспорта).

Кроме роста автомобилизации, на уменьшение объемов перевозок пассажиров трамваями влияют следующие факторы:

- снижение надежности сообщения на трамвайных линиях, большое количество «сбойных» ситуаций и их длительность;

- снижение скорости сообщения на трамвайных линиях (даже при отсутствии «сбойных» ситуаций);

- недостаточный уровень комфортабельности поездок в сравнении с другими видами наземного транспорта (в первую очередь высокий уровень пола);

- применяемая система оплаты проезда, «выталкивающая» пассажиров из малой по размерам трамвайной системы на другие виды транспорта;

- длительные закрытия трамвайных линий (на ремонты и т.п.) с заменой трамвайного движения долговременными автобусными маршрутами, отучающими пассажиров от трамвая как вида транспорта;

- недостаточный уровень интеграции с другими видами транспорта внутри общей системы городского пассажирского транспорта (ГПТ).

2.2. Низкая эффективность трамвайной системы

Трамвай как вид транспорта ориентирован на перевозку больших объемов пассажиров, а при малых пассажиропотоках становится неэффективным. Поэтому уменьшение количества перевезенных пассажиров негативно отразилось на показателях эффективности трамвайной системы Минска. В таблице 5 приведены основные характеристики трамвайных систем г. Риги (в 1990-х гг. имевшей показатели, схожие с минской системой) и г. Дармштадта – одной из передовых трамвайных систем Германии.

Основные причины низкой эффективности трамвайной системы г. Минска:

- избыточное количество трамвайных вагонов для обслуживаемой сети и перевозимого количества пассажиров;
- малая доля низкопольных трамваев;
- малое количество обслуживаемых трамваем остановочных пунктов;
- малая доля трамваев повышенной вместимости, отсутствие трамвайных поездов избыточное в связи с этим число водителей для обслуживаемой сети;
- избыточное число «прочих» работников по отношению к числу водителей трамвая.

Таблица 5 – Сравнительные характеристики трамвайных систем

№	Показатель	г. Минск (Беларусь)	г. Рига (Латвия)	г. Дармштадт (Германия)
1	Численность населения, тыс. чел.	1980	641	150
2	Протяженность трамвайных путей (в двухпутном исчислении), км	24	62	41
3	Количество трамваев, шт.	138 (в том числе 6 низкопольных)	110 (в том числе 26 низкопольных)	48 моторных (сочлененных), 30 прицепных низкопольных
4	Количество маршрутов	8	9	9
5	Количество депо	1	3 (в том числе 2 выпускают трамваи на линию)	3
6	Количество остановочных пунктов	103	231	162 (из них 63% с низкой платформой)
6	Суммарный пробег за год, млн. км	5,2	7,4	3,0
7	Число перевезенных пассажиров за год, млн. чел	31,2 (2015 г.)	33 (2015 г.)	43 (2013 г., трамвай + автобус)
8	Средняя скорость сообщения, км/ч	15,6	15,94	нет данных
9	Количество водителей трамвая, чел.	265	242	396 (трамвай + автобус)
10	Администрация, служба ремонта и другие службы, чел.	487	11 (адм.) + 234 (ремонтная и другие службы)	293

«Удельное» количество перевезенных пассажиров, приходящееся на одного работника каждого из видов наземного транспорта (соответствующих филиалов ГП «Минсктранс»), самое низкое в трамвайной системе (рисунок 4). В 2015 г. в сравнении с 2011 г. «удельная выработка» на одного работника сократилась на всех видах наземного транспорта ГП «Минсктранс», в том числе на автобусе на 16 %, на трамвае – на 21 %, на троллейбусе – на 23 %.

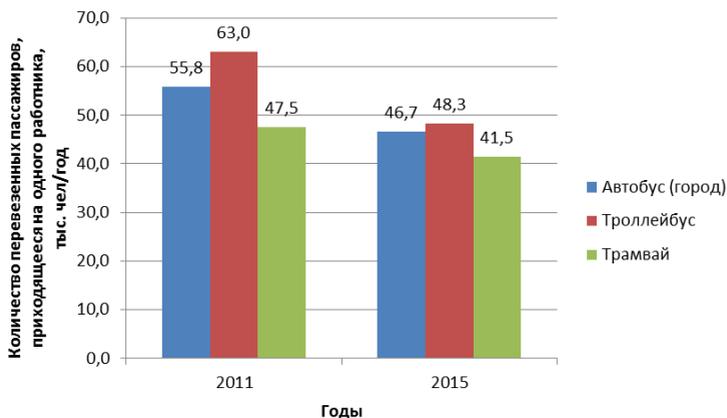


Рисунок 4 – «Удельное» количество перевезенных пассажиров (тыс./ год), приходящееся на одного работника разных видов наземного транспорта в г. Минске

В г. Минске не используется одно из основных преимуществ трамвая как рельсового вида транспорта – высокая производительность (каждый из которых может перевозить в трамвайном поезде более 300–400 пассажиров одновременно).

2.3. Отсутствие полноценной координации в системе управления транспортным комплексом г. Минска и ее последствия

В настоящее время в составе органов исполнительной власти г. Минска отсутствует единая координирующая структура, полномочия которой распространялись бы на все составляющие транспортно-комплекс:

- выбор приоритетных способов передвижения людей по городу;

- строительство, реконструкция и развитие дорожно-транспортной инфраструктуры (для нерельсовых транспортных средств, рельсовых видов транспорта, пешеходов и велосипедистов);
- содержание дорожно-транспортной инфраструктуры;
- согласование параметров дорожно-транспортной инфраструктуры и применяемых транспортных средств (по геометрическим параметрам и весовым характеристикам);
- согласование режимов и параметров работы маршрутных транспортных средств и систем управления дорожным движением;
- выбор вида транспорта для перевозки пассажиров на участках магистральной дорожной сети, на которых выполняются ремонтные работы, приводящие к ограничениям в движении;
- контроль исполнения принятых решений по транспортному комплексу.

2.4. Сбойные ситуации и задержки движения

За период 01.01.2011–30.06.2016 в трамвайной системе г. Минска было зафиксировано 1868 сбойных ситуаций, приведших к полной остановке движения трамваев (таблица 7).

Таблица 7 – Распределение сбойных ситуаций в трамвайной системе г. Минска по причинам

Причина	Количество случаев по годам						Итого	% общ.
	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Задержки движения	332	420	366	389	260	101	1868	100
ДТП с участием трамвая	91	115	108	150	90	22	576	31
ДТП без участия трамвая	185	171	150	154	105	53	818	44
Технические неисправности	9	25	14	13	12	7	80	4
Повреждения контактной сети	2	11	9	7	10	4	43	2
Трамваем	1	4	5	2	6	2	20	1
Троллейбусом		4	2	3	2	1	12	0,6
Другие повреждения	1	3	2	2	2	1	11	0,6
Путевое хозяйство, сходы	8	6	10	19	9	5	57	3
Путевое хозяйство		1	4	3		1	9	0
Движение «вразрез»	2	2	3	7	7		21	1
Сход с рельсов	6	3	3	9	2	4	27	1

Окончание таблицы 7

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Отсутствие напряжения	1	7		5	6	1	20	1
Затопления	1	2		6			9	0
Прочее	35	83	75	35	28	9	265	14
Неправильная парковка	17	49	48	11	7		132	7
Остановка под обесточенным участком	1	1		1	4	1	8	0
Состояние здоровья пассажира	7	13	7	12	7	4	50	3
Угроза теракта		2	1	1	1	1	6	0
Хулиганские действия	4	4	6	2	2	1	19	1
Помеха со стороны автомобиля	4	9	10	4	4	1	26	1
Помеха со стороны троллейбуса	1	2		3	1	1	8	0
Другое	1	3	3	1	2		16	1
Итого:	332	420	366	389	260	101	1868	

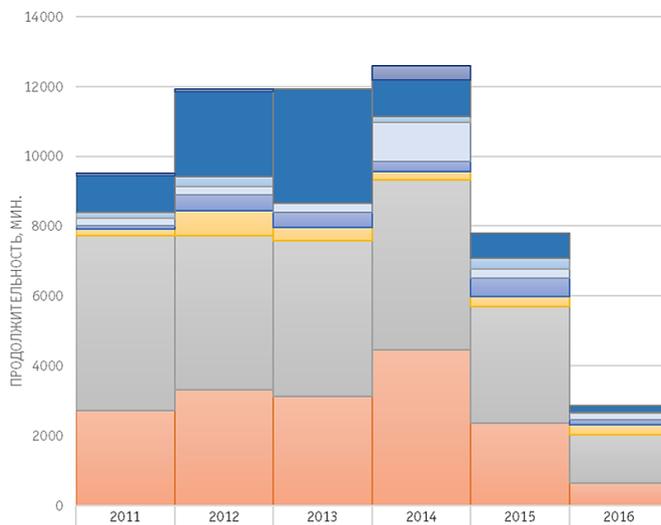
Суммарная продолжительность задержек движения составила более 943 ч (рисунок 5). Наибольшее количество сбойных ситуаций (420) зафиксировано в 2012 г., наибольшая суммарная продолжительность задержек движения (210 ч) – в 2014 г.

Доля ДТП в общей сумме задержек трамвайного движения составляет в среднем по г. Минску 75 % (на разных линиях от 65 до 80 %), в том числе ДТП с участием трамваев – 31 %.

474 сбойные ситуации, приведшие к остановке движения трамваев, не были связаны с ДТП. Суммарная продолжительность задержек от таких ситуаций за 5,5 лет составила более 400 ч (29 % от общей продолжительности задержек). Наибольшее количество не связанных с ДТП сбойных ситуаций (134) зафиксировано в 2012 г., наибольшая суммарная продолжительность задержек (72 ч) – в 2013 г.

Более половины сбойных ситуаций, не связанных с ДТП, составляют случаи неправильной парковки автомобилей в «габарите» трамвая, 11 % – сбои движения, вызванные состоянием здоровья пассажиров.

Технические неисправности трамваев были причиной 4 % сбоев его работы, повреждения контактной сети и путевого хозяйства – 5 % (7 % их суммарной продолжительности).



	Продолжительность случаев по годам, мин.					Итого	
	2011	2012	2013	2014	2015		
Затопления	60	83		392		535	
Прочее	1042	2441	3258	1047	730	185	8703
Отсутствие напряжения	180	286		173	319	29	987
Путевое хозяйство, сходы	215	235	269	1133	251	187	2290
Повреждения контактной сети	100	444	432	275	529	159	1939
Технические неисправности	186	723	372	237	284	287	2089
ДТП без участия трамвая	5013	4413	4468	4859	3342	1369	23464
ДТП с участием трамвая	2708	3306	3117	4466	2351	643	16591

Рисунок 5 – Распределение сбойных ситуаций в трамвайной системе по причинам и суммарной продолжительности задержек

Распределение причин имеющихся проблем по составляющим трамвайной системы

К наиболее существенным недостаткам *трамвайной инфраструктуры* в г. Минске следует отнести:

- «уязвимую» конфигурацию трамвайных линий с наличием «стратегического» центрального участка (на котором интенсивность движения трамваев ежедневно достигает пропускной способности);

– недостаточное количество промежуточных мест для оборота трамваев, что вызывает существенные непроизводительные их пробеги, а при наличии «сбойных» ситуаций на любом из участков линии парализует работу на всем ее протяжении;

– наличие участков, накладывающих ограничения на использование некоторых типов ПС трамваев;

– разрозненность участков трамвайных линий с обособленным полотном, что не позволяет организовать ни одного трамвайного маршрута, который полностью проходил бы только по линиям с обособленным полотном и в минимальной степени был бы подвержен «сбойным» ситуациям;

– уменьшение уровня «обособленности» путей после их реконструкции по бесшпальной технологии, улучшение условий автомобильного движения по таким трамвайным путям и создание большего числа помех для движения трамваев нерельсовыми транспортными средствами;

– уменьшение «визуальных» размеров трамвайного полотна по ширине после реконструкции, выполненной по бесшпальной технологии;

– недостаточная ширина трамвайного полотна для организации совмещенных трамвайно-автобусных полос;

– наличие на линиях с совмещенным полотном остановочных пунктов, на которых высадка пассажиров осуществляется непосредственно на проезжую часть, что повышает опасность для пассажиров трамвая при посадке-высадке.

Характеристики используемых в г. Минске *трамваев* имеют ряд особенностей, заставляющих пассажиров искать альтернативные виды транспорта или способы перемещения:

– 96 % трамваев имеет высокий уровень пола, в то время как средняя по ГП «Минсктранс» доля низкопольных транспортных средств составляет 74 %;

– отсутствие у трамваев АКСМ-60102 (96% парка трамваев г. Минска) технической возможности работать в составе трамвайных поездов;

– техническое состояние трамваев, которое за период 2011–2015 гг. стало причиной 9 % «сбойных» ситуаций на трамвайных линиях;

– «маскирующая» окраска трамваев, ухудшающая их видимость и повышающая вероятность вовлечения их в ДТП, особенно на участках с совмещенным полотном.

Основные проблемы в *существующей подсистеме управления трамвайной системой* можно разделить на 4 группы:

- система оплаты проезда;
- необоснованная замена трамвайных маршрутов автобусными для обслуживания пассажиров в периоды выполнения различного вида дорожных работ, в том числе длительных (более года);
- организации процесса перевозок трамваями, в том числе качество составления расписаний движения;
- взаимодействие с системой организации дорожного движения и контроля за ними.

Сложившееся положение в трамвайной системе г. Минска не сможет сохраняться длительное время, так как в 2021–2023 гг. большая часть имеющихся трамвайных вагонов достигнет предельного срока эксплуатации, поэтому потребуется принятие решения о вариантах развития системы.

3. Возможные направления улучшения работы трамвайной системы г. Минска

Улучшение характеристик **линейной инфраструктуры** трамвайной системы может быть достигнуто путем:

– снижения уязвимости и повышение «маневренности» сети трамвайных линий путем создания новых промежуточных мест для оборота трамваев, расположенных в районе станций метрополитена «Пл. Я. Коласа», «Партизанская»;

– повышения эффективности использования территории, отведенной под трамвайное полотно, путем организации на нем трамвайно-автобусных полос с выполнением необходимых планировочных условий (ширина выделенного полотна не менее 6,5 м, размещение посадочных площадок на остановочных пунктах с учетом возможности «плотного» подъезда к ним и трамваев, и автобусов).

Улучшение характеристик **остановочных пунктов (ОП) трамвая** может быть достигнуто при реализации следующих мер:

– реконструкции 18 остановочных пунктов трамваев, на которых посадка-высадка пассажиров осуществляется непосредственно на

проезжую часть (либо с устройством конструктивно выделенных посадочных площадок, либо с устройством приподнятой проезжей части (на всю ширину) в зоне остановочного пункта (рисунок 6));

- оптимизация высоты посадочных площадок на ОП трамваев в соответствии с высотой уровня пола маршрутных транспортных средств (либо подножки для транспортных средств, имеющих ступеньки для входа в салон);

- применение на ОП трамвая с посадкой-высадкой пассажиров непосредственно на проезжую часть специального светофорного регулирования с включением запрещающего сигнала светофора при наличии трамвая в зоне ОП (рисунок 7);

- оптимизация размещения и оформления электронных информационных табло на ОП трамваев;

- применение на ОП трамваев систем видеонаблюдения, интегрированных в электронные информационные табло;

- размещение на ОП трамваев устройств для автоматической оплаты проезда.

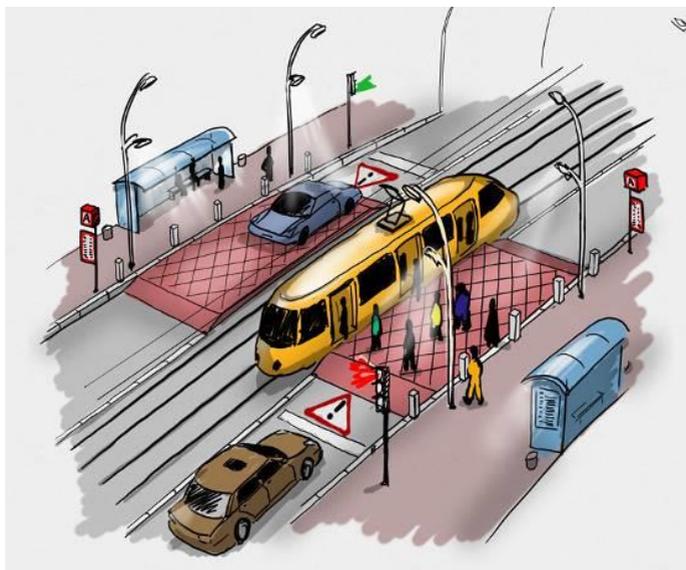


Рисунок 6 – Приподнятая проезжая часть в зоне ОП трамвая



Рисунок 7 – Светофорное регулирование в зоне ОП трамвая

Совершенствование характеристик **трамвайных вагонов** может быть достигнуто при реализации следующих мер:

- разработки комплекса мероприятий для модернизации трамваев АКСМ-60102 (в том числе выводимых из эксплуатации) для обеспечения возможности формирования из них трамвайных поездов, работающих по системе многих единиц (СМЕ), формирования трамвайных поездов с прицепными безмоторными низкопольными вагонами, изготовления шарнирно-сочлененных трамвайных вагонов с использованием элементов существующих трамваев АКСМ-60102;

- повышения доли трамваев с низким уровнем пола для повышения доступности и конкурентоспособности трамвайной системы с другими видами наземного транспорта (закупка низкопольных прицепных вагонов для работы в составе трамвайных поездов совместно с модернизированными трамваями АКСМ-60102, создание сочлененного трамвая на базе двух списанных АКСМ-60102, соединяемых низкопольной секцией-«вставкой» (рисунок 8);

- закупке новых трамвайных вагонов с современными характеристиками, позволяющими трамваю как виду транспорта реализовать свои преимущества (повышенная вместимость, плавность хода, возможность работы в составе трамвайных поездов, низкопольность, наличие систем климат-контроля).

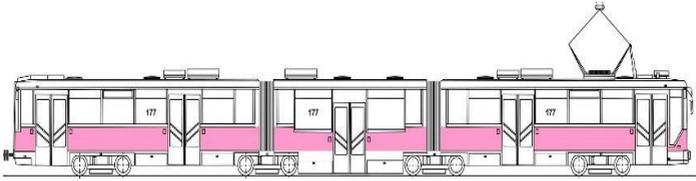


Рисунок 8 – Внешний вид модернизированного трамвая с низкопольной средней секцией-вставкой

4. Первоочередные малобюджетные мероприятия, позволяющие улучшить работу трамвайной системы г. Минска

Для улучшения характеристик **линейной инфраструктуры** можно использовать следующие меры:

- корректное обозначение необходимого «габарита» трамвайного полотна дорожной разметкой, в том числе на криволинейных участках пути, на которых должен учитываться «вынос» передней и задней части кузова трамвая, «свес» средней части вагона;
- обособление трамвайного полотна от автомобильного движения на участках трамвайных линий, проложенных на совмещенном полотне на магистральных улицах, путем использования колесоотбойников, специальных сигнальных щитков в сочетании с дорожной разметкой, островков безопасности, бетонных элементов различной формы (рисунки 9, 10);



Рисунок 9 – Выделение трамвайного полотна с использованием бетонных элементов специальной формы



Рисунок 10 – Выделение трамвайного полотна с использованием непрерывных бетонных элементов

Для **ОП трамвая** в первую очередь необходима оптимизация их размещения с ликвидацией ненагруженных ОП (при расстоянии до соседних ОП менее 200 м) и введением новых ОП на перегонах протяженностью более 600 м для создания удобных пересадочных узлов.

Быстрое улучшение характеристик **трамвайных вагонов** может быть достигнуто при реализации следующих мер:

- изменение окраски трамвайных вагонов для устранения «маскирующего эффекта» и улучшения их видимости водителями транспортных средств и пешеходами. До полного перекрашивания вагонов экономичным способом улучшения их видимости может быть использование полос из световозвращающей пленки, приклеенной на переднюю и заднюю часть (рисунок 11);

- повышение эффективности использования имеющихся сочлененных трамваев АКСМ-743 и АКСМ-843;

- модернизации систем отопления трамвайных вагонов, изменение правил включения систем отопления в трамвайных вагонах (при температуре наружного воздуха $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже вместо существующей нормы « $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже»).



а)



б)

а) с существующей окраской; б) с предлагаемыми дополнениями

Рисунок 11 – Условия различимости трамвайного вагона с окраской бирюзового цвета

Для повышения роли трамвайной системы г. Минска может быть реализован ряд мероприятий, относящихся к *подсистеме управления*. Мероприятия этой группы отличаются невысокой капиталоемкостью, некоторые из них могут быть реализованы в относительно короткие сроки. К мероприятиям подсистемы управления относятся:

- оптимизация системы оплаты проезда;
- совершенствование системы учета перевезенных пассажиров;
- обоснованный выбор временной схемы перевозки пассажиров при проведении работ на улицах с трамвайными линиями;
- организация службы скорой технической помощи трамваям;
- совершенствование работы по оформлению ДТП;
- совершенствование работы по оформлению ситуаций, связанных со здоровьем пассажиров;
- организация полноценного взаимодействия с системой управления дорожным движением на улицах с трамвайными линиями.

Оптимизация системы оплаты проезда включает следующие мероприятия:

а) введение так называемого «рельсового» проездного билета «метрополитен – трамвай», стоимость которого будет меньше, чем у аналогичных проездных билетов «метрополитен – автобус», «метрополитен – троллейбус»;

б) введение билетов на короткие промежутки времени (90 мин, 180 мин и т.п.) без ограничения количества поездок, чтобы число пересадок перестало быть лимитирующим фактором для использования трамвая даже в условиях слабого развития его сети;

с) рациональное определение стоимости «коротких» проездных билетов, которое будет способствовать ограничению использования личных автомобилей жителями и гостями Минска для поездок по территории, где маршрутный транспорт (в том числе трамвай) работает, но требует большого числа пересадок.

Совершенствование системы учета пассажиров направлено на получение более точных данных для планирования перевозок пассажиров и эффективности использования трамваев и включает:

а) организацию системного учёта оплаты проезда разовыми билетами (бумажными талонами) через электронные компостеры с фиксацией каждого факта оплаты с привязкой к ОП маршрута;

б) доработку алгоритма идентификации ОП посадки по полученным GPS-координатам из электронного компостера для повышения точности определения координат;

в) внедрение в трамвайных вагонах интеллектуальных систем сплошного учёта пассажиров с использованием датчиков, размещаемых над дверными проемами.

Обоснованный выбор временной схемы перевозки пассажиров при проведении работ на улицах с трамвайными линиями должен быть ориентирован на сохранение трамвайного движения на всей линии или на большей ее части при выполнении дорожно-строительных работ в зоне трамвайных путей (в первую очередь, при планировании долговременных работ). Для сохранения трамвайного движения на период ремонта могут использоваться варианты:

а) накладные стрелочные переводы, кривые и готовые узлы (рисунк 12), обеспечивающие переезд трамвайного вагона на путь встречного направления без вмешательств в конструкцию эксплуатируемого рельсового пути, позволяющие выполнить их монтаж в сжатые сроки и в любом доступном месте;

б) временные съезды на встречный путь (например, для производства работ по реконструкции основного пути) с вмешательством в конструкцию существующего рельсового полотна с использованием стандартных стрелочных переводов и кривых;

в) устройство объездных трамвайных путей на время реконструкции стрелочных узлов и перекрестков с организацией пропуска по ним трамвайных вагонов в обоих направлениях.



Рисунок 12 – Внешний вид накладного стрелочного перевода

Организация службы скорой технической помощи трамваям с разработкой четкого порядка взаимодействия участвующих в ней работников направлена на уменьшение продолжительности «сбойных» ситуаций на трамвайных линиях, связанных с технической неисправностью трамвайных вагонов, а также повышение безопасности движения при буксировке неисправных трамваев. При увеличении доли сочлененных трамваев и трамвайных поездов применяемая в Минске система «толкания» неисправного вагона следующим за ним исправным станет неработоспособной.

Совершенствование работы по оформлению ДТП для уменьшения времени задержек трамвайного движения из-за ДТП является одной из самых актуальных задач с учетом «маломаневренной» конфигурации трамвайной сети города. Одним из вариантов является организация службы аварийных ревизоров ГП «Минсктранс», наделенных правом оформления ДТП без пострадавших, не привлекая сотрудников ГАИ.

Совершенствование системы выхода из ситуаций с остановками движения, связанными с состоянием здоровья пассажиров заключается в адаптации для трамвайной системы методик оформления таких ситуаций, применяемых на других видах рельсового транспорта. На рельсовых видах транспорта объезд остановившегося транспортного средства невозможен вне специальных мест с путевым развитием, поэтому полностью останавливается движение на всей линии. С учетом этого обстоятельства при остановках трамвайного движения, связанных с состоянием здоровья пассажира следует, во-первых, применять «повышенный приоритет» при вызове бригад «Скорой помощи», во-вторых, включить в систему оказания помощи возможность более быстрого освобождения салона трамвайного вагона медицинскими работниками с их пациентом.

Организация полноценного взаимодействия подсистемы управления трамвайным движением и системой управления дорожным движением (АСУДД). В первую очередь необходимо добиться исключения ситуаций, когда пропускная способность трамвайной линии по условиям светофорного регулирования составляет 28–30 трамваев в час, а интенсивность движения трамваев по расписанию достигает 36–40 в час. В настоящее время на «лимитирующих» перекрестках трамвайной сети за один цикл светофорного регулирования с соблюдением требований Правил технической эксплуатации (согласно которым дистанция между движущимися трамваями должна быть не менее 60 м) может проехать не более одного трамвая. В результате часть водителей трамвая вынуждена нарушать либо ПТЭ (сокращая дистанцию), либо расписание движения.

Кроме оптимизации локальных режимов работы светофорных объектов, для уменьшения числа сбойных ситуаций и повышения скорости сообщения трамваев необходимо выполнить следующие мероприятия по организации дорожного движения:

- организацию координированного светофорного регулирования, ориентированного не на автомобильное, а на трамвайное движение;
- ликвидацию нерегулируемых пешеходных переходов через трамвайные пути (путем их закрытия или организации светофорного регулирования);
- упорядочение поворотного движения через трамвайные пути (особенно левоповоротного движения на участках с совмещенным полотном);

– ограничение доступа пешеходов на участки обособленного трамвайного полотна (путем установки непрерывных пешеходных ограждений на всем протяжении, кроме перекрестков со светофорным регулированием) для повышения разрешенной скорости движения трамваев на таких участках.

Перечисленные в разделе предложения следует рассматривать как первичные шаги по восстановлению и «реанимации» действующей трамвайной системы, сделать ее более привлекательной для пассажиров, увеличить объемы перевозок и, соответственно, проявить преимущества трамвая как вида транспорта и улучшить показатели ее эффективности.

Однако *развитие* трамвайной системы может выполняться только при условии ее превращения в *полноценный сегмент интегрированной рельсовой пассажирской системы* вместе с метрополитеном и линиями железных дорог, проходящих по территории города.

5. Варианты развития рельсовой пассажирской системы г. Минска

Нормативная база национального уровня, предусматривающая развитие городского электрического транспорта в Республике Беларусь, включает:

- Государственную программу развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы;
- Национальную стратегию устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года;
- Стратегию по снижению вредного воздействия транспорта на окружающую среду Республики Беларусь на период до 2020 года;
- Постановление Совета Министров Республики Беларусь 21.12.2016 № 1061 «Об утверждении национального плана действий по развитию «зелёной» экономики в Республике Беларусь до 2020 года».

Генеральный планом г. Минска (в редакции 2016 г.) предусмотрено сдерживание уровня автомобилизации и развитие системы городского пассажирского транспорта. Намечается к 2030 г. рельсовым электротранспортом Минска (метрополитеном, городской электричкой и трамваем) освоить около 48 % всего объемов перевозок в городе общественным пассажирским транспортом.

«Концепцией повышения качества услуг по перевозке пассажиров транспортом общего пользования в г. Минске на 2015–2020 гг.» предусмотрено, что к 2020 г. доля рельсовых видов транспорта (метрополитен + трамвай) в перевозке пассажиров в г. Минске должна составлять не менее 50 % (в 2016 г. этот показатель составил 43 %).

До 2020 г. ввода новых линий метрополитена в г. Минске не будет, поэтому новых пассажиров необходимо привлекать именно в трамвайную систему за счет улучшения работы всех ее составляющих: инфраструктуры, трамвайных вагонов, подсистемы управления. В Генеральном плане города предусмотрено строительство новых трамвайных линий в радиальных и хордовых направлениях, однако они остаются в виде намерений (в отдельных случаях – в виде проектной документации) уже более 25 лет.

Строительство 1 км трамвайной линии дешевле километра линии метрополитена примерно в 8–10 раз, однако в Минске развитие рельсовой системы реализуется только за счет одной составляющей – метрополитена, что требует огромных для города финансовых ресурсов и «обескровливает» наземный сегмент транспортной системы (не только трамвайную составляющую). Кроме того, землеотвод трамвайных линий постоянно подвергается «атакам» потенциальных застройщиков, а на отдельных участках первоначальные планы по трассировке трамвайных линий уже придется корректировать.

Нагрузка на строящуюся в Минске третью линию метрополитена даже по перспективным расчетным пассажиропотокам не «дотягивает» до значений, при которых оправданными являются затраты на сооружение полностью подземной линии именно в «метрополитеновском» варианте. Даже перспективные (через 20–25 лет) пассажиропотоки на этой линии могли бы обслуживаться скоростным трамваем (LRT), который позволяет работать и на подземных участках (в центре города), и на наземных (после выхода за пределы центральной части). Для линии LRT достаточно сооружения отдельных тоннельных или эстакадных участков (в местах плотной застройки, на пересечении с железнодорожными линиями или крупнейшими магистральными улицами), которые строятся быстрее и дешевле в сравнении с линией в подземном варианте на всем протяжении.

Пути дальнейшего развития рельсовой пассажирской системы Минска необходимо переосмыслить с использованием вариантов реализации не только за счет метрополитена. Обоснованное перераспределение финансовых потоков, возможностей существующих в Минске проектных и строительных организаций позволило бы в более короткие сроки сформировать сбалансированную рельсовую пассажирскую систему (рис. 13).

Пассажирская система в целом может «свернуться» до модели «метро + автобус» с исключением не только трамвайного, но и троллейбусного движения (при этом троллейбусная система г. Минска по количеству маршрутов в 2017 г. стала первой в мире, по другим показателям – второй после г. Москвы).

Рельсовая система с тремя полноценными составляющими обеспечит потребности большего количества жителей в перемещениях по городу с меньшими затратами времени и более высоким уровнем комфорта. Такая система станет «каркасом» всей транспортной системы города, будет способствовать уменьшению доли городских перемещений на личных автомобилях, уменьшит экологическое воздействие транспорта на воздушную среду, повысит дорожную безопасность (за счет снижения интенсивности автомобильного движения). В итоге система мобильности в г. Минске будет в большей степени соответствовать принципам «устойчивого развития».

Поступила 27 декабря 2017 г.

УДК 681.5:001.891.57

Критический взгляд на реорганизацию ГПТ г. Екатеринбурга

С.П. Трофимов, Н.Г. Дружинина, О.Г. Трофимова

В работе проведен анализ проекта реорганизации сети городского пассажирского транспорта г. Екатеринбурга, предложенного фондом «Город.Про», в котором реализуются идеи Дж. Уокера. Приводятся математически обоснованные возражения против данного проекта. Предложен вариант реорганизации сети ГПТ, основанный на пятимодульной концепции, которая предполагает предварительную обработку исходных данных ГПТ, реализацию алгоритмов построения оптимальных маршрутов, идентификацию матрицы корреспонденций пассажиропотока с использованием электронной системы оплаты, моделирование перемещения пассажи-