

СЕМЧЕНКОВ С. С., канд. техн. наук,
ст. преп. кафедры «Транспортные системы и технологии»¹
E-mail: semtschenkow@gmail.com

КОРОЛЬЧУК М. А., магистр,
пер. заместитель директора, гл. инж.²
E-mail: 375298635239@yandex.by

КАПСКИЙ Д. В., д-р техн. наук, проф.,
проф. кафедры «Транспортные системы и технологии»^{1,3}
заместитель Председателя ВАК^{1,3}
E-mail: d.kapsky@gmail.com

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²Ф-л «Трамвайный парк» ГП «Минсктранс», Минск, Республика Беларусь

³Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 04.10.2024

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ПУТЕМ РЕОРГАНИЗАЦИИ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ТРАМВАЯ В Г. МИНСКЕ

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности работы системы рельсового городского пассажирского транспорта на сформированной маршрутной сети, маршруты которой устоялись и трассы неизменны уже много лет. Проведённые авторами исследования позволили выявить проблемные вопросы таких рельсовых систем, сформировать новый подход к выбору подвижного состава и обслуживанию маршрутной сети, на основе которого сформированы предложения и разработан план действий для г. Минска, определена экономическая эффективность предложенных решений. На примере транспортной системы города Минска, с учетом необходимости повышения ее экологичности, а также комфортности и безопасности перевозок, выполнена оценка потенциала рельсового пассажирского транспорта, который предназначен для перевозки больших объемов пассажиров, а также его технического состояния и соответствия современным требованиям надёжности, экономичности и эффективности. Разработана стратегия применения трамваев, разработки технических требований и технического задания на их производство. Выполнена оценка эффективности реализации нового подхода по обслуживанию маршрутной сети трамвая в крупнейшем городе – столице нашей страны. Представленные материалы могут быть полезны широкому кругу читателей, а также специалистам, ведущим исследования и практические разработки в области рельсовых транспортных систем.

Ключевые слова: электрический маршрутный пассажирский транспорт, трамвай, организация движения, рельсовый путь, сочлененные трамваи, эффективность трамвая.

Введение

Маршрутная сеть трамвая г. Минска сформирована, устоялась и неизменна уже много лет. Она представлена двумя линиями, по которым организована работа восьми маршрутов. В качестве подвижного состава используются однотипные трамваи модели АКСМ-60102 (односекционные, трехдверные, длина 15 м, пас-

сажировместимость 121 пасс., работа в составе поездов не предусмотрена конструкцией). Пиковая интенсивность движения трамваев в 08:00 по рабочим дням составляет 34 пар/час на линии в Серебрянку, 35 пар/час на линии в Зеленый Луг и 48 пар/час на участке «пл. Змитрока Бядули–ул. Красная». Пропускная способность линий и отдельных ее узлов

исчерпана, а провозная способность линии ограничена вместимостью применяемого подвижного состава. В то время, когда трамвай, как вид транспорта, ориентирован на перевозку больших объемов пассажиров, исследование показывает, что движение в отдельные дни останавливается на время до 1 ч, что приводит к снижению уровня обслуживания, колоссальным имиджевым и финансовым потерям рельсовой пассажирской системы, дальнейшему оттоку пассажиров. Трамвайная сеть, являясь частью рельсовой пассажирской системой, рассчитана на перевозку большого числа пассажиров (освоения высоких пассажиропотоков), и эффективна тогда, когда перевозит большие объемы пассажиров. С падением пассажиропотоков падает эффективность функционирования трамвайной сети, а любой вид маршрутного пассажирского транспорта популярен и пользуется спросом у пассажиров только тогда, когда является надежным, бесперебойным, быстрым и комфортным. В связи с чем актуальным является реорганизация маршрутов движения и режимов их работы, выбор подвижного состава на разработанных маршрутах и разработка нового подхода к обслуживанию маршрутной сети трамвая в г. Минске, который будет представлен далее. Актуальность работы подчеркивается тем, что для повышения мобильности в городах в соответствии с экологическими целями в городском движении трамвай становится все более важным видом транспорта. Более того, вопросы совершенствования работы городской наземной рельсовой пассажирской системы (трамвая) важны не только для г. Минска, но и для других городов страны.

Анализ состояния вопроса

Рельсовые наземные пассажирские системы Беларуси имеют большую 126-летнюю историю, которая берет свое начало в 1898 г. с открытия трамвайного движения в г. Витебске. Затем в 1929 г. трамвайное движение было открыто в г. Минске, в 1974 г. – в г. Новополоцке и в 1988 г. – в г. Мозыре. Примечательно, что Беларусь имеет опыт не только эксплуатации, но и производства электрических рельсовых пассажирских транспортных средств, которое организовано на двух предприятиях страны. Однако сложившаяся ситуация вокруг рельсовой системы г. Минска показала некоторые проблемы надежности и эффективности [1].

Также стоит отметить, что еще в 2012 году трамваем в Минске перевозилось более 40 млн пассажиров, на сегодняшний день число перевозимых пассажиров сократилось почти в двое.

Кроме роста автомобилизации, на уменьшение объемов перевозок пассажиров трамваями влияют следующие факторы: снижение скорости сообщения на трамвайных линиях; снижение надежности сообщения на трамвайных линиях, большое количество задержек движения длительность их ликвидации; недостаточный уровень комфортабельности поездок в сравнении с другими видами наземного транспорта (в первую очередь высокий уровень пола); недостаточный уровень интеграции с другими видами транспорта внутри общей системы городского пассажирского транспорта; длительные закрытия трамвайных линий (на ремонты и т. п.) с заменой трамвайного движения долговременными автобусными маршрутами, отучающими пассажиров от трамвая как вида транспорта.

Статистические данные показывают, что эксплуатационная скорость трамвая за декабрь 2023 г. составила 14,70 км/ч. В 2023 г. с участием трамваев произошло ~120 дорожно-транспортных происшествий (по вине водителей постороннего транспорта более 90), в т. ч. 6 учетных (по вине водителей трамвая учетных ДТП нет).

По состоянию на 01.06.2024 г. в г. Минске эксплуатируется 128 трамвайных вагонов, в том числе 122 односекционных трамвая АКСМ-60102, 1 сочлененный АКСМ-743, 5 сочлененных АКСМ-843. Все трамваи изготовлены на заводе «Белкоммунмаш» в г. Минске. Трамвай АКСМ-60102 длиной 15 м имеют номинальную пассажировместимость 121 человек (из расчета размещения пассажиров, которые едут стоя, с плотностью 5 пасс/м.кв.). Уровень пола – высокий, количество дверей – три. Заводом-изготовителем не предусмотрена возможность эксплуатации таких трамваев в составе поездов из двух и более вагонов. Трамвай АКСМ-743 длиной 26 м имеет номинальную пассажировместимость 184 человека, изготовлен в 2001 г. в единственном экземпляре. Уровень пола – низкий, количество дверей – четыре двусторонних + одна уменьшенной ширины. Трамвай АКСМ-843 длиной 26 м имеют номинальную пассажировместимость 176 человек, изготовлены в 2009–2012 гг. Уровень пола – низкий, расположение дверей – двустороннее, количество дверей с каждой стороны – три. Трамваи имеют две кабины водителя для возможности работы на участках без разворотных колец. Имеющийся в г. Минске подвижной состав устарел морально и физически (86 % трамвайных вагонов полностью выработало свой ресурс), необходимо обновление парка новым современным

подвижным составом, отвечающим требованиям надежности, экономичности и эффективности. Необходим выбор стратегии применения транспортных средств, разработка технических требований и технического задания на их производство.

Трамвайная система Минска электрифицирована постоянным током напряжением 550 В

на токоприемнике и 600 В на шинах подстанции. Электроснабжение централизованное, большинство тяговых подстанций совмещено с троллейбусными. Для рельсового пути принята ширина колеи 1524 мм [2, 3].

На рис. 1 приведена схема маршрутной сети трамвая г. Минска.

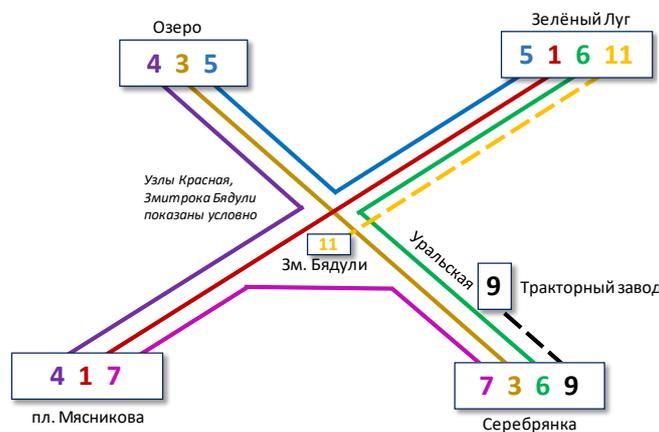


Рисунок 1 – Схема маршрутной сети трамвая г. Минска

В табл. 1 представлены сведения о выпуске подвижного состава на линию по рабочим дням. Стоит обратить внимание на то, что 5 маршрутов (№ 1, 3, 4, 5, 6) работают по всем дням недели, один маршрут (№ 7) работает с понедельника по пятницу и два маршрута (№ 9, 11) работают с понедельника по пятницу в часы «пик».

Таблица 1 – Выпуск подвижного состава на линию по рабочим дням, ед.

Маршрут №	08:00	13:00	18:00	21:00	23:00
1	12+1*	9	12+1*	10	5
3	22	8	20	11	7
4	5	4	5	4	3
5	5	4	5	5	3
6	24	18	22	17	8
7	7	7	7	7	5
9	4		4		
11	7+2*		4+2*		
Итого	86+3*=89	50	79+3*=82	54	31

* Трамвай АКСМ-843 (сочлененный, 26 м)

Основные характеристики интенсивности движения на участках существующей маршрутной сети сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Интенсивность движения, пар/час

Линия	08:00	13:00	18:00	21:00	23:00
Серебрянка	34	18	32	19	11
Уральская	29	18	27	19	11
Мясникова	17	13	17	14	9
Зелёный Луг	35	18	31	19	10
Озеро	20	10	19	13	8

Сведения об интервалах движения на маршрутах представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Интервалы движения трамваев на маршрутах, мин.

Маршрут №	08:00	13:00	18:00	21:00	23:00
1	7	10	7	9	18
3	5	14	5	10	15
4	16	20	16	20	27
5	16	20	16	16	27
6	5	7	5	7	15
7	14	14	14	14	20
9	11	–	11	–	–
11	6	–	9	–	–

Существующие интервалы на маршрутах, проходящих по одинаковым участкам линий, значительно различаются (так, интервалы маршрутов в Зеленом Луге: 5, 6, 7, 16 мин., в Серебрянке: 5, 11, 14 мин.). Из-за большого разнообразия маршрутных интервалов в составленных расписаниях постоянно присутствует «Эффект Нониуса» (эффект неравномерного отправления трамваев разных маршрутов, следующих по одной линии). Эффект выражается в том, что трамваи различных маршрутов с некратными интервалами следуют «пачками» с интервалом 1 мин., после чего возникает ~10-минутный «провал» и т. д. [4, 5].

Формирование нового подхода к обслуживанию маршрутной сети

Исследование работы трамвайной системы г. Минска позволило классифицировать маршруты по функциональному назначению и выде-

лить среди них основные, вспомогательные и дополнительные. Так, маршруты № 1, 3, 6 следует отнести к основным, образующим ядро маршрутной сети, маршрутам, осуществляющим устойчивые связи по наиболее напряженным направлениям. Маршруты № 4, 5, 7 являются вспомогательными и поддерживают беспересадочные связи между отдельными районами города. Маршруты № 9, 11 являются дополнительными и предназначены для усиления отдельных линий в пиковое время в наиболее пассажиронапряженные сезоны года. Реализация нового подхода предполагает выбор для использования двух типоразмеров подвижного состава и четкое разделение маршрутов по типу эксплуатируемого подвижного состава [6]. Выбор типоразмеров подвижного состава основан на исследовании различных компоновок подвижного состава, их технических особенностей и основных эксплуатационных характеристик. Так, проведенные исследования позволили выбрать для использования в г. Минске одиночные и сочлененные трамваи.

Необходимо признать, что полностью низкопольные трамваи длиной $15,5 \pm 1,0$ м не получили широкого распространения в мировой практике. На сегодняшний день производство таких трамваев сконцентрировано на территории стран СНГ. Стоит отметить, что интересные решения реализованы фирмами Pragoimex (Чехия) и Modertrans (Польша), однако эти трамваи не были запущены в массовое производство в связи с отсутствием спроса на оди-

ночные трамвайные вагоны в связи с высокой востребованностью сочлененного подвижного состава. Все компоновки вагонов данного типа аналогичны, кузов опирается на две моторные поворотные тележки. Принципиальное различие состоит только в типе применяемой тележки и расположением на ней элементов тяговой передачи:

– УКВЗ, УВЗ, Белкоммунмаш – внешнее расположение редуктора, который увеличивает боковой габарит тележки и предъявляет повышенные требования к обустройству и содержанию рельсового пути, в то же время в салоне нет выступов, обеспечивается постоянная ширина прохода;

– ПКТС, Pragoimex, Modertrans – внутреннее расположение редуктора, в салоне есть выступы для редуктора, что несколько уменьшает ширину прохода между сиденьями по левому и правому бортам.

На рис. 2 представлена компоновка одиночного трамвайного вагона, выполненного в одностороннем исполнении, имеющего четыре двери (две двустворчатые и две одностворчатые), большие накопительные площадки напротив дверей. Выбранная компоновка соответствует полностью низкопольному вагону на двухмоторных тележках. Компоновка вагона соответствует классической для одиночного вагона, обеспечивает должные условия вписывания вагона в кривые при полном использовании сцепного веса.

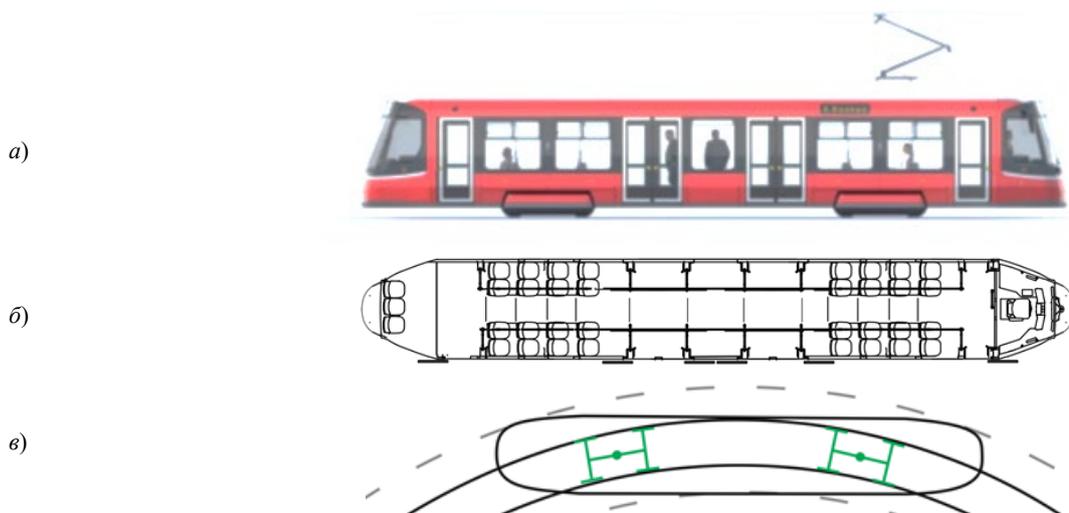


Рисунок 2 – Компоновка сочлененного трамвайного вагона:

a – внешний вид трамвайного вагона; *б* – планировка салона; *в* – вписывание в кривые

Среди сочлененных трамваев следует выделить компоновки низкопольных вагонов с поворотными тележками вне узлов сочленения, с поворотными тележками и тележками под узлами сочленения, вагоны с поворотными те-

лежками и средней секцией на неповоротной тележке, низкопольные сочлененные вагоны на неповоротных тележках, комбинированные решения (крайние тележки поворотные, внутренние неповоротные) и бестележечные реше-

ния. Наибольший интерес представляет компоновка, которая обладает наибольшей удельной вместимостью из расчета на 1 м длины вагона, имеет наибольший коэффициент вместимости по отношению к базовой модели, имеет коэффициент длины, «гармонично» пропорциональный коэффициенту вместимости. Выбор компоновки для г. Минска, был проведен на основе данных критериев.

На рис. 3 представлена компоновка сочлененного трамвайного вагона, выполненного

в одностороннем исполнении, имеющего пять двухстворчатых дверей, большие накопительные площадки напротив каждой двери. Выбранная компоновка соответствует полностью низкопольному вагону на четырех моторных тележках, обеспечивающих полное использование сцепного веса вагона. Компоновка вагона и наличие четырех поворотных тележек обеспечивают рациональные параметры вписывания вагона в кривые.

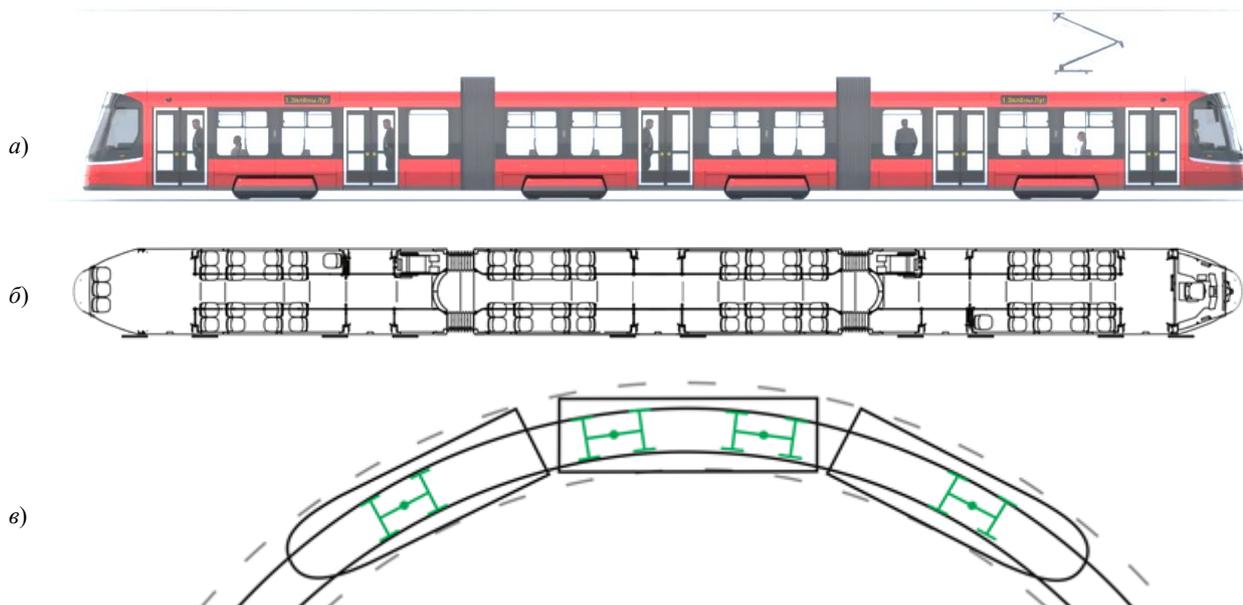


Рисунок 3 – Компоновка сочлененного трамвайного вагона:
а – внешний вид трамвайного вагона; б – планировка салона; в – вписывание в кривые

По своей сути сочлененный трамвайный вагон выбранной компоновки за счет применения поворотных тележек и их взаимного расположения (принцип формирования данного вагона

представлен на рис. 4) обеспечивает рациональное безударное вписывание вагона в кривые малого радиуса.

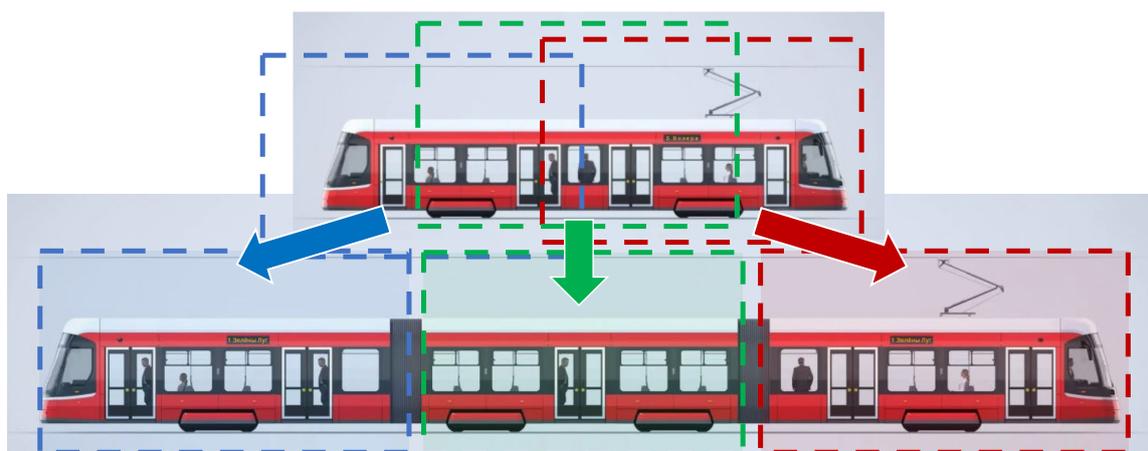


Рисунок 4 – Принцип формирования сочлененного трамвайного вагона

Четкое разделение маршрутов по типу эксплуатируемого подвижного состава состоит в том, что сочлененные трамваи (длина 33,5 м, вместимость 260 пасс.) используются только

для маршрутов № 1, 3, 6, а одиночные трамваи (длина 16,5 м, вместимость 112 пасс.) используются только для маршрутов № 4, 5, 7, 9, 11.

Маршруты № 1, 3, 6 являются наиболее нагруженными, обслуживаются исключительно сочлененными трамваями, являются «основными» и образуют ядро маршрутной сети [7]. Предложенный подход к обслуживанию маршрутной сети обеспечивает равный «сетевой» интервал на участках линии и равномерную наполняемость вагонов. На рис. 4 представлена схема основных маршрутов, обслуживаемых сочлененным подвижным составом, с интервалами движения на них. В соответствии с предлагаемой схемой составлено расписание движения. В табл. 4 представлены данные о выпуске сочлененных трамваев на линию по характерным периодам суток, в табл. 5 приведены интервалы движения сочлененных трамваев, а на рис. 5 представлен фрагмент составленного расписания.

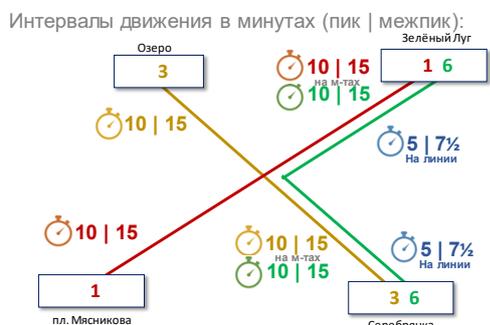


Рисунок 4 – Схема основных маршрутов, обслуживаемых исключительно сочлененным подвижным составом на протяжении всего дня

Таблица 4 – Выпуск сочлененных трамваев на линию по рабочим дням

Маршрут №	08:00	13:00	18:00	21:00	23:00
1	9	6	9	6	5
3	11	7	11	7	6
6	12	8	12	8	6
Итого	32	21	32	21	17

Таблица 5 – Интервалы движения сочлененных трамваев по рабочим дням

Маршрут №	08:00	13:00	18:00	21:00	23:00
1	10	15	10	15	20
3	10	15	10	15	20
6	10	15	10	15	20

При коэффициенте выпуска 0,79 необходимо 40 сочлененных вагонов вместимостью 260 пасс.

№ 1 со ст. Зелёный Луг	№ 6 со ст. Зелёный Луг
07:00 10:20 30:40 50	07:05 15:25 35:45 55
08:00 10:20 30:40 50	08:05 15:25 35:45 55
09:00 15:30:45	09:08 23:38 53
10:00 15:30:45	10:08 23:38 53
11:00 15:30:45	11:08 23:38 53

Рисунок 5 – Фрагмент расписания (время отправления по минутам)

Маршруты № 4, 5, 7, 9, 11 обслуживаются исключительно одиночными трамваями. Маршруты № 4, 5, 7 носят вспомогательный характер по отношению к «основным», обслуживаемым сочлененными трамваями. Маршруты № 9, 11 дополнительно усиливают линии в пиковое время в осенне-зимний период.

На рис. 6 представлена схема вспомогательных и дополнительных маршрутов, обслуживаемых одиночным подвижным составом (с указанием интервалов движения на вспомогательных маршрутах). В соответствии с предлагаемой схемой также составлено расписание движения.

Интервалы движения в минутах (пик | межпик):

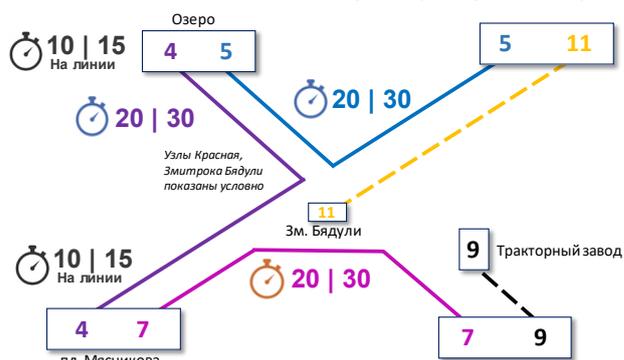


Рисунок 6 – Схема вспомогательных и дополнительных маршрутов, обслуживаемых исключительно одиночным подвижным составом

В табл. 6 представлены данные о выпуске одиночных трамваев на линию по характерным периодам суток, а в табл. 7 приведены интервалы движения одиночных трамваев.

Таблица 6 – Выпуск одиночных трамваев на линию по рабочим дням

Маршрут №	08:00	13:00	18:00	21:00	23:00
4	4	3	4	3	2
5	4	3	4	3	2
7	5	4	5	4	3
9	4		2		
11	6		4		
Итого	23	10	19	10	7

При коэффициенте выпуска 0,79 необходимо 30 одиночных вагонов вместимостью 112 пасс. Таким образом, для обслуживания маршрутной сети понадобится 70 вагонов.

Таблица 7 – Интервалы движения одиночных трамваев по рабочим дням

Маршрут №	08:00	13:00	18:00	21:00	23:00
4	20	30	20	30	40
5	20	30	20	30	40
7	20	30	20	30	40
9	10		20		
11	10		15		

Оценка основных параметров предложенного варианта

Для оценки основных параметров определена приведенная интенсивность движения трамваев по участкам линий. Интенсивность движения приведена по вместимости к трамваю АКСМ-60102 (для возможности корректного сравнения существующего и проектируемого решений) и сведена в табл. 8.

Как видно из таблицы, приведенная к вместимости трамвая АКСМ-60102 интенсивность движения по линиям в случае применения но-

вого подхода с рациональным использованием сочлененных трамваев эквивалентна. Объем выполняемой транспортной работы неизменен. Но для выполнения этого объема работы необходимо меньшее количество трамваев и меньшее число водителей, пробег подвижного состава сокращается на 44 %.

Абсолютная интенсивность движения подвижного состава приведена в табл. 9.

Таблица 8 – Приведенная интенсивность движения, пар/час

Линия	Существующая маршрутная сеть				Предложенная маршрутная сеть			
	08:00	13:00	18:00	21:00	08:00	13:00	18:00	21:00
Серебрянка	34	18	32	19	34	19	31	19
Уральская	29	18	27	19	29	19	29	19
Мясникова	17	13	17	14	18	13	18	13
Зеленый Луг	35	18	31	19	34	19	32	19
Озеро	20	10	19	13	19	13	19	13

Таблица 9 – Абсолютная интенсивность движения, пар/час

Линия	Существующая маршрутная сеть				Предложенная маршрутная сеть			
	08:00	13:00	18:00	21:00	08:00	13:00	18:00	21:00
Серебрянка	34	18	32	19	20	10	18	10
Уральская	29	18	27	19	15	10	15	10
Мясникова	17	13	17	14	12	9	12	9
Зеленый Луг	35	18	31	19	21	10	19	10
Озеро	20	10	19	13	12	8	12	8

Таблица 10 – Выпуск подвижного состава на линию по рабочим дням, ед.

Маршрут №	08:00	13:00	18:00	21:00	23:00
Сочлененные трамваи					
1	9	6	9	6	5
3	11	7	11	7	6
6	12	8	12	8	6
Итого (сочлененные)	32	21	32	21	17
Одиночные трамваи					
4	4	3	4	3	2
5	4	3	4	3	2
7	5	4	5	4	3
9	4		2		
11	6		4		
Итого (одиночные)	23	10	19	10	7
Всего	55	31	51	31	24
В сравнении с существующим вариантом	-34	-19	-31	-23	-7

Благодаря осознанному применению сочлененных трамваев абсолютная интенсивность движения снижается (до 42 % по наиболее пассажиронапряженным линиям), что создает бла-

гоприятные условия для: создания равномерной нагрузки на подвижной состав; снижения нагрузки на улично-дорожную сеть; организации приоритетного движения трамваев; повышения безопасности их движения (прогнозируется снижение количества ДТП на 44 %).

Оценка экономической эффективности проведена в сравнительном анализе двух сценариев обновления подвижного состава: сценарий 1 предполагает обновление парка подвижного состава одиночными трамваями без изменения подхода к обслуживанию маршрутной сети, сценарий 2 отражает предлагаемый новый подход, основанный на использовании двух типоразмеров подвижного состава и четком маршрутов на сформированной маршрутной сети трамвая на основные, обслуживаемые исключительно сочлененным подвижным составом, вспомогательные, обслуживаемые исключительно одиночным подвижным составом и дополнительные, обслуживаемые также одиночным подвижным составом [8]. Сведения о необходимом количестве подвижного состава по сравниваемым сценариям приведены в табл. 11.

Таблица 11 – Сведения о необходимом количестве нового подвижного состава

Наименование показателя	Сценарий 1 «Обновление одиночными трамваями», ед.	Предлагаемый сценарий 2 «Новый подход», ед.	Сравнение сценариев, ед.	%
Необходимое количество подвижного состава	123	70	-53	-43%
в т.ч. одиночного сочлененного	123	30	-93	-
	-	40	40	-

Оценка экономической эффективности предлагаемых решений построена также на сравнении двух сценариев и сопоставлении капиталовложений в приобретение нового подвижного состава, а также на сравнение

наиболее значимых статей эксплуатационных затрат на расчетный срок эксплуатации новых вагонов, определенный для расчетов в 20 лет [9, 10].

Таблица 12 – Оценка экономической эффективности предлагаемых решений

Наименование показателя	Сценарий 1 «Обновление одиночными трамваями», ед.	Предлагаемый сценарий 2 «Новый подход», ед.	Сравнение сценариев, бел. руб.	%
Стоимость подвижного состава	467 400 000	350 000 000	-117 400 000	-25%
в т.ч. одиночного сочлененного	467 400 000	114 000 000	-353 400 000	-
	0	236 000 000	236 000 000	-
Эксплуатационные затраты* в текущих ценах и ставках** (из расчета срока эксплуатации вагонов 20 лет):	294 656 142	177 047 989	-117 608 153	-40%
в т.ч. на электроэнергию	86 225 460	60 628 453	-25 597 007	-30%
на заработную плату водителей (с отчислениями в ФСЗН)	200 377 309	112 231 305	-88 146 004	-44%
на заработную плату сотрудников отдела перевозок (с отчислениями в ФСЗН)	5 365 440	2 682 720	-2 682 720	-50%
на подготовку водителей	2 687 933	1 505 511	-1 182 422	-44%
Итого:	762 056 142	527 047 989	-235 008 153	-31%

* при определении эксплуатационных затрат не производились расчеты по снижению затрат от уменьшения объема ТО и Р сочлененного подвижного состава

** без учета инфляции и запланированного роста реальной заработной платы

Заключение

Республика Беларусь имеет более чем 125-летнюю историю эксплуатации рельсовых пассажирских систем, представленных в 4-х городах страны (Витебске, Минске, Новополоцке, Мозыре). Рельсовые системы имеют большой потенциал, предназначены для перевозки больших объемов пассажиров. Имеющиеся на сегодня трамваи в г. Минске устарели морально и физически (86 % трамвайных вагонов полностью выработало свой ресурс), необходимо обновление парка новыми современными трамваями, отвечающими требованиям надежности, экономичности и эффективности. Данные факторы обусловили необходимость выбора стратегии применения трамваев, разработки технических требований и технического задания на их производство. Реализация нового подхода к обслуживанию маршрутной сети трамвая позволит:

1. Выполнять нужный объем транспортной работы меньшим количеством подвижного состава.

2. Сократить пробег подвижного состава на 40 %.

3. Снизить интенсивность движения на наиболее напряженных линиях на 42 %.

4. Повысить безопасность движения, снизить количество ДТП на 44 %.

5. Четко разделить маршруты по типу эксплуатируемого подвижного состава.

6. Установить удобные для пассажиров равные и кратные интервалы движения.

7. Создать благоприятные условия для организации приоритетного движения трамваев.

8. Снизить расходы на приобретение подвижного состава на 117 400 000 BYN (-25 %).

9. Снизить эксплуатационные затраты (в расчете на 20-летний срок) на 117 608 153 BYN (-40 %).

10. Суммарная экономия при применении нового подхода составит 235 008 153 BYN (-31 %).

Литература

1. Маршрутный транспорт городов Полоцка и Новополоцка: эффективность и тенденции развития / Д. В. Капский [и др.] – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 308 с.

2. Правила технической эксплуатации трамвая : утверждены приказом Министра жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь 03.09.1996 № 101. – Минск : Белинкоммаш, 1996. – 100 с.

3. СН 3.03.02–2019. Трамвайные и троллейбусные линии : издание официальное : дата введения 2019-12-16. – Минск : Стройтехнорм, 2020. – IV. – 57 с.

4. Планирование устойчивой городской мобильности : монография / И. Н. Пугачев [и др.]. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2023. – 147 с.

5. Капский, Д. В. Организация дорожного движения с учетом электрического маршрутного пассажирского транспорта / Д. В. Капский, С. С. Семченков, Е. Н. Кот // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. – 2021. – № 2(65). – С. 66–77.

6. Семченков, С. С. Повышение эффективности работы маршрутного пассажирского транспорта применением секторального метода / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Транс-

порт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии : сб. науч. статей / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : С. В. Харитончик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – Вып. 3. – С. 170–185.

7. Семченков, С. С. Снижение непродуктивных затрат маршрутного пассажирского транспорта секторальным методом / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2022. – № 3. – С. 85–90.

8. Семченков, С. С. Секторальный метод повышения эффективности маршрутного пассажирского транспорта / С. С. Семченков, Д. В. Капский, А. О. Лобашов // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1. – С. 64–73.

9. Эстетика на железнодорожном транспорте: ред. В. И. Сергеева. – Москва : «Транспорт», 1977. – 376 с.

10. ТКП 314–2011. Техническое обслуживание и ремонт городского электрического транспорта. Нормы и правила проведения : издание официальное : дата введения 2011-09-01. – Минск : Транстехника, 2012. – IV. – 48 с.

SEMTCHENKOV S., Ph. D. in Eng.,
Senior Lecturer at the Department of Transport Systems and Technologies¹
E-mail: sergej.semtschenkow@gmail.com

KOROLCHUK M., Master's degree
First Deputy Director – Chief Engineer²
E-mail: 375298635239@yandex.by

KAPSKI D., Doctor of Technical Sciences, Prof.,
Prof. at the Department of Transport Systems and Technologies¹,
Deputy Chairman of the Higher Attestation Commission³
E-mail: d.kapsky@gmail.com

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

²Tram Park branch of the State Enterprise Minsktrans, Belarus

³Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Received 04 October 2024

IMPROVING THE EFFICIENCY OF URBAN PASSENGER TRANSPORT BY REORGANIZING THE TRAM ROUTE NETWORK IN MINSK

The article discusses the issues of improving the efficiency of the rail cities passenger transport system on the formed route network, the routes of which have been established and the routes have been unchanged for many years. The research conducted by the authors made it possible to identify problematic issues of such rail systems, to form a new approach to the choice of rolling stock and maintenance of the route network, on the basis of which proposals were formed and an action plan for Minsk was developed, the economic efficiency of the proposed solutions was determined. Using the example of the transport system of the city of Minsk, taking into account the need to improve its environmental friendliness, as well as the comfort and safety of transportation, an assessment was made of the potential of rail passenger transport, which is designed to transport large volumes of passengers, as well as its technical condition and compliance with modern requirements for reliability, economy and efficiency. A strategy for the use of trams, development of technical requirements and technical specifications for their production was developed. An assessment was made of the effectiveness of the implementation of a new approach to servicing the tram route network in the largest city - the capital of our country. The presented materials can be useful to a wide range of readers, as well as to specialists conducting research and practical developments in the field of rail transport systems.

Keywords: *electric route passenger transport, tram, traffic management, rail track, articulated trams, tram efficiency.*

Литература

1. Маршрутный транспорт городов Полоцка и Новополоцка: эффективность и тенденции развития / Д. В. Капский и др. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 308 с.

2. Правила технической эксплуатации трамвая : утверждены приказом Министра жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь 03.09.1996 № 101 – Минск : Белинкоммаш, 1996. – 100 с.

3. СН 3.03.02–2019. Трамвайные и троллейбусные линии : издание официальное : дата введения 2019-12-16. – Минск: Стройтехнорм, 2020. – IV, 57 с.

4. Планирование устойчивой городской мобильности : монография / И. Н. Пугачев, А. О. Лобашов, С. С. Семченков, Е. Н. Кот, Д. В. Капский, С. В. Богданович. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2023. – 147 с.

5. Капский, Д. В. Организация дорожного движения с учетом электрического маршрутного пассажирского транспорта / Д. В. Капский, С. С. Семченков, Е. Н. Кот // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. – 2021. – № 2(65). – С. 66–77.

6. Семченков, С. С. Повышение эффективности работы маршрутного пассажирского транспорта применением секторального метода / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии : сб. науч. статей / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : С. В. Харитончик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – Вып. 3. – С. 170–185.

7. Семченков, С. С. Снижение непродуктивных затрат маршрутного пассажирского транспорта секторальным методом / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Вестн. Полоц. гос. ун-та.

Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2022. – № 3. – С. 85–90.

8. Семченков, С. С. Секторальный метод повышения эффективности маршрутного пассажирского транспорта / С. С. Семченков, Д. В. Капский, А. О. Лобашов // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1–2(80). – С. 64–73.

9. Эстетика на железнодорожном транспорте: ред. В. И. Сергеева. – Москва: «Транспорт», 1977 — 376 с.

10. ТКП 314–2011. Техническое обслуживание и ремонт городского электрического транспорта. Нормы и правила проведения : издание официальное : дата введения 2011-09-01. – Минск : Транстехника, 2012. – IV. – 48 с.

УДК 656.13

ЛЕБЕДЕВА М.Р., магистрант,
кафедра «Транспортные системы и технологии»
E-mail: replika1999@inbox.ru

ЛОБАШОВ А.О., д-р техн. наук, проф.,
зав. каф. «Транспортные системы и технологии»
E-mail: lobashovao@bntu.by

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 25.10.2024

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В ГОРОДЕ МИНСКЕ: ТЕНДЕНЦИИ И ФАКТОРЫ РИСКА

Статья посвящена анализу статистики дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в Минске за период с 2014 по 2023 год, с целью выявления основных тенденций и факторов риска, влияющих на безопасность дорожного движения. Актуальность проблемы обусловлена увеличением автомобильного потока и изменением структуры движения, что приводит к росту числа ДТП, особенно в зонах с высокой плотностью застройки. В статье рассматриваются динамика аварийности, причины происшествий и различные категории ДТП, такие как столкновения транспортных средств и наезды на пешеходов. Анализ данных показал, что количество погибших в ДТП имеет тенденцию к снижению, особенно в последние два года, несмотря на колебания в предыдущие годы. Основные виды ДТП, согласно статистике, составляют столкновения (около 50 %) и наезды на пешеходов (около 30 %), что указывает на необходимость улучшения пешеход-