**Метротрамвай**

В. А. Мнацаканов, к. т. н.

Метротрамвай — самый скоростной и самый удобный городской транспорт ХХI века, соединивший в себе преимущества метро и трамвая.

Трамвай как транспортная технология появился более 100 лет назад. И сразу получил всеобщее признание. Со временем на городских улицах ему стали выделять обособленное пространство для движения. На обособленном полотне он развивал большие скорости сообщения (20—25 км/ч) и демонстрировал высокую провозную способность (8—10 тыс. пасс. в час). За это его стали называть «скоростной трамвай».

Но золотой век трамвая продолжался не более 50 лет. На смену ему явился частный автомобиль. Он опередил трамвай по скорости, комфорту, удобству и индивидуальности поездки. Под его напором большая часть наземных трамвайных линий в городах постепенно была снята. А скоростной трамвай стали помещать под землю и называть «метрополитеном». Подземный тоннель, как защищенная среда перемещения, оборудованная сигнализацией и автоблокировкой, сделал движение вагонов метрополитена более безопасным. А подземные станции позволили экономить городскую территорию, что важно при прокладке трасс в центре городов. Однако со временем выяснилось, что использование подземных тоннелей и станций только как пассивных средств повышения безопасности движения и экономии городской территории не везде себя окупает. Стоимость содержания пассивных тоннелей, дорогостоящих подземных станций, переходов и эскалаторов составляет основную долю в стоимости поездки. И год от года она только увеличивается. А спуски (и подъемы) на эскалаторах к подземным станциям резко сокращают среднюю скорость передвижения пассажира по городу и повышают его усталость от поездки.

В конце прошлого века началось возрождение трамвая. Причем вызвано оно было причинами прямо противоположными тем, из-за которых он исчез. Трамвай, когда-то подвергшийся каре за то, что мешал автомобилю, стали восстанавливать, чтобы… создать альтернативу его (автомобиля) доминированию /1/.

Современные вагоны трамвая и метро заметно превосходят своих давних предшественников по комфорту, безопасности и скорости передвижения. Но и они никак не могут выиграть у автомобиля битву за пассажира. Одна из причин этому состоит в том, что при прокладке новых линий трамвая и метро проектировщики придерживаются старой аксиомы, что вагоны должны перемещать пассажиров только в горизонтальной плоскости, а вертикальные перемещения пассажир должен выполнять самостоятельно, с помощью ступенек или эскалаторов. «Горизонтальная аксиома» по-прежнему остается препятствием, не позволяющим городскому рельсовому транспорту потеснить позиции автомобиля и начать постепенно, шаг за шагом, качественно по новому решать транспортные проблемы крупных городов.

Новая транспортная технология «Метротрамвай» способна помочь традиционному городскому рельсовому транспорту в его соперничестве с автомомбилем. Она объединяет в себе преимущества, которыми по отдельности обладают трамвай и метрополитен.

И не ограничивает себя горизонтальной аксиомой. За счет этого у метротрамвая появляются новые, полезные для градостроителей и исключительно привлекательные для пассажиров свойства.

Трамвай — это технология наземного горизонтального перемещения вагонов с находящимися в них пассажирами. Метро — это технология подземного горизонтального перемещения вагонов с находящимися в них пассажирами и подземно-наземного вертикально-горизонтального перемещения эскалаторов со стоящими на них пассажирами. Метро — это два вида транспорта, соединенные вместе: подвижная часть одного из них — вагоны, другого — эскалаторы. Эскалаторы имеют большую мощность и высокую провозную способность. Они перевозят то же количество пассажиров, что и вагоны, и совершают огромную транспортную работу.

Метротрамвай — это технология подземно-наземного горизонтально-вертикального перемещения вагонов с находящимися в них пассажирами. Она исключает из технологии «метро» вертикально-горизонтальную составляющую в виде эскалаторов. Роль эскалаторов выполняют сами вагоны. Принципиальная схема работы метротрамвая представлена на Рис. 1:

Рис. 1. Скоростная городская транспортная система.

1 — подземный тоннель

2, 3 — наземные тоннели

4, 5 — наклонные плоскости

6, 7 — электроподвижной состав

8 — основные рельсовые пути

9, 10, 11, 12 — дополнительные рельсовые пути

13 — уровень пола платформы наземной станции и примыкающего к ней пешеходного тротуара

h — высота спуска или подъема

m — разница уровней 10 и 13

Станции метротрамвая располагаются на поверхности земли и не являются столь дорогостоящими по строительству и содержанию как станции метрополитена. А его тоннели необычной конфигурации не ведут себя пассивно, а непрерывно «работают», помогая вагонам выезжать из-под земли на наземные станции, и многократно окупают этим стоимость своей постройки и содержания. Они обеспечивают огромную (до 50%) экономию электроэнергии на тягу, практически вдвое (по сравнению с метро) повышают скорость передвижения пассажира по городу, сокращают транспортную усталость от поездки, облегчают пассажирам … посадку и высадку из вагонов. Такая активная позиция тоннелей обеспечивает им качественно новое место в рамках транспортной технологии.

Экономичность поездки. Посадку и высадку пассажиров метротрамвай производит на поверхности земли. Для основного движения он спускается по наклонному тоннелю в подземный тоннель и передвигается там как метропоезд.

Проехав по подземному тоннелю 500—1500 м, он вновь оказывается в наклонном тоннеле. По нему он за счет инерции поднимается на поверхность земли и высаживает пасажиров на наземной станции, прямо у выхода в город, не заставляя их самих бродить по подземным вестибюлям и подниматься вверх по эскалаторам.

Во время подъема метротрамвай экономит электроэнергию на движение: кинетическая энергия, которой он обладал перед подъемом на поверхность земли, в процессе самого подъема превращается в потенциальную энергию. А потенциальная энергия на следующем перегоне вновь используется метротрамваем для движения. За счет этого метротрамвай при вдвое большей скорости перевозки пассажира по городу тратит на его поездку в два раза меньше электроэнергии, чем метропоезд. А значит и стоимость поездки на нем может быть значительно меньше.

Метротрамваю не нужны столь мощные двигатели и столь мощное тяговое электрооборудование как вагону метро. При спуске с наземной станции в подземный тоннель глубиной 15 м метротрамвай за счет движения под уклон без помощи двигателей способен развить скорость около 60 км/ч. И все же помощь двигателей метротрамваю потребуется, чтобы обеспечить разгон вагонов до скоростей 80—90 км/ч и по сравнению с метро еще более повысить скорость сообщения между соседними станциями.

Комфортабельность поездки. Формы кривых спуска и подъема метротрамвая в подземный тоннель и из тоннеля выбраны исходя из условий комфорта для пассажиров и недопустимости возникновения у них ощущений «морской болезни». Уклоны спусков и подъемов (100—120‰) не превосходят стандартов, допустимых для трамвайных вагонов. А вертикальные ускорения, воздействующие на пассажиров, не превосходят аналогичных ускорений, возникающих при подъемах и спусках на лифте. Во время спуска вагона в подземный тоннель по наклонному тоннелю на пассажира одновременно действуют две силы. Одна из них из-за наклона вагона на спуске наклоняет пассажира вперед. Другая — это сила инерции, отклоняет его назад. Эти две силы взаимно компенсируют друг друга и пассажир чувствует себя при движении в метротрамвае по наклонному пути более комфортно, чем при движении в трамвае или метро по горизонтальному пути. Такой же эффект более мягкого восприятия пассажиром изменений скорости возникает и во время подъема метротрамвая по наклонному тоннелю на наземную станцию.

В скоростных поездах применяют системы бокового наклона кузова в кривых участках пути для исключения воздействий на пассажира повышенных нагрузок. Аналогичные системы продольного наклона кузова могут быть применены на метротрамвае для сглаживания воздействий на пассажира профиля пути в вертикальной плоскости. Они способны не только ослабить их незначительное влияние на пассажира, но и практически полностью лишить его возможности отличать движение по горизонтальному пути от движения по профилю «метротрамвай». Подобный эффект наблюдается, например, в скоростном лифте, когда при вертикальных перемещениях его кабины пассажир не только не испытывает неприятных ощущений, но зачастую не понимает на какой этаж он уже так быстро приехал.

Во время спуска или подъема метротрамвай проезжает 100—150 м и затрачивает на спуск (подъем) 10—15 сек. Движение в подземном тоннеле при расстоянии между станциями 1000—1700 м занимает от 40 до 70 сек. По линии с перегонами длиной 1700 м при 25-секундных остановках на станциях метротрамвай способен перевозить пассажиров между остановочными пунктами, расположенными на поверхности земли, со скоростью сообщения 50 км/ч. Это практически вдвое быстрее, чем на метро. При такой скорости сообщения 5-вагонные поезда метротрамвая общей длиной не более 100 м способны обеспечить провозную способность трассы не менее 35 тыс. пассажиров в час в одном направлении /2/.

В таблице представлены сравнительные характеристики трамвая, метротрамвая и метропоезда:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Трамвай | Метротрамвай | Метропоезд |
| Путь | наземный | подземно-наземный | подземный |
| Перегон, м | 350 | 800—1700 | 1700 |
| Провозная способность, тыс. пасс./час | 10 | 30—40 | 60 |
| Скорость передвижения пассажира по городу, км/час | 20 | 40—50 | 25 |
| Удельный расход электроэнергии, Вт час/т км | 70 | 25—30 | 50 |

Метротрамвай занимает нишу между трамваем и метро, по провозной способности и обслуживаемым перегонам. А по скорости передвижения пассажира по городу и расходу электроэнергии на тягу он имеет в два раза лучшие показатели, чем традиционный городской рельсовый транспорт.

Поскольку подвижной состав метротрамвая может работать и на линиях метрополитена, оптимальным техническим решением для многих городов может стать строительство комбинированных линий: в центре города такая линия проектируется и работает как метро, а на периферийных участках — как метротрамвай. В этом случае скорость передвижения поездов на всей линии будет одинаковой, например, 50 км/ч. А вот пассажиры будут передвигаться по центральной части города со скоростью 25 км/ч (теряя часть скорости на эскалаторах и подходах к ним), а по периферийным участкам линии — со скоростью 50 км/ч. Это будет для них очень удобно.

Модернизация действующих линий метрополитена для движения поездов по их периферийным участкам в режиме «метротрамвай» с выходом вагонов на закрытые наземные станции технически возможна и может оказаться весьма эффективной. Она способна повысить привлекательность метрополитена, сделать его более скоростным, более удобным и современным. И, разумеется, гораздо более экономичным.

Безопасность поездки. На метро при любой поездке, даже по одной линии, пассажир делает не менее двух пересадок: с эскалатора на вагон и обратно на эскалатор. А эскалатор — это тоже транспорт и не самый безопасный. Да и пересадки, как известно, только сокращают безопасность поездки. На метротрамвае пассажир таких пересадок не делает. Здесь роль эскалаторов выполняют сами вагоны метротрамвая. Они везут пассажира «от места до места» (от места входа на наземную станцию до места выхода из ее вестибюля).

Вывод о высокой безопасности поездки на метротрамвае вытекает и из специфики его передвижения. Метротрамвай не может находиться в тоннеле более 70 сек. Через каждые 70 сек. он поднимается на наземную станцию. А значит для пассажира метротрамвая риск гибели в тоннеле от пожара, дыма или нехватки кислорода практически исключен. Очевидно, что метротрамвай более пригоден для использования людьми с сердечной недостаточностью и людьми чувствительными к кислородному голоданию.

Аварийная остановка в тоннеле. В нормальном режиме работы метротрамвай не должен останавливаться ни в подземном ни в наклонном тоннеле. В случае аварийной остановки в тоннеле метротрамвай всегда будет способен тронуться с места и въехать на подъем длиной 100 м, практически не нарушив графика движения. На подъеме 100‰ на максимально загруженный вагон массой 50 тонн будет действовать скатывающая сила 5 тонн. Но тяговый привод вагона при коэффициенте сцепления 0,17 (применяется при расчетах в наихудших эксплуатационных условиях) без нарушения условий сцепления колеса с рельсом способен при малой скорости развить силу тяги около 8 тонн. Метротрамвай при этом начнет двигаться на подъем со скоростью 15—20 км/ч и через 20—30 сек. окажется вместе с пассажирами на наземной станции. Во время движения на подъем тяговые двигатели каждого из вагонов метротрамвая в течение 20—30 сек. будут развивать мощность около 500 кВт. В то время как при обычном пуске вагона метрополитена со станции его тяговые двигатели развивают мощность 700 кВт в течение 40 сек.

Транспорт с удобной посадкой — синоним метротрамвая. Выезжая из подземного тоннеля на остановку, вагоны метротрамвая поднимаются на поверхность земли не полностью, а позиционируются таким образом, чтобы совместить уровень своего пола с уровнем пешеходного тротуара или пола наземной станции. То есть, на остановке рельсы, на которых стоит метротрамвай, располагаются примерно на 1 метр ниже, чем уровень тротуара (см. рис. 1). Пассажиры входят в остановившиеся вагоны прямо с тротуара, не преодолевая препятствий в виде ступенек (как на трамвае), и не забираясь на специальные посадочные платформы, расположенные, как правило, значительно выше или ниже поверхности земли (как на электропоездах, наземном или подземном метро). Переоценить это доселе не знакомое городскому общественному транспорту новое свойство практически невозможно. Оно появилось у метротрамвая потому, что он отказался от «горизонтальной аксиомы» и перемещается не только в горизонтальной, но и в вертикальной плоскости. Удобный способ посадки и высадки, предлагаемый пассажиру метротрамваем, напоминает вход в современный магазин, в котором для удобства покупателя уровень пола магазина расположен на уровне тротуара. В этой связи метротрамвай можно назвать скоростным внеуличным транспортом с удобной посадкой. Это делает его доступным для инвалидов, пассажиров с детьми и людей пожилого возраста (см. рис. 3).

На традиционных видах городского транспорта из-за присущих им затруднений при посадках и высадках, толчков и ускорений во время движения принято говорить о транспортной усталости пассажира от поездки. Для метротрамвая из-за комфорта посадки, высадки и плавности движения станет уместным говорить о транспортном отдыхе. А это большая социально значимая задача — время транспортной усталости превратить во время отдыха и позволить людям немного отдохнуть при поездках на работу. Эту возможность предоставит им метротрамвай — самый удобный и самый скоростной городской транспорт ХХI века.

**Список литературы**

1. Летурнер М. Прототип новых трамвайных сетей. // Public Transport International — 5/2000. C. 30—32.

2. Мнацаканов В. А. Наполнение вагонов метрополитена в эксплуатации и провозная способность линий. // Проблемы транспортных и инженерных коммуникаций. 1999. № 3. С. 33—35.