

# КАК ПОСТРОИТЬ МЕТРОПОЛИТЕН В КРУПНОМ ГОРОДЕ РОССИИ

**В. А. Мнацканов**, генеральный директор ООО «ТОМАК, ЛТД», член-корреспондент Российской инженерной академии, К. Т. Н.

**Построить традиционный метрополитен (ТМ) в крупном городе России с населением 0,5–1 млн человек сегодня очень сложно по следующим причинам:**

- стоимость сооружения недоступна городам с миллионным населением;
- сроки строительства не поддаются прогнозу и измеряются десятилетиями;
- после завершения работ начинается более чем 20-летняя убыточная эксплуатация, которая требует огромных дотаций из бюджета.

**Е**сли прокладка традиционного метро в городе все-таки начата, то она надолго становится нагрузкой для федерального, городского и регионального бюджетов. И после запуска в эксплуатацию метрополитен начинает требовать дотаций на покрытие убытков. Поэтому города, которые ведут сооружение ТМ, не стремятся ускорить его ввод, чтобы как можно дальше отложить начало процесса выделения дотаций на эксплуатацию, которые могут даже превысить строительные расходы.

Например, построенный по традиционной технологии Казанский метрополитен, сданный в эксплуатацию в 2005 г. (длина линии 6,8 км), в 2006 г. при стоимости проезда 7 р. и средней дальности поездки – 5,3 км имел себестоимость перевозки одного пассажира 49 р. (дотация на поездку 42 р., т. е. 600 %). В том же году проезд на метро в Москве стоил 15 руб. при средней дальности поездки 13 км и себестоимости перевозки пассажира 13,3 р. (доход от перевозок – 15/13,3 = 12,8 %). В 2006 г. удельная стоимость поездки в Москве составляла 1,15 р./км (15 р./13 км), а в Казани – 1,32 р./км, что на 15 % дороже.

Среднесуточное наполнение вагонов Казанского метрополитена в 2006 г. составило 11 пасс./вагон, при числе сидячих мест в нем – 45 (в среднем, один пассажир занимал 4 сидячих места). При этом годовая дотация на эксплуатацию достигла около 300 млн р. За 10–15 лет её сумма станет равной половине стоимости постройки метрополитена.

Не идут пассажиры в «малые метрополитены» с длиной линий менее 25–30 км. При малой дальности поездки им невыгодно тратить время на спуски и подъемы на эскалаторах, приобретая транспортную усталость. Пассажир предпочитает пользоваться наземным транспортом, поскольку средняя скорость поездки по городу на нем получается выше, а транспортная усталость ниже.

Статистика работы малых метрополитенов России и стран СНГ показывает, что с ростом длины их линий от 7–9 км (Казань, Днепрпетровск, Екатеринбург, Самара) до 27–35 км (Тбилиси, Минск, Баку, Харьков), т. е. в 4 раза, средняя дальность поездки пассажира увеличивается с 5 до 7,5 км (в 1,5 раза). Однако при этом число людей, перевезенных метрополитеном за сутки (в % от населения города), повышается с 4,15 до 35,5% (в 8,5 раз), а суточный объем перевозок в расчете на 1 км длины линий возрастает с 6,2 тыс. до



Рис. 1. Прибытие поезда на наземную станцию

18,5 тыс. пасс./км (в 3 раза). Также резко растет востребованность метрополитена пассажирами (с 1–2 до 5–8 млн поездок на 1 км линий в год). В результате чего в 4–5 раз увеличиваются доходы от перевозок в расчете на 1 км пути.

Очевидно, что усложненная технология перевозок ТМ, включающая два вида транспорта (эскалаторы + вагоны), оценивается пассажирами как эффективная при длине его линий 30 км и более. При меньшей длине трудно конкурировать с наземным транспортом.

Аналогичный вывод можно сделать и о легком наземном метрополитене (ЛМ). Здесь перевозки также осуществляются двумя видами транспорта (эскалаторы + вагоны). Только на эскалаторе нужно не спускаться под землю, а подниматься на наземную станцию, размещенную на эстакаде.

Как известно, в 2001 г. Главгосэкспертизой РФ была проведена экспертиза ТЭО строительства легкого метрополитена в жилой район Новокосино (район Москвы, расположенный за Кольцевой автодорогой) и сделан вывод, что в данных конкретных условиях линия легкого метрополитена является неконкурентоспособной традиционному метрополитену (Метро и тоннели № 6/2001), т. к. стоимость строительства 1 км линии (в ценах 2001 г.) составляет:

- традиционный метрополитен мелкого заложения (ТМ) – 429 млн р./км;

- легкий наземный метрополитен (ЛМ) – 525 млн р./км.

Реальный проект показал, что легкое метро с его эстакадными участками и необходимостью переноса большого числа наземных объектов стоит дороже традиционного метро мелкого заложения на 22 %. Кроме того, выяснилось, что «наземный метрополитен на рассмотренных участках не имеет явных преимуществ ни по условиям обслуживания пассажиров, ни по градостроительным и строительным решениям перед линиями обычного метрополитена».

Напрашивается вывод: чтобы соорудить эффективный, самокупаемый метрополитен, нужно изменить технологию строительства и эксплуатации его первых 30 км. Необходима технология, которая даже при малой длине линий даст метрополитену преимущества, способные привлечь достаточное количество пассажиров, чтобы сразу после пуска в эксплуатацию он начал давать доход и окупать затраты на строительство, а не увеличивать уже сделанные расходы.

Такая технология разработана специалистами ООО «ТОМАК, ЛТД» (Москва) и учеными Российской инженерной академии. Она называется мобильный метрополитен (ММ) и способна уже при первых двух построенных и введенных в эксплуатацию перегонах наполнить метрополитен пассажирами, и тем самым обеспечить перевозку пассажи-

ров с вдвое более высокой скоростью и предоставить им гораздо больше удобств, чем наземный транспорт.

Мобильный метрополитен – это новая транспортная технология. Ее главное отличие от традиционного – отказ от обычной железнодорожной технологии – вагоны движутся как по горизонтальным, так и по наклонным рельсовым путям. Эскалаторы по этой технологии не нужны: их роль выполняют сами вагоны, что позволяет новому транспорту стать более скоростным, экономичным и гораздо более удобным для пассажира, чем традиционный метрополитен.

Для получения высококачественной транспортной услуги пассажир входит в вестибюль наземной станции, похожий на супермаркет, и садится в пришедший из подземного тоннеля на станцию скоростной поезд (рис. 1).

По наклонному тоннелю поезд вместе с пассажирами спускается в подземный тоннель мелкого заложения (рис. 2).

По нему состав проезжает 1000–1500 м и затем по такому же наклонному тоннелю поднимается на поверхность земли и доставляет пассажира прямо в вестибюль следующей наземной станции, платформа которой совмещена с уровнем уличного тротуара (рис. 3). Транспортная услуга пассажиру оказана. Он посетил «транспортный супермаркет» и получил в нем транспортную услугу класса «люкс», проехав по городу 1,5–2 км со средней скоростью 50 км/ч. При этом ему не пришлось пользоваться ступеньками и эскалаторами, которые резко повышают транспортную усталость от поездки.

Удобство посадки и высадки особенно важно при транспортировке детских колясок, кресел-колясок и чемоданов на колесиках. Поэтому особое значение новый транспорт приобретет для инвалидов-колясочников, лиц с физическими недостатками и пожилого возраста. Они смогут пользоваться новым транспортом без посторонней помощи. Услугу такого высокого качества не может предоставить ни один из существующих сегодня в мире видов городского общественного транспорта. Можно уверенно сказать, что мобильный метрополитен превосходит их по удобству, безопасности, скорости и комфорту.

Мобильный метрополитен – это облегченный метрополитен. Ему не нужны самые дорогостоящие и долго возводимые конструкции традиционного метро – подземные станции и эскалаторные сооружения, поскольку станции ММ располагаются на поверхности и соединяются между собой подземными тоннелями мелкого заложения.

Такой метрополитен вдвое быстрее строить и в 1,5 раза дешевле эксплуатировать. Отсюда самоокупаемость и возможность сооружения в кредит даже в условиях кризиса.

Основные характеристики мобильного метрополитена:

- срок строительства – вдвое меньше, чем у ТМ;
- стоимость – в 1,5 раза ниже;

- скорость передвижения пассажира по городу – 50 км/ч (вдвое выше, чем на ТМ или на частном автомобиле);

- провозная способность – такая же, как на ТМ;

- расход электроэнергии – вдвое меньше;
- нормативная база ТМ применима к ММ.

Метрополитен с данными характеристиками может быть построен на коммерческой основе в любом крупном городе России (в Перми, Ростове-на-Дону, Воронеже, Краснодаре, Махачкале, Владивостоке и др.), в котором имеется хотя бы одно направление с пассажиропотоком 80 тыс. пасс./сут (5 тыс. пасс./ч) и более. При этом он будет самоокупаемым, более удобным и привлекательным для пассажиров, чем ТМ и ЛМ.

Например, согласно проведенным расчетам, стоимость строительства 1 км линии ММ в жилой район Новокозино составила бы 300 млн р./км (в ценах 2001 г.). Это на 40 % дешевле, чем прокладка линии ЛМ («Метро и тоннели» № 1/2003). К тому же, подвижной состав ЛМ существенно отличается от ТМ, так как требует специального утепления и оборудования для интенсивного отопления вагонов в зимнее время. Это снижает комфорт и удобство для пассажиров, поскольку размеры внутривагонного пространства уменьшаются. «Технические характеристики метрополитена с таким подвижным составом отличаются от традиционного несколько ниже скоростью сообщения (25–30 км/ч) и меньшей провозной способностью, которая требуется при пассажиропотоках до 20 тыс. пасс./ч. Провозная способность ТМ – 55 тыс. пасс./ч, скорость сообщения 41–47 км/ч» («Метро и тоннели» № 6/2001). При больших интервалах движения 10–15 мин пассажиры на остановках ЛМ зимой испытывают температурный дискомфорт, поскольку станции ЛМ открытые и не отапливаются.

Следует особо отметить, что ММ занимает гораздо меньше

городской территории, чем ЛМ, поскольку основное движение поездов происходит в подземных тоннелях. На поверхности размещаются только вестибюли станций, которые устроены и утеплены так же, как наземные вестибюли ТМ, что весьма важно для пассажиров в городах с низкими температурами и обильными снегопадами зимой.

### Сокращение пробок на автодорогах

Мобильный метрополитен станет реальной альтернативой частному автомобилю, будет способствовать сокращению пробок на автодорогах путем создания в городе атмосферы саморегулирования пассажиропотоков, их естественного перераспределения между личным и общественным транспортом. В результате водители частных авто станут добровольно пересаживаться на удобный и скоростной мобильный метрополитен, чтобы ускорить и обезопасить свою поездку по городу.

Этот процесс стихийно уже идет в городах с ТМ. Особенно ярко он выражен в Москве. Здесь очень многие станции метро («Ботанический сад», «ВДНХ», «Проспект мира» и др.), а также примыкающие к ним улицы и дворы в часы «пик» буквально завалены оставленными на день (или на несколько часов) автомобилями. Это водители, не выдержавшие пребывания в пробках, покинули свои машины, и пересели на метро. Данный стихийный процесс должен быть замечен

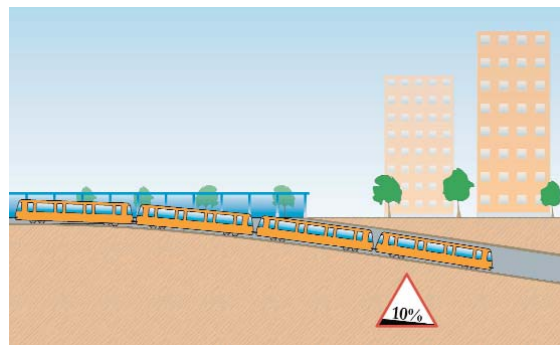


Рис. 2. Спуск поезда в подземный тоннель

Рис. 3. Вариант вестибюля наземной станции





Рис. 4. Размещение автодорог и парковок в зоне наземной станции

городскими властями. Для того чтобы его активизировать и вывести на уровень саморегулирования, нужны эффективно устроенные парковки и скоростной общественный транспорт, поездка на котором станет более привлекательной, чем на частном автомобиле. Таким транспортом в крупном городе станет мобильный метрополитен, поскольку он использует самую удобную для пассажира технологию передвижения.

### Влияние на пассажира

Уклоны спусков и подъемов в скоростной городской транспортной системе ММ не превосходят 10 %, что допустимо стандартами для трамвайных вагонов. А формы кривых их спуска в подземный тоннель и подъема на наземную станцию выбраны исходя из условий комфорта для пассажиров. Вертикальные ускорения, действующие на пассажиров, не превосходят норм, установленных для них лифтов.

Во время спуска вагона по наклонному тоннелю на пассажира одновременно действуют две силы: одна – сила тяжести – наклоняет пассажира вперед, другая – сила инерции – отклоняет его назад. Они взаимно компенсируют друг друга, и пассажир при поездке в наклонном тоннеле чувствует себя даже более комфортно, чем в вагоне трамвая или метро при движении по горизонтальному пути. Такой же эффект более мягкого восприятия пассажиром изменения скорости возникает перед остановкой во время подъема вагонов ММ по наклонному тоннелю на наземную станцию.

На традиционных видах городского транспорта из-за присущих им затруднений при посадке-высадке, толчках и ускорениях во время движения подвижного состава принято говорить о транспортной усталости пассажиров. Благодаря удобной посадке и комфортной поездке ММ существенно снижает её уровень. Транспортная усталость насе-

ления – одна из глобальных проблем крупных городов всего мира.

### Подвижной состав

В качестве подвижного состава ММ могут использоваться вагоны ТМ с некоторыми доработками. В этом его большое преимущество, поскольку не требуется изготовление вагонов принципиально нового типа. Нет необходимости и в новом оборудовании для прокладки тоннелей: можно применять те же проходческие комплексы, что и при сооружении тоннелей ТМ. Вся нормативная база для строительства и эксплуатации ТМ применима к ММ.

Подвижной состав ММ может ездить и по линиям ТМ. Поэтому лучшим техническим решением для городов, в которых метрополитен уже функционирует, станет устройство гибридных линий (ТМ + ММ). В центре города она будет работать как ТМ, а на периферийных участках – как ММ. В этом случае средняя скорость движения поездов на всей линии будет одинаковой, например, 42–50 км/ч. В то же время пассажиры будут передвигаться по центральной части города со скоростью 20–25 км/ч (теряя скорость на эскалаторах и на подходах к ним), а по периферийным районам – 50 км/ч.

### Эффект «Выхино»

Бесконечно продлевать линии ТМ не позволяет эффект «Выхино». Он возникает, когда на конечных станциях линии метро формируется пассажиропоток 80–100 тыс. чел./ч, который превышает предельную провозную способность метрополитена, как транспортной системы (*Метро и тоннели* № 3/2002). В этом случае в метро возникают своеобразные «пробки», когда войти в переполненные вагоны подошедшего поезда физически невозможно. Это вынуждает пассажиров станций, более близких к центру города, ехать в обратную сторону, на конеч-

ную станцию линии (например, на ст. «Выхино»), чтобы сесть в подошедший на посадку пустой состав.

### Тоннели экономят электроэнергию

Траектории, по которым тоннели ММ соединяют наземные станции, представляют собой «комфортабельные» кривые. Они не пассивны, как в ТМ, а непрерывно «работают», помогая вагонам развивать скорость в начале движения и плавно снижать ее на подъемах перед станциями. Это способствует сокращению расхода электроэнергии на тягу поездов до 40 % и окупается стоимостью сооружения тоннелей и их содержание. Кроме того, повышается скорость передвижения пассажира по городу: тоннели заменяют собой медленно движущиеся эскалаторы. Столь активная их позиция обеспечивает им качественно новое место в технологии скоростного перемещения пассажиров по городу.

### Устройство наземной станции

Следует особо подчеркнуть, что наземная станция и наклонные тоннели ММ занимают гораздо меньше городской территории, чем подземная станция, эскалаторные комплексы и наземные вестибюли подземных станций ТМ, между которыми, как правило, размещаются автодороги. При устройстве наземной станции ММ автомагистраль, пересекающая трассу, будет проложена в тоннеле, под вестибюлем, а попутная автодорога пройдет «по крыше» станции ММ (рис. 4). Такое решение очень удобно для всех горожан и, особенно, для лиц с ограниченными возможностями. Оно лучше сочетается с местами для наземных и подземных парковок автомобилей, которые могут разместиться на месте наземных вестибюлей и в эскалаторных нишах ТМ. Фактически станция метро и автодороги меняются местами: первая из-под земли выносится на поверхность (это удобно для пассажиров), а вторые перемещаются под землю и на «второй этаж», что безопасно для горожан и удобно для автомобилистов.

### Безопасность эксплуатации

Особо следует отметить, что безопасность поездки на ММ значительно выше, чем на ТМ. В случае аварии или теракта пассажиры всех составов, которые не причастны к инциденту, через 2–3 мин высаживаются из вагонов на ближайшей наземной станции и последствия возможного пожара (угарный газ и т. п.) уже для них не опасны. А поврежденный поезд с помощью специального канатного устройства с автономным питанием за считанные минуты вместе с пассажирами автоматически доставляется на станцию.

### Инвестиции

Транспортной системе ММ не нужны самые дорогостоящие и трудоемкие сооружения ТМ – подземные станции и эскалаторы, т. к. на них приходится почти половина всех строительных затрат. Поэтому прокладка

**Экономическая эффективность мобильного метро (на примере строительства 6 км линии), млн р.**

В представленных расчетах пассажиропоток принят равным 80 тыс. чел./сут. Ставка ссудного процента выбрана с учетом реалий денежного рынка для первоклассных заемщиков, ставка дисконтирования (10 %) и уровень инфляции (7 %) выбраны, исходя из ожидаемой ставки рефинансирования и прогнозного уровня инфляции.

\*Расчеты выполнил Д. И. Спольвинд

Показатель	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год
Валовая выручка			819	856	1 551	1 660	1776
Материальные затраты			21	22	48	51	55
Амортизация основных средств			10	10	20	20	20
Электроэнергия			8	8	17	18	20
Заработная плата			23	24	51	55	59
Прочие операционные затраты			21	44	48	51	55
Суммарные эксплуатационные затраты			83	108	185	197	209
Валовая прибыль до уплаты процентов	0	0	736	748	1366	1463	1567
Капитальные затраты	1469	1469	1469	1919			
Заемные средства	735	735	735	960			
Процент за использование заемных средств	74	154	169	206	88		
Бюджетные средства	735	735	735	960			
Выплаты процентов			228	169	206	88	0
Выплаты основного долга			519	590	1181	875	
Денежный поток	-1469	-1469	-950	-1329	1181	1396	1588
NPV(ЧДД) чистый дисконтированный доход	6878						
IRR(BCD), %	21						
Стоимость проезда, р.	19	20	22	23	25	27	29
Ставка дисконтирования, %	10						
Уровень инфляции, %	7						

ММ в 1,5 раза дешевле, чем ТМ, и вдвое быстрее темпы проведения работ.

Скоростная транспортная технология ММ делает инвестиции в развитие городской транспортной инфраструктуры экономически выгодными.

Параметры окупаемости инвестиционного проекта существенно зависят от сроков ввода его в эксплуатацию. Если период от начала строительства до сдачи в эксплуатацию занимает порядка десяти лет и более, характерных для ТМ, то об окупаемости в разумные сроки речь идти не может. ММ позволяет открыть первую очередь (два перегона строящейся линии) уже через два года после начала работ. Это в разы сокращает срок самоокупаемости проекта.

Прогнозные значения выручки и показатель окупаемости для условной 6-километровой линии представлены в табл. В ней эксплуатационные затраты ММ взяты на основе статистики затрат ТМ с корректировкой на сокращение расхода электроэнергии (–40 %). Реально этот показатель можно снизить не менее чем на 60 % (25–30 % за счет отсутствия эскалаторов и 35–40 % за счет сокращения расхода электроэнергии на тягу поездов).

Суммарные капитальные затраты на строительство наземных станций и тоннелей ММ по расчету составили 65,3 % от аналогичных затрат ТМ, включающих устройство подземных станций и эскалаторов.

Проект окупается уже на пятый год и, начиная с шестого, приносит устойчивый доход. Расчет произведен для ситуации, в ко-

торой 50 % капитальных затрат покрывается за счет средств местного и федерального бюджетов, а другие 50 % составляет заем. При этом внутренняя норма доходности (IRR) за 15-летний прогнозный период составляет 21 % – более чем достойный показатель для столь капиталоемкого инфраструктурного проекта. Чистый дисконтированный доход за прогнозируемый период составляет около 7 млрд р. (250 млн долл.). Это говорит о потенциальной привлекательности проекта для частных инвесторов.

Строительство СГТС «ММ» может быть осуществлено в условиях частно-государственного партнерства. С одной стороны, это снижает нагрузку на бюджет, а с другой – минимизирует риски инвестора. Действие социальных факторов, таких как разрастание городов и увеличение транспортной подвижности населения, обеспечит для линий ММ устойчивый пассажиропоток на расчетный период. А горожане, несомненно, оценят скорость, удобство и комфорт нового метрополитена.

Следует отметить, что экономия времени пассажира при ежедневных затратах на поездки на ММ 20–30 мин/сут в течение года составит 120–180 ч. Это на порядок выше, чем годовая экономия времени от поездок на скоростных поездах дальнего следования, которая за год составляет в среднем около 10 ч. Иначе говоря, сокращая ежедневно около 30 мин на поездку на работу и с работы, горожанин за 50 лет сэкономит целый год жизни, который он проведет вне транспорта.

Крупным городам и мегаполисам уже сегодня нужен удобный, скоростной и современный городской транспорт. Мобильный метрополитен для них – необходимое условие в глобальной конкуренции.

## Выводы

1. Мобильный метрополитен – это облегченный, недорогой метрополитен. Он может быть построен в крупном городе на коммерческой основе.

2. Первые 30 км линий целесообразно прокладывать по технологии «мобильный метрополитен». Это исключит убытки от эксплуатации и обеспечит самоокупаемость проекта в течение 5–7 лет.

3. Проблема «пробок» на дорогах города не будет решена, пока не появится реальная альтернатива частному автомобилю и не будут созданы условия для возникновения процесса саморегулирования пассажиропотоков.

4. Мобильный метрополитен станет реальной альтернативой частному автомобилю, обеспечит передвижение по городу со скоростью 50 км/ч и создаст условия для возникновения процесса саморегулирования пассажиропотоков.

5. Наземная станция и наклонные тоннели ММ занимают меньше наземного и подземного пространства города, чем подземная станция, эскалаторные комплексы и наземные вестибюли ТМ. Их легче разместить в крупном городе со сложившейся застройкой, чем подземные и наземные сооружения ТМ.