

**НОВЫЙ ТИП РОБОТИЗИРОВАННОГО МЕТРОПОЛИТЕНА НИЗКОЙ
СТОИМОСТИ И ВЫСОКОЙ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОСТИ****Шуть В.Н., Тур А.В., Касьяник В.В.**

Во многих странах Европы и в некоторых республиках экс-СССР скоростные трамваи (Stadtbahn) выполняют функцию своеобразного наземного метро: они недороги в эксплуатации, передвигаются со скоростью (от 25 и до 35 км/ч), экологичны, надежны и комфортабельны, не мешают другим видам наземного транспорта. Строительство путей для них на два порядка ниже строительства метро (так стоимость 1 км. метро составляет от 40 до 60 млн. долларов) [1]. Чтобы скоростной трамвай был по-настоящему скоростным, необходимо менять организацию движения: предоставлять ему приоритет проезда перекрестков, зажигать для него зеленый сигнал светофора раньше. И, конечно, желательно пускать его по выделенным линиям, отделенным от проезжей части улицы мини-заборчиками.

Но скоростной трамвай не дотягивает до метро по провозной способности в 3-4 раза. Повысить провозную способность этого типа транспорта возможно за счет увеличения скорости его движения (к примеру, в метро скорость движения составляет 35-40 км./ч.). Помимо этого, необходимо увеличить количество составов, что ведет к увеличению числа водителей. Причем это увеличение должно быть очень существенным, учитывая, что объем вагонов трамвая намного меньше вагонов метро. Поэтому скоростной трамвай уступает существенно метро по основной характеристике (провозной способности или производительности).

Таким образом, в городах с высокой численностью населения (свыше 1 млн.) нет альтернативного транспорта, способного конкурировать с метро по провозной способности. Какие бы хорошие условия для движения скоростного трамвая не были бы созданы, всё равно число помех движению в улично-дорожной сети (УДС) города остается довольно большим. В то время как при движении под землей такие помехи отсутствуют и вагоны подземных поездов движутся беспрепятственно. Необходимость для любого крупного города метро очевидна, но оно должно быть дешевым.

Современное состояние информационно-коммуникационных технологий позволяет на базе мобильных автономных роботов построить дешевую подземную транспортную систему (при полном отсутствии в ней человека) высокой производительности, достигающей производительности современного метро, надежной и безопасной. Именно информационную систему, в которой транспортное средство является лишь элементом системы и может функционировать только в её составе в отличие от известных транспортных средств, таких как автобус, троллейбус, трамвай, поезд метро, которые функционируют автономно.

Концепция метро щелевого типа

Таким образом, основными недостатками современного метрополитена являются:

- высокая стоимость строительства;
- низкая скорость строительства (300-350 м в месяц); отсюда длительные до 10 лет сроки строительства;
- наличие эскалаторов, связанное с большой глубиной залегания линий метро;
- высокие энергозатраты на перевозку;
- недостаточная адаптивность к пассажиропотоку; так в вечерни часы вагоны идут полупустые, либо с большим интервалом движения;
- большие дистанции между остановками метро (1.5-2 км.), в то время как у наземных видов транспорта 0.3-0.5 км.

Все указанные выше недостатки современного метрополитена устранены в метро щелевого типа «Кротовые норы». Теперь большинство городов, и не только миллионников, могут иметь метро, так как стоимость его на два порядка ниже традиционного метро, а скорость строительства в три раза выше (до 1000м. в месяц).

Это совершенно новый тип полностью автоматического подземного городского общественного транспорта (метро) на базе беспилотных электрокаров (инфобусов) вместимостью до 50 человек, курсирующих в узких тоннелях неглубокого заложения и обслуживающих пассажиров по требованию.

Данный тип транспорта высокопроизводителен (не уступает традиционному метро), безопасен, энергоэкономичен, значительно более дешев в сравнении с традиционным метро, имеет более высокую транспортную доступность. Данный тип транспорта является транспортом по запросу, т.е. адаптирован к любому пассажиропотоку (большому, среднему, низкому). Время ожидания пассажиром транспорта минимально и составляет 20 секунд. При этом пассажирам предоставляется возможность движения из пункта А в пункт В без остановок.

Метрополитен щелевого типа «Кротовые норы» является новым видом городского транспорта. Это полностью автоматическая, интеллектуальная роботизированная транспортная система городской перевозки пассажиров нового типа. *Технические характеристики, которыми он обладает, недоступны ни одному виду городского пассажирского транспорта, известного на сегодняшний день.*

В отличие от традиционного метрополитена, вагоны которого имеют большую вместимость (250-300), данный тип транспорта имеет небольшой объем (до 50 пассажиров) вагона-робота (беспилотного) и ширину вагона всего один метр, что позволило решить три задачи:

- обеспечить минимальную ширину ствола тоннеля для движения беспилотных вагонов роботов, что ведет к снижению стоимости строительства на два порядка за счет сокращения объема железобетонных конструкций и работ, и перевод их в область готовых конструкций заводского панельного исполнения. Последнее ускоряет сроки строительства метро на порядок;

- создать транспорт адаптивный к пассажиропотоку. В режиме реального времени идет мониторинг числа прибывающих пассажиров на станции метрополитена и, в зависимости от их количества, на линию выходит требуемое для их обслуживания число вагонов-роботов;

- предоставить пассажирам транспортную услугу преимущественного проезда без промежуточных, либо с минимальным числом остановок от пункта отправления до пункта назначения. Этим экономиться не только время пассажира на поездку но и удельные электрозатраты на провоз одного пассажира сокращаются в несколько раз.

Описание конструкции метро щелевого типа

Для строительства метрополитена щелевого типа «Кротовые норы» не нужны большие котлованы с огромным использованием железобетонных работ (строительство открытым способом) или трудоемкие тоннели при строительстве закрытым способом.

Строительство выполняется следующим образом. В городе выбирается магистраль с большим пассажиропотоком. Обычно такая магистраль имеет от трех до пяти полос шириной по 3-4 метра по каждому направлению движения. От разделительной линии магистрали отделяется по полосе слева и справа, т.е. от каждого направления движения изымается по полосе. Таким образом, формируется зона строительства шириной до 6 метров. По разделительной линии роется траншея шириной 1.5м. (0.75м. слева и 0.75м. справа от разделительной линии) и глубиной 3 метра вдоль всей магистрали, в которую по мере частичного прорытия траншеи вставляются готовые железобетонные конструкции (изготовленные в заводских условиях) и сборные рельсовые конструкции с междурельсовой шириной 1м (ширина инфобуса).

Магистраль при проведении работ не закрывается и полосы движения вне зоны строительства функционируют в обычном режиме. Единственным неудобством является некоторое снижение пропускной способности магистрали.

Либо возможен вариант работы в ночное время. Тогда магистраль на ночное время закрывается, а утром открывается по всем полосам движения. Таким образом, строительство метро щелевого типа не сказывается на функционировании города. В то время как при традиционном строительстве метро в г.Минске проспект Независимости был закрыт для движения транспорта на 8 лет.

Устройство ствола тоннеля под разделительной линией магистрали гарантирует отсутствие подземных инженерных коммуникаций, что значительно снижает стоимость строительства в сравнении с традиционным метро, в стоимости строительства которого до 20% могут достигать работы по переносу коммуникаций.

Рассмотрим некоторые строительные конструкции. Следует отметить, что конструктивные решения для таких видов транспорта в свою очередь должны обладать низкими показателями стоимости и трудозатрат по сравнению с существующими решениями метро. Так как данные конструкции проектируются из условия небольшого заглубления, отпадает вопрос необходимости проведения глубоких геологических исследований, а так же устройства котлованов, что ведёт к существенному снижению сроков строительства.

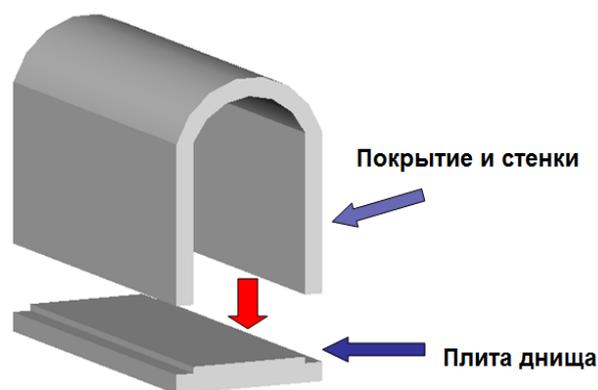


Рис.1. Сборные элементы для устройства метро

Соответствующим выбором конструктивного решения, применяемых материалов и назначения наиболее рациональных сечений и пролётов элементов можно так же существенно повысить скорость строительства, уйти от сложных систем опалубки (в отличие от применяемого монолитного варианта) и тем самым снизить стоимость строительства.

Предлагаемый вариант щелевого метро, выполняемый в сборном (из отдельных модульных секций) варианте, обладает всеми вышеперечисленными достоинствами. В качестве конструктивного решения щелевого метро типа “кротовые норы” выбран сборный вариант. Это позволяет существенно увеличить скорость строительства при имеющейся заводской линии, настроенной на производство отдельных секций.

К основным сборным элементам можно отнести *элемент, объединяющий покрытие и стенки и плиту днища*, в которой изначально закладываются элементы для устройства путей для инфобуса (рис.1).

Выполняя покрытие и стенки как единый элемент, сокращается количество стыков сборной конструкции и повышается темп монтажа. Назначение размеров элементов производится, исходя из размеров инфобуса. Для выполнения криволинейных участков наиболее рациональным можно назначить длину секции 6 метров. На линейных участках длина секции может быть увеличена.

Соответствующим выбором конструктивного решения, применяемых материалов и назначения наиболее рациональных сечений и пролётов элементов можно так же существенно повысить скорость строительства, уйти от сложных систем опалубки (в отличие от применяемого монолитного варианта) и тем самым снизить стоимость строительства. Стыковка плиты днища со стенками осуществляется с применением системы пост-напряжения (без сцепления с бетоном). Канаты пропускаются в специальные пазы в стенках, после чего производится их натяжение на элементы секции.

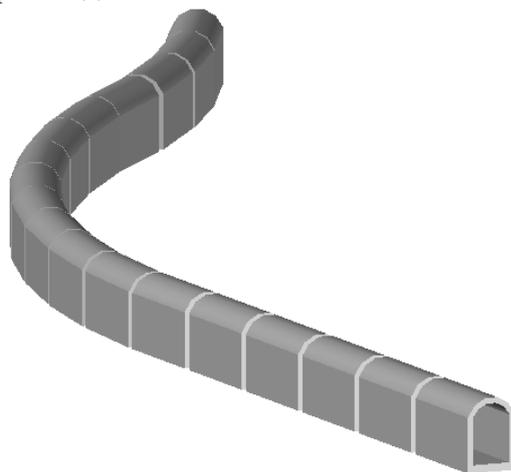


Рис.2. Создание путей движения криволинейной конфигурации

На рис.2 представлен участок трассы с криволинейным участком. Стыковка секций по длине осуществляется так же с помощью системы пост-напряжения (post-tension). Канаты пропускаются в заложённые по проекту отверстия в стенках вдоль секции. После чего производят натяжение на стенки, выполняя таким образом их стягивание и обеспечивая неразрезность конструкции в продольном направлении.

Необходимо отметить, что преимуществом такой системы является то, что создание криволинейной трассы не вызовет больших трудозатрат, чем строительство прямолинейной, за счёт рационально подобранных размеров секций и способа их стыковки.

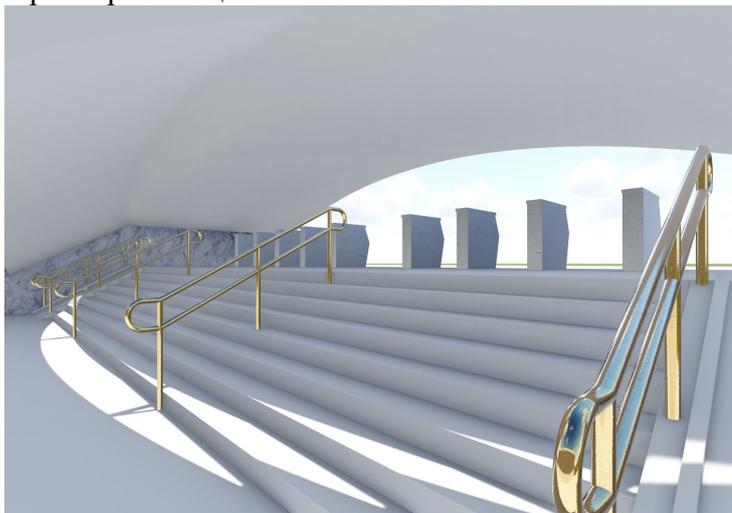


Рис.3. Вход в станцию метро

На рисунке 3 изображен вход в станцию метро. Для этой станции эскалаторы не нужны, так как она находится на глубине 3 метра от поверхности. Размер станции (площадка перед посадкой 3x40 метра; в традиционном метро длина станции составляет от 160 и выше метров). Поезда на станциях щелевого метро только одного направления движения (метро закольцовано).

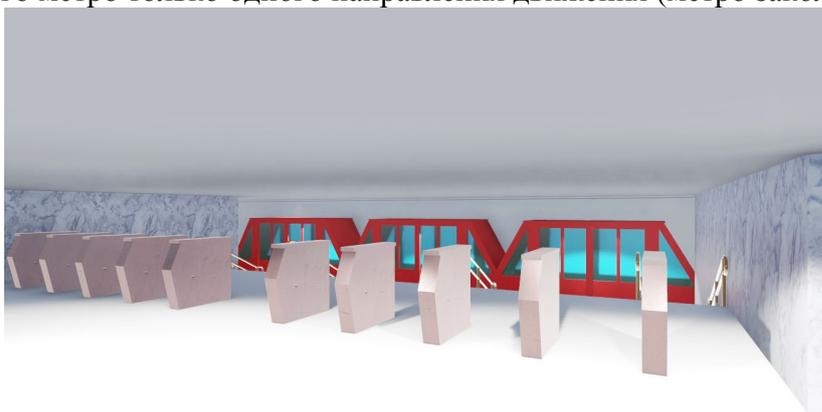


Рис.4. Инфобусы на станции метро

Расстояния между станциями не более 500 метров (в обычном метро это 1500 и более метров). В результате транспортная доступность для пассажиров такого вида метро выше, и меньше потребуются наземного транспорта для связи между станциями метро. На рис.4 инфобусы на станции метро.

Средняя скорость традиционного метро составляет 35-40 км./час. Щелевое метро будет иметь среднюю скорость 100 км/час, так как инфобус не делает промежуточных остановок, и все пассажиры одной станции назначения едут без остановки. Это стало возможным благодаря развитой системе предварительного сбора информации о пассажирах, т.е. пассажирский поток сразу при проходе через турникеты дифференцируется по станции назначения и инфобусы формируются пассажирами одной станции [2].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стоимость сооружения 1 км метро в Минске составляет от 40 до 60 млн долларов [Электронресурс]. – Режим доступа: <http://minsknews.by/blog/2014/08/19/stoimost-sooruzheniya-1-km-metro-v-minske-sostavlyayet-ot-40-do-60-mln-dollarov/>

2. Vasili Shuts, Valery Kasyanik. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport. // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12, No 4. – P. 52-60.