

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.193(477.63)

А. Л. ТЮТЬКИН^{1*}, БУРАУИ РАДИ²

^{1*} Кафедра «Мости и тоннели», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (066) 290 45 18, эл. почта alexytutkin@gmail.com, ORCID 0000-0003-4921-4758

² SO.B.E.R, 19 Rue Mécanique, Z.I Chargaia 1, 2035 Tunis, tel. 23 327 081, e-mail radhibouraoui@gmail.com

ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО НАЗЕМНОГО МЕТРОПОЛИТЕНА В Г. ДНЕПРЕ С ПОЗИЦИИ ТУНИССКОГО ОПЫТА

Цель. В статье разработан конкретный вариант комбинированного наземного метрополитена в г. Днепре на основе тунисского опыта создания и эксплуатации подобного вида транспорта. **Методика.** Для достижения поставленной цели авторами был проанализирован опыт создания линий различных видов легкорельсового транспорта, в общем, и наземного метрополитена в частности. Определены особенности видов легкорельсового транспорта Греции, Германии, Российской Федерации, а также легкого метро г. Туниса. Проанализированы преимущества и недостатки наземных и надземных линий. **Результаты.** После анализа зарубежного опыта, выяснено, что базовым вариантом для комбинированного наземного метрополитена является метротрам. Для г. Днепра разработан маршрут наземного метрополитена, в котором использованы решения из нескольких разновидностей наземного метрополитена. Это позволило учесть особенности города, его топографию и урбанистические решения, а также при этом минимально нарушить уже сложившуюся сложную транспортную систему. Разработан маршрут наземного метрополитена от разворотного круга на ул. Игоря Сикорского до ул. Трудовых резервов, ж/м Тополь-3, оригинальность которого состоит в том, что некоторая его часть основана на отчужденных территориях и вышедшей из эксплуатации железнодорожной линии. **Научная новизна.** Разработанные основы концепции комбинированного наземного метрополитена в г. Днепре с позиции тунисского опыта и обоснование данной концепции определяют новые результаты в сфере городского транспорта, в частности, измененные закономерностей пассажиропотоков. **Практическая значимость.** Разработка перспективного маршрута наземного метрополитена с использованием тунисского опыта легкорельсового транспорта и легкого метро, а также украинского опыта скоростного трамвая, позволит создать транспортную сеть, значительно упрощающую пассажироперевозки в г. Днепре.

Ключевые слова: наземный метрополитен; пассажиропоток; легкорельсовый транспорт; метротрам; легкое метро; станция метрополитена; скоростной трамвай

Введение

Рост мегаполисов Украины в совокупности с осложнением их транспортной ситуации требует четкой постановки проблемы пассажироперевозок и ее решения. Поскольку существующая транспортная сеть крупных городов, в основном состоящая из городского электро-транспорта (трамваи и троллейбусы), автобусного сообщения, внутригородского маршрутного сообщения и метрополитена (Киев, Харьков, Днепр), не справляется с пассажиропотоками, то выходом из сложившейся ситуации может быть развитие альтернативного вида городского транспорта. Таковым может стать комбинированный наземный метрополитен различных модификаций и разновидностей, приспособ-

ленный к городской структуре и существующим пассажиропотокам.

Наземный метрополитен в его различных вариантах (вылетные линии «тяжелого» метрополитена, легкорельсовый транспорт, «метротрам», легкое метро, полузаглубленный вариант, комбинированные варианты) является тем видом транспорта, который значительно снизит остроту транспортной проблемы. Несомненно, строительство новых линий наземного метрополитена требует значительных капиталовложений, однако построенный и нормально эксплуатируемый альтернативный вид транспорта может не только обслуживать существующие пассажиропотоки, но и постепенно осваивать новые городские территории.

Не следует забывать, что метрополитен вообще и наземная его разновидность в частности является имиджевым фактором, который характеризует город как развивающуюся систему. Именно наземный метрополитен во множестве его вариантов и в комбинированном виде довольно легко встраивается в социально-культурную и потребительскую жизнь города, поскольку он представляет собой не только систему остановок, но и подземных переходов, скайлайнов, транспортно-пересадочных узлов, а, следовательно, и привлекательных мест для создания торговых и культурных центров.

Однако концепция мелкозаложенного или наземного метрополитена, которая приходит на смену концепции метрополитена глубокого заложения, требует новых подходов к формированию линий и остановок, которые должны быть увязаны в общую транспортную сеть мегаполиса. Существующие варианты наземного метрополитена имеют как преимущества, так и недостатки. Лишь критический анализ всех сторон работы систем наземного метрополитена и наземного электротранспорта вообще дает возможность определить, какие из разработанных решений зарубежного опыта могут быть использованы в городах Украины. Такой подход объясняется тем, что применение конкретных вариантов наземного транспорта в городах различных стран связаны с особенностями их рельефа, урбанистических решений, направлений и интенсивностей пассажиропотоков и так далее. Поэтому формальное транспонирование зарубежного опыта в украинские города не будет плодотворным.

Обстоятельный анализ вариантов наземного метрополитена также свидетельствует о том, что применение одного из вариантов для таких городов со сложившейся инфраструктурой, пассажиропотоками и городской застройкой практически невозможно. Комбинирование вариантов является главным направлением, которое позволит создать новый вид транспорта, позволивший хотя бы частично решить проблему транспортной перегруженности. Дополнительным направлением является вписывание нового вида транспорта в конкретный украинский город, то есть использование его транспортного потенциала, который не был задействован.

Цель

На основе тунисского опыта создания и эксплуатации наземного метрополитена, который скорректирован в соответствии с конкретными реалиями украинских городов, следует разработать концепцию наземного комбинированного метрополитена в г. Днепре. Поставленная в данной статье цель определяет актуальную научно-техническую задачу, даже намеченность и предварительная разработанность которой может позволить более активно предлагать решения в области обеспечения пассажироперевозок в крупных городах Украины. Разработанный конкретный вариант наземного комбинированного метрополитена в г. Днепре, вероятно, довольно сложно будет реализовать в реальности, но это не свидетельствует о его невозможности, а скорее об определении проблем социального и политического порядка, которые превращают данный проект в гипотетический.

Методика

Для разработки концепции наземного комбинированного метрополитена в г. Днепре следует проанализировать опыт создания определенных линий. Известно, что метрополитеном называется городская внеуличная железная дорога, имеющая собственный габарит и предназначенная обычно для пассажирского движения. Существующие линии метрополитенов подразделяются на наземные, наземные и подземные [1-4]. Помимо данных линий метрополитенов, в некоторых городах мира имеются трамвайные и железнодорожные линии, проходящие под поверхностью земли. Трамвайные линии, расположенные в тоннелях, есть, например, в Афинах, Будапеште и Осло [5-7]. Под поверхностью земли расположены железнодорожные линии в Брюсселе, Копенгагене, Неаполе, Ливерпуле, Вене и других городах. Эти городские железнодорожные линии с расположением станций на небольшом расстоянии одна от другой (0,5...1,0 км) используются населением для передвижения в пределах города и поэтому часто также называются «метрополитенами», но отличаются от линий метрополитенов габаритами тоннелей, устройствами пути и энергоснабжения.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Во многих городах мира пригородные железнодорожные линии продлены от вокзалов в виде подземных участков в центр города и эксплуатируются независимо от метрополитенов. Такие подземные участки железнодорожных линий принято называть глубокими вводами и связывать с линиями метрополитенов при помощи объединенных пересадочных станций или пересадочных тоннелей, расположенных между станциями глубоких вводов и метрополитенов. Глубокие вводы создают значительные удобства для пассажиров, улучшают связь с пригородами и разгружают городские вокзалы, а также станции метрополитенов, расположенные у вокзалов.

Сооружение глубоких вводов требует значительных расходов ввиду высокой стоимости тоннелей, удовлетворяющих железнодорожному габариту, поэтому применяют также другой, более экономичный способ связи пригородных железных дорог с линиями метрополитенов – так называемые вылетные линии метрополитенов. Их выводят за пределы города, прокладывают по поверхности и примыкают к платформам станций пригородных железных дорог. Сооружение вылетных линий обходится значительно дешевле, но эксплуатация таких линий, особенно при большой их протяженности и в зимнее время, затруднительна.

В большинстве городов метрополитены имеют свой собственный габарит и не могут быть использованы для пропуска железнодорожных поездов. Ширину колеи метрополитенов, как правило, принимают нормальной железнодорожной, т.е. 1520 мм в Украине и 1435 мм в зарубежных странах.

Легкорельсовый транспорт («легкий рельсовый транспорт», ЛРТ) – городской железнодорожный общественный транспорт, характеризующийся меньшими, чем у метрополитена и железной дороги, габаритами, грузоподъемностью и скоростью сообщения [8-10]. Вариантами легкорельсового транспорта являются трамвай, скоростной трамвай, в том числе подземный трамвай и городская железная дорога. При этом отличия таких легкорельсовых систем от метрополитена, городской железной дороги (S-Bahn в Германии), являются нечеткими, что зачастую становится причиной терминологических ошибок. В целом, данный термин, как

правило, применяется для обозначения скоростных электрифицированных железнодорожных систем (например, трамвайных), обособленных от прочих транспортных потоков на большей части сети, однако допускающих в рамках системы и одноуровневые пересечения, и даже уличное движение (в том числе трамвайно-пешеходные зоны) [10]. В отличие от легкого метро, более близкого к обычному метро, легкорельсовый транспорт ближе к трамваю.

Относимые к легкорельсовому транспорту реализованные в Российской Федерации системы скоростного трамвая в Волгограде и существующий СНиП 2.05.09-90 «Трамвайные и троллейбусные линии» является своей собственной концепцией и не соответствуют принятой на Западе концепции ЛРТ ввиду требований по обособленности скоростной части трамвайной сети, от прочих трамвайных маршрутов [8, 10]. Данный вид транспорта получил широкое распространение за рубежом – за последние 15 лет в мире было построено порядка 80 систем ЛРТ, причем около 100 систем ЛРТ в данный момент находятся на различных стадиях проектирования и строительства.

Главной отличительной особенностью легкорельсового транспорта, как и следует из названия, является меньшая допустимая нагрузка на ось, в отличие от метрополитена (15 тонн). Кроме того, принципиальным отличием систем легкорельсового транспорта является допустимость одноуровневых пересечений с неинтенсивными транспортными потоками, при условии приоритета ЛРТ. На практике такой принцип достигается за счет таких методов, как, например, управление фазами светофоров в зависимости от режима работы ЛРТ. В среднем же, без организации подобных участков, скорость сообщения для легкорельсового транспорта составляет 36 км/час при провозной способности порядка 20 тысяч пассажиров в час. За счет меньшей изоляции сети и меньших требований к нагрузке на ось, стоимость строительства для ЛРТ в 5...10 раз меньше, чем для метрополитена [10].

Легкое метро, легкий метрополитен – вид регулярного скоростного внеуличного рельсового городского транспорта [11]. По своим характеристикам занимает промежуточное поло-

жение между классическим метрополитеном и легкорельсовым транспортом. Четкого разграничения между классическим и легким метро, а также легким метро и легкорельсовым транспортом не существует. Из-за этого некоторые системы можно отнести к обоим видам. Например, первая линия Будапештского метрополитена исторически не относится к легкому метро, хотя по техническим характеристикам ее можно отнести к нему. Однако нередко параметры отдельных систем, именуемых легким метро, наоборот, аналогичны метрополитену (например, Бутовская линия легкого метро в Москве) или даже городскому поезду (S-Bahn).

Как правило, линии легкого метро располагаются на поверхности или на эстакадах и иногда имеют небольшие тоннельные участки (например, на пересадочных узлах, в центре города, на транспортных развязках), поезда насчитывают 2...4 вагона, диаметр тоннелей составляет 4...5 метров, в тоннелях и над землей допустимы значительные уклоны и малые поворотные радиусы, платформы на станциях – высокие, длиной 50...90 метров и шириной 5...8 метров. Линии легкого метрополитена часто являются подводящими к аэропортам либо к станциям обычного метрополитена и лишь в небольших городах составляют основу городской транспортной системы. Провозная способность линии легкого метро в зависимости от определения составляет от 6...20 до 20...30 тыс. человек в час в одном направлении.

Преимущества и недостатки наземных и надземных линий таковы.

Преимущества:

- строительство наземных и надземных станций и перегонов железных дорог (наиболее простых по конструкции) обходится дешевле и занимает меньше времени по сравнению с подземными;
- отсутствие необходимости масштабного переноса коммуникаций, котлованов и проблем при подземном строительстве (например, плывунов).

Недостатки:

- использование городского пространства, на которое также могли претендовать автомагистрали;
- постоянный шум (проблему шума часто удается решить применением путевых противошумных экранов);

- дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с более частым ремонтом оборудования и пути (в том числе из-за воздействия атмосферных осадков и др. неблагоприятных погодных-климатических факторов);

• изменение ландшафта, что негативно воспринимается некоторыми людьми, часто бывающими рядом с линией метро. По этой причине наземные и эстакадные участки следует проектировать очень тщательно, дабы нивелировать этот недостаток.

В странах с холодной и снежной зимой к перечисленным недостаткам также добавляются следующие:

- холод и случающиеся обледенения платформ станций зимой и, как следствие, необходимость в противообледенительных мерах;
- снегопады и, как следствие, необходимость снегоуборки после каждого снегопада.

Результаты

Наиболее близким к разрабатываемой концепции наземного комбинированного метрополитена в г. Днепре является тунисский опыт создания Тунисского легкого метро (Métro léger de Tunis), а, точнее, «метротрама». Это открытая в 1985 году [11, 12] система легкорельсового транспорта в виде современного скоростного трамвая в городе Тунис, выходящая также в некоторые его пригороды и состоящая из 8 линий. Общая длина 8-ми линий – 32 км, всего в системе 66 станций. С сетью трамвая связан пригородно-городской поезд TGM, который также обслуживает город и некоторые пригороды.

Используются как одиночные вагоны, так и двухвагонные поезда длиной до 50 метров. Вагоны являются сочленёнными многосекционными двусторонними, поэтому не требуют разворота на конечных остановках, то есть поезда приспособлены к челночному типу пассажироперевозок. Со времени постройки основу парка вагонов составляют трёхсекционные вагоны Siemens TW6000. В 2007-2010 годах были закуплены пятисекционные вагоны Citadis 302 производства компании Alstom [11, 13].

В центре (кроме обособленного «трамвайного вокзала» на пл. Барселоны) пути проходят по проезжей части городских улиц, а остановки устроены на тротуарах. За пределами центра

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

пути и станции наземные обособленные, а в некоторых местах пересечение улиц проходит по туннелям. Несмотря на присутствие слова «метро» в названии, Тунисское легкое метро является метротрамом. Метротрам – это технология подземно-наземного горизонтально-вертикального перемещения вагонов с находящимися в них пассажирами, исключая из метрополитена вертикально-горизонтальную составляющую в виде эскалаторов. Метротрам, являясь комбинированным вариантом, занимает нишу между трамваем и метро. По скорости передвижения пассажира по городу и расходу электроэнергии на тягу он имеет в два раза лучшие показатели, чем традиционный городской рельсовый транспорт [14, 15].

Станции метротрама располагаются на поверхности земли и не являются столь дорогостоящими по строительству и содержанию как станции метрополитена. Тоннели 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. Принципиальная схема работы метротрама представлена на рис. 1 [15].

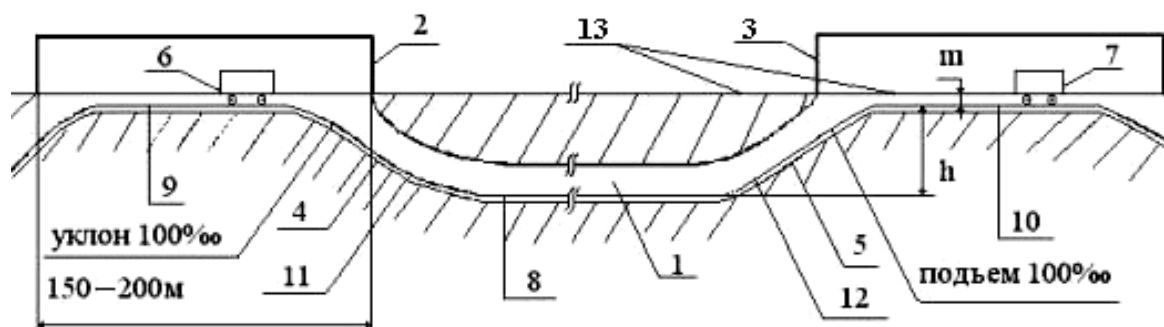


Рис. 1. Скоростная городская транспортная система (взята из работы [15]):

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

Посадку и высадку пассажиров метротрам производит на поверхности земли (рис. 2 из работы [15]). Для основного движения он спускается по наклонному тоннелю в подземный тоннель и передвигается там как метропоезд.



Рис. 2. Спуск в подземный тоннель (взята из работы [15])

Во время спуска или подъема метротрам 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 метротрам способен перевозить пассажиров между остановочными пунктами, расположенными на поверхности земли, со скоростью сообщения 50 км/ч. При такой скорости сообщения пятивагонные поезда метротрамвая общей длиной не более 100 м способны обеспечить провозную способность трассы не менее 35 тыс. пассажиров в час в одном направлении [14].

Однако, проанализировав тунисский опыт, создание наземного метро в виде конкретной его вариации, невозможно в некомбинированном виде. Поэтому для г. Днепра разработан

маршрут наземного метрополитена, в котором использованы решения из нескольких разновидностей наземного метрополитена. Это позволило, прежде всего, учесть особенности г. Днепр, его топографию и урбанистические решения, и при этом минимально нарушить уже сложившуюся сложную транспортную си-

стему. Оригинальность маршрута состоит еще и в том, что некоторая его часть основана на отчужденных территориях и вышедшей из эксплуатации железнодорожной линии, земляное полотно которой переоборудуется под наземный метрополитен. Весь маршрут (рис. 3) отображен с помощью Google Maps.

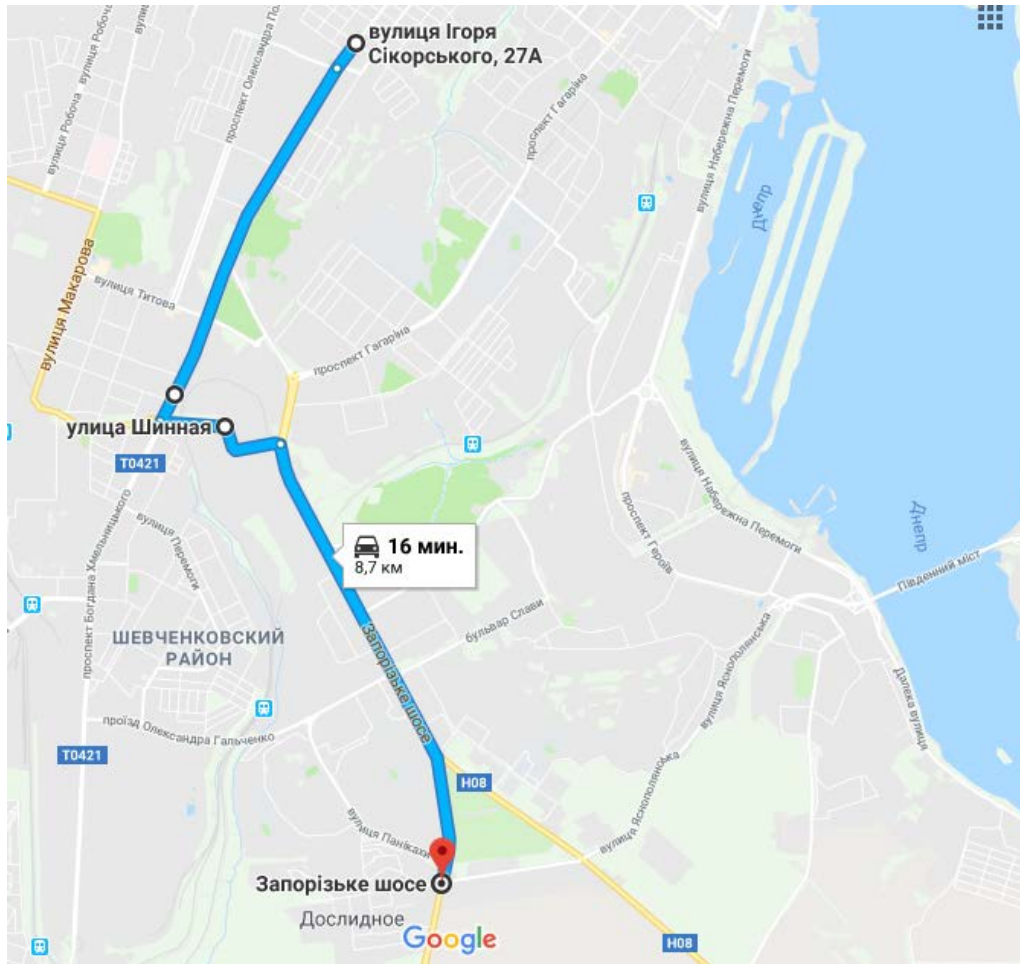


Рис. 3. Маршрут наземного метрополитена
(от разворотного круга на ул. Игоря Сикорского до ул. Трудовых резервов, ж/м Тополь-3)

Начало маршрута – разворотный круг трамвая маршрута № 4, что позволяет использовать его как накопительный узел. Существующая ситуация ул. Михаила Грушевского, которая переходит в просп. Богдана Хмельницкого, позволяет устройству двухпутного наземного метрополитена, но в виде эксплуатационной схемы всё же принимается «челночная», то есть движение по линии осуществляется взад-перед от одной конечной станции к другой (один поезд едет к ул. Сикорского, другой – к ул. Трудовых резервов). Данная эксплуатаци-

онная схема объясняется тем, что она не требует устройства разворотных колец наземного метрополитена, причём время преодоления маршрута составляет примерно 20 минут, что приблизительно равно поездке на автомобиле, но явно меньше поездки в маршрутном такси.

На промежутке от ул. Игоря Сикорского до проспекта Пилипа Орлика линия представлена только наземным вариантом, но пересечение этих улиц автомобилями требует ухода метрополитена в подземный тоннель, как, например, в варианте легкого метро Туниса (рис. 4).

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА



Рис. 4. Двухъярусное размещение Тунисского легкого метро (Wikipedia)

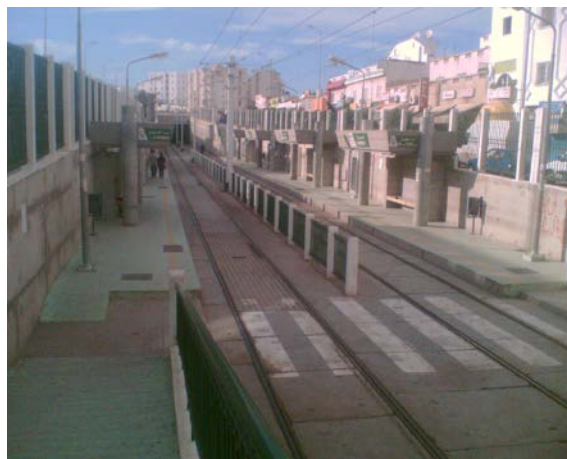


Рис. 5. Стандартная платформа Тунисского легкого метро (Wikipedia)

В качестве подвижного состава следует принять трехвагонный на основе трамваев Tatra T3SU, Tatra T3M, 71-611 или Tatra K3R-N. Вторая остановка, после первоначальной, планируется в районе Городской больницы № 16. Третья остановка – ул. Титова, причём участок выполняется в виде наземного метрополитена, а пересечение с ул. Титова оформляется в виде подземного тоннеля. Все переходы над прос. Хмельницкого – скайлайны. Четвёртая остановка – ул. Шинная, причём именно в этом месте создаётся новый транспортный узел в виде разворотного кольца трамваев маршрутов № 12 и 16, поскольку их линии от ул. Игоря Сикорского придется заменить линиями наземного метрополитена.

Пересечение проспекта Богдана Хмельницкого и улицы Шинной требует изменения радиуса наземного метрополитена, поэтому пятую остановку можно разместить только на Запорожском шоссе.

Пятая остановка маршрута наземного метрополитена, как и последующие, устраивается по нечетной стороне Запорожского шоссе. Причём дальнейшая линия, кроме небольшого участка пересечения с улицей Космической, будет чисто наземной, базируясь на месте уже существующих рельсов малоэксплуатируемой железной дороги. Пятая остановка размещается в районе банка «ПУМБ» и представляет собой стандартную платформу наземного метрополитена (рис. 5, показана на примере Тунисского легкого метро).

Шестая остановка – пересечение с ул. Космической, причём в данном случае лучше устроить не подземный тоннель, а регулируемый переезд, представляющий собой наземный тоннель с воротами, открытие и закрытие которых для автомобильного транспорта синхронизировано с городской системой светофоров. Седьмая остановка – пересечение с ул. Паникахи, которое реализуется подобно пересечению с ул. Космической. Конечная остановка – ул. Трудовых резервов, выход на ж/м «Тополь-3» и к многочисленным супермаркетам.

Научная новизна и практическая ценность

Наибольшую проблему в строительстве наземного метрополитена составляет сложное внедрение в уже сложившуюся транспортную систему г. Днепра. Однако метрополитен-долгострой, уменьшающееся количество маршрутных такси, почти неразвивающаяся система электротранспорта и нераскрытие потенциала пассажироперевозок требует альтернативных видов транспорта, и наземный метрополитен является наиболее эффективным из всех существующих. Разработка концепции комбинированного наземного метрополитена и ее обновление составляет научную новизну в сфере городского транспорта.

Разработка перспективного маршрута наземного метрополитена с использованием тунисского опыта легкорельсового транспорта и легкого метро, а также украинского опыта скоростного трамвая, позволит создать транс-

портную сеть, значительно упрощающую пассажироперевозки. Отмеченные выше изменения в трамвайных маршрутах № 12 и 16, кажущиеся на первый взгляд отрицательно влияющими на общие пассажиропотоки, могут быть положительными, если данные маршруты переоборудовать под линии наземного метрополитена. Это исключит вынужденное строительство разворотного кольца на ул. Шинной и позволит обеспечить движение на 12 Квартал (и дальше – до завода Прессов), а также ул. Кротова.

Выводы

В статье проанализированы основные положения при создании линий наземного метрополитена, определены особенности, преимущества и недостатки различных вариантов наземного метрополитена (легкорельсовый транспорт, «метротрам», комбинированные варианты). Определено, что транспортная сеть крупных городов, в основном состоящая из городского электротранспорта, автобусного сообщения, внутригородского маршрутного сообщения и метрополитена, не справляется с пассажиропотоками, поэтому выходом из сложившейся ситуации может быть развитие наземного метрополитена, который приспособлен к городской структуре и существующим пассажиропотокам.

Проведен анализ решений зарубежья и Украины и предложено конкретное использование тунисского опыта для создания комбинированного наземного метрополитена (на примере г. Днепр) с разработкой перспективной линии длиной около 9 км, насчитывающей 8 станций с маршрутом от ул. Игоря Сикорского до ул. Трудовых резервов, ж/м Тополь-3.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петренко, В. И. Современные технологии строительства метрополитенов в Украине [Текст] / В. И. Петренко, В. Д. Петренко, А. Л. Тютюкин. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. – 252 с.
2. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів (у 3-х частинах). Навчальний посібник. Частина 2 [Текст] / Ю. М. Айвазов. – Київ : НТУ, 2009. – 216 с.
3. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів (у 3-х частинах). Навчальний посібник. Частина 1 [Текст] / Ю. М. Айвазов. – Київ : НТУ, 2006. – 166 с.
4. Фролов, Ю. С. Метрополитены. Учебник для вузов [Текст] / Ю. С. Фролов, Д. М. Голицынский, А. П. Ледяев. – Москва : Желдориздат, 2001. – 528 с.
5. Metros: Keeping pace with 21st century cities. International Association of Public Transport (French: L'Union internationale des transports publics (UITP)) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.uitp.org/metros-keeping-pace-21st-century-cities>
6. Taplin, M. Trams in Western Europe [Текст] / Michael Taplin, Michael Russel. – Harrow Weald, Middlesex: Capital Transport, 2002. – 128 с.
7. Taplin, M. A world of trams and urban transit – A complete listing of Light Rail, Light Railway, Tramway & Metro systems throughout the World. Light Rail Transit Association (LRTA). (March 2013) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.lрта.org/world/worldind.html>
8. Бакланов, В. В. Внедрение легкорельсового транспорта – один из путей повышения качества транспортного обслуживания населения г. Москвы [Текст] / В. В. Бакланов // Международная практическая конференция «Тенденции развития легкорельсового транспорта в городе Москве», 16 октября 2008 года. – С. 13-19.
9. Рассел, Д. Легкорельсовый транспорт [Текст] / Рассел Д. – Москва : ООО «Книга по Требованию», 2012. – 96 с.
10. Track Design Handbook for Light Rail Transit. Transportation Research Board [Текст]. – 695 p.
11. Un métro léger pour des villes vivables [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/02%20UN%20METRO%20LEGER%20POUR%20DES%20VILLES%20VIVABLES.pdf>
12. Muller, Georges L'Année du Tram [Текст] / Les Editions Ronald Hirlé, Strasbourg, 1994. – 239 p.
13. Tunis orders more trams. Railway Gazette International (22 July 2010) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/tunis-orders-more-trams.html>
14. Мнацаканов, В. А. Предельные возможности метрополитена как транспортной системы [Текст] / В. А. Мнацаканов // «Метро и тоннели», 2002. – № 3. – С. 2-9.
15. Мнацаканов, В. А. Метротрамвай [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.metro.ru/library/analytics/144/>

О. Л. ТЮТЬКІН^{1*}, БУРАУЇ РАДІ²

^{1*} Кафедра «Мости і тунелі», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (066) 290 45 18, ел. пошта alexeytutkin@gmail.com, ORCID 0000-0003-4921-4758

² SO.B.E.R, 19 Rue Mécanique, Z.I Charguia 1, 2035 Tunis, tel. 23 327 081, e-mail radhibouraoui@gmail.com

ОСНОВИ КОНЦЕПЦІЇ КОМБІНОВАНОГО НАЗЕМНОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ В М. ДНІПРІ З ПОЗИЦІЇ ТУНІСЬКОГО ДОСВІДУ

Мета. У статті розроблений конкретний варіант комбінованого наземного метрополітену в м Дніпрі на основі туніського досвіду створення та експлуатації подібного виду транспорту. **Методика.** Для досягнення поставленої мети авторами було проаналізовано досвід створення ліній різних видів легкорейкового транспорту взагалі і наземного метрополітену зокрема. Визначено особливості видів легкорейкового транспорту Греції, Німеччини, Російської Федерації, а також легкого метро м. Тунісу. Проаналізовано переваги та недоліки наземних і надземних ліній. **Результати.** Після аналізу зарубіжного досвіду, з'ясовано, що базовим варіантом для комбінованого наземного метрополітену є метротрам. Для м. Дніпра розроблений маршрут наземного метрополітену, в якому використані рішення з кількох різновидів наземного метрополітену. Це дозволило врахувати особливості міста, його топографію і урбаністичні рішення, і при цьому мінімально порушити вже сформовану складну транспортну систему. Розроблено маршрут наземного метрополітену від розворотного кола на вул. Ігоря Сікорського до вул. Трудових резервів, ж/м Тополя-3, оригінальність якого полягає в тому, що деяка його частина заснована на відчужених територіях і залізничної лінії, що вийшла з експлуатації. **Наукова новизна.** Розроблені основи концепції комбінованого наземного метрополітену в м. Дніпрі з позиції туніського досвіду і обґрунтування даної концепції визначають нові результати в сфері міського транспорту, зокрема, зміну закономірностей пасажиропотоків. **Практична значимість.** Розробка перспективного маршруту наземного метрополітену з використанням туніського досвіду легкорейкового транспорту та легкого метро, а також українського досвіду швидкісного трамвая, дозволить створити транспортну мережу, що значно спрощує пасажироперевезення в м Дніпрі.

Ключові слова: наземний метрополітен; пасажиропотік; легкорейковий транспорт; метротрам; легке метро; станція метрополітену; швидкісний трамвай

O. L. TIUTKIN^{1*}, RADHI BOURAOUI²

^{1*} Department «Bridges and tunnels» of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryana Str., 2, Dnepr, Ukraine, 49010, tel. +38 (066) 290 45 18, e-mail alexytutkin@gmail.com, ORCID 0000-0003-4921-4758

² SO.B.E.R, 19 Rue Mécanique, Z.I Charguia 1, 2035 Tunis, tel. 23 327 081, e-mail radhibouraoui@gmail.com

BASES OF THE CONCEPT OF A COMBINED GROUND METROPOLITAN IN DNIPRO FROM A TUNIS EXPERIENCE POSITION

Purpose. The authors developed a specific version of the combined ground metro in the city of Dnipro based on the Tunisian experience in creating and operating this type of transport. **Methodology.** To achieve this goal, the authors analyzed the experience of creating lines of various types of light rail transport, in general, and ground-based metro in particular. The features of the types of light rail transport in Greece, Germany, the Russian Federation, as well as the light metro of the city of Tunisia were determined. The advantages and disadvantages of land and aboveground lines are analyzed. **Findings.** After analyzing the foreign experience, it was found that the basic option for the combined ground metro is metrotram. For the city of Dnepr a ground metro route has been developed, in which solutions from several varieties of ground metro have been used. This made it possible, first of all, to take into account the peculiarities of the city, its topography and urban solutions, and at the same time to minimally vio-

late the already existing complex transport system. The route of the ground metro from the roundabout on the Igor Sikorsky street to the Labor reserves street, Topol-3 estate, the originality of which lies in the fact that some of it is based on alienated territories and out-of-operation railway line. **Originality.** The basics of the combined ground metro concept in Dnipro developed from the point of view of the Tunisian experience and the rationale for this concept determine new results in the field of urban transport, in particular, the changed patterns of passenger traffic. **Practical value.** The development of a promising ground-based metro route using the Tunisian light rail and light rail experience, as well as the Ukrainian high-speed tram experience, will create a transport network that greatly simplifies passenger transportation in the Dnipro.

Keywords: ground metro; passenger traffic; light rail service; metro; easy metro; metro station; speed train

REFERENCES

1. Petrenko V. I., Tjut'kin A. L. Petrenko V. D. *Sovremennye tehnologii stroitel'stva metropolitenov v Ukraine* [Modern technologies of construction of subways in Ukraine]. Dnipropetrovsk, Nauka i osvita Publ., 2005. 252 p.
2. Ajvazov Ju. M. *Proektuvannja metropoliteniv (u 3-h chastinah). Navchal'nij posibnik. Chastina 2* [Design metropoliten (in 3 parts). Primary community. Part 2]. Kyjiv, NTU Publ., 2009. 216 p.
3. Ajvazov Ju. M. *Proektuvannja metropoliteniv (u 3-kh chastynakh). Navchal'nyj posibnyk. Chastyna 1* [Design metropoliten]. Kyjiv, NTU Publ., 2006. 166 p.
4. Frolov Ju. S., Golicynskij D. M., Ledjaev A. P. *Metropoliteny. Uchebnik dlja vuzov* [Metropolitan]. Moscow, Zheldorizdat Publ., 2001. 528 p.
5. *Metros: Keeping pace with 21st century cities*. International Association of Public Transport (French: L'Union internationale des transports publics (UITP)) [Electronic resource]. Available at: <http://www.uitp.org/metros-keeping-pace-21st-century-cities>
6. Taplin Michael, Russel Michael *Trams in Western Europe*. Harrow Weald, Middlesex: Capital Transport Publ., 2002. 128 p.
7. Taplin M. *A world of trams and urban transit – A complete listing of Light Rail, Light Railway, Tramway & Metro systems throughout the World*. Light Rail Transit Association (LRTA). (March 2013) [Electronic resource]. Available at: <http://www.lрта.org/world/worldind.html>
8. Baklanov V. V. *Vnedrenie legkorel'sovogo transporta – odin iz putej povyshenija kachestva transportno-go obsluzhivanija naselenija g. Moskvy* [The introduction of light rail transport is one of the ways to improve the quality of transport services for the population of Moscow]. *Mezhdunarodnaja praktičeskaja kon-ferencija «Tendencii razvitija legkorel'sovogo transporta v gorode Moskve»*, 16 oktjabrja 2008 goda. pp. 13-19.
9. Rassel D. *Legkorel'sovyj transport* [Light rail]. Moscow, OOO «Kniga po Trebovaniju» Publ., 2012. 96 p.
10. *Track Design Handbook for Light Rail Transit*. Transportation Research Board. 695 p.
11. *Un métro léger pour des villes vivables* [Electronic resource]. Available at: <http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/02%20UN%20METRO%20LEGER%20POUR%20DES%20VILLES%20VIVABLES.pdf>
12. Muller Georges *L'Année du Tram*. Les Editions Ronald Hirlé, Strasbourg, 1994. 239 p.
13. *Tunis orders more trams*. *Railway Gazette International* (22 July 2010) [Electronic resource]. Available at: <http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/tunis-orders-more-trams.html>
14. Mnacakanov V. A. *Predel'nye vozmozhnosti metropolitena kak transportnoj sistemy* [Limit possibilities of the metro as a transport system]. *«Metro i tonneli – Metro and tunnels»*, 2002. № 3. pp. 2-9.
15. Mnatsakanov V. A. *Metrotramvay* [Metrotram]. [Electronic resource]. Available at: <http://www.metro.ru/library/analytics/144/>

Надійшла до редколегії 31.10.2018.

Прийнята до друку 26.11.2018.