

УДК 625.54, 625.57

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НАДЗЕМНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ ПОДВЕСНЫХ ПАССАЖИРСКИХ КАНАТНЫХ ДОРОГ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ГОРОДА БРЯНСКА

Лагерев А.В., Лагерев И.А.

Брянский государственный университет им. акад. И.Г.Петровского

Применительно к современной ситуации в сфере общественного транспорта в городе Брянске рассмотрены основные задачи по внедрению инновационной технологии надземных пассажирских перевозок на основе подвесных пассажирских канатных дорог («Канатного метро»). Показаны преимущества канатного метро на основе мехатронной технологии транспортирования по сравнению с традиционными подвесными канатными дорогами. Выполнен технико-экономический анализ целесообразности строительства канатного метро в условиях высоко урбанизированной городской среды крупных городов, мегаполисов и городских агломераций. Приведены статистические данные о развитии парка автотранспортных средств в г. Брянске в период 2004-2016 годов и на основе анализа этих данных показана целесообразность развития надземного пассажирского транспорта как наиболее скоростного и экологически безопасного вида транспорта по сравнению с автомобильным и электрическим транспортом. Рассмотрены возможные источники финансирования проектных и строительно-монтажных работ и показана коммерческая привлекательность проекта для потенциальных инвесторов в рамках частно-государственного партнерства. Применительно к сложившейся городской застройке и основным транспортным потокам города Брянска сформулированы предложения по расположению перспективных транспортных линий канатного метро, очередности их прокладки, формированию маршрутов движения подвижного состава. Выполнена оценка трудовых и финансовых затрат на реализацию предлагаемого проекта модернизации системы общественного транспорта города Брянска на основе подвесных пассажирских канатных дорог. Предложенный вариант имеет следующие характеристики: число транспортных линий - 6, суммарная протяженность - 54,8 км, общее число посадочных пассажирских станций - 26, узловых пассажирских станций - 6, общее число промежуточных опор - 100...110 штук с пролетом между опорами - 400...600 м. Стоимость строительства транспортных линий и приобретение необходимого пассажирского и технологического оборудования составит по приближенным оценкам 10,6 млрд. руб., стоимость зданий пассажирских станций - 1,9 млрд. руб.

Ключевые слова: городской общественный транспорт, пассажирские перевозки, подвесная пассажирская канатная дорога, канатное метро, транспортная линия, маршрут, анализ технико-экономический, источники финансирования.

DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-02-163-177

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [1] определяет активную позицию государства по созданию условий для социально-экономического развития, прежде всего в целях повышения качества транспортных услуг, снижения совокупных издержек общества, зависящих от транспорта, повышения конкурентоспособности отечественной транспортной системы, усиления инновационной, социальной и экологической направленности развития транспортной отрасли.

Отдельным направлением в стратегии обозначено развитие и реформирование городского пассажирского транспорта.

Городской пассажирский транспорт общего пользования является важнейшим элементом транспортной системы, который обеспечивает ежедневную транспортную подвижность двух третей населения России

[1]. В настоящее время внутригородские перевозки осуществляются различными видами наземного транспорта – трамваем, троллейбусом, автобусом, метрополитеном, маршрутными и легковыми таксомоторами, а также электропоездами. При достаточно высокой потенциально возможной скорости движения этих средств, которая может быть обеспечена применяемыми двигателями, средняя скорость перемещения пассажиров, тем не менее, оказывается значительно ниже вследствие характерных для урбанизированной среды недостатков формирования транспортного потока – наличия светофоров, перекрестков, «пробок», случаев дорожно-транспортных происшествий, ремонта дорожного полотна, прокладки подземных коммуникаций и др. [2-4]. Эти обстоятельства не только замедляют перемещение пассажиров, но и делают практически невозмож-

ным планирование ими времени нахождения в пути.

Сказанное определяет актуальность научных и прикладных исследований перспектив и условий внедрения современной инновационной технологии надземных пассажирских перевозок на основе подвесных пассажирских канатных дорог. Это также обусловлено тем обстоятельством, что пассажирский канатный транспорт в последнее время начали активно использовать как общественный транспорт для урбанизированной среды.

Заметное распространение в качестве городского канатный транспорт уже получил в Европе, Азии и Латинской Америке. Для таких крупных городов, как Лондон, Милан, Барселона, Каир, Медельин, Каракас подвесной пассажирский канатный транспорт используется для разгрузки общественного пассажирского транспорта в сильно застроенных деловых частях городов [5-9]. Имеется также опыт использования канатного транспорта и в российских городах – Оренбурге и Нижнем Новгороде [10, 11].

Для решения имеющихся транспортных проблем целесообразно ориентироваться на наиболее молодой, но обладающий неоспоримыми перспективами для модернизации общегородских систем общественного транспорта, вид пассажирского канатного транспорта – канатное метро. Принципиальная структура канатного метро определена в работах [12-14]. Оно представляет собой автоматизированную управляемую многоканатную систему с мехатронными модулями движения, установленными на промежуточных линейных опорах по трассе. Управление мехатронными модулями движения осуществляется системой управления, использующей RFID-метки (транспондеры), интегрированные в структуру стальных канатов, образующих путевую структуру. Количественные технико-экономические характеристики канатного метро в сравнении с аналогичными характеристиками других видов городского общественного транспорта приведены в табл. 1 [15].

Таблица 1

Сравнительные технико-экономические характеристики городского общественного транспорта [15]

Характеристика	Метрополитен	Моно-рельс	Скоростной трамвай	Трамвай	Троллейбус	Автобус	Канатное метро
Стоимость строительства 1 км пути, млн. руб.	7500	1800	2100	800	600	500	300
Стоимость 1 пассажиро-километра, руб.	5,3	3,9	2,8	3,5	2,9	3,8	2,0
Приведенная стоимость организации движения при максимальном пассажиропотоке, тыс. руб./пасс.	28,9	100,0	2,68	3,12	2,0	1,2	1,8
Приведенная стоимость подвижного состава, тыс. руб./пасс./год	2,0	20,0	3,2	3,2	3,2	4,8	0,4
Максимальный пассажиропоток, тыс. пасс./ч	30	6	30	18	7	7	3
Максимальная скорость движения, км/ч	90	45	60	60	60	60	40
Средняя скорость движения, км/ч	40	15	30	24	20	20	34
Площадь, занимаемая 1 пассажиром на улице, м ²	0	0	4,0	3,1	2,4	3,1	0
Коэффициент полезного использования энергии	0,2	0,15	0,3	0,19	0,17	0,14	0,42
Удельный расход энергии, Вт·ч/т·ч	50	100	60	70	90	120	25
Удельный расход энергоресурсов, л/100 пассажиро-километров	1,3...1,7	1,5...2,5	1,4...1,8	1,9...2,1	1,9...2,5	2,1...2,3	0,3...0,5

Канатное метро, формирующееся как объединение двух технологий – транспортной технологии на основе подвесных пассажирских канатных дорог и мехатронной технологии на основе интеллектуального управления механической транспортной системой и приводным электроприводом, в силу синергетического эффекта нельзя рассматривать как модернизированную разновидность традиционной канатной дороги. Следует говорить о качественно новом, инновационном

для начала XXI века виде городского общественного пассажирского транспорта, принципиально ориентированного на применение в условиях высоко урбанизированной и ландшафтно неоднородной среды городских агломераций, мегаполисов и крупных городов.

Хотя канатное метро внешне похоже на традиционную подвесную канатную пассажирскую дорогу, однако в его основе лежат либо новые, либо принципиально другие технические решения (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика канатного метро и пассажирской подвесной канатной дороги

Традиционная пассажирская канатная дорога	Канатное метро
<p><i>Недостаток:</i> использование морально устаревшего оборудования.</p>	<p><i>Достоинство:</i> использование новейших мехатронных технологий для создания управляемой многоканатной транспортной системы в условиях высоко урбанизированной среды.</p>
<p><i>Недостаток:</i> ограниченная длина трассы транспортирования.</p> <p><i>Причина:</i> наличие одного сосредоточенного привода движения тягового каната.</p> <p><i>Негативные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) с увеличением длины канатной дороги увеличивается мощность ее привода, а также габариты оборудования и опорных металлоконструкций и, как следствие, стоимостных показателей проекта; 2) для канатных дорог большой протяженности необходимы канаты большой агрегатной прочности, что ведет к возрастанию массы и стоимости каната, привода и металлоконструкций; 3) поэтому на длинных трассах устанавливаются друг за другом несколько канатных дорог; 4) это энергозатратно, дорогостояще и трудоемко при строительстве, особенно в условиях городской среды. 	<p><i>Достоинство:</i> неограниченная длина трассы, возможность «достраивания» линии метро при расширении городской застройки.</p> <p><i>Причина:</i> мехатронные модули движения реализуют идею линейно распределенного по трассе привода движения пассажирских кабин.</p> <p><i>Положительные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) малая мощность одного мехатронного модуля, так как он обеспечивает движение тягового каната на ограниченном участке трассы; 2) более низкая суммарная мощность и энергопотребление мехатронных модулей по сравнению с традиционных одиночным приводом на трассах равной длины (до 30 %); 3) малые массогабаритные характеристики оборудования и опорных металлоконструкций; 4) возможность использования тяговых и несущих канатов меньшей агрегатной прочности и, соответственно, меньшего диаметра (в 3-5 раз), собственного веса (до 7 раз) и стоимости; 5) возможность увеличения расстояния между соседними опорными металлоконструкциями вдоль трассы до 3000 м; 6) улучшение динамических характеристик за счет снижения массы подвижных элементов.
<p><i>Недостаток:</i> преимущественно прямолинейная трасса движения пассажирских кабин.</p> <p><i>Причина:</i> возвратно-поступательное движение тягового каната между двумя конечными пунктами трассы.</p> <p><i>Негативные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) отсутствие возможности перехода с одной линии канатной дороги на другую без пересадки; 2) невозможность формирования произвольного или кольцевого транспортного маршрута. 	<p><i>Достоинство:</i> возможность создания любых маршрутов в пределах всей системы канатных линий, включая кольцевые маршруты (т.е. логистические возможности канатного метро практически становятся равными традиционным видам пассажирского транспорта).</p> <p><i>Причина:</i> разработка устройства переориентации направления движения пассажирских кабин (аналог трамвайных или железнодорожных стрелочных переводов).</p> <p><i>Положительные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) возможность перевода пассажирских кабин на другую линию канатного метро на узловых станциях без пересадки пассажиров; 2) возможность создания пунктов отстоя пассажирских кабин в течение времени пониженного пассажиропотока на линии; 3) возможность оперативной переброски пассажирских кабин на линии повышенного пассажиропотока, в час «пик» и др.

Окончание табл. 1

Традиционная пассажирская канатная дорога	Канатное метро
<p><i>Недостаток:</i> полная остановка движения всех пассажирских кабин на линии при отказе привода движения тягового каната.</p> <p><i>Причина:</i> наличие одного сосредоточенного привода движения тягового каната.</p> <p><i>Негативные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) необходимость проведения в срочном порядке единовременных аварийно-спасательных и ремонтных работ по длине трассы; 2) достаточная длительность аварийно-спасательных работ, срыв планов пассажиров, опоздание и т.п.; 3) достаточно тяжелая психологическая ситуация для пассажиров; 4) трудности в организации системы технического обслуживания и ремонта канатной дороги, т.к. проведение этих работ требует остановки движения кабин. 	<p><i>Достоинство:</i> практически нулевая вероятность остановки пассажирских кабин при отказе привода движения тягового каната.</p> <p><i>Причина:</i> наличие линейно распределенного по трассе привода движения кабин на основе множества мехатронных модулей движения.</p> <p><i>Положительные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) отсутствие необходимости в срочном ремонте отказавшего мехатронного модуля движения и проведения аварийно-спасательных работ; 2) возможность организации качественной системы технического обслуживания и ремонта мехатронных модулей движения, т.к. ее проведение возможно во время работы канатного метро без его остановки; 3) отсутствие психологических последствий и неудобств для пассажиров при отказе мехатронного модуля движения.
<p><i>Недостаток:</i> невозможность остановки кабины на станции для посадки и выгрузки пассажиров.</p> <p><i>Причина:</i> неразъемное присоединение пассажирской кабины к постоянно движущемуся тяговому канату.</p> <p><i>Негативные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) небезопасно при посадке и высадке пассажиров на ходу; 2) невозможно организовать посадку инвалидов и лиц с ограниченными возможностями, детей, пассажиров с детскими колясками и крупногабаритной кладью и др.; 3) при посадке нескольких человек необходимо движение «вдогонку» за кабиной; 4) невозможно использование кабин рентабельной вместимости (по 30-40 человек). 	<p><i>Достоинство:</i> возможность остановки кабины на станции для посадки и выгрузки пассажиров.</p> <p><i>Причина:</i> наличие автоматизированной системы управления движением кабин, отслеживающей их расположение и автоматически выполняющей присоединение-отсоединение кабины от постоянно движущегося каната.</p> <p><i>Положительные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) полная безопасность посадки и высадки пассажиров в остановившуюся кабину; 2) безопасная посадка инвалидов и лиц с ограниченными физическими возможностями, детей, пассажиров с детскими колясками и крупногабаритной кладью и др.; 3) возможно использование пассажирских кабин рентабельной вместимости (по 30-40 человек).
<p><i>Недостаток:</i> отсутствие автоматизированной системы управления движением кабин.</p> <p><i>Причина:</i> «жесткая» схема работы канатной дороги, не предполагающая возможность существенного регулирования параметров движения.</p> <p><i>Негативные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) невозможность обеспечения требуемого уровня комфортности и безопасности перемещения пассажиров; 2) невозможность управления параметрами движения пассажирских кабин, включая время их остановки, скорость и др. 	<p><i>Достоинство:</i> наличие автоматизированной системы управления движением кабин.</p> <p><i>Причина:</i> использование информационных технологий на основе RFID-меток (транспондеров), интегрированных в тяговый канат и образующих цельную путевую структуру.</p> <p><i>Положительные последствия:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) повышенная безопасность перемещения; 2) возможность слежения за движением и управления движением каждой пассажирской кабины, включая ее местоположение, скорость, необходимость остановки; 3) выявление случаев нарушения общественного порядка в кабинах, видеообнаружение и задержание нарушителей органами полиции.

В настоящее время вопросы, связанные с проектированием и строительством канатного метро, решены в той мере, в какой это необходимо для начала его практической реализации. Имеется ряд предпроектных решений для Москвы, Ростова-на-Дону, Новочеркасска, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Ставрополя, Севастополя, Сочи, Красноярска, Сколково, морского перехода через Керченский пролив и др. [2-4, 15-19].

Сравнение канатного метро и традиционных видов городского транспорта по ряду основных технико-экономических показателей позволяет сформулировать следующие преимущества канатного метро:

- *социальные:*

- стоимость проезда находится на уровне традиционных видов городского общественного транспорта;

- скорость (до 50...60 км/ч) и четкая прогнозируемость времени поездки в связи с отсутствием неопределенных по времени простоев в транспортных или дорожно-ремонтных пробках, на светофорах и т.п.;

- отсутствие потерь времени на вынужденные простои и ожидание в пробках;

- комфорт и безопасность перемещения, так как подвижной состав имеет плавный ход и отсутствует вероятность столкновения с другим автотранспортным средством;

- удобство посадки и высадки, в том числе, для людей с ограниченными возможностями;

- возможность перевозки ручной клади и крупногабаритных грузов;

- *технические:*

- движение над землей без пересечения с трассами других видов городского общественного, грузового и специального транспорта;

- отсутствие дорожно-транспортных происшествий;

- создание беспересадочных маршрутов любой конфигурации;

- относительные энергозатраты на перемещение (до 40 км/час) в 5...10 раз ниже, чем у современного автомобиля [15];

- практически нечувствительно к рельефу местности, наземным и подземным объектам и коммуникациям;

- не нарушается сложившаяся в городе дорожно-уличная сеть и инженерная инфраструктура;

- хорошо вписывается в архитектурный облик города;

- не требуется строительство мостов, эстакад, путепроводов, насыпей и тоннелей;

- не требуется проведение объемных земляных работ, нарушающих ландшафт и требующих последующую рекультивацию;

- устойчивость к воздействию неблагоприятных климатических факторов и стихийных бедствий (землетрясений, наводнений, оползней, ураганного ветра, низких или высоких температур окружающей среды и др.);

- использование электрической тяги, не оказывающей негативного влияния на окружающую среду, низкий уровень шума и вибраций, отсутствие вредных выбросов;

- минимальная потребность в строительных материалах и конструкциях, срав-

нительно невысокий расход конструкционных сталей, цветных металлов, полуфабрикатов и строительных материалов;

- *экономические:*

- сравнительно невысокая стоимость проектирования и строительства (до 30 млн. руб./ 1 км пути);

- стоимость строительства трассы с инфраструктурой в 2...5 раз дешевле современных железных и автомобильных дорог [15];

- наименьшие затраты на организацию движения и закупку подвижного состава;

- наименьший удельный расход и наибольший коэффициент использования энергии на перевозку 1 пассажира;

- экономия затрат на перемещение на основе внедрения энергоэффективных технологий и независимости от нефтепродуктов;

- минимальное землеотведение (в среднем 0,1 га земли на 1 км трассы [15]);

- не требуется выкуп или отчуждение дорогостоящих земельных участков, снос имеющихся зданий и сооружений под прокладку наземной трассы;

- значительная часть площадей посадочных станций может быть передана в аренду и использована в коммерческих или иных целях.

Анализ условий наиболее целесообразного использования канатного метро в качестве инновационной транспортной системы для регулярных пассажирских перевозок, проведенный в ряде работ [2-4, 16, 17], показал, что канатное метро наиболее эффективно функционирует в тех случаях, когда другие виды городского транспорта малоэффективны, а именно:

- при наличии плотной городской застройки с наличием относительно узких улиц (2...4 полосы для движения транспорта);

- в условиях пространственной разбросанности городских районов при отсутствии или недостаточности альтернативных магистралей между ними;

- в случае трудности или невозможности прокладки новых транспортных магистралей в черте городской застройки или между удаленными от центральной части города отдельными городскими районами или городами-спутниками в черте городской агломерации;

- при наличии в пределах городской черты широких рек или речных пойм;

- при овражистом или холмистом рельефе местности;
- для эффективного решения проблемы обеспечения охраны окружающей среды от вредного воздействия транспортной инфраструктуры на условия жизнедеятельности человека и окружающую среду.

В условиях плотной городской застройки г. Брянска внутригородские перевозки на основе традиционных видов наземного транспорта практически исчерпали свои возможности по развитию пассажиропотока. Согласно данным [16], рост объемов автомобильных перевозок сопровождается увеличением количества автомобилей на дорогах. В 2004 году в Брянске было зарегистрировано 53 049 единиц автотранспортных средств, в 2007 году – 66 819 единиц, в 2008 – 77 429 единиц, в 2009 году – 83 609 единиц. По отношению к 2009 году в 2016 году ожидается увеличение численности легковых автомобилей на 34 %, грузовых автомобилей – на 38 %, автобусов – на 20 %. При этом общее число пассажиров, перевезенное автомобильным и троллейбусным общественным транспортом, сократится с 78 млн. человек до 65,5 млн. человек, что, очевидно, будет связано с развитием личного автомобильного транспорта жителей города, приводящего к дополнительному росту нагрузки на транспортную инфраструктуру города.

Согласно действующей в настоящее время «Стратегии социально-экономического развития города Брянска на период до 2025 года» [21] самой острой проблемой городского хозяйства, по мнению жителей города, является состояние городских дорог. Это же подтверждается данными SWOT-анализа социально-экономического положения г. Брянска: в числе слабых сторон отмечена перегруженность отдельных узлов уличной дорожной сети города. Поэтому в числе основных стратегических возможностей по активному развитию г. Брянска «Стратегия...» рассматривает совершенствование транспортной инфраструктуры и ставит задачу развития скоростного общественного транспорта.

Брянск является идеальным городом для строительства канатного метро, так как применительно к его застройке и рельефу хорошо подходят те перечисленные выше усло-

вия, которые необходимы для наиболее эффективного функционирования канатного метро. В то же время, эти же особенности застройки и рельефа города являются барьером развития его транспортной инфраструктуры на основе традиционных видов автомобильного и электрического транспорта. Сложившаяся транспортная инфраструктура Брянска осложняется тем, что территория города имеет значительную площадь, а четыре района отделены друг от друга реками Десной, Болвой и Снежетью с широкими заливными поймами, разветвленной сетью железнодорожных путей, через которые проложены мосты и путепроводы. Вследствие несовершенства планировочной структуры магистральная сеть центра Брянска сильно перегружена транзитными транспортными потоками. В часы «пик» скорость передвижения автомашин не превышает 20 км в час.

С учетом сложившихся в Брянске пассажиропотоков была сделана предварительная оценка количества и возможного расположения линий канатного метро (рис. 1). Полный вариант транспортной системы «Канатное метро г. Брянска» включает 6 транспортных линий. Основные количественные характеристики этих линий приведены в табл. 3.

Линия 1 «Чайковичи – Орловская» является самой протяженной и основной транзитной линией транспортной системы, обеспечивающей беспересадочный проезд через весь город. Она связывает три городских района – Бежицкий, Советский и Фокинский. Линия имеет привязку к главным пассажирским транспортным магистралям этих районов: в Бежицком районе она проходит вдоль улиц Литейная, Ульянова, III Интернационала и Бежицкой, в Советском районе – вдоль улиц Дуки, Красноармейской и проспекта Ленина, в Фокинском районе – вдоль Московского проспекта. Линия имеет два протяженных перехода через реку Десна и речную пойму между Бежицким и Советским районами и Советским и Фокинским районами длиной ~0,8 км и ~1,7 км. Построение всей городской транспортной системы канатного метро целесообразно начинать с построения именно этой линии. Возможный внешний вид характерных участков линии 1 показан на рис. 2.

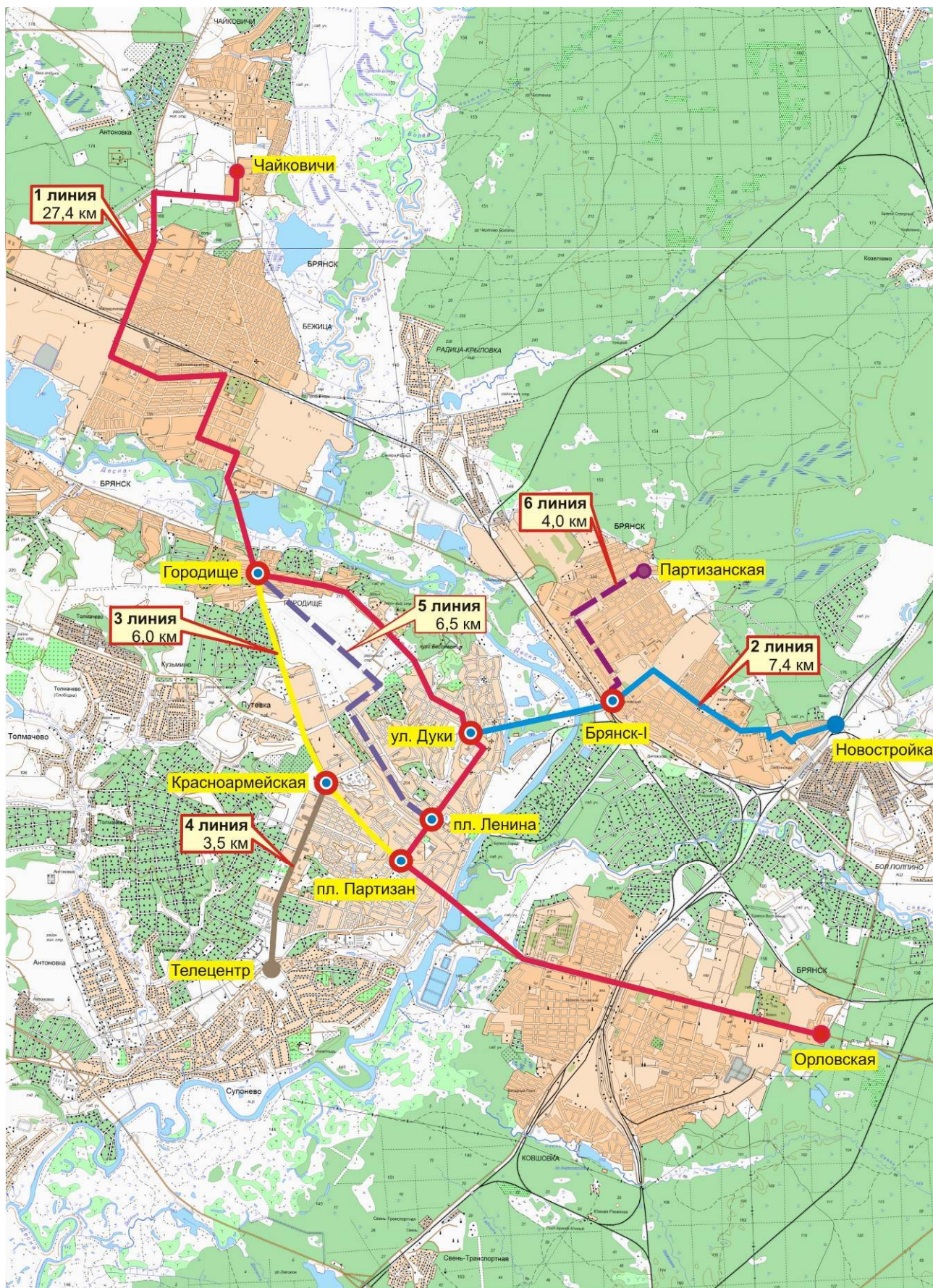


Рис. 1. Расположение линий канатного метро г. Брянска

Таблица 3

Основные характеристики линий канатного метро в г. Брянске

Линия	Длина линии, км	Количество станций на линии, шт.		Число опор, шт.	Ориентировочная стоимость строительства, млн. руб.		
		линейных	узловых		линии	станций	общая
Линия 1 «Чайковичи – Орловская»	27,4	6	6	50	5480	780	6260
Линия 2 «ул. Дуки – Новостройка»	7,4	4	3	14	1480	320	1800
Линия 3 «Площадь Партизан – Городище»	7,0	5	3	13	1400	250	1650
Линия 4 «Улица Красноармейская – Телецентр»	3,5	4	2	7	700	220	920
Линия 5 «Площадь Ленина – Городище»	6,5	4	2	12	1300	120	1420
Линия 6 «Вокзал Брянск-1 – Партизанская»	4,0	3	2	8	800	190	990
Итого	54,8	26	6	104	10580	1880	12460

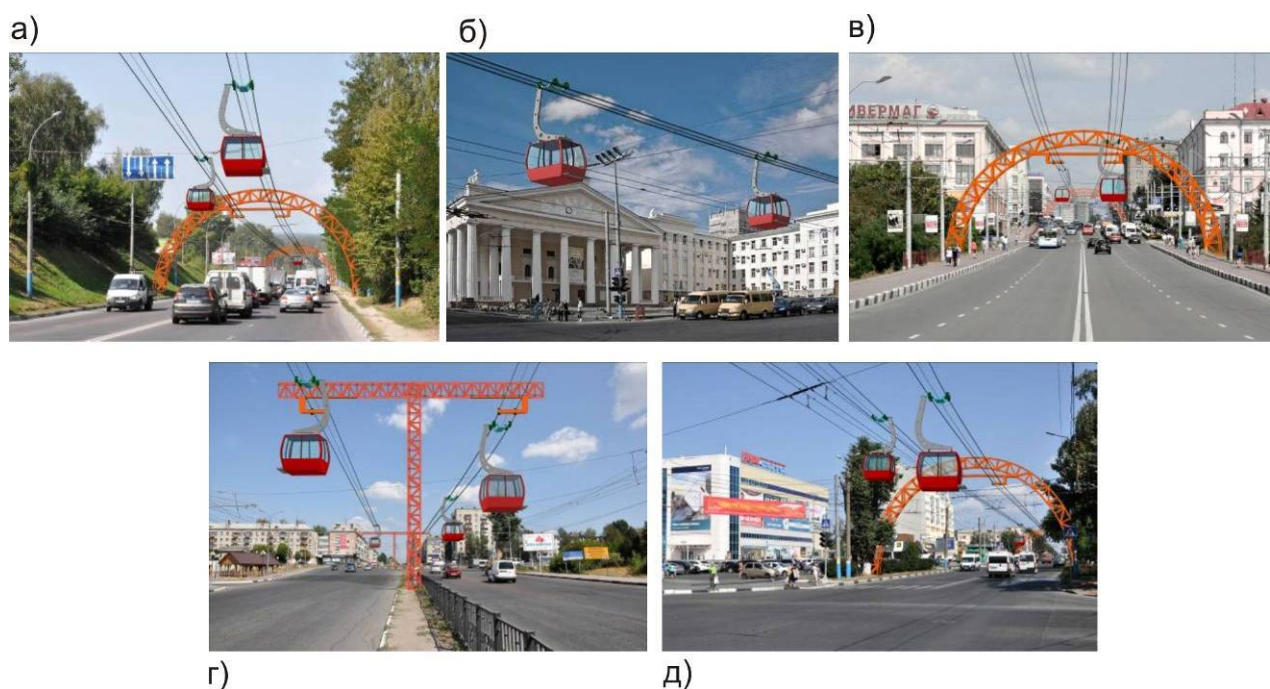


Рис. 2. Вариант интеграции транспортной системы «Канатное метро г. Брянска» в существующую дорожную сеть (линия 1): а) улица Бежицкая в районе Городищенской горки; б) проспект Ленина у Брянского областного драмтеатра; в) проспект Ленина в районе дамбы через Нижний Судок; г) улица Ульянова на въезде в Бежицкий район; д) улица III Интернационала у Бежицкого универмага

Линия 2 «Улица Дуки – Новостройка» также является важной составляющей городской транспортной системы канатного метро, так как связывает Советский, Бежицкий и Фокинский районы города с четвертым, Володарским районом и находящимися на его территории центральным железнодорожным вокзалом Брянск-1 и крупным развивающимся микрорайоном. Она имеет привязку к основным транспортным магистралям Володарского района – улицам Никитина, Корнюшкина и Чернышевского. Линия имеет один переход через реку Десна и речную пойму длиной ~1,5 км.

Линия 3 «Площадь Партизан – Городище» имеет привязку к одной из основных транспортных магистралей Советского района города – улице Красноармейской. Она имеет важное логистическое значение с точки зрения обеспечения замкнутости городской транспортной системы канатного метро.

Ввод в эксплуатацию линий 1, 2 и 3 следует рассматривать как выполнение программы-минимума модернизации системы общественного транспорта г. Брянска на основе канатных дорог. Полная программа модернизации предусматривает построении еще трех дополнительных линий канатного метро.

Линия 4 «Улица Красноармейская – Телецентр» является самой короткой транспортной линией. Она привязана к важной транспортной магистрали Советского района города - проспекту Станке Димитрова и связывает с центральной частью города обширный микрорайон, расположенный вдоль проспекта, и областной больничный комплекс, а также обеспечивает доступность одного из главных туристических объектов Брянской области – Свенского Успенского монастыря.

Линия 5 «Площадь Ленина – Городище» имеет перспективное значение, так как она будет пересекать обширный жилой и административный микрорайон в районе старого аэропорта, являющийся наиболее перспективной площадкой для дальнейшего развития застройки в городе Брянске.

Линия 6 «Вокзал Брянск-1 – Партизанская» позволяет соединить с центральной частью города обширный удаленный микрорайон жилой застройки Володарского района. Она привязана к важной транспортной магистрали района – улице Пушкина.

Суммарная протяженность всех шести транспортных линий канатного метро составит приблизительно 54,8 км. Общее количество пассажирских посадочных станций может достигать 32 станции, причем в дальнейшем их число может увеличиваться с учетом объективных логистических изменений в структуре пассажирских транспортных потоков по мере развития городской инфраструктуры и застройки. Планируется, что из общего числа 6 станций будут узловыми (пересадочными), располагающимися в местах пересечения или примыкания линий канатного метро, а 26 станций – линейными, обеспечивающими лишь посадку-высадку пассажиров. Общее число промежуточных опорных металлоконструкций, поддерживающих тяговый и несущие канаты, по предварительным оценкам составит 100...110 штук, расположенных с пролетом 400...600 м. Отдельные пролеты через несколько широких преград (рек и речных пойм в черте города) могут достигать 1000...2000 м. В настоящее время такие пролеты являются технически возможными, исходя из агрегатной прочности и надежности несущих канатов, выпускаемых отечественной промышленностью [22, 23].

Стоимость строительства непосредственно линий и приобретение необходимого пассажирского и технологического оборудования составит по приближенным оценкам порядка 10,6 млрд. руб., стоимость зданий пассажирских станций – 1,9 млрд. руб. Учитывая темпы строительства линий в объеме 4...5 км/год, продолжительность строительства может составить 9...11 лет, а необходимо годовое финансирование (в среднем) - порядка 1,0...1,2 млрд. руб./год на строительство линий и порядка 0,2...0,25 млрд. руб./год – на строительство зданий пассажирских станций. При финансировании в большем объеме сроки строительства можно сократить до 5...6 лет.

Приоритетным подходом к решению проблемы снижения достаточно высокой стоимости строительства канатного метро является проведение широкомасштабных научно-исследовательских и опытно-конструкторских исследований и разработок, направленных на создание оптимальных и автоматизированных методов проектирования

при решении таких важных инженерно-технических задач, как

- прокладка трассы транспортной линии с учетом имеющейся городской застройки (высотности зданий и сооружений, расположения пригодных площадок для возведения линейных и узловых станций, расположения непременных объектов городской инфраструктуры и др.) и ландшафтной неоднородности (оврагов, возвышенностей, рек, озер и др.);

- создание отвечающих критериям надежности и безопасности конструкций опор, канатно-блочной системы и подвижного состава;

- создание аппаратного и программного обеспечения автоматизированной системы управления движением подвижного состава в рамках единой городской транспортной системы канатного метро.

В настоящее время имеются подобные разработки применительно к решению задачи оптимальной прокладки трассы канатного метро [22, 24-26]. На стоимость строительства линии значительное влияние оказывает величина шага установки соседних промежуточных опор, вследствие чего задача их расположения вдоль трассы является задачей технико-экономической оптимизации [22]. Оптимизация позволяет обеспечить минимальную величину затрат на возведение опорных конструкций, приобретение тягового и несущих канатов, а также комплекта устанавливаемого на опору необходимого технологического оборудования. На стоимость строительства линии также значительное влияние оказывает рельеф местности и высотность застройки вдоль трассы [24, 25]. Как показано в этих работах на примере модельных расчетов, при достаточно неоднородном рельефе местности оптимизация по расстановке промежуточных опорных металлоконструкций и их высоте позволяет уменьшить стоимость строительства в 1,5...2 раза по сравнению с вариантом равномерной расстановки опор равной высоты.

В настоящее время также имеются отдельные разработки, направленные на создание отвечающих критериям надежности и безопасности конструкций опор, канатно-блочной системы и подвижного состава [27]. При этом первостепенное значение приобретает динамико-прочностное моделирование конструкций, их основных узлов и механиз-

мов в процессе эксплуатации, для чего возможно использование численных методов, хорошо зарекомендовавших себя при проектировании подъемно-транспортной техники, например, [28-33].

В качестве принципа финансирования строительства транспортной системы «Канатное метро г. Брянска» целесообразно использовать возможности частно-государственного партнерства. Возможные источники финансирования в этом случае:

- финансовые средства частных инвесторов;
- федеральные финансовые средства, полученные в рамках профильных федеральных и государственных программ;
- муниципальные финансовые средства;
- заемные финансовые средства.

Интерес инвесторов очевиден: для посадки пассажиров на станциях канатного метро необходима только посадочная площадка, которая должна располагаться на достаточной высоте над землей - на высоте 15 – 20 – 25 м, т.е. на уровне пяти-, семи- или десятиэтажного здания. Поэтому архитектурно станцию канатного метро целесообразно совмещать с многоэтажным зданием, в котором размещаются различные коммерческие и социальные объекты: торговые, культурно-развлекательные и физкультурно-спортивные комплексы, библиотеки, офисные помещения, гостиницы, жилые помещения и др. Таким образом, с точки зрения инвестора пассажир совершает поездку не от одной станции до другой, а от одного торгово-развлекательного центра до другого, причем на станциях ему удобно будет максимально решить свои бытовые проблемы – совершить покупки и получить максимальное количество разнообразных услуг.

Только за счет сдачи в аренду внутренних помещений зданий пассажирских станций инвестор может получить годовую арендную плату в размере 48...50 млн. руб./год (для 5-этажной станции высотой 15 м) или 96...100 млн. руб./год (для 10-этажной станции высотой 30 м). Исходя из средней стоимости строительства 1 кв. м здания в размере 20 тыс. руб./кв.м, только за счет аренды вложенные инвестором в строительство станции средства окупятся приблизительно за 2 года. Таким образом, финансирование строитель-

ства станций в размере 2,3 млрд. руб. можно полностью передать инвесторам.

Следует также учитывать, что пассажирские станции канатного метро (особенно узловые) будут располагаться в местах концентрации пассажиропотока, на пересечениях линий наземного пассажирского транспорта. Как правило, эти места характеризуются повышенной плотностью застройки и наиболее высокой ценой земли. Разрешение инвестору построить станцию целесообразно обременить требованием дополнительного финансирования строительства самих линий метро.

Таким образом, на долю частных инвесторов, как минимум, может приходиться финансирование порядка 3...4 млрд. руб. или 35...40 % от общей стоимости проекта.

Список литературы.

1. Распоряжение Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/94460/#ixzz4h8vkrSuA>.

2. Короткий, А.А. О перспективах применения канатного транспорта / А.А. Короткий, В.Б. Маслов // Безопасность труда в промышленности. - 2005. - №6. - С.30-34.

3. Короткий, А.А. Перспективы применения канатного транспорта в урбанизированной среде / А.А. Короткий, М.В. Кирсанов, А.В. Панфилов // Градостроительство. – 2013. - № 4. - С. 66-70.

4. Короткий, А.А. Перспективы применения канатного транспорта в урбанизированной среде / А.А. Короткий, В.М. Приходько, Г.В. Кустарев, А.В. Панфилов, А.В. Озорнин // Инновации и инвестиции. – 2013. - № 5. - С. 159-163.

5. Канатное метро // ИКЦ «Мысль» НГТУ: [сайт]. - Режим доступа: <http://www.ikcmysl.ru/kanatnoe-metro>.

6. Koblenz verbindet. Eine Stadt, in der Man gleich zu Hause ist: [site]. - Available: http://www.koblenz.de/stadtleben_kultur/koblenz_allgemeine_infos_e.html.

7. Kölner Seilbahn: [сайт]. - Available: <http://www.koelner-eilbahn.de/german/index.html>.

8. Le téléphérique de la bastille à Grenoble: [site]. - Available: <http://www.youtube.com/watch?v=V9PjFK0NZ0c>.

9. Le Téléphérique du Mont Faron: [site]. - Available: <http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/991912#Transport>.

10. Канатная дорога / Город Оренбург: [сайт]. - Режим доступа: <http://pro-orenburg.ru/history/kanatnaja-doroga.html>.

11. ОАО «Нижегородские канатные дороги»: [сайт]. - Режим доступа: <http://www.nnkd.ru/>.

12. Пат. 2506182 Российская Федерация, МПК В61В 7/00. Транспортная система («Канатное метро») / А.А. Короткий, А.В. Лагереv, Б.Ч. Месхи, В.М. Приходько, Г.В. Кустарев, В.Б. Маслов, Д.А. Короткий, М.В. Кирсанов, А.В. Панфилов, И.А. Лагереv. - № 2012121358/11; заявл. 23.05.12; опубл. 10.02.14.

13. Пат. 120617 Российская Федерация, МПК В61В 7/00. Транспортная система («Канатное метро») / А.А. Короткий, А.В. Лагереv, Б.Ч. Месхи, В.М. Приходько, Г.В. Кустарев, В.Б. Маслов, Д.А. Короткий, М.В. Кирсанов, А.В. Панфилов, И.А. Лагереv. - № 2012121284/11; заявл. 23.05.12; опубл. 27.09.2012. - Бюл. № 27.

14. Панфилов, А.В. Инновационный пассажирский канатный транспорт для урбанизированной среды с мехатронными модулями движения / А.В. Панфилов, В.М. Приходько, Г.В. Кустарев, А.А. Короткий, А.В. Озорнин // Инновации и инвестиции. – 2013. - № 6. - С. 187-191.

15. Месхи, Б.Ч. Концепция развития сети канатного метро в Ростове-на-Дону // Б.Ч. Месхи, А.А. Короткий, В.Б. Маслов // Вестник Донского государственного технического университета. – 2011. – Т. 11. - № 8. – С. 1348-1355.

16. Лагереv, А.В. Концепция инновационной системы городского транспорта «Канатное метро города Брянска» / А.В. Лагереv, И.А. Лагереv, А.А. Короткий, А.В. Панфилов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2012. - №3. – С. 12-15.

17. Лагереv, А.В. Брянское канатное метро / А.В. Лагереv, А.А. Короткий, А.В. Панфилов, И.А. Лагереv // Материалы научной конференции совета МНТО, Брянск, 9-10 июня 2012 г.- Брянск: БГТУ, 2012.- С. 36-39.

18. Пат. 2471662 Российская Федерация, МПК В61В 7/00. Транспортная система («Канатное метро») / А.А. Короткий, Л.В. Стоцкая,

Н.А. Рожков, А.В. Курлыков, Г.В. Кустарев, А.А. Тумасов, Д.А. Короткий, В.Б. Маслов, Д.В. Маслов, А.В. Панфилов. - № 2011138129; заявл. 16.09.2011; опубл. 10.01.2013.

19. Пат. 2478503 Российская Федерация, МПК В61В 7/00. Грузопассажирский канатно-переправочный комплекс / А.А. Короткий, А.В. Трембицкий, Б.Д. Попиашвили, В.В. Дубровин, Г.В. Кустарев, Д.А. Короткий, А.В. Панфилов. - № 2011137148/11; заявл. 08.09.2011; опубл. 10.04.2013.

20. Короткий, А.А. Канатные дороги нового поколения как элемент пассажирской транспортной инфраструктуры горного кластера Сочи-2014 / А.А. Короткий, А.В. Панфилов // Безопасность труда в промышленности. – 2014. - № 6. – С. 38-41.

21. Постановление Брянской городской администрации от 10.04.2012 № 785-п «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития города Брянска на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.city-strategy.ru/UserFiles/Files/Bryansk2025.pdf>.

22. Лагерев, А.В. Оптимизация шага установки промежуточных опорных конструкций вдоль линии канатного метро / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев // Вестник Брянского государственного университета. – 2014. - № 4. - С. 22-30.

23. ООО «МосКанат»: [сайт]. - Режим доступа: www.mos-kanat.ru/prise_2012.xls.

24. Лагерев, А.В. Оптимальное проектирование линий канатного метро в условиях сильно урбанизированной городской среды / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев // Известия МГТУ «МАМИ». - 2015. – Т.1. - № 1 (23). – С. 57-65.

25. Лагерев, А.В. Оптимальное проектирование линии канатного метро / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев // Вестник Брянского государственного университета. – 2015. - № 2. - С. 406-415.

26. Короткий, А.А. Метод проектирования и анализа трассы канатного метро / А.А. Короткий, В.Б. Маслов, Д.В. Маслов, А.В. Панфилов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2011. - № 3. - С. 68-73.

27. Самсонов, А.В. Моделирование динамики мехатронного модуля гибкого тягового органа канатной дороги / А.В. Самсонов

// Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2016. - № 2. – С. 81-85.

28. Вершинский, А.В. Расчет металлических конструкций подъемно-транспортных машин методом конечных элементов / А.В. Вершинский, И.А. Лагерев, А.Н. Шубин, А.В. Лагерев. – Брянск: РИО БГУ, 2015. – 210 с.

29. Лагерев, А.В. Динамико-прочностной анализ гидравлических крано-манипуляторных установок мобильных машин / А.В. Лагерев, А.А. Мильто, И.А. Лагерев. – Брянск: РИО БГУ, 2015. – 186 с.

30. Лагерев, И.А. Оптимальное проектирование подъемно-транспортных машин // И.А. Лагерев, А.В. Лагерев. - Брянск: БГТУ, 2013.- 228 с.

31. Лагерев, А.В. Универсальная методика определения напряжений в стержневых элементах конструкций гидравлических крано-манипуляторов в задачах динамики / А.В. Лагерев, А.А. Мильто, И.А. Лагерев // Вестник Брянского государственного университета. – 2013. - № 4. - С. 21-26.

32. Lagerev, A.V. Preliminary Dynamics and Stress Analysis of Articulating Non-Telescoping Boom Cranes Using Finite Element Method / A.V. Lagerev, I.A. Lagerev, A.A. Milto // Int. Review on Modelling and Simulations. – 2015. – Vol. 8. - № 2. – P. 223-227.

33. Лагерев, А.В. Исследование динамики и прочности гидравлических крано-манипуляторных установок на подвижном шасси / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев, А.А. Мильто // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2015. - № 1. – С. 43-48.

Сведения об авторах

Лагерев Александр Валерьевич – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе НИИ фундаментальных и прикладных исследований ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», bsu-avl@yandex.ru.

Лагерев Игорь Александрович – кандидат технических наук, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», lagerev-bgu@yandex.ru.

PROSPECTS OF INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGY OVERHEAD PASSENGER TRAFFIC ON THE BASIS OF THE PASSENGER ROPEWAYS FOR THE MODERNIZATION OF THE PUBLIC TRANSPORT SYSTEM OF THE BRYANSK CITY

Lagerev A.V., Lagerev I.A.

Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University

In relation to the current situation in the field of public transport in the Bryansk city was shown the main problems in the implementation of innovative technology for the aerial passenger transport on the basis of suspended passenger ropeways (Cable metro). Shows the advantages of the cable metro-based mechatronic technology transportation compared to the traditional suspended passenger ropeways. Was made the technical and economic feasibility analysis of the construction of the cable metro in conditions of a highly urbanized urban environment of large cities, metropolises and urban agglomerations. Presented the statistical data on the development of vehicles in the Bryansk city in the period 2004-2016 years and based on the analysis of these data shows the feasibility of the development of aerial passenger transport as the most high-speed and environmentally friendly mode of transport compared with automobile and electric transport. Considered the possible sources of financing of design and construction works and shows the commercial attractiveness of the project to potential investors in the framework of public-private partnerships. For existing urban development and major transport flows of the Bryansk city was formulated proposals for the location of future transport cable metro lines, order their gaskets, the formation routes of movement of the rolling stock. Made the estimation of labor and financial costs for the implementation of the project of modernization of the public transport system of the city of Bryansk on the basis of the suspended passenger ropeways. The proposed option has the following characteristics: the number of transport lines - 6, total length - 54.8 km, total number of passenger boarding stations - 26, hub passenger stations - 6, the total number of intermediate supports - 100...110 pieces with a span between supports of 400...600 m. the cost of construction of transport lines and the purchase of necessary passenger and processing equipment will be according to rough estimates of 10.6 billion RUB, cost of building passenger stations - 1.9 billion RUB.

Keywords: urban public transport, passenger transportation, suspended passenger ropeway, cable metro, shuttle line, route, analysis of feasibility, sources of funding.

DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-02-163-177

References

1. *Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 22 noyabrya 2008 g. № 1734-r «Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda»*. Available: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/94460/#ixzz4h8vvpSuA> (In Russian)
2. Korotkiy A.A., Maslov V.B. O perspektivakh primeneniya kanatnogo transporta. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*, 2005, No.6, pp. 30-34. (In Russian)
3. Korotkiy A.A., Kirsanov M.V., Panfilov A.V. Perspektivy primeneniya kanatnogo transporta v urbanizirovannoy srede. *Gradostroitelstvo*, 2013, No. 4, pp. 66-70. (In Russian)
4. Korotkiy A.A., Prikhodko V.M., Kustarev G.V., Panfilov A.V., Ozornin A.V. Perspektivy primeneniya kanatnogo transporta v urbanizirovannoy srede. *Innovatsii i investitsii*, 2013, No.5, pp. 159-163. (In Russian)
5. Kanatnoe metro. IKTs «Myhsl» NGTU. Available at: <http://www.ikcmysl.ru/kanatnoe-metro>. (In Russian)
6. *Koblenz verbindet. Eine Stadt, in der Man gleich zu Hause ist*. Available: http://www.koblenz.de/stadtleben_kultur/koblenz_allgemein_e_infos_e.html.
7. *Kölner Seilbahn*. Available: <http://www.koelner-seilbahn.de/german/index.html>.
8. *Le téléphérique de la bastille à Grenoble*. Available: <http://www.youtube.com/watch?v=V9PjFK0NZ0c>.
9. *Le Téléphérique du Mont Faron*. Available: <http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/991912#Transport>.
10. *Kanatnaya doroga. Gorod Orenburg*. - Available: <http://pro-orenburg.ru/history/kanatnaya-doroga.html>. (In Russian)
11. *OAO «Nizhegorodskie kanatnye dorogi»*. - Available: <http://www.nmkd.ru/>. (In Russian)
12. Patent RU 2506182. *Transportnaya sistema «Kanatnoe metro»* [Transport system «Rope metro»]. Korotkiy A.A., Lagerev A.V., Meskhi B.I., Prikhodko V.M., Kustarev G.V., Maslov V.B., Korotkiy D.A., Kirsanov M.V.,

Panfilov A.V., Lagerev I.A. Declared 23.05.2012. Published 10.02.2014. (In Russian)

13. Patent RU 120617. *Transportnaya sistema «Kanatnoe metro»* [Transport system «Rope metro»]. Korotkiy A.A., Lagerev A.V., Meskhi B.I., Prikhodko V.M., Kustarev G.V., Maslov V.B., Korotkiy D.A., Kirsanov M.V., Panfilov A.V., Lagerev I.A. Declared 23.05.2012. Published 27.09.2012. (In Russian)

14. Panfilov A.V., Prikhodko V.M., Kustarev G.V., Korotkiy A.A., Ozornin A.V. Innovatsionnyy passazhirskiy kanatnyy transport dlya urbanizirovannoy sredy s mekhatronnymi modulyami dvizheniya. *Innovatsii i investitsii*, 2013, No.6, pp. 187-191. (In Russian)

15. Meskhi B.Ch., Korotkiy A.A., Maslov V.B. Vision of cable metro network in Rostov-on-Don. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011, Vol.11, No.8, pp. 1348-1355. (In Russian)

16. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Korotkiy A.A., Panfilov A.V. Innovation transport system “Bryansk rope metro”. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, No. 3, pp. 12-15. (In Russian)

17. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Korotkiy A.A., Panfilov A.V. Bryansk rope metro. *Sbornik materialov nauchnoy konferentsii Soveta MNT0* [Proceedings of the Scientific Conference of the Council of MNT0]. 2012, pp. 36-39. (In Russian)

18. Patent RU 2471662. *Transportnaya sistema «Kanatnoe metro»* [Transport system «Rope metro»]. Korotkiy A.A., Stotskaya L.V., Rozhkov N.A., Kurlykov A.V., Kustarev G.V., Tumasov A.A., Korotkiy D.A., Maslov V.B., Maslov D.V., Panfilov A.V. Declared 16.09.2011. Published 10.01.2013. (In Russian)

19. Patent RU 2478503. *Gruzopassazhirskiy kanatno-perepravochnyy kompleks* [Cargo-passenger rope-handling complex]. Korotkiy A.A., Trembitskiy A.V., Popiashvili B.D., Dubrovin V.V., Kustarev G.V., Korotkiy D.A., Panfilov A.V. Declared 08.09.2011. Published 10.04.2013. (In Russian)

20. Korotkiy A.A., Panfilov A.V. Kanatnye dorogi novogo pokoleniya kak element passazhirskoy transportnoy infrastruktury gornogo klastera Sochi-2014. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*, 2014, No.6, pp. 38-41. (In Russian)

21. *Postanovlenie Bryanskoy gorodskoy administratsii ot 10.04.2012 № 785-p «Ob utverzhdenii Strategii socialno-ekonomicheskogo razvitiya goroda Bryanska na period do 2025 goda»*. - Available: <http://www.city-strategy.ru/UserFiles/Files/Bryansk2025.pdf>. (In Russian)

22. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Cable transport system “Kanatnoe metro” towers distance optimisation. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, No.1, pp. 22-30. (In Russian)

23. *OOO “Moskanat”*. - Available: www.mos-kanat.ru/prise_2012.xls. (In Russian)

24. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimal design of cable subway lines in a highly urbanized city environment. *Izvestiya MGTU “MAMI”*, 2015, Vol.1, No.2, pp. 57-65. (In Russian)

25. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimal design of the cable car line. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No. 2, pp. 406-415. (In Russian)

26. Korotkiy A.A., Maslov V.B., Maslov D.V., Panfilov A.V. Metod proektirovaniya i analiza trassy kanatnogo metro. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki*, 2011, No.3, pp. 68-73. (In Russian)

27. Samsonov A.V. Cable railway mechatronic drive dynamics simulation. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No.2, pp. 81-85. (In Russian)

28. Vershinskii A.V., Lagerev I.A., Shubin A.N., Lagerev A.V. *Raschet metallicheskih konstruktsey podyemno-transportnykh mashin metodom konechnykh elementov* [Calculation of metal constructions of lifting-transport machines by finite element method]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Universitet, 2015. 210 p. (In Russian)

29. Lagerev A.V., Milto A.A., Lagerev I.A. *Dinamiko-prochnostnoy analiz gidravlicheskiykh krano-manipulyatornykh ustanovok mobilnykh mashin* [Dynamic and mechanical analysis of hydraulic crane-manipulating installations of mobile machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Universitet, 2015. 186 p. (In Russian)

30. Lagerev I.A., Lagerev A.V. *Optimalnoe proektirovanie podyemno-transportnykh mashin* [Optimal design of lifting-transport machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy

Tekhnicheskii Universitet, 2013. 228 p. (In Russian)

31. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Milto A.A. Universal technique for stress analysis of beam elements of articulating cranes in case of dynamic load, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, No.4, pp. 21-26. (In Russian)

32. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Milto A.A. Preliminary Dynamics and Stress Analysis of Articulating Non-Telescoping Boom Cranes using Finite Element Method. *International Review on Modelling and Simulations*, 2015, Vol. 8, No. 2. pp. 223–226.

33. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Milto A.A. The study of dynamics and strength of hydraulic

crane-manipulating installations on a movable chassis. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No.1, pp. 43-48. (In Russian)

Authors' information

Alexander V. Lagerev - Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice director of Research Institute of Fundamental and Applied Research at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, *bsu-avl@yandex.ru*.

Igor A. Lagerev - Candidate of Technical Sciences, Vice rector for Innovations at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, *lagerev-bgu@yandex.ru*.

Дата публикации
(Date of publication):
25.06.2017

