

Оригинальная статья

УДК 656.02

DOI: 10.57070/2304-4497-2023-4(46)-124-134

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ (НА ПРИМЕРЕ Г. МУРИНО)

© 2023 г. А. Э. Юницкий, Е. Н. Власовец, О. В. Кулик, В. О. Подворный, А. Г. Климков

Закрытое акционерное общество «Струнные технологии» (Республика Беларусь, 220089, Минск, ул. Железнодорожная, 33)

Аннотация. В условиях стремительного научно-технического прогресса роль транспорта (и связанной с ним транспортной безопасности, сопутствующей инфраструктуры, имеющих место проблемных факторов и т.д.) крайне значительна. Однако для многих крупных городов (включая российские) характерны стремительные темпы строительства, застройки спальных и новых микрорайонов без соответствующего развития (либо со значительно более медленными темпами) транспортных маршрутов, подъездных дорог, остановочных пунктов, станций метро, соответствующей инфраструктуры и т. д. Одним из ярко выраженных подобных примеров является город Мурино (пригород Санкт-Петербурга), численность населения которого выросла за последние девять лет с 9,9 (2014 г.) до 104 тыс. человек (2023 г.), при этом к 2030 г. предполагается средний ежегодный прирост на 10 тыс. человек. С учетом имеющих место транспортных проблем, из-за которых жители города преодолевают расстояние в 2 – 3 км до ближайшей станции метро за 50 минут, авторами предложено новое решение, испытанное и подтверждающее свою надежность и эффективность: транспортно-инфраструктурные комплексы Unitsky String Technologies (uST) как разновидность рельсового внеуличного транспорта. В частности, на основе имеющихся аналитических и расчетных данных в исследовании предложено строительство коммерческого проекта по маршруту от г. Мурино до станции метро Девяткино протяженностью 3,4 км с 6 станциями. В работе представлен ряд преимуществ uST, обоснована экономическая эффективность проекта (на основе оценки срока окупаемости), приведены финансово-организационные сценарии его реализации и дальнейшие перспективы.

Ключевые слова: транспортная доступность, автомобилизация, градостроительство, пассажирские перевозки, инновационный транспорт, транспортно-инфраструктурные решения uST, компьютерное моделирование, экономическая эффективность, организационно-экономический механизм

Благодарности: авторы выражают признательность за помощь в подготовке материала специалистам научно-инжиниринговой компании ЗАО «Струнные технологии», его доработке и опубликовании – Сибирскому государственному индустриальному университету.

Для цитирования: Юницкий А.Э., Власовец Е.Н., Кулик О.В., Подворный В.О., Климков А.Г. Развитие транспортной системы в условиях высокоплотной городской застройки (на примере г. Мурино). *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2023;(4(46)):124–134. [http://doi.org/10.57070/2307-4497-2023-4\(46\)-124-134](http://doi.org/10.57070/2307-4497-2023-4(46)-124-134)

Original article

THE TRANSPORT SYSTEM DEVELOPMENT IN CONDITIONS OF HIGH-DENSITY URBAN DEVELOPMENT (ON THE EXAMPLE OF MURINO)

© 2023 A. E. Unitsky, E. N. Vlasovets, O. V. Kulik, V. O. Podvorniy, A. G. Klimkov

Unitsky String Technologies, Inc. (33 Zheleznodorozhnaya St., Minsk, 220089, Republic of Belarus)

Abstract. In conditions of rapid scientific and technological progress, the role of transport (and related transport safety, infrastructure, problematic factors, etc.) is extremely significant. At the same time, many large cities (including

Russian cities) are characterized by the high rates of construction and development of suburbs and new neighborhoods without the corresponding facilities (or at a much slower pace) of transport routes, access roads, stops, subway stations, appropriate infrastructure, etc. One of the most pronounced examples is the town of Murino (a suburb of St. Petersburg), whose population has grown over the last 9 years from 9.9 thousand people (2014) to 104 thousand people (2023), with an average annual increase of 10 thousand by 2030. Existing transportation problems cause suburban residents travel 2-3 km to the nearest metro station for 50 minutes. Authors proposed a new solution, tested it, and confirmed its reliability and efficiency: transport-infrastructure complexes developed by Unitsky String Technologies (uST) as a kind of rail off-street transport. In particular, based on available analytical and calculation data, the study proposes the construction of a commercial project on the route from Murino to Devyatkinno metro station with a length of 3.4 km and 6 stations. The article also presents a number of advantages of uST, substantiates the economic efficiency of the project (based on payback period estimation), provides financial and organizational scenarios of its implementation, and provides further prospects.

Keywords: transport accessibility, motorization, urban development, passenger transportation, innovative transport, transport-infrastructure solutions uST, computer modeling, economic efficiency, organizational and economic mechanism

Acknowledgements: the authors express their gratitude to the specialists of the scientific and engineering company Unitsky String Technologies, Inc. for their assistance in preparing the material, and for its revision and publication – to the Siberian State Industrial University.

For citation: Unitsky A.E., Vlasovets E.N., Kulik O.V., Podvorniy V.O., Klimkov A.G. The Transport system development in conditions of high-density urban development (on the example of Murino). *Bulletin of the Siberian State Industrial University*. 2023;(4(46)):124–134. (In Russ.). [http://doi.org/10.57070/2307-4497-2023-4\(46\)-124-134](http://doi.org/10.57070/2307-4497-2023-4(46)-124-134)

Введение

Проведенные в 2015 – 2019 гг. исследования [1] показывают, что наблюдается прямая связь между временем, затраченным на маятниковые миграции (дом – работа) и состоянием здоровья жителей города. В частности, жители Гонконга, которые тратят на дорогу до места работы от 90 до 180 минут (жители категории А), имеют риск ожирения почти в два раза выше, чем люди, у которых это занимает не более 30 минут (жители категории Б); жители категории А по сравнению с Б имеют значительно более низкую удовлетворенность жизнью в целом.

В Российской Федерации на сегодняшний день транспортные проблемы, связанные с постоянным ростом количества автомобилей на единицу численности населения, пробок и трафика, с несовершенством дорожной (и связанной с ней) инфраструктуры, актуальны как никогда. Например, если в 1965 г. в Советском союзе на 1000 жителей приходилось 4 автомобиля, в 1993 году в России – 75,7 [2], то к настоящему времени – более 300 [3]. Особенно остро выглядит указанная проблематика для крупных городов с высокоплотной застройкой, одним из примеров которой является Санкт-Петербург (317 легковых автомобилей на 1000 жителей города в 2020 г.) и его пригороды, включая стремительно строящийся и развивающийся город Мурино, численность населения которого выросла за последние девять лет с 9,9 (2014 г.) до 104 тыс. человек (2023 г.) [4].

К настоящему времени окраины Санкт-Петербурга застроены высотными жилыми домами (25 и более этажей), что связано с необходимостью сохранения исторического образа центра города [5]. Наибольшие проблемы с транспортным обслуживанием населения возникают именно в новых районах массовой жилой застройки, где ввод в эксплуатацию многоэтажных жилых зданий в значительном количестве за последние годы не сопровождался активным развитием пассажирского транспорта. Мурино является одним из наиболее проблемных пригородов.

Указанная проблематика изучалась и представлена в научных трудах [2; 5 – 9], а также в стратегических, программных и иных нормативных документах [10; 11].

В частности, в работе [5] приводится ряд преимуществ (по провозной способности и некоторым другим характеристикам) рельсового транспорта по сравнению с другими видами транспорта, в связи с чем предлагается развивать в первую очередь рельсовый транспорт, к которому относится и uST, в условиях плотной городской застройки Мурино.

В работе [8] в качестве рекомендации по модернизации системы общественного транспорта в Мурино предложено создание рядом со станцией метро «Девяткино» объектов подземной велопарковки и велосипедной инфраструктуры, что, однако, не является комплексным и всепогодным (с учетом климатических особенностей) решением для региона.

В работе [2] на основе обзора существующих транспортных проблем крупных российских городов/агломераций (в том числе непосредственно в Мурино) в целом конкретных идей, направленных на улучшение существующей транспортной (связанной с ней) проблематики, не предложено.

Одной из особенностей строительства в городах с высокоплотной застройкой (на примере Мурино) является ограниченность территорий, выделенных под строительную площадку, где, помимо прочего, необходимо обеспечить стройплощадку эвакуационными выездами, противопожарным водоснабжением, ограждением с защитными козырьками в местах прохода людей, рядом административно-бытовых помещений. При этом строители также осуществляют передвижение на транспорте (включая общественный). Возведение сооружений в условиях плотной городской застройки вызывает необходимость обеспечения поддержания эксплуатационных свойств существующих близлежащих строений, а также разработку специальных мероприятий, направленных на оптимизацию процессов строительства.

Следствием совокупности имеющихся проблемных факторов в Мурино являются дорожные заторы и очереди на остановках с ожиданием посадки в транспорт до получаса, а общее время преодоления пути в 2 – 3 км с учетом ожидания составляет до 50 минут.

Вместе с тем, согласно утвержденной в 2022 г. Стратегии развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2030 года (исследование [9], в котором представлены подходы проекта Стратегии, издано шестью годами ранее – в 2016 г.), запланировано [10]:

- развитие трамвайной сети с ускоренным режимом движения (строительство двухпутной трамвайной линии от конечной станции трамвая «Светлановский проспект» с выходом на Петровский бульвар Мурино до конечной станции «Девяткино»), в результате чего будут введены в эксплуатацию два новых трамвайных маршрута общей протяженностью 46,2 км и существенно улучшится транспортная доступность населенных пунктов Мурино, Новое Девяткино и Кудрово;

- строительство нового выхода из Санкт-Петербурга от Кольцевой автомобильной дороги (КАД) в обход населенных пунктов Мурино и Новое Девяткино с подключением к автомобильной дороге «Санкт-Петербург – Матокса»;

- развитие скоростных внеуличных видов пассажирского транспорта и формирование современного парка подвижного состава для по-

вышения скорости перевозок, что в целом направлено на рост качества транспортного обслуживания населения в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Таким образом, целью настоящего исследования является разработка для Ленинградского региона (на примере Мурино) альтернативных, отличных от предлагаемых иными авторами и в то же время коррелирующих с государственной политикой в области развития транспортной инфраструктуры решений, которые позволят сократить время нахождения пассажиров в пути с увеличением пассажиропотока в будущем и обеспечением высокого уровня транспортной безопасности. За основу будут взяты транспортно-инфраструктурные решения uST, уже реализуемые в настоящее время, с их возможным внедрением в Ленинградской области.

Методы и принципы исследования

Оценка величины потенциального, необходимого для расчетов параметров эксплуатационной деятельности пассажиропотока в регионе проводилась:

- экспертно-аналитическим методом с использованием информации о городских транспортных потоках и среднесуточном пассажиропотоке по смежным межрегиональным (Ленинградской области и Санкт-Петербурга), межмуниципальным и муниципальным маршрутам регулярных перевозок;

- на основании фактической численности проживающих – 104 тыс. в 2023 г. [4], а также с учетом планируемой численности населения Муринского городского поселения к 2030 году (порядка 170 тыс. согласно ряду региональных нормативных документов);

- на основании общеприменяемой методики расчета ежедневного пассажиропотока маятниковой трудовой миграции в городских агломерациях, согласно которой в среднем по России прогнозный пассажиропоток может составлять порядка 30 % от численности проживающего населения [12].

Вместе с тем для Санкт-Петербургской агломерации авторами принято целесообразным использовать повышенное значение маятниковой и местной трудовой миграции в 1,5 – 1,7 раза от среднего показателя по стране ввиду нехватки социальных и учебных заведений, рабочих мест и транспортной инфраструктуры, высокой плотности застройки на столь быстрорастущее население.

Для расчета параметров эксплуатационной деятельности (необходимого количества транспортных средств, интервалов движения, времени в пути и иных параметров) использован инструмент имитационного моделирования AnyLogic,

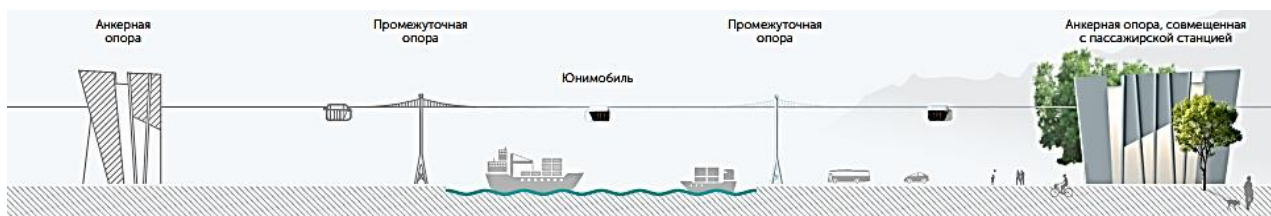


Рис. 1. Схематическое представление состава комплекса uST
Fig. 1. Schematic representation of the composition of the uST-complex

который является одним из лучших в своем сегменте на сегодняшний день. При моделировании учитывалась сменность пассажиров на промежуточных станциях, заданная треугольным распределением вероятностей параметров (10, 40, 20 %), на конечных станциях – 100 %.

Проектирование конструкций транспортного комплекса uST выполнено с использованием технологии информационного моделирования зданий (BIM) в программе Autodesk Revit. В отличие от традиционных систем компьютерного проектирования, создающих геометрические образы, результатом информационного моделирования возводимого здания становится объектно-ориентированная цифровая модель всего сооружения, по которой можно моделировать процесс организации его строительства [13 – 15].

Расчеты несущих конструкций в представленном в работе маршруте выполнены в программе Dlubal RFEM, которая поддерживает проектирование по российским нормативам и обладает удобным алгоритмом выполнения геометрически нелинейного расчета. Дополнительные модули программы позволяют рассчитать конструкцию совместно с основанием, оценить динамические свойства конструкций, выполнить расчет на устойчивость.

Эффективность проекта оценивалась исходя из окупаемости инвестиционных вложений за счет будущих доходов (построение финансовой модели) в течение расчетного периода, охватывающего временной интервал, включая инвестиционную и эксплуатационную стадии.

Основные результаты

Одним из возможных вариантов решения обозначенной актуальной проблемы повышения уровня транспортной доступности населения Мурино (и иных городов с высокоплотной застройкой) и развития городской маршрутной сети может стать создание и эксплуатация автоматизированного транспортно-инфраструктурного комплекса uST эстакадного типа на базе беспилотных рельсовых электромобилей на стальных колесах (юнимобилей) [16 – 18]. Реализованные к настоящему моменту разработчиком – белорусской научно-инжиниринговой компанией ЗАО «Струнные технологии» [19] –

проекты показали, что осуществление движения на «втором уровне» обеспечивает высокие уровни безопасности и точность соблюдения графика перевозок при любых погодных условиях в любое время года, а также способствует перераспределению пассажиропотока и позволяет снизить загруженность дорог для наземного транспорта.

Решение uST является комплексным, в основе – современные инженерные разработки и ноу-хау ученого, инженера и изобретателя А.Э. Юницкого. Особенность комплекса заключается в использовании технологий струнного рельса и предварительно напряженной рельсо-струнной транспортной эстакады, по которой в автоматизированном режиме управления перемещаются рельсовые электромобили-беспилотники (рис. 1).

Пассажирский транспортно-инфраструктурный комплекс uST обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными транспортными решениями по таким параметрам, как производительность, материалоемкость, энергопотребление, землеотвод под строительство, эксплуатационные издержки, экологичность и т. д. Например, по сравнению с другими видами транспорта uST отличается высокой энергоэффективностью, обусловленной конструктивными особенностями. На основании данных работ [18, 20, 21] на рис. 2 представлены сравнительные характеристики удельного энергопотребления транспорта для равных условий (пассажиропоток свыше 1000 пассажиров/ч).

Данные преимущества обоснованы и детально структурированы в научных работах [18, 22], в связи с чем в настоящей статье не дублированы.

Проведенные авторами расчеты показали, что функционирование комплекса uST позволит создать высокопроизводительную пассажирскую транспортную систему, способную интегрироваться в существующую транспортную инфраструктуру Мурино и Санкт-Петербурга (рис. 3).

В частности, формирование маршрутной сети uST на территории Мурино может быть организовано несколькими маршрутами, обеспечивающими перемещения пассажиров от поселка Бугры, деревни Лаврики и Новое Девяткино к станции метро «Девяткино».



Рис.2. Удельный расход энергоресурсов различных видов транспорта
Fig. 2. Specific consumption of energy resources of various types of transport

Моделирование и расчет производительности указанных трасс выполнено на основании планируемых значений пассажиропотока по маршрутам («станция метро Девяткино – Мурино» из расчета 3500 пассажиров/ч, «станция метро Девяткино – г. п. Бурьи» из расчета 5000 пассажиров/ч) с использованием инструмента имитационного моделирования AnyLogic, а также на основе практического опыта разработчика в проведенных испытаниях и реализации проектов транспортных комплексов uST. Рассчитанные параметры эксплуатационной деятельности по двум обозначенным маршрутам приведены в таблице, схемы данных маршрутов – на рис. 4.

Предварительные расчеты показывают, что для обеспечения требуемого пассажиропотока необходимо задействовать подвижной состав в количестве 35 и 55 16-местных электрических юнимобилей собственного производства соответственно. Обоснованность выбора данного транспортного средства определена его техническими характеристиками, оптимально подходящими по параметрам эксплуатационной дея-

тельности (пассажиропоток, длина трассы, количество и размер станций и т. д.). В часы пик, помимо вывода дополнительных единиц транспорта на линию в режиме реального времени (например, время вывода/ввода 10 дополнительных юнимобилей на линию может составлять от 3 до 10 мин), подвижной состав может быть организован в электронную сцепку из 2 или 3 модулей для максимального охвата ожидающих пассажиров.

Адаптация к пикам и спадам пассажиропотока, а также регулирование интервалов движения рельсовых электромобилей осуществляется через маршрутное задание или изменение программы оператором с помощью системы управления, охватывающей все аспекты функционирования комплекса.

Расчетное время в пути (без учета времени ожидания, которое будет минимальным в связи с интервалом движения около 30 с) от начальной станции до конечной будет составлять 8 и 12 минут соответственно, что является значительным преимуществом, так как в существую-



Рис. 3. Варианты визуализации двухпутного маршрута uST и пассажирских станций «второго уровня» в Мурино
Fig. 3. Visualization of the uST route in Murino

Параметры эксплуатационной деятельности по рассматриваемым маршрутам
Parameters of operational activities along the considered routes

Параметр	Значение	
	станция метро «Девяткино» – Мурино	станция метро «Девяткино» – г.п. Бугры
Протяженность, км	3,4	4,5
Подвижной состав	16-местный подвесной юнимобиль	
Время в пути от начальной до конечной станции, мин	8	12
Количество юнимобилей на маршруте, ед.	35*	55*
из них используемых в сцепке	3	7
Пассажиропоток в двух направлениях, пассажиров/ч	3 500	5 000
Интервал движения юнимобилей, мин	0,52 (31 с)	0,50 (30 с)
Средняя скорость движения, км/ч	31	29
*Показатель рассчитан с применением инструмента имитационного моделирования AnyLogic, который в том числе учитывает использование в наиболее загруженные часы работы на маршруте подвижного состава в сцепке		

щей транспортной обстановке Мурино, как указывалось ранее, только время ожидания маршрутного такси (общественного транспорта) может составлять до получаса в часы пик. Время в пути (в примере 8 мин.) рассчитано исходя из средней скорости маршрута (см. таблицу) протяженностью 3,4 км с учетом времени ожидания посадки/высадки пассажиров на промежуточных платформах (25 с). Аналогично проводился расчет для второго маршрута.

Следует отметить, что каждый из рассматриваемых маршрутов является масштабируемым, а количество станций может изменяться (на рис. 4 станции обозначены опционально и их количество вариабельно).

Согласно применяемой в ЗАО «Струнные технологии» методике расчета стоимости строительства комплексов uST, ориентировочные капитальные затраты (в ценах 2023 г.) проекта составят в среднем 1,37 млрд руб. за 1 км, в том числе по маршрутам в комплексе (транспортная эстакада, станции, промежуточные и анкерные опоры, подвижной состав нужного количества, депо, инфраструктура «второго уровня» и др.):

- «станция метро Девяткино – Мурино» – около 4,5 млрд рублей;
- «станция метро Девяткино – г. п. Бугры» – 6,3 млрд рублей.

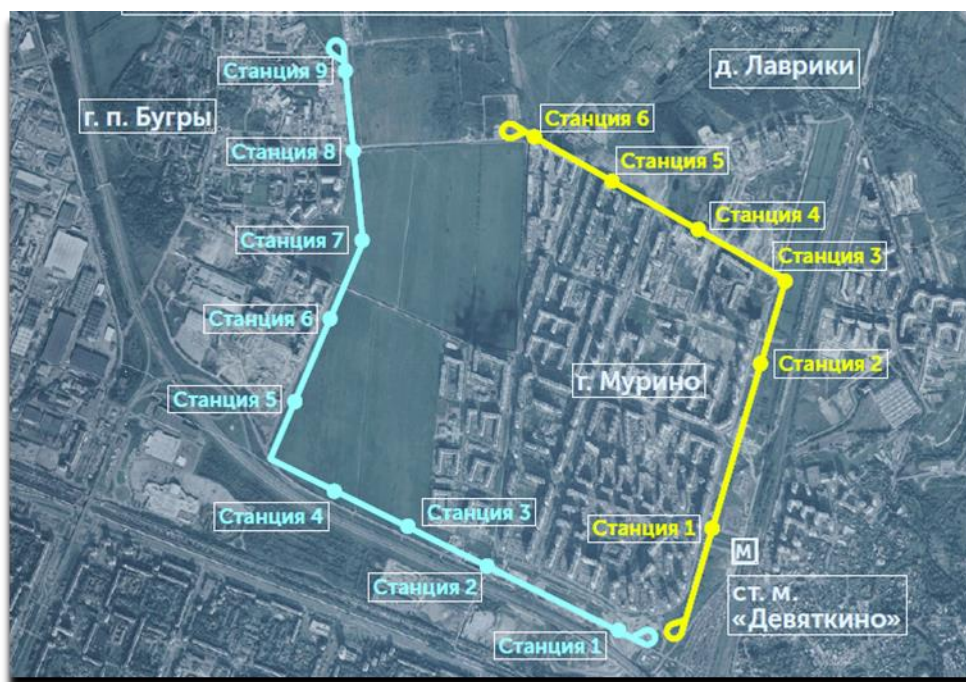


Рис. 4. Вариант организации двух маршрутов в Мурино с помощью комплекса uST
 Fig. 4. Option for organizing 2 routes in Murino thanks to uST complex

Стоимость проектов рассчитана с учетом таких определяющих факторов, как назначение комплекса и его производительность; расчетная скорость движения; рельеф местности и природно-климатические условия; конструктивные характеристики комплекса и объектов инфраструктуры и др.

Ориентировочный расчетный срок реализации комплекса составляет около трех лет (от начала инвестиционной фазы/предпроектных исследований до ввода готового объекта в эксплуатацию).

Для определения экономической эффективности и расчета финансовой модели проекта была установлена стоимость проездного билета на уровне 55 рублей. Предварительная стоимость билета сформирована исходя из совокупности факторов, определяющих ее величину (текущий тариф на проезд в Ленинградской области, качество и комфорт оказания услуги, инфляционная составляющая с учетом трехлетнего периода длительности инвестиционной стадии). Финансирование капитальных затрат на инвестиционной стадии предусматривает использование заемных средств со сроком погашения до 15 лет (банковский кредит, акционерный займ).

С точки зрения коммерческой составляющей, согласно предварительной оценке эффективности проекта на основе построения финансовой модели, привлекательность комплекса uST как инвестиционного проекта обусловлена положительным сальдо проекта на протяжении всего периода эксплуатации, так как билетная выручка с первого года эксплуатации формирует объем доходной части, покрывающей не только среднегодовые затраты на эксплуатацию комплекса (на транспортную работу), затраты на обслуживание долга в случае заемного финансирования (выплата основного долга и процентов согласно графику платежей), но и обеспечивает дополнительные ежегодные поступления средств.

В случае недостижения заданного уровня пассажиропотока по ряду обстоятельств (уменьшение значений пассажиропотока до 40 %) билетная выручка позволит проекту обеспечивать ежегодное положительное сальдо.

Поскольку обозначенная информация имеет признаки конфиденциальности, более конкретные сведения (таблицы расчетов, в том числе их фрагменты), подтверждающие данные выводы, в настоящей работе не приведены.

По финансово-организационным моментам реализации проекта предлагается несколько сценариев:

– государственно-частное партнерство (ГЧП) как форма средне- и долгосрочного взаимодей-

ствия государства и бизнеса на взаимовыгодных условиях, где концедентом будет являться правительство Ленинградской области; в этом случае положительное сальдо по проекту с начала стадии эксплуатации будет возвращено в региональный бюджет области в качестве концессионной платы;

– транспортно-инфраструктурный комплекс uST может рассматриваться в качестве инвестиционного проекта, в том числе с привлечением заемного финансирования: высокий уровень пассажиропотока (от 3000 пассажиров/ч) и конкурентный ценовой уровень проездного билета (55 руб.), согласно расчетам авторов, обеспечат положительное сальдо с первого года эксплуатации комплекса uST, то есть полученная билетная выручка будет полностью покрывать затраты на эксплуатацию комплекса и обслуживание долга (погашение кредита).

Готовность и техническая возможность реализации комплекса uST на территории Российской Федерации подтверждена тем фактом, что технология uST имеет низкий уровень зависимости от импортных комплектующих. Степень локализации запасных частей и комплектующих, используемых для реализации проекта, исходя из практики, составляет более 90 %. С учетом предполагаемой организации производства на территории Союзного государства России и Беларуси, в условиях санкционного давления данное обстоятельство является положительным фактором. Стратегия реализации проекта предполагает, что все строительные материалы и конструкции, необходимые для возведения комплекса (сталь, бетон, металлоконструкции, арматура и др.), будут приобретаться на территории Ленинградской области или в близлежащих областях России.

Реализация проекта транспортно-инфраструктурного комплекса uST на территории Ленинградской области позволит:

– повысить уровень транспортной доступности населения Мурино за счет обеспечения регулярного доступа к станции метро «Девяткино», предложив жителям альтернативный вариант и в значительной степени избавив их от существующей проблемы;

– повысить качество оказываемых транспортных услуг населению путем обеспечения комфортных и безопасных для жителей условий поездки, а также сокращения времени на передвижение участниками транспортных перевозок;

– улучшить существующую дорожно-транспортную обстановку (уменьшить количество заторов на дороге, снизить уровень аварийности за

счет поднятия рельсо-струнной путевой структуры комплекса uST над поверхностью земли);

- снизить трафик наземного автотранспорта за счет перераспределения пассажирских потоков, с учетом ряда факторов – мотивировать водителей пересесть с личного автотранспорта на общественный (uST);

- улучшить экологическую обстановку в городе за счет сокращения количества автотранспорта, в том числе использующего двигатели внутреннего сгорания; разгрузки дорожной сети; применения высокоэкологичных транспортно-инфраструктурных комплексов uST, отличающихся минимальным воздействием на окружающую среду и низким уровнем шума (до 70 дБ);

- повысить конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность населенных пунктов Ленинградской области, стимулируя уровень экономического роста и способствуя расширению региональной интеграции.

Обсуждение

В 2023 г. на основе результатов экспертизы транспортных решений uST было получено заключение (вх. от 03.08.2023 г. № ДЗ/22105-ИС) от Департамента государственной политики в области автомобильного и городского пассажирского транспорта Минтранса России о том, что струнный транспорт является разновидностью внеуличного транспорта, при этом комплекс uST может являться объектом концессионного соглашения.

Проведенные и представленные расчеты легли в основу аналитических материалов для обсуждения с Правительством Ленинградской области, которое в 2023 году обозначило свою заинтересованность в проекте транспортно-инфраструктурного комплекса uST в городе Мурино [23]. При этом проект получил широкую огласку в средствах массовой информации ввиду своей актуальности для региона [24].

Значения пассажиропотока получены от заказчика: реальные данные с учетом показателей перевозки пассажиров в Мурино (Муринского городского поселения) общественным транспортом.

Таким образом, представленное исследование имеет подкрепленную практикой основу. В настоящее время продолжается (и будет продолжаться) верификация представленных расчетов и подготовка к более детальному технико-экономическому обоснованию (с расчетом почасовых величин пассажиропотока на рассматриваемом маршруте), а также обсуждение иных возможных форм и финансово-юридических аспектов реализации проекта.

Выводы

С учетом темпов роста уровня автомобилизации, градостроительства в ряде городов существует проблема транспортной доступности и пробок, скорости перемещения, качества транспортного обслуживания, что актуально для Мурино Ленинградской области. В качестве альтернативы традиционным решениям (в том числе маршрутные такси, метро, канатная дорога и т. д.) для региона предложен проект строительства инновационного транспортного комплекса uST, имеющего ряд обоснованных преимуществ (протяженность маршрутов: станция метро «Девяткино» – Мурино – 3,4 км; станция метро «Девяткино» – г. п. Бугры – 4,5 км). Расчетное время в пути между конечными станциями в целом составляет около 10 мин вне зависимости от загруженности трафика (в настоящее время – до 50 минут). Реализация проекта является экономически оправданной (выход на положительное сальдо (безубыточную работу) уже в первый год эксплуатации проекта с возможностью различных финансово-организационных сценариев (ГЧП, инвестиционный проект с привлечением средств инвесторов и др.). Реализация проекта комплекса uST в Мурино с целью создания городской пассажирской сети и интеграцией в существующую городскую сеть общественного транспорта может стать не только решением сложившейся дорожно-транспортной проблемы населенного пункта, но и оказать положительное влияние на Санкт-Петербургскую моноцентрическую городскую агломерацию.

Представленный проект является лишь одним из предлагаемых. С учетом ряда преимуществ и перспектив применения технологии и решений uST возможно его использование в ряде иных российских регионов для обеспечения эффективных грузопассажирских перевозок, направленных на повышение уровня экономической безопасности и социально-экономического развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sha F., Li B., Law Y.W., Yip P.S.F. Associations between commuting and well-being in the context of a compact city with a well-developed public transport system. *Journal of Transport & Health*. 2016;13:103–114. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.03.016>
2. Удинкан В.А., Воронцова С.Д. Транспортные проблемы крупных городов Российской Федерации. В кн.: *Транспорт. Экономика. Социальная сфера (актуальные проблемы и их решения)*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет; 2019:134–143.

3. АВТОСТАТ. Аналитическое агентство. URL: <https://m.autostat.ru/tags/628/#:~:text=На%20каждую%20тысячу%20россиян%20приходится,парка%20легковых%20автомобилей%20в%20России> (Дата обращения: 22.11.2023)
4. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (Дата обращения: 22.11.2023)
5. Ионова Е.Д., Линин М.М., Хайкара В.С. Проблема транспортных коллапсов в Санкт-Петербурге и ближайших пригородах и способы ее разрешения. В кн.: *Неделя науки СПбПУ*. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 2019:78–81.
6. Тимошенко В.А. Повышение качества транспортного обслуживания г. Мурино. В кн.: *Транспортные системы: сборник материалов Международной научной онлайн-конференции для молодых ученых и аспирантов, 29 ноября 2022 года*. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2023:35–38. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id23-7>
7. Романченко В. Ленивые жители или отсутствие альтернативы: пять причин гигантских очередей на маршрутки в Мурино. URL: <https://peterburg2.ru/articles/pyat-prichin-gigantskih-ocheredey-na-marshrutki-v-murino-109351.html> (Дата обращения: 22.11.2023)
8. Кандабаров Н.А. Модернизация систем общественного транспорта в городах-спутниках Московской и Санкт-Петербургской агломераций. *Инновации и инвестиции*. 2023;(6):266–270.
9. Поляков К.В., Никулина С.В. Стратегия развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области до 2030 г. *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике*. 2023;(5):36–41.
10. Стратегия развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2030 года (утверждена 22.02.2022). Санкт-Петербург; 2022:317.
11. Распоряжение Правительства Ленинградской области от 23.01.2023 № 32-р. Об утверждении проекта планировки территории и проекта межевания территории в целях размещения линейного объекта регионального значения «Обход города Мурино и деревни Новое Девяткино с западной стороны» (по титулу: «Строительство обхода пос. Мурино и дер. Новое Девяткино с западной стороны»). Санкт-Петербург; 2023:139.
12. Соколова А.А. Масштабы маятниковой трудовой миграции в регионах России. *Проблемы развития территории*. 2023;27(4): 52–70. <http://doi.org/10.15838/ptd.2023.4.126.4>
13. Moss E. *Autodesk Revit 2022 Architecture Basics: From the Ground Up*. Mission: SDC Publications; 2021:724.
14. Netscher P. *Construction Management: From Project Concept to Completion*. Subiaco: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2017:372.
15. Elbeltagi E. *Construction Site Layout Planning: Identifying, Sizing and Locating Temporary Facilities on Construction Sites*. Rabat: LAP LAMBERT Academic Publishing; 2014:196.
16. Юницкий А.Э., Кривицкий А.И., Артющевский С.В., Сокур М.В., Цырлин М.И. Высокоскоростной струнный транспорт uST для перевозки пассажиров: преимущества и перспективы развития. *Инновационный транспорт*. 2022;(2(44)):3–7. <http://doi.org/10.20291/2311-164X-2022-2-3-7>
17. Юницкий А.Э., Гарах В.А., Зайцев А.Д., Цырлин М.И. Конструктивные особенности юникара тропического для городских перевозок пассажиров. *Инновационный транспорт*. 2021;(1(39)):8–15. <http://doi.org/10.20291/2311-164X-2021-1-8-15>
18. Unitsky A. *String Transport Systems: on Earth and in Space*. Silakrogs: PNB Print; 2019:560.
19. *Transport & Infrastructure Solutions of Unitsky String Technologies Inc.* URL: <https://ust.inc/?lang=en> (Accessed: 22.11.2023)
20. Mwambeleko J.J., Kulworawanichpong T., Greyson K. Tram and trolleybus net traction energy consumption comparison. In: *18th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*. Pattaya: IEEE; 2015:2164–2169. <https://doi.org/10.1109/ICEMS.2015.7385399>
21. Unitsky A. *Transport Complex SkyWay in Questions and Answers. 100 Questions – 100 Answers*. Available at URL: https://unitsky.engineer/assets/files/shares/2016/2016_98.pdf (Accessed: 22.11.2023)
22. Анатолий Юницкий. Публикации. URL: <https://unitsky.engineer/author> (Дата обращения: 22.11.2023).
23. На телеканале «Россия 1» вышел репортаж о транспорте uST. URL: <https://ust.inc/news/a-report-about-the-ust-transport-has-been-released-on-russia-1-tv-channel?lang=ru> (Дата обращения: 22.11.2023)

24. Карпович П. От Мурино и Бугров до Девяткино – на юнимобиле: что с проектом и в какие сроки он может заработать. URL: <https://www.rzd-partner.ru/logistics/interview/ot-murino-i-bugrov-do-devyatkino-na-yunimobile-cto-s-proektom-i-v-kakie-sroki-on-mozhet-zarabotat/> (Дата обращения: 21.11.2023)

REFERENCES

1. Sha F., Li B., Law Y.W., Yip P.S.F. Associations between commuting and well-being in the context of a compact city with a well-developed public transport system. *Journal of Transport & Health*. 2016;13:103–114. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.03.016>
2. Udinkan V.A., Vorontsova S.D. Transport problems of large cities of the Russian Federation. In: *Transport. Economy. Social sphere (current problems and their solutions)*. Penza: Penza State Agrarian University; 2019:134–143. (In Russ.).
3. AUTOSTAT. Analytical agency. URL: <https://m.autostat.ru/tags/628/#:~:text=На%20Окаждую%20тысячу%20россиян%20приходит,парка%20легковых%20автомобилей%20в%20России> (Accessed: 22.11.2023). (In Russ.).
4. Federal State Statistics Service. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (Accessed: 22.11.2023). (In Russ.).
5. Ionova E.D., Linin M.M., Khaikara V.S. The problem of transport collapses in St. Petersburg and the nearest suburbs and ways to solve it. In: *SPbPU Science Week*. St. Petersburg: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University"; 2019:78–81. (In Russ.).
6. Timoshenko V.A. Improving the quality of transport services in Murino. In: *Transport systems*. St. Petersburg: POLYTECH PRESS; 2023:35–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id23-7>
7. Romanchenko V. Lazy residents or lack of alternatives: five reasons for the giant queues for minibuses in Murino. (Accessed: 22.11.2023). (In Russ.).
8. Kandabarov N.A. Modernization of public transport systems in satellite cities of the Moscow and St. Petersburg agglomerations. *Innovations and investments*. 2023;(6):266–270. (In Russ.).
9. Polyakov K.V., Nikulina S.V. Strategy for the development of the transport system of St. Petersburg and the Leningrad region until 2030. *Transport of the Russian Federation. A journal about science, practice, and economics*. 2023;(5):36–41. (In Russ.).
10. The strategy for the development of the transport system of St. Petersburg and the Leningrad region for the period up to 2030 (approved on 02/22/2022). Saint Petersburg; 2022:317. (In Russ.).
11. Order of the Government of the Leningrad Region No. 32-r dated 01/23/2023. On approval of the draft territory planning and the project of the territory boundary in order to place a linear object of regional significance "Bypass of the city of Murino and the village of Novoe Devyatkinno from the west side" (by title: "Construction of a bypass of the village. Murino and der. New Devyatkinno on the west side"). Saint Petersburg; 2023:139. (In Russ.).
12. Sokolova A.A. Scale of commuting in Russian regions. *Problems of Territory's Development*. 2023;27(4): 52–70. (In Russ.). <http://doi.org/10.15838/ptd.2023.4.126.4>
13. Moss E. *Autodesk Revit 2022 Architecture Basics: From the Ground Up*. Mission: SDC Publications; 2021:724.
14. Netscher P. *Construction Management: From Project Concept to Completion*. Subiaco: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2017:372.
15. Elbeltagi E. *Construction Site Layout Planning: Identifying, Sizing and Locating Temporary Facilities on Construction Sites*. Rabat: LAP LAMBERT Academic Publishing; 2014:196.
16. Unitsky A.E., Kryvitski A.I., Artyushevsky S.V., Sokur M.V., Tsyrlin M.I. uST high-speed string transport for passenger transportation: advantages and development prospects. *Innotrans*. 2022;(2):3–7. (In Russ.). <http://doi.org/10.20291/2311-164X-2022-2-3-7>
17. Unitsky A.E., Harakh V.A., Zaitsev A.D., Tsyrlin M.I. Design features of the tropical unicar for urban passenger transport. *Innotrans*. 2021;(1):8–15. (In Russ.). <http://doi.org/10.20291/2311-164X-2021-1-8-15>
18. Unitsky A. *String Transport Systems: on Earth and in Space*. Silakrogs: PNB Print; 2019:560.
19. *Transport & Infrastructure Solutions of Unitsky String Technologies Inc.* URL: <https://ust.inc/?lang=en> (Accessed: 22.11.2023).
20. Mwambeleko J.J., Kulworawanichpong T., Greyson K. Tram and trolleybus net traction energy consumption comparison. In: *18th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*. Pattaya: IEEE; 2015:2164–2169. <https://doi.org/10.1109/ICEMS.2015.7385399>

21. Unitsky A. *Transport Complex SkyWay in Questions and Answers. 100 Questions – 100 Answers*. URL: https://unitsky.engineer/assets/files/shares/2016/2016_98.pdf (Accessed: 22.11.2023).
22. Anatoli Unitsky. Publications. Available at URL: <https://unitsky.engineer/author> (Accessed: 22.11.2023). (In Russ.).
23. A report on uST transport was released on the Rossiya 1 TV channel. Available at URL: <https://ust.inc/news/a-report-about-the-ust-transport-has-been-released-on-russia-1-tv-channel?lang=ru> (Accessed: 22.11.2023). (In Russ.).
24. Karpovich P. From Murino and Bugrov to Devyatkinno – on a unimobile: what's with the project and in what time frame it can earn. URL: <https://www.rzd-partner.ru/logistics/interview/ot-murino-i-bugrov-do-devyatkinno-na-yunimobile-chto-s-proektom-i-v-kakie-sroki-on-mozhet-zarabotat/> (Accessed: 22.11.2023). (In Russ.).

Сведения об авторах

Анатолий Эдуардович Юницкий, PhD in Transport, генеральный конструктор, Закрытое акционерное общество «Струнные технологии»

E-mail: a@unitsky.com

ORCID: 0000-0003-1574-3539

Екатерина Николаевна Власовец, начальник отдела аналитики, Закрытое акционерное общество «Струнные технологии»

E-mail: e.vlasovets@unitsky.com

Ольга Владимировна Кулик, ведущий аналитик отдела аналитики, Закрытое акционерное общество «Струнные технологии»

E-mail: o.kulik@unitsky.com

Владимир Олегович Подворный, главный специалист КБ «Железобетонные конструкции», Закрытое акционерное общество «Струнные технологии»

E-mail: v.podvorniy@unitsky.com

Алексей Григорьевич Климков, к.э.н., начальник научно-исследовательского отдела, Закрытое акционерное общество «Струнные технологии»

E-mail: a.klimkov@unitsky.com

ORCID 0000-0002-1104-8849

Information about the authors

Anatoli E. Unitsky, PhD in Transport, General Design Engineer, Unitsky String Technologies, Inc.

E-mail: a@unitsky.com

ORCID 0000-0003-1574-3539

Ekaterina N. Vlasovets, Head of analytics Division, Unitsky String Technologies, Inc.

E-mail: e.vlasovets@unitsky.com

Olga V. Kulik, Leading analyst of Analytics Division, Unitsky String Technologies, Inc.

E-mail: o.kulik@unitsky.com

Vladimir O. Podvorniy, Chief Specialist of Design Engineering Department, Unitsky String Technologies, Inc.

E-mail: v.podvorniy@unitsky.com

Alexey G. Klimkov, Dr. Sci. (Econ.), Head of R&D department, Unitsky String Technologies, Inc.

E-mail: a.klimkov@unitsky.com

ORCID 0000-0002-1104-8849

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Поступила в редакцию 30.11.2023

После доработки 08.12.2023

Принята к публикации 13.12.2023

Received 30.11.2023

Revised 08.12.2023

Accepted 13.12.2023