



Предпроектное предложение

**Струнная транспортная система
«Станция метро «Октябрьское поле» -
Детский Парк Чудес»**



Содержание

1. Введение.....	3
1.1. Общая информация о струнной транспортной системе.....	3
1.1.1. Струна.....	3
1.1.2. Рельс-струна	3
1.1.3. Путьевая структура.....	4
1.1.4. Опоры	5
1.1.5. Колесо.....	5
1.1.6. Транспортный модуль (юнибус).....	6
1.1.7. Инфраструктура	8
1.1.8. Нормы проектирования	10
1.1.9. Предпосылки к эксплуатации СТЮ.....	10
1.1.10. Испытания и апробация.....	11
2. Схема прохождения трассы СТЮ	13
3. Техничко-экономические характеристики трассы СТЮ,	18
3.1. Ожидаемый пассажиропоток	19
3.2. Ожидаемый грузопоток	19
3.3. Организация движения	20
3.4. Потребность в транспортных модулях	20
3.5. Время в пути и движение по трассе	21
3.6. Годовой доход и рентабельность эксплуатации трассы	21
3.7. Сравнительные технико-экономические показатели трассы в зависимости от величины пассажиропотока	22
4. Выводы	24
5. Список справочных материалов о струнном транспорте Юницкого	25

1. Введение

1.1. Общая информация о струнной транспортной системе

Низкоскоростной вариант струнного транспорта Юницкого (СТЮ) с широкой колеей (2000 мм) представляет собой поднятый на опоры струнный рельсовый путь, по которому осуществляют движение со скоростью до 120 км/час рельсовые автомобили (юнибусы) вместимостью до 45 человек и грузоподъемностью до 5 тонн.

СТЮ является наиболее дешёвой, долговечной, экономичной и безопасной системой среди известных транспортных систем второго уровня, т.е. систем с поднятой над поверхностью земли на опорах путевой структурой, к которым относятся поезд на магнитном подвесе, монорельсовая дорога, канатная дорога. Преимущества СТЮ перед другими видами транспорта обусловлены комплексом его конструктивных особенностей:

1.1.1. Струна

Струна набрана из стальных проволок или стальных канатов. Высокопрочная проволока диаметром 3 – 5 мм производится промышленностью России из стали марок 65 – 90 и имеет прочность на разрыв 17.600 – 18.600 кгс/см². Наиболее целесообразно использовать семипроволочный витой арматурный канат К-7 диаметром 15,2 мм, как наиболее освоенный в промышленном производстве и наиболее используемый в качестве арматуры в предварительно напряжённых железобетонных конструкциях, висячих и вантовых мостах. В зависимости от условий монтажа и эксплуатации могут использоваться обычные канаты (разрывное усилие – 24 – 26 тонн, допустимое нормативное усилие в путевой структуре – 14 тонн), канаты с защитным покрытием или в полиэтиленовой оболочке, в том числе в защитной смазке (разрывное усилие – 26 – 28 тонн, допустимые усилия – 20 тонн). Струна в рельсе надёжно защищена от внешних воздействий (погодно-климатических и механических) стальным корпусом и высокопрочным наполнителем – бетоном. Срок службы каната – не менее 100 лет. Отпускная стоимость – 600 – 1500 €/т.

1.1.2. Рельс-струна

Рельс-струна – это обычная неразрезная (по длине) стальная, железобетонная или сталежелезобетонная балка, оснащенная головкой рельса и дополнительно усиленно армированная предварительно напряжёнными (растянутыми) струнами (рис. 1). Для изготовления рельса – струны используются широко распространенные марки сталей, выпускаемые промышленностью России, а также традиционные связующие (цемент и эпоксидная смола) и наполнители (щебень, песок, минеральные порошки, пластификаторы, ингиби-

торы коррозии). Например, для головки рельса – струны подходят стали, используемые для изготовления железнодорожных рельсов, а также – строительной арматуры.



Рис. 1. Вариант конструкции рельса-струны

Оптимальное натяжение струн на один рельс (в зависимости от длины пролета и массы подвижного состава) в низкоскоростном варианте – 250 – 300 тонн (при температуре +20 °С). Сочетает в себе свойства гибкой нити (на большом пролёте между опорами) и жёсткой балки (на малом пролёте – под колесом транспортного модуля и над опорой), поэтому при воздействии сосредоточенной нагрузки от колеса радиус кривизны (изгиба) рельса-струны составляет 300 – 500 м и более. Благодаря этому качение колеса модуля будет плавным, безударным, как в середине пролёта, так и над опорой. Рельс-струна характеризуется высокой прочностью, жёсткостью, ровностью, технологичностью изготовления и монтажа, низкой материалоёмкостью (сталь: 40 – 60 кг/м, бетон: 0,005 – 0,02 куб. м/м), широким диапазоном рабочих температур (от +70 до -70 °С).

Рельс-струна представляет собой идеально ровный путь для движения колеса, так как по всей своей длине не имеет технологических и температурных швов (головка рельса сварена в одну плетть). Проектируется как неразрезная предварительно напряженная балка автодорожного или железнодорожного моста (по тем же нормативам). Себестоимость смонтированного серийного рельса-струны – от 80 тыс. €/км, что, например, ниже себестоимости смонтированного железнодорожного рельса магистральной железной дороги, уложенного на шпальную решётку.

1.1.3. Путевая структура

Путевая структура представляет собой два рельса-струны, образующие колею шириной 2000 мм. Имеет стрелочные переводы, аналогичные трамвайным. Может быть установлена на опорах, на грунте (на специальной шпальной решетке с шагом шпал 5 – 10 м), или в грунте на песчаной, щебеночной или бетонной продольной (шириной 0,2 – 0,4 м) подушке. При необходимости, конструкция может быть выполнена сборно-разборной. Колея в СТЮ шире железнодорожной почти в 1,4 раза, а центр масс подвижного состава расположен ниже в 1,5 – 2 раза, поэтому движение по такой путевой структуре будет в 2 – 3 раза более устойчивым.

Самым опасным для транспорта второго уровня является разрушение пролетного строения. Рассмотрим вероятность этого в СТЮ. СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы» допускает расчетное напряжение в высокопрочной проволоке пролетных строений мостов, равные, например, для проволоки диаметром 5 мм 10.750 кгс/см^2 , при этом предельные (разрушающие) напряжения для этой проволоки составляют 17.600 кгс/см^2 . За весь срок эксплуата-

ции (100 лет) напряжения растяжения в струне путевой структуры СТЮ будут изменяться от 8.835 до 10.750 кгс/см², при этом температура (от +45°С до – 45°С) даст диапазон изменения напряжений в струне на 1.800 кгс/см², максимальный ветер (скорость 250 км/час) – 30 кгс/см², максимальное оледенение (20 кг льда на погонный метр рельса – струны) – 25 кгс/см², подвижный состав (два модуля в сцепке, движущиеся в середине пролета) – 60 кгс/см². В этом случае запас прочности струны по напряжениям от подвижного состава составит: $(17.600 \text{ кгс/см}^2 - 10.750 \text{ кгс/см}^2) / 60 \text{ кгс/см}^2 = 114$ раз. Нигде в транспортной технике сегодня нет таких (стократных) запасов прочности, а в СТЮ он создается благодаря особенной, присущей только струнной системе, кинематической схеме нагружения струны внешними нагрузками (поперечными по отношению к струне). Из приведенного примера следует, что обрыв струны произойдет только в том случае, если по СТЮ поедет вместо расчетного модуля весом 6 тонн транспортное средство, вес которого превышает 600 тонн, либо если скорость ветра превысит 1000 км/час, либо если ударит мороз ниже – 200°С, что нереально.

1.1.4. Опоры

Опоры подразделяются на анкерные, воспринимающие горизонтальную нагрузку от струн (устанавливаются через 1 – 3 км и более, по длине стальных канатов-струн) и поддерживающие, воспринимающие вертикальную нагрузку (устанавливаются через 20 – 50 м и более). Для трасс СТЮ могут быть использованы либо типовые опоры высотой от 0,5 до 10 м, выполненные из железобетона (сборного или монолитного), или из стальных сварных конструкций, либо – дополнительно спроектированные опоры по специальным требованиям заказчика. Фундаменты опор, в зависимости от грунтов на трассе, могут быть свайными (забивные, винтовые, буронабивные или буринъекционные сваи), либо плитными – монолитными или сборными. Опоры могут быть установлены практически на любых грунтах, имеющих в России. Опоры и неразрезной рельс-струна образуют жёсткую рамную конструкцию, поэтому несущая способность опор увеличена, например, в сравнении с монорельсовой дорогой в 8 раз (стоимость опор, соответственно, снижена). Стоимость промежуточной опоры – от 500 €, анкерной – от 50 тыс. €. Если опоры СТЮ заменить на насыпь такой же высоты, то насыпь будет дороже опор.

1.1.5. Колесо

Колесо выполнено из высокопрочной стали (рис. 1). Имеет независимую «автомобильную» подвеску и две реборды высотой 40 мм каждая (против колёсной пары и одной реборды высотой 30 мм на каждом колесе в железнодорожном транспорте). Между ободом и ступицей имеет демпфирующую и звукопоглощающую полимерную прокладку. Коэффициент сопротивления качению – 0,0005 (ниже, чем у железнодорожного колеса, имеющего

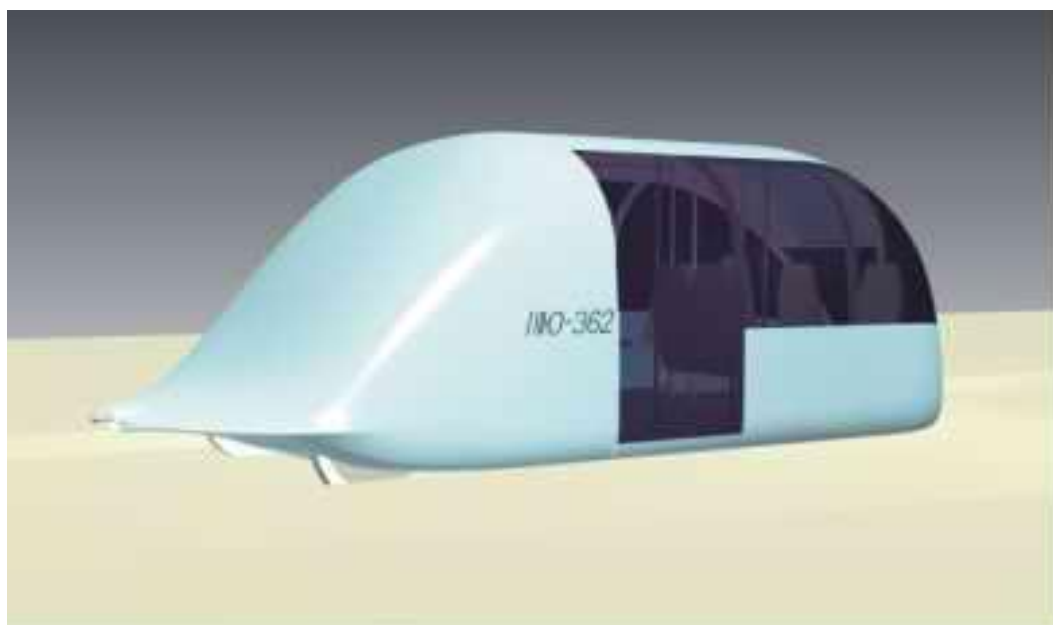
коническую поверхность опирания, в 1,5 – 2 раза). Пробег – до 1 млн. км. Стальное колесо для СТЮ дешевле резинового и в 5 – 10 раз долговечнее.

1.1.6. Транспортный модуль (юнибус)

Пассажирский транспортный модуль (юнибус) представляет собой разновидность рельсового автомобиля, установленного на стальных колесах. Как и автомобиль, может иметь привод от дизеля, бензинового двигателя, турбины, либо может иметь комбинированный привод (например, «дизель – генератор – накопитель энергии – электродвигатель»). При необходимости двигатель может работать на экологически чистом источнике энергии: природном газе, водороде, спирте, метане, сжатом воздухе, маховичном накопителе энергии, солнечной, ветровой и др. энергии. Кроме того, СТЮ может быть электрифицирован с использованием внешнего источника электрической энергии (по типу троллейбуса, трамвая или метро), либо может быть использован автономный источник энергии – установленные на борту юнибуса аккумуляторы, накопители энергии конденсаторного типа, топливные батареи и др. На рис. 2 показан юнибус Ю – 362 средней вместимости (до 40 – 45 человек) и с низким полом – высота пола над уровнем головки рельса 200 мм. При устройстве перрона на станциях его высота будет такой же небольшой, что важно для стариков, детей, инвалидов, при этом, как и в метро, пол модуля и перрон будут находиться на одном уровне.

Юнибус имеет уникальную форму, обладающую самым низким коэффициентом аэродинамического сопротивления среди всех известных транспортных средств ($C_x=0,07 - 0,1$, что, например, лучше, чем у современного спортивного автомобиля в 3 – 4 раза; эти результаты получены путем многократных продувок в аэродинамической трубе в г. Санкт-Петербурге). Юнибус – самое экономичное транспортное средство из всех известных. При установившемся движении на горизонтальном участке пути 40-местному юнибусу весом 6 тонн при скорости 100 км/час необходима мощность двигателя в 9,2 кВт (из них – 6,6 кВт на аэродинамическое сопротивление, 1,7 кВт – на сопротивление качению стального двухребордного колеса по стальному рельсу, 0,9 кВт – потери в трансмиссии). При этом расход топлива на 100 км пути (при использовании в качестве привода дизеля) составит 2,3 литра (или 0,06 л/100 пасс.·км, или 0,6 л/1000 пасс.·км (лучшие легковые автомобили расходуют в 15 – 20 раз больше горючего – 1 – 1,5 л/100 пасс.·км)).

Юнибус имеет высокую устойчивость движения по путевой структуре благодаря двухребордным колесам, независимой подвеске каждого колеса и высокой аэродинамичности корпуса. На действующих моделях масштаба 1:15, 1:10 и 1:5, а также на опытном участке СТЮ моделировались различные аварийные ситуации. Например, разрушение двух промежуточных опор подряд, посторонние металлические предметы высотой 30 мм на обоих рельсах, сильный боковой ветер и землетрясение силой 10 баллов по шкале Рихтера, действующие одновременно, не приводят к сходу рельсового автомобиля со струнной путевой структуры.



а)



б)

Рис. 2. Юнибус Ю - 362 на станции:
а) с закрытой дверью; б) с открытой дверью(по одной двухстворчатой двери с каждой стороны модуля)

Подвижной состав СТЮ может эксплуатироваться при ураганном ветре. Например, чтобы сбросить юнибус с пути, сила давления бокового ветра должна превысить вес модуля, для чего ветру необходимо иметь скорость более 600 км/час, что нереально.

Для трассы СТЮ в Детском Парке Чудес планируется использовать Юнибус Ю – 362, оснащенный дизелем мощностью 80 кВт с автоматической коробкой передач. Мест для сидения – до 24, с учетом стоячих мест вместимость модуля в часы пик – до 40 – 45 человек.

Будет использован дизель зарубежного производства (Германия), отвечающий по чистоте выхлопа требованиям норм «Евро – 4». В качестве топлива для него будет использоваться синтетический бензин – диметилловый эфир, синтезируемый из метана (он производится в г. Москве). По чистоте продуктов горения это топливо близко к метану и природному газу, поэтому является экологически чистым. В нем отсутствуют вредные вещества (свинец, сера и др.), а при горении не образуется сажа. Является идеальным топливом для дизеля, т.к. увеличивает ресурс его работы в 1,5 – 2 раза, двигатель легко заводится на любом морозе, к тому же это топливо дешевле традиционного дизельного топлива.

В случае выхода из строя штатного привода юнибуса Ю – 362, каждое его колесо имеет аварийно – стартовый электропривод, работающий от аккумуляторов, которые позволят на пониженной скорости доехать до ближайшей станции и, далее, до депо. В случае выхода из строя и аварийного привода, к неисправному модулю, спереди или сзади, подъедет ближайший модуль и отбуксирует его в депо, для чего каждый юнибус имеет автоматическое сцепное устройство (стыковочный узел). В случае выхода из строя всего подвижного состава (например, в результате крупномасштабной террористической акции), пассажиры спустятся на землю по веревочной лестнице, которой снабжен каждый модуль. Юнибус Ю – 362 спроектирован и в течение 1,5 лет после начала финансирования проекта подвижной состав и автоматическая система управления СТЮ будут изготовлены на заводах БелАвтоМАЗа и «БЕЛКОММУНМАШа» (г. Минск, Республика Беларусь). Заводы - изготовители рельсового автомобиля осуществят также его сертификацию, о чем имеется договоренность.

Стоимость юнибуса при серийном производстве – от 50 тыс. € (для маломестного модуля, на 7 – 10 пассажиров, и скорости движения до 150 км/час). Ю – 362 при мелкосерийном производстве будет стоить около 95 тыс. €.

1.1.7. Инфраструктура

Инфраструктура включает станции, депо, гараж, стрелочные переводы, заправочную станцию. Благодаря подъему путевой структуры на второй уровень расширяются возможности по устройству станций (рис. 3).



Рис. 3. Станция, совмещенная с анкерной опорой и углом поворота трассы СТЮ

Благодаря более благоприятным режимам эксплуатации рельсового автомобиля, уменьшается потребность в гаражах и заправочных станциях в сравнении с традиционным автотранспортом. Компактность юнибуса позволяет уменьшить размер и, соответственно, стоимость станций и длину перрона в 5 – 10 раз в сравнении с железнодорожными и в 1,5 – 2 раза в сравнении с монорельсовой дорогой.

1.1.8. Нормы проектирования

Путевая структура и опоры СТЮ проектируются как транспортная эстакада в соответствии с требованиями российских нормативов (СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы»), а также – основных положений мостовых норм США и стран ЕС, поэтому не требуют сертификации. Для каждой спроектированной трассы СТЮ, как и для любого транспортного сооружения, необходима лишь экспертиза проекта в соответствующих государственных структурах и испытания при вводе в эксплуатацию.

1.1.9. Предпосылки к эксплуатации СТЮ

Для прохождения трассы СТЮ нет необходимости в создании специального коридора. Струнный транспорт может проходить над существующими объектами, т.к. он является слабым источником шумов и вибраций благодаря высокой ровности пути, отсутствию стыков в рельсе, задемпфированности колеса, подвески колеса и рельса-струны, а также малой неподрессоренной массы колеса (около 40 кг). Корпус модуля аэродинамичен, герметичен и не имеет ни одной детали, которая могла бы быть источником грязи, которая могла бы упасть вниз.

Благодаря более низким контактным напряжениям в паре «колесо – рельс» ($50 - 60 \text{ кгс/мм}^2$ против $100 - 120 \text{ кгс/мм}^2$ на железной дороге), износ головки рельса будет менее интенсивным, чем на железнодорожном транспорте (износ 1 мм по высоте рельса после пропуска 100 млн. т поездной нагрузки). Толщину головки рельса закладывают на весь срок службы СТЮ (50 – 100 лет) – например, для обеспечения суммарного объема перевозок в 5 миллиардов пассажиров достаточно толщины головки в 20 – 25 мм.

Эксплуатационные издержки по трассе сводятся лишь к периодической защите металлоконструкций от коррозии (раз в 10 – 20 лет). При изготовлении корпуса рельса-струны из нержавеющей стали, а опор – из железобетона, эксплуатационные издержки по дороге будут заключаться в сезонном осмотре конструкции (для выявления строительных дефектов и внешних повреждений).

Путевую структуру СТЮ нет необходимости чистить зимой от снега и льда, так как при каждом проходе колеса головка рельса самоочищается (лед и снег раздавливаются стальным колесом при толщине до 100 мм и сбрасываются им с рельса).

1.1.10. Испытания и апробация

Технология строительства путевой структуры и опор, а также основные узлы и элементы СТЮ в 2001 – 2004 г.г. прошли успешную апробацию на однопутном испытательном полигоне, построенном в России (г. Озеры Московской области, рис. 4). Основные характеристики струнной трассы: протяженность – 150 м, суммарное натяжение струн – 450 тс (при +20 °С), высота опор – до 15 м, максимальный пролет – 48 м, максимальная масса подвижной нагрузки – 12 т, относительная жесткость наибольшего пролета под расчётной нагрузкой – 1/1500 (нормативная жёсткость, например, автодорожных и железнодорожных мостов в 2 – 3 раза ниже), металлоёмкость путевой структуры – 120 кг/м, уклон трассы – 100‰. В зимнее время модифицированный грузовой автомобиль ЗИЛ-131, установленный на стальные колёса диаметром 700 мм, отвечающие стандартам СТЮ, уверенно идёт на подъём при толщине льда 50 мм (лёд намораживали специально, т.к. он не удерживается на рельсе и после первого же прохода колеса разрушается и сбрасывается им с рельса).

На полигоне испытывались:

- различные струны (витые канаты диаметром 27 мм из проволоки диаметром 3 мм и диаметром 15,2 мм из проволоки диаметром 5 мм);
- анкеровка струн (клиновые зажимы, которые обеспечили надежное крепление канатов – при лабораторных испытаниях канаты обрывались при усилении 24 – 28 тонн в произвольном месте, а не в зажиме);
- релаксация предварительно напряженных струн (релаксация каната К-7 диаметром 15,2 мм, расчетные напряжения в котором составляют 10450 кгс/см², в течение 3-х лет не зафиксирована);
- свайные, буро-инъекционные и плитные фундаменты промежуточных опор (высотой 2 м, 5 м и 8 м) и анкерных опор (высотой 1 м и 15 м);
- двухребордное стальное колесо, задемпфированное резиновой прослойкой между ободом и ступицей (показало надежность и устойчивость движения – за 3 года эксплуатации не произошло ни одного касания ребордой головки рельса, так как штатный режим движения обеспечивает тороидальная опорная поверхность колеса);
- сцепление колеса с рельсом (минимальный коэффициент трения в паре «колесо – рельс» во время дождя и оледенения – 0,15 – 0,2, что позволяет проектировать трассы СТЮ с затяжными уклонами до 150 – 200‰);
- специальный высокопрочный бетон для рельса-струны (модифицированный пластификатором и ингибитором коррозии);
- правильность расчетов прочности и жесткости опор, путевой структуры и струн под воздействием динамических нагрузок от подвижного состава, сезонного изменения температур, ветра, оледенения и др.



Рис. 4. Испытательный полигон СТЮ в г. Озеры Московской области

2. Схема прохождения трассы СТЮ

Схемы прохождения трассы СТЮ по улицам г. Москвы и территории Детского Парка Чудес показаны на рис. 5 и 6. На городском участке трассы, идущей от станции метро «Октябрьское Поле» по улице Народного Ополчения, а затем – Нижние Мневники, путевая структура будет двухпутной (протяженность двухпутного участка 2930 м). Путевые структуры двухпутной трассы предлагается разместить на общих опорах высотой 6 – 8 м, установленных на расстоянии 25 – 30 м друг от друга (рис. 7 и 8). На станции №2 трасса разделяется на кольцевую однопутную, которая пройдет по кольцу вокруг Парка Чудес (протяженность однопутного участка 5960 м). Протяженность трассы в однопутном исчислении составит 11820 м, в двухпутном – 5910 м.

Станцию №1 предлагается разместить в сквере улицы Народного Ополчения возле станции метро «Октябрьское Поле». Станцию №2, которая разместится на территории сквера, частично занятого в настоящее время неорганизованными гаражами, предлагается совместить с депо, гаражом и заправочной станцией СТЮ. Кроме того, станция может быть совмещена с торгово-развлекательным комплексом, подземными или надземными автомобильными гаражами и другими социально необходимыми для жителей района объектами. Со станции выходят два однопутных участка трассы на пойму реки Москвы (высота опор 20 – 25 м), которые пересекут канал, соединяющий реку, в районе шлюзов (рис. 9). Станции № 3 – № 11 размещены на территории Детского Парка Чудес на среднем расстоянии около 500 м (от 320 м до 620 м) друг от друга. Все станции совмещены с анкерными опорами и углами поворота трассы (см. рис. 3). Участки между станциями выполнены прямолинейными. Расположение станций, их количество и другие элементы инфраструктуры, в том числе местоположение депо, гаража и заправочной станции, а также их архитектура будут уточняться проектом с учетом общей архитектурно – планировочной концепции Детского Парка Чудес.

На городском участке трасса пройдет по центру улиц Народного Ополчения и Нижних Мневник. На участках, где имеются скверы, необходимо будет вырубить часть деревьев и посадить новые деревья (рис. 7). На остальных участках, где опоры будут установлены в асфальте улиц, предлагается выполнить разделительную полосу барьерного типа шириной 0,5 – 1 м и высотой 0,5 – 1 м, совмещенную с опорами трассы СТЮ и с клумбами (рис. 8). На этих участках необходимо будет перенести часть креплений контактной сети существующих троллейбусных линий. Необходимо будет также демонтировать около 20 рекламных щитов, расположенных в створе трассы.

Все промежуточные опоры предлагается выполнить Т – образными из железобетона, при этом на городском участке опоры будут поддерживать оба пути, на территории парка – один путь трассы. Средняя высота опор 6 – 8 м (выше контактной сети троллейбуса), на территории парка – 3 – 5 м, чтобы снизить высоту подъема пассажиров на станцию и исключить установку лифтов и эскалаторов.

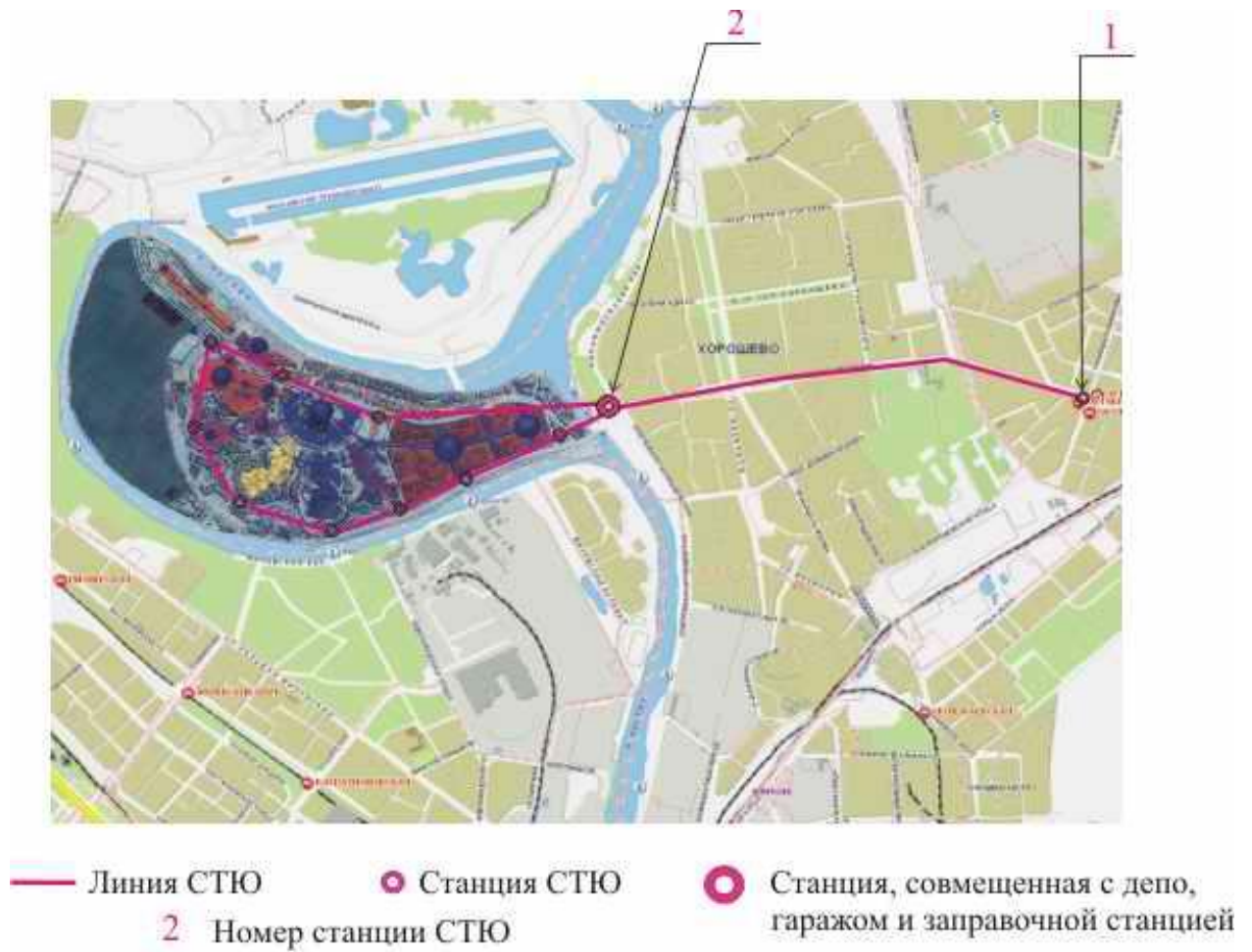
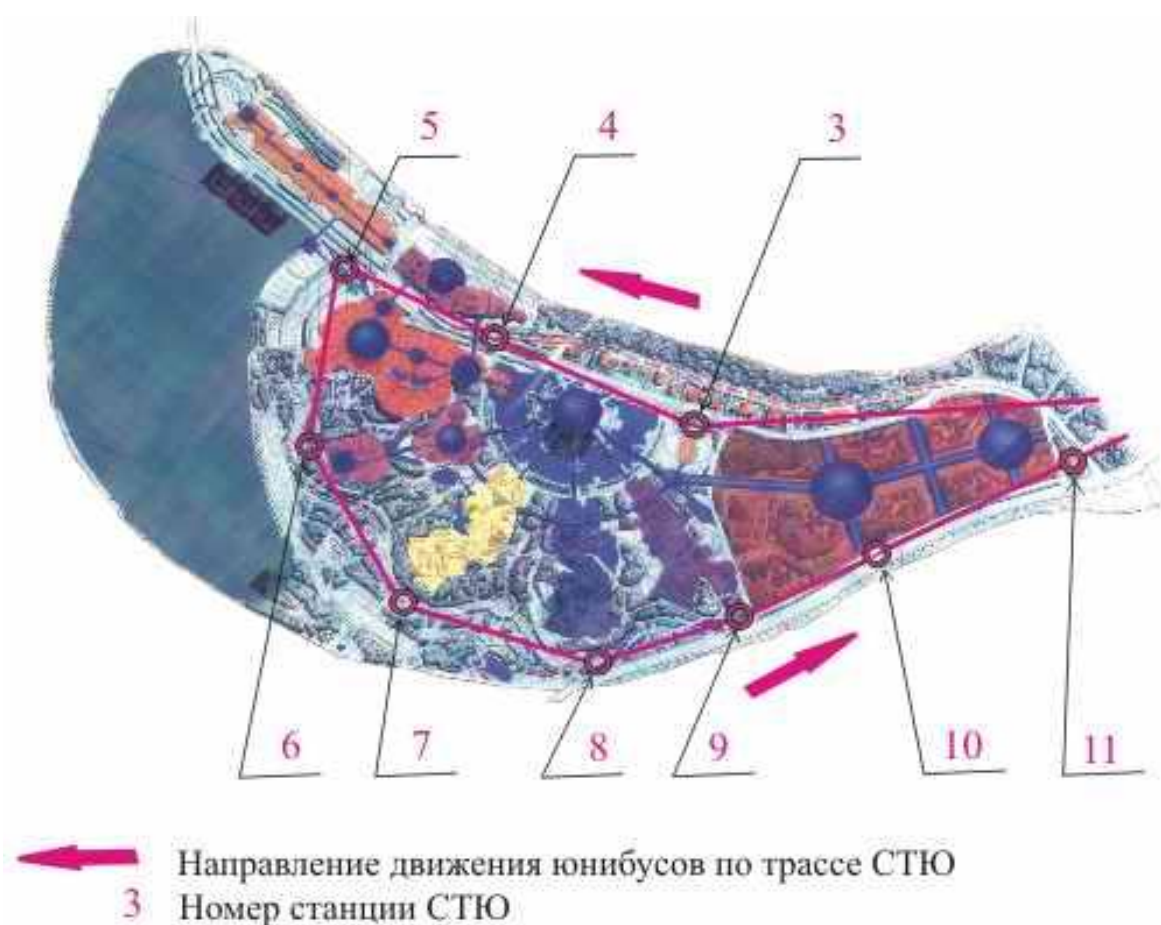


Рис. 5. Схема прохождения трассы СТЮ от станции метро “Октябрьское Поле” до Детского Парка Чудес



Название мест, предполагаемых для организации остановок:

- 1 - Станция метро "Октябрьское поле" (рис.5)
- 2 - Набережная Москвы - реки (рис.5)
- 3 - Культурно - Этнографические центры
- 4 - Гостиничный комплекс с аквапарком
- 5 - Гольф - клуб, центральный вход
- 6 - "Северная Америка"
- 7 - "Африка"
- 8 - "Австралия"
- 9 - "Азия"
- 10 - Администрация парка
- 11 - Гостиничный комплекс

Рис. 6. Схема прохождения трассы СТЮ по Детскому Парку Чудес



Рис. 7. Трасса СТЮ, идущая по центру улицы Народного Ополчения в районе станции метро “Октябрьское Поле”



Рис. 8. Трасса СТЮ по центру улицы Нижние Мневники



Рис. 9. Участок двух однопутных линий СТЮ в пойме Москва - реки.

3. Техничко-экономические характеристики трассы СТЮ

Назначение – пассажирская трасса.

Протяжённость трассы в однопутном исчислении – 11,82 км.

Общая стоимость с инфраструктурой и подвижным составом – 25,5 млн. € (см. табл. 1), в том числе:

- струнная трасса – 6,1 млн. € (24%)
- станции и инфраструктура – 7,1 млн. € (28%)
- подвижной состав – 5,4 млн. € (21%)
- прочее – 6,9 млн. € (27%)

Расчётная скорость движения подвижного состава – до 100 км/час.

Время в пути из конца в конец трассы – 12 мин., по кольцу – 25 мин. (см. табл. 2).

Средняя высота опор – 7 м.

Средняя длина пролёта – 30 м.

Предельная (конструкционная) пропускная способность трассы пассажиров – 200 млн. пасс./год.

Ожидаемый пассажирооборот (средняя дальность поездки 5 км) – 40 млн. пасс./год (в перспективе – до 100 млн. пасс./год).

Ожидаемый грузооборот (плечо 3 км) – 0,1 млн. т/год.

Ориентировочная стоимость трассы СТЮ

Таблица 1

Наименование элементов трассы	Кол-во (объём работ)	Стоимость ед. работ, тыс. €	Общая стоимость, тыс. €
1. Транспортная линия, всего, в том числе:	11,82 км	-	6.100
1.1. Однопутная путевая структура	11,82 км	280	3.310
1.2. Промежуточные опоры	11,82 км	130	1.537
1.3. Система технического контроля состояния опор и путевой структурой	11,82 км	20	236
1.4. Система управления движением транспортного потока	11,82 км	40	437
1.5. Прочее	-	-	544
2. Стоимость инфраструктуры, всего, в том числе:	-	-	7.100
2.1. Станции, совмещенные с анкерными опорами и углами поворота трассы	10 шт.	500	5.000
2.2. Станция, совмещенная с гаражом, заправочной станцией, депо и грузовым терминалом	1 шт.	1.500	1.500
2.3. Прочее	-	-	600
3. Подвижной состав, всего, в том числе:	-	-	5.400
3.1. Пассажирские модули	40 шт.	95	3.800
3.2. Грузовые модули	7 шт.	80	560
3.3. Модули аварийного резерва	5 шт.	95	475
3.4. Модули технического контроля состояния трассы и её аварийного обслуживания	1 шт.	150	150
3.5. Прочее	-	-	415

Наименование элементов трассы	Кол-во (объём работ)	Стоимость ед. работ, тыс. €	Общая стоимость, тыс. €
4. Другие работы по трассе, всего в том числе:	-	-	1.230
4.1. Перенос креплений контактной сети существующих троллейбусных линий	3 км	50	150
4.2. Устройство разделительного барьера по центру улицы, совмещенного с опорами СТЮ и с клумбами	1 км	120	120
4.3. Частичная вырубка деревьев и замещающая посадка новых деревьев	2 км	50	100
4.4. Демонтаж установленных в створе трассы рекламных щитов	20 шт.	3	60
4.5. Перенос гаражей с территории станции – депо	20 шт.	10	200
4.6. Удорожание путевой структуры и опор СТЮ на участке перехода через канал	1 шт.	600	600
5. Землеотвод под трассу и инфраструктуру (на территории города)	1 га	1.000	1.000
6. Инженерно-изыскательские и проектные работы по трассе	11,82 км	60	710
7. Проектно-конструкторские работы по путевой структуре, опорам, подвижному составу, инфраструктуре и системам управления	-	-	1.500
8. Прочие и непредвиденные расходы	-	-	2.460
Итого:	-	-	25.500

3.1. Ожидаемый пассажиропоток

В расчетах окупаемости трассы СТЮ принят пассажиропоток в 40 млн. пассажиров в год (около 110 тыс. пасс/сутки, из них 55 тыс. – в Парк Чудес и 55 тыс. – обратно, т.е. из расчета, что услугами СТЮ воспользуется 55 тыс. человек в сутки). По мере роста популярности Парка Чудес пассажиропоток может возрасти в 2 – 3 раза. Возросшая потребность в перевозках будет удовлетворяться за счет увеличения числа юнибусов.

3.2. Ожидаемый грузопоток

Примерно 100 тысяч тонны грузов в год (малотоннажные грузы: продукты питания, хозяйственные товары, товары народного потребления, вывоз мусора за пределы Парка Чудес и др.). Для организации грузовых перевозок на станции №2, совмещенной с депо, может быть организован грузовой терминал. Грузовые перевозки, в основном, будут осуществляться ночью.

3.3. Организация движения

Для трассы СТЮ экономически целесообразнее использовать пассажирские и грузовые модули средней вместимости и средней массы, около 6 тонн в грузённом состоянии. Это позволит снизить нормативное натяжение струн в путевой структуре и, соответственно, уменьшить стоимость струнной трассы. При этом пропускная способность транспортной магистрали не будет снижена, более того, она имеет возможность роста, до 200 млн. пасс./год.

Транспортный модуль (пассажирский и грузовой) управляется водителем и имеет автопилот, который контролирует работу водителя и обеспечивает безаварийную эксплуатацию подвижного состава. Введение полностью автоматической системы управления каждым модулем в отдельности и транспортным потоком в целом на данном этапе нецелесообразно. Автоматизация управления приведёт к резкому удорожанию подвижного состава и транспортной линии, но не приведёт к уменьшению количества обслуживающего персонала и, соответственно, экономии заработной платы. Это обусловлено тем, что, как и на борту авиалайнера, в юнибусе должен присутствовать хотя бы один профессионально подготовленный сотрудник эксплуатирующей подвижной состав компании (в первом случае – водитель, дополнительно выполняющий функции стюарда, гида и т.д., во втором – стюард, при необходимости выполняющий функции водителя, например, при выходе автоматической системы управления из строя).

В перспективе, при увеличении объёма перевозок, транспортная система может быть полностью переведена на автоматическую систему управления.

3.4. Потребность в транспортных модулях

1. **Пассажирские** (средняя вместимость 30 пассажиров, в часы пик – 40 – 45 пасс.)

При двухсменной работе один юнибус сделает 96 рейсов в сутки на плече 5 км (при средней дальности поездки 5 км время поездки одного пассажира составит примерно 10 мин.). При коэффициенте загрузки, равном 1, и коэффициенте использования, равном 0,9, один модуль перевезёт в сутки 2740 пассажиров, а в год – около 1 млн. пассажиров. Для перевозки 40 млн. пассажиров в год на среднюю дальность 5 км необходимо 40 юнибусов.

2. **Грузовые** (грузоподъёмность 5 тонн)

Один грузовой модуль в ночное время может сделать примерно 10 рейсов в сутки. При коэффициенте загрузки 0,9, коэффициенте использования 0,9, один модуль перевезёт в сутки 40 тонн грузов, а в год – около 15.000 тонн. Для перевозки 100 тыс. тонн грузов в год необходимо 7 грузовых модулей.

3.5. Время в пути и движение по трассе

Время, затрачиваемое пассажиром на дорогу по большому кольцу (от станции метро – обратно к станции метро), составит 25 мин., из конца в конец трассы (станция №1 – станция №5) – примерно в 2 раза меньше – 12 мин. (см. табл. 2). Движение по малому кольцу (от станции №2 до станции №2), т.е. по территории Парка Чудес, займет около 15 мин.

Таблица 2

№ п/п	Наименование транспортного процесса	Время, мин.
1	Посадка пассажиров (11 станций по 0,5 мин. на каждой станции)	5,5
2	Движение по всей кольцевой трассе (средняя скорость 40 км/час)	17,5
9	Непредвиденные затраты времени	2
	Всего:	25

При указанных выше коэффициентах использования и загрузки подвижного состава, на трассе одновременно будет находиться 36 пассажирских модулей. При длине путевой структуры, равной 11820 м, среднее расстояние между соседними пассажирскими модулями на трассе при расчётной скорости движения составит около 330 м. Временной интервал движения этих модулей – около 30 сек.

Движение юнибусов может быть как одиночным, так и в группе, например из 3 модулей, с интервалом движения в группе 5 сек. (или на расстоянии 55 м друг от друга на трассе при скорости 40 км/час). В последнем случае въезжать в станцию и выезжать из неё они будут с интервалом 5 сек., а перрон должен иметь длину 20 м, обеспечивающую одновременное нахождение на станции 3 модулей. Интервал движения таких «поездов», в которых отдельные модули связаны друг с другом не механически, а с помощью «электронной сцепки», составит около 1,5 мин.

Исходя из оптимальных условий динамического нагружения путевой структуры, движущиеся юнибусы должны находиться друг относительно друга не ближе, чем через один пролёт. При длине пролёта 30 м это расстояние составит 60 м, тогда предельная (конструкционная) пропускная способность трассы при 30-тиместных юнибусах на плече 5 км будет равна:

$$N_{\text{пред.}} = 40.000.000 \text{ пасс./год} \times (330 \text{ м}/60 \text{ м}) \approx 200.000.000 \text{ пасс./год}$$

3.6. Годовой доход и рентабельность эксплуатации трассы

При цене пассажирского билета 0,4 € (15 руб.) (ориентировочная себестоимость проезда на плече 5 км составит 0,1 €/пасс., или 0,02 €/пасс.·км) и тарифе на транспортировку одной тонны груза 10 € (ориентировочная себе-

стоимость транспортировки груза составит 2 €/т) годовой доход от эксплуатации трассы составит:

$$D = 40.000.000 \text{ пасс.} \times (0,4 - 0,1) \text{ €/пасс.} + 100.000 \text{ т} \times (10 - 2) \text{ €/т} = 12.800.000 \text{ €}$$

При таком годовом доходе трасса окупится в течение примерно 2 лет. При цене пассажирского билета 0,55 € (20 руб.) трасса окупится примерно за 1,5 года.

Общая рентабельность эксплуатации трассы, в зависимости от величины налогов, составит около 300%.

Из-за достаточно большого числа станций второго уровня, стоимость инфраструктуры превышает собственно стоимость струнной транспортной линии, что снижает рентабельность ее эксплуатации. Если совместить станции с сетью магазинов, баров, ресторанов, других торговых точек, а станционный комплекс №2 – с бизнес – центром, казино, фитнес – центром и т.п., то станционные сооружения окупятся самостоятельно. При этом весь проект может окупиться в течение 1 года. Кроме того, на каждой опоре трассы СТЮ, идущей по центру городской улицы (таких опор около 100), может быть размещено по два рекламных места, что окупит строительство этих опор. Рекламные щиты могут быть также подвешены под струнной путевой структурой в промежутке между опорами, а на опорах могут быть размещены фонари освещения улиц и т.д. Все это также будет способствовать быстрой окупаемости проекта.

3.7. Сравнительные технико-экономические показатели трассы в зависимости от величины пассажиропотока

На рис. 9 – 11 приведены зависимости различных технико-экономических показателей от величины пассажиропотока.

Из рис. 10 видно, что даже если пассажиропоток упадет до 10 млн. пасс./год, рентабельность эксплуатации трассы будет иметь положительное значение.

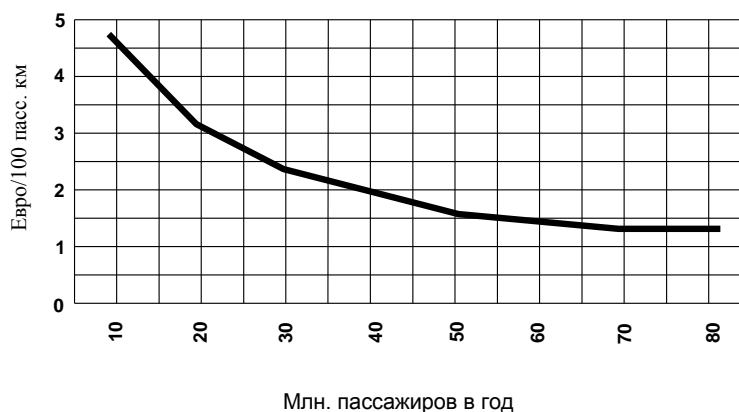


Рис. 10. Зависимость себестоимости перевозок по трассе СТЮ в Детском Парке Чудес от величины пассажиропотока

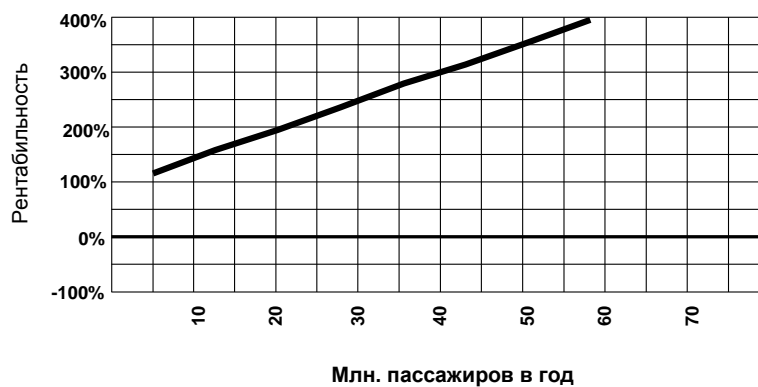


Рис. 11. Изменение рентабельности эксплуатации трассы СТЮ в Детском Парке Чудес от величины пассажиропотока (при цене билета 0,4€)

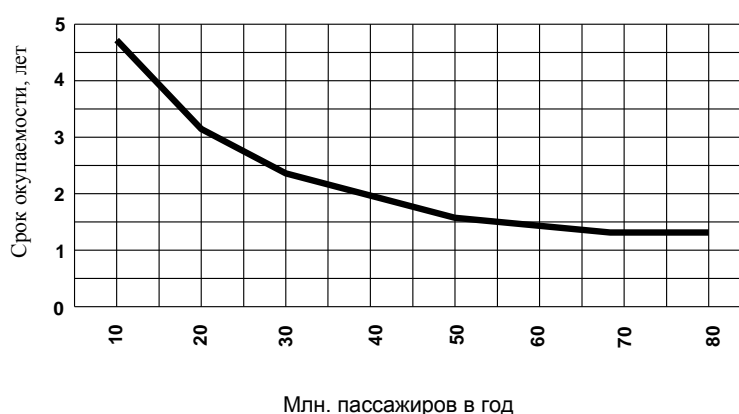


Рис. 12. Зависимость срока окупаемости капиталовложений в строительство трассы СТЮ в Детском Парке Чудес от величины пассажиропотока (при цене билета 0,4 €)

4. Выводы

Использование СТЮ как транспорта второго уровня для доставки пассажиров в Детский Парк Чудес обеспечивает:

1. Возможность перемещения 40 млн. человек в год (в перспективе – 100 млн. человек) без нанесения ущерба инфраструктуре прилегающих районов города и самого Детского Парка Чудес.
2. Предоставление возможности более рационального использования территории Детского Парка Чудес для массового отдыха и развлечений жителей г. Москвы и гостей столицы и дальнейшего его развития.
3. Расширение возможностей ознакомления с Детским Парком Чудес с высоты птичьего полета.
4. Быструю окупаемость вложений в проект (до 2 лет) и высокую рентабельность эксплуатации трассы СТЮ (более 100%), что обеспечит высокую и стабильную прибыль в течение длительного времени (не менее 50 лет).
5. Трасса СТЮ с инфраструктурой может быть спроектирована в течение 1 года и в течение 1 года – построена, что обеспечит инвестору быстрый возврат инвестиций.
6. Принципиально новая транспортная система второго уровня, являющаяся полностью российской разработкой, впервые в мире построенная в г. Москве с новым поколением сверхсовременного подвижного состава, сама станет объектом туризма и дополнительно привлечет туристов и отдыхающих в Детский Парк Чудес.
7. Трасса СТЮ позволит создать новую инфраструктуру для отдыха и развлечений, доходность от которой может превысить доходность от использования самой струнной трассы.

5. Список справочных материалов о струнном транспорте Юницкого

1. Юницкий А.Э. Струнные транспортные системы на Земле и в космосе. – Гомель, «Инфо – Трибо», 1995. – 337 с.: ил.
2. Юницкий А.Э. Линейная транспортная система. Патент РФ № 2080268, 1994 г.
3. Юницкий А.Э. Струнный транспорт Юницкого (СТЮ)/Проект «Ноосферные системы Сибири и Дальнего Востока». Новосибирск: Изд-во НГAVT, 2000 – с. 641 – 674.
4. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль транспортной системы Юницкого. Патент РФ № 2203194, 2001 г.
5. Юницкий А.Э. Транспортная система Юницкого и способ построения транспортной системы. Евразийский патент № 004917, 2002 г.
6. Юницкий А.Э. Транспортная система второго уровня - струнный транспорт Юницкого. Журнал «Архитектура, строительство, дизайн» - Москва ., № 4 (44), 2004 г.