

Анатолий Юницкий,
Президент Фонда "Юнитран"
содействия развитию струнного транспорта,
руководитель проекта ООН № FS-RUS-98-S01
"Устойчивое развитие населённых пунктов и
улучшение их коммуникационной инфраструктуры
с использованием струнной транспортной системы",
академик Российской Академии Естественных Наук

Развитие коммуникаций всегда имело основополагающее значение в общественном прогрессе, обеспечивая связь между народами, способствуя усилению торговых и деловых отношений. В историю человечества вошли такие известные великие торговые пути как из Варяг в Греки, Великий Шёлковый путь.

Дороги - это неотъемлемое условие личного и общественного блага; это средство человеческого общения в территориальном и интеллектуальном пространстве; это образ жизни и одна из фундаментальных ценностей культуры, показатель уровня цивилизованности; это, наконец, жизненный путь, который мы выбираем и который нас выбирает. Только такое восприятие дорог даёт нам ключ, с одной стороны, к надёжному обеспечению устойчивого развития, а с другой, к оптимальному решению проблем всего мирового дорожного хозяйства.

Для примера рассмотрим состояние транспортной сети России. Она включает свыше 600 тыс. км автомобильных дорог с твёрдым покрытием, свыше 160 тыс. км железных дорог, свыше 210 тыс. км газопроводов и около 100 тыс. км нефтепроводов. И это при том, что, согласно расчётам, для обеспечения потребностей экономики страны и решения социальных проблем минимальная протяжённость транспортной сети должна составлять 2 млн. км. То есть в России недостаёт около миллиона километров дорог.

Для сравнения: в США, территория которых меньше территории России в 1,8 раза, построено свыше 6 миллионов километров дорог. Без сомнения, это является основой могущества и процветания Соединённых Штатов Америки. Эти дороги, сначала железные, затем автомобильные, создали экономику сверхдержавы, стали её фундаментом. Нефтедобыча и нефтепереработка, металлургия и машиностроение и многие другие отрасли народного хозяйства - это прежде всего транспорт. Автомобилестроение и авиация, судостроение и подвижной состав железных дорог, строительство автомобильных, железных и других дорог и их инфраструктуры, портов, аэропортов, мостов, путепроводов, виадуков, тоннелей, вокзалов, станций, терминалов и т. д. и т. п. - основной потребитель сырья, материалов, машиностроительной и другой продукции, энергии, важная область приложения труда миллионов человек. Без дорог немыслима строительная индустрия, существование городов, в которых сегодня проживает более половины населения планеты, промышленность, сельское хозяйство и любая другая отрасль народного хозяйства.

Неудовлетворительное состояние дорожной сети ведёт к нарушению нормального функционирования экономики, спаду производства в смежных отраслях народного хозяйства, неоправданным потерям урожая, ограничению доступа к сырьевым ресурсам, сокращению рабочих мест, повышению стоимости товаров и услуг, снижению уровня жизни населения и возможностей для развития образования и культуры, ухудшению экологической ситуации, затруднениям в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, снижению обороноспособности страны, сдерживанию внешней торговли и туризма, повышению смертности населения.

Но для того, чтобы перейти к транспорту будущего, необходимо дать оценку транспорту сегодняшнему.

С каким транспортом человечество входит в XXI век?

1. Железнодорожный транспорт. В его современном понимании зародился в начале 19 века, хотя первые колейные дороги существовали ещё в Древнем Риме. Во всём мире построено более миллиона километров железных дорог.

В современных условиях километр двухпутной дороги с инфраструктурой стоит 3...5 млн. USD, пассажирский вагон - около 1 млн. USD, электровоз - около 10 млн. USD. Требуется при строительстве много ресурсов: металла (стали, меди), железобетона, щебня. Объём земляных работ в среднем около 50 тыс. м³/км. Отнимает у землепользователя много земли - около 5 га/км, а с инфраструктурой - до 10 га/км.

В сложных географических условиях требуется строительство уникальных сооружений - мостов, виадуков, эстакад, тоннелей, что значительно удорожает систему и усиливает негативное воздействие на Природу. Средневзвешенная скорость движения - 100...120 км/ч.

Шум, вибрация, тепловые и электромагнитные излучения от движущихся поездов влияют на среду обитания живых организмов и жителей прилегающих к дорогам населённых пунктов. Пассажирские поезда в течение года выбрасывают на 1 км полотна и полосы отвода до 12 тонн мусора и 250 кг фекалий.

Железнодорожный транспорт в огромных количествах потребляет воду и загрязняет водные бассейны. Например, общее потребление воды объектами железнодорожного транспорта одной только России составляет около 1 млрд. м³/год, при этом сточные воды предприятий транспорта содержат нефтепродукты, фенол, креозол, смолы, соли тяжёлых металлов. Попадая в водоёмы, стоки ухудшают качество воды, условия жизни обитателей водных бассейнов, так как один грамм нефтепродуктов делает непригодной для питья 2 тонны воды.

В год под колёсами поездов в России погибает около тысячи человек и миллионы животных.

2. Автомобильный транспорт. Появился в конце прошлого века. Построено за прошедший период свыше 10 млн. км дорог, выпущено около 1 млрд. автомобилей.

Современный автобан стоит 5...10 млн. USD/км, изымает из землепользования около 5 га/км земли, а с инфраструктурой - до 10 га/км. Объём земляных работ превышает 50 тыс. м³/км. Среднестатистический автомобиль стоит около 15 тыс. USD, средневзвешенная скорость движения на дорогах 60...80 км/ч.

Стал основным источником шума и загрязнения воздуха в городах. Выхлоп автомобиля содержит более 10 канцерогенных веществ и более 100 токсичных соединений. Источником загрязнения и истощения окружающей среды стал как собственно автотранспорт, так и сама трасса и её инженерные сооружения, объекты обслуживания, особенно места хранения нефтепродуктов, автозаправочные станции, станции технического обслуживания, мойки и т.п., вызывающие трансформацию природной среды на прилегающих территориях.

Вредные вещества выхлопных газов автомобилей, продукты испарения нефтепродуктов загрязняют атмосферный воздух и, оседая на поверхность земли, вызывают загрязнение почв и поверхностных вод. С дождевыми и талыми водами загрязняющие вещества мигрируют в грунтовые и более глубокие водоносные горизонты. И, как следствие, через воздух, почву и воду происходит деградация растительного покрова. Основными загрязняющими веществами при строительстве и эксплуатации являются пыль, выхлопные газы, нефтепродукты при их испарении, продукты истирания шин, тормозных колодок и дисков сцепления, асфальтовых и бетонных покрытий, противообледенительные соли и песок. Наибольшему загрязнению подвержены территории, непосредственно прилегающие к трассам. Полоса загрязнения достигает 300 м и более.

К автотранспорту необходимо отнести и негативное воздействие той части сопутствующих систем, которые обслуживают его: это нефтяные скважины и нефтепроводы, нефтеперерабатывающие и асфальтобетонные заводы и т.д.

Насыпи и выемки автодорог приводят к деградации лесных массивов из-за заболачивания одних и обезвоживания других прилегающих территорий.

Автомобильные дороги и их инфраструктура отняли у человечества свыше 50 миллионов гектаров земли (такова суммарная территория таких стран, как ФРГ и Великобритания), причём отнюдь не худшей земли.

В последние десятилетия автомобиль стал основным рукотворным орудием убийства человека. По данным Всемирной организации здравоохранения на автомобильных дорогах мира ежегодно гибнет (в том числе и от послеаварийных травм) свыше 900 тыс. человек, несколько миллионов становятся калеками, а свыше 10 млн. человек - получает травмы. Для сравнения: в военных конфликтах в среднем гибнет на планете около 500 тыс. человек в год.

3. Авиация, которая насчитывает около 100 лет истории.

Самый экологически опасный и энергоёмкий вид транспорта. У современных самолётов суммарный выброс вредных веществ в атмосферу достигает 30...40 кг/100 пассажиро-километров. Основная масса выбросов самолётов концентрируется в районах аэропортов, т.е. около крупных городов - во время прохода самолётов на низких высотах и при форсаже двигателей. На малых и средних высотах (до 5000...6000 м) загрязнение атмосферы окислами азота и углерода удерживается несколько дней, а затем вымывается влагой в виде кислотных дождей. На больших высотах авиация является единственным источником загрязнения. Продолжительность пребывания вредных веществ в стратосфере много дольше - около года. По своей токсичности современный реактивный лайнер эквивалентен 5...8 тысячам легковых автомобилей и расходует столько кислорода на сжигание топлива, сколько необходимо его для дыхания более 200-ам тысячам человек. На восстановление содержания такого количества кислорода в атмосфере необходимо несколько тысяч гектаров соснового леса или ещё большая площадь планктона океана.

Каждый пассажир во время многочасового полёта за счёт космического естественного гамма-излучения получает дополнительную дозу облучения в несколько тысяч микрорентген (доза облучения в салоне самолёта достигает 300...400 мкР/ч при норме 20 мкР/ч).

Важным является также тот фактор, что под аэропорты необходимо отводить земли, по площади сопоставимые с полосой отвода под железные и автомобильные дороги, но расположенные в непосредственной близости от городов, а значит, более ценных.

Авиация оказывает очень сильное шумовое воздействие, особенно в районах аэропортов, а также - значительные электромагнитные загрязнения от радиолокационных станций.

Воздушный транспорт - самый дорогой. Стоимость современных аэробусов достигает 100 млн. USD, затраты на строительство крупного международного аэропорта превышают 10 млрд. USD.

4. Высокоскоростные железные дороги (ВСМ). Начали строить в последней четверти нашего века. Максимальная скорость движения 400 км/ч, среднеходовая скорость 180...200 км/ч.

ВСМ представляет собой обычную железную дорогу, но с улучшенной и усиленной путевой структурой (рельсы, шпалы) и подушкой (специальная усиленная насыпь и балластное основание) и со специальным высокоскоростным подвижным составом.

Стоимость километра дорог - 10...20 млн. USD, одного вагона - 2...3 млн. USD. Воздействие на окружающую среду более сильное, чем у обычных железных дорог. Например, экологи оценивают экологические последствия для России при строительстве высокоскоростной железной дороги "С.Петербург - Москва" как второй Чернобыль. При этом себестоимость проезда по данной дороге составит 123 USD/пасс. (протяжённость трассы 660 км). Другой пример: по оценкам экспертов, если такая густонаселённая страна как Китай, с его ограниченными и уязвимыми сельхозугодиями, в 21-ом веке ориентируется на строительство сети ВСМ, то через 20...30 лет это может вызвать в стране такой же по масштабам голод, что и в дни культурной революции, когда от голода умерло около 30 миллионов китайцев.

ВСМ требует шумозащитных экранов, специальных ограждений для исключения выхода на путь крупных домашних и диких животных, так как столкновение с ними может

привести к сходу поезда с пути. Насыпь ВСМ становится непреодолимым препятствием для диких животных, поверхностных и грунтовых вод.

К 2000 г. в Европе построено всего около 3100 км ВСМ.

5. Поезда на магнитном подвесе

5.1. "Трансрапид" (Германия) с электромагнитным подвесом на обычных проводниках. При длине вагона 25 м зазор между подвижным составом и путевой структурой должен быть не более 10 мм, иначе подвес перестанет работать. Это предопределяет весьма высокие и трудно реализуемые требования к строительству и эксплуатации таких дорог.

Стоимость трассы 25...50 млн. USD/км, одного вагона - 6...10 млн. USD. Например, согласно бизнес-плану немецкой компании "Сименс", представленному московскому правительству, трасса "Трансрапид" "Аэропорт Шереметьево - центр г.Москвы" протяжённостью 29 км будет стоить около 1,5 млрд. USD (без учёта стоимости земли и затрат на снос зданий и строений). На строительство необходимо много железобетона, стали, т.к. балки пролётных строений должны быть массивными (хотя длина пролёта всего 24 м), опоры - мощными (под нагрузкой они не должны смещаться даже на доли миллиметра).

Скорость движения до 500 км/час. Характеризуется сильным шумом при высоких скоростях движения, т.к. юбка вагона охватывает несущую балку со всех сторон (сверху, с боков и снизу) и в зазор втягивается с большой скоростью воздух. Имеет очень низкий энергетический коэффициент полезного действия: КПД подстанции - 34% (подстанция задаёт переменную частоту тока для создания бегущего магнитного поля вдоль путевой структуры), КПД линейного электродвигателя - 40%. После перемножения получим общий энергетический КПД 13,6%, т.е. чуть выше, чем у паровоза.

5.2. "Маглев" (Япония) - сверхпроводящая магнитно-левитационная железная дорога. Вагоны имеют сверхпроводящие катушки, магнитное поле которых столь мощное (такого мощного магнитного поля в природе нет не только на планете и в Солнечной системе, но даже в нашей галактике, поэтому можно представить его опасность для всего живого), что обеспечивает подвес на высоту 10...20 см. Скорость движения до 500 км/ч. Катушки, находящиеся в вагоне с пассажирами, охлаждаются тремя криогенными контурами: жидкого гелия, газообразного гелия и жидкого азота. В случае скачкообразной потери сверхпроводимости произойдёт взрыв катушек с эквивалентом в несколько килограммов тротила.

Стоимость километра трассы 20...30 млн. USD, одного вагона - более 10 млн. USD.

6. Монорельс - получил развитие в США, Канаде, Франции и др. странах. Движение колёсной кабинки осуществляется по балке (ALVEG) или под балкой (SAFEGE). Балка должна иметь большое поперечное сечение, благодаря которому и обеспечивается устойчивость кабины. Характеризуется большим расходом материалов на пролётные строения, опоры. Из-за системы подвеса вагончик имеет неблагоприятную динамику колебаний и плохую аэродинамику, поэтому монорельсовые дороги являются низкоскоростными, т.к. скорость в 200 км/ч для них недостижима. Стоимость 1 км монорельсовой трассы 4...10 млн. USD.

Выше перечислены основные виды транспорта, причём каждый из них имеет свои разновидности. Например, разновидностью самолёта является экранолёт, автомобиля - электромобиль. Над этими и другими видами транспорта, а их более 200, работают во многих странах мира. Даже над такими экзотическими, на взгляд автора, как авиатрассы для самолётов с укороченными крыльями для полёта по подземному тоннелю диаметром 50 м (Япония), или летающей тарелкой, создающей разрежение (вакуум) перед носовой частью летательного аппарата (Россия).

Анализ показывает, что существующие традиционные и перспективные виды транспорта чрезвычайно дороги и экологически опасны, требуют значительной площади отчуждения ценных земель. Ни один вид транспорта (за исключением велосипеда) не удовлетворяет требованиям норм по уровню шумов, а мероприятия по шумозащите ещё

больше удорожают обустройство скоростных магистралей.

Системный анализ также показывает, что в XXI веке с точки зрения экологии, экономики, коммуникативности, землепользования, безопасности лидирующей может стать лишь такая наземная транспортная система, которая обеспечит движение транспортных средств со скоростью 300...500 км/час и будет удовлетворять следующим требованиям:

1) трасса с инфраструктурой будет не дороже канатной дороги - до 1,5...2 млн. USD/км, при этом ресурсоёмкость транспортной системы (потребность в строительных материалах и конструкциях, объём земляных работ, расход чёрных и цветных металлов и т.п.) также должна быть на уровне канатной дороги;

2) транспортный модуль обеспечит комфорт для пассажира на уровне современного автобуса и будет стоить не дороже легкового автомобиля;

3) обеспечит себестоимость проезда на уровне современных пригородных электропоездов в России - до 1...2 USD/100 пассажиро-километров (или 10...20 USD/1000 пасс.·км);

4) изымет у землепользователя не более 0,1 га земли на один километр протяжённости трассы с инфраструктурой;

5) не потребует сооружения насыпей, выемок, строительства тоннелей, мощных эстакад, путепроводов и виадуков, нарушающих ландшафт и биогеоценоз и неустойчивых к воздействию стихийных бедствий (землетрясения, наводнения, оползни и др.);

6) по удельному воздействию транспортного модуля на окружающую среду будет экологически безопаснее, чем троллейбус и электромобиль - выброс вредных веществ не более 10 грамм на 100 пассажиро-километров;

7) на высокоскоростное перемещение (300 км/час) потребует в 5...10 раз меньших энергозатрат (расхода топлива) чем современный легковой автомобиль - в пересчёте на бензин до 0,5 литра на 100 пассажиро-километров;

8) обеспечит уровень безопасности движения на уровне авиапассажирских перевозок;

9) обеспечит пропускную способность одной трассы более 100 тыс. пассажиров в сутки и более 100 тыс. тонн грузов в сутки;

10) будет многофункциональной коммуникационной системой - обеспечит не только высокоскоростное перемещение по трассе пассажиров и грузов, но и передачу электрической энергии и электронной информации.

Проведённый анализ укрепил автора во мнении, что ни одна из существующих и перспективных транспортных систем не удовлетворяет перечисленным требованиям XXI века.

Это побудило автора к созданию принципиально новой коммуникационной системы, исключая недостатки существующих и включающей достоинства перспективных транспортных систем. При этом основным требованием при поиске решения было: никакой технической и научной экзотики - магнитных подвесов, сверхпроводимости, левитации, антигравитации и т.п. Система должна базироваться на хорошо опробованных материалах, технологиях и технических решениях.

Идея струнной транспортной системы (СТС) зародилась в 1982 году - после того, как автором были сделаны первые публикации в журналах "Изобретатель и рационализатор" и "Техника – молодёжи" об общепланетном транспортном средстве для неракетного освоения ближнего космоса. От этого проекта, собственно, и отпочковалась идея СТС.

Свыше 10 лет ушло на теоретическую проработку системы, поиск технических, технологических и конструкторских решений, оптимизацию экологических, экономических и технических составляющих, анализ достоинств и недостатков. Первая публикация об СТС (без раскрытия технической сущности) была сделана только в 1993 г. в одном из белорусских журналов. Три года ушло на патентование принципиальной схемы СТС в ведущих странах мира путём подачи международной заявки во Всемирную Организацию Интеллектуальной Собственности. Последние годы - разработка рабочих чертежей на рельс-струну, опоры, элементы инфраструктуры, основные узлы транспортного модуля,

исследования аэродинамики, динамики высокоскоростного движения по жёсткой нити, каковой является рельс-струна, изготовление действующих моделей.

Поэтому, хотя ещё не построено ни одного километра струнных дорог, уже можно говорить об основных технико-экономических характеристиках СТС.

СТС представляет собой размещённую на опорах предварительно напряжённую растянутую канатно-балочную конструкцию, по которой движутся специальные электромодули грузоподъёмностью до 5000 кг и вместимостью до 20 пассажиров [2]. Запитка электрической энергией осуществляется через колёса, которые контактируют с токонесущими головками специальных рельсов. При использовании автономного энергообеспечения модуля, головка рельса и, соответственно, вся путевая структура, будут обесточенными. Основу путевой структуры СТС составляют струны из высокопрочной стальной проволоки диаметром 1...5 мм каждая, собранные в пучок и размещённые с провесом внутри пустотелого рельса. Вместо проволоки может использоваться высокопрочная стальная лента. Рельс монтируется таким образом, чтобы после фиксации струн путём заполнения полости рельса твердеющим наполнителем, например, на основе цемента, битума или эпоксидной смолы, головка рельса оставалась бы идеально ровной. Поэтому головка, по которой и будет двигаться колесо транспортного модуля, не имеет провесов и стыков по всей своей длине. Струны и рельсы жёстко крепятся на анкерных опорах, размещённых через 1...2 км. Под действием веса конструкции провесы струны, например, в размере 50 мм, будут иметь место в следующих случаях: усилия натяжения 100...500 тонн, длина пролёта 25...50 м, масса рельсового пути 50...150 кг на погонный метр. Такие провесы легко спрятать, “зашить” внутри полого рельса высотой 15...20 см.

Наибольшее количество в СТС будет промежуточных опор, которые устанавливаются через 25...100 м. На одну анкерную опору приходится 20...50 промежуточных, которые и будут определять стоимость опорной части. СТС спроектирована таким образом, чтобы промежуточные опоры испытывали преимущественно только вертикальную нагрузку, причём незначительную - 25 тонн при пролёте 50 м. Примерно такую же нагрузку испытывают опоры высоковольтных линий электропередач, поэтому они конструктивно и по материалоемкости близки друг к другу. Максимальные горизонтальные нагрузки на всей трассе испытывают только две концевые анкерные опоры (на них действует односторонняя нагрузка): 1000 тонн для двухпутной и 500 тонн для однопутной трассы. Промежуточные (или технологические) анкерные опоры составят более 90% от всего количества анкерных опор. Они не будут испытывать значительных горизонтальных нагрузок в процессе эксплуатации трассы, так как усилия, действующие на опору с одной и с другой стороны, уравновешивают друг друга.

Струна и рельс не будут иметь деформационных швов по длине, а схема их работы при изменении температуры аналогична работе телефонного провода, провода линии электропередач или каната всячего моста, которые аналогично подвешены к опорам с провесом и тянутся без стыков на многие километры. Рельс выполнен сборно-разборным. Расчётный перепад температур принят равным 100 °С. Такой перепад температур бывает раз в 100 лет в странах с резко континентальным климатом, либо в горах. В субтропиках и тропиках расчётный перепад температур будет ниже на 20...30 градусов.

Для струны СТС подойдёт проволока, выпускаемая сегодня промышленностью для стальных канатов (предел прочности этой проволоки до 250 кгс/мм²), а также - для предварительно напряжённых железобетонных конструкций и канатов висячих и вантовых мостов. Для головки рельса-струны по своим физико-механическим свойствам подходит сталь, используемая для изготовления железнодорожных рельсов. СТС спроектирована с очень жёсткой путевой структурой. Например, при пролёте 50 м абсолютный статический прогиб пути от сосредоточённой нагрузки в 5000 кгс, размещённой в середине пролёта, составит всего 12,5 мм или 1/4000 от длины пролёта. Для сравнения: современные мосты, в том числе и для скоростных железных дорог, проектируют с допустимым относительным прогибом, в десять раз большим - 1/400. Динамический прогиб пути СТС под действием

подвижной нагрузки будет ещё ниже - до 5 мм, или 1/10000 пролёта. Такой путь будет для колеса транспортного модуля более ровным, чем, например, дно соляного озера, где, как известно, в конце XX века автомобиль впервые преодолел скорость звука - 1200 км/час.

Предельную скорость в СТС будет ограничивать не ровность и динамика колебаний пути, не проблемы во фрикционном контакте “колесо - рельс”, а - аэродинамика. Поэтому вопросам аэродинамики в СТС уделено особо пристальное внимание. Получены уникальные результаты, не имеющие аналогов в современном высокоскоростном транспорте, в том числе и в авиации. Коэффициент аэродинамического сопротивления модели пассажирского экипажа, измеренный при продувке в аэродинамической трубе, составил величину $C_x=0,075$. Намечены меры по уменьшению этого коэффициента до $C_x=0,05...0,06$. Благодаря низкому аэродинамическому сопротивлению двигатель мощностью 80 кВт обеспечит скорость движения двадцатиместного экипажа в 300...350 км/час, 200 кВт - 400...450 км/час, 400 кВт - 500...550 км/час. При этом механические и электромеханические потери в СТС будут невелики, так как КПД стального колеса составит 99%, мотор-колеса в целом - 92%.

Известно, что с увеличением скорости движения сцепление колеса с рельсом ухудшается. Для обеспечения скорости в 300...350 км/час в СТС коэффициент трения в паре “колесо - рельс” должен быть не менее 0,04 (чтобы обеспечить тягу в 100 кгс), 400...450 км/час - не менее 0,07 (требуемая тяга 180 кгс), что легко достижимо. Проблемы со сцеплением начнут возникать лишь при скорости 500 км/час и выше, для обеспечения которой требуется тяга свыше 300 кгс. Но эта проблема в СТС также легко разрешима. Например, разработана принципиальная схема обрешиненного тягового мотор-колеса мощностью 100 кВт, которое обеспечит требуемое сцепление и тягу. Однако в достижении таких высоких скоростей в обозримом будущем не будет необходимости, так как оптимальной скоростью в СТС является скорость, лежащая в диапазоне 300...400 км/час. В этом случае будет легче обеспечить высокую безопасность движения, к тому же будут снижены энергозатраты на проезд, стоимость которых в значительной степени определяет стоимость проезда в любом виде высокоскоростного транспорта, в том числе и в СТС.

Наличие на каждом колесе двух реборд (гребней) и независимая (“автомобильная”) подвеска каждого из них значительно снизят вероятность схода транспортного модуля с путевой структуры, что, например, является основной причиной аварий на автомобильном и железнодорожном транспорте. Сход модуля с пути под действием аэродинамических сил и порывов бокового ветра исключается полностью, что подтвердили испытания в аэродинамической трубе.

Надёжность путевой структуры и опор СТС как строительной конструкции будет на уровне надёжности висячих и вантовых мостов, так как они конструктивно очень близки друг к другу, при этом струны в СТС значительно лучше защищены от климатических и механических воздействий, чем канаты мостов.

Ответственные узлы электромодулей (ходовая часть, подвеска, привод) и системы электронного управления будут отвечать требованиям, существующим в авиационной технике и на высокоскоростных железных дорогах. Поэтому, в целом, мы не видим препятствий к тому, чтобы СТС стала в будущем самым безопасным и надёжным видом наземного транспорта.

В экономическом плане можно отметить, что при серийном производстве стоимость обустроенной двухпутной трассы СТС с инфраструктурой (вокзалы, станции, грузовые терминалы, депо и т. д.) составит, млн. USD/км: 1,0...1,5 - на равнине, 1,5...2,5 - в горах, 1,5...2,5 - на морских участках при размещении трассы над водой и 5...8 - при размещении в подводном или подземном трубе-тоннеле.

Транспортный модуль конструктивно проще легкового автомобиля, поэтому при серийном производстве его стоимость будет на уровне стоимости микроавтобуса - 20...40 тыс. USD, или на одно посадочное место - 1...2 тыс. USD/место (для двадцатиместного электромодуля). Для сравнения приводим относительную стоимость подвижного состава в других скоростных системах: самолет - 100...200 тыс. USD/место, поезд на магнитном

подвесе - 100...200 тыс. USD/место, высокоскоростная железная дорога - 20...30 тыс. USD/место.

Себестоимость проезда пассажира и транспортировки груза на СТС будет зависеть от многих факторов, в первую очередь от пассажиро- и грузопотока (для скорости движения 300 км/час):

а) пассажирские перевозки, USD/1000 пасс. · км: 20...25 (10 тыс. пасс./сутки), 10...15 (20 тыс. пасс./сутки), 5...10 (50 тыс. пасс./сутки);

б) грузовые перевозки, USD/1000 тонно · км: 6...8 (20 тыс. т/сутки), 4...5 (50 тыс. т/сутки), 2...3 (100 тыс. т/сутки).

Структура затрат в себестоимости перевозок (для скорости движения 300 км/час):

а) пассажирские перевозки: амортизация трассы и подвижного состава - 65...80%, эксплуатационные издержки - 10...20%, электроэнергия - 5...10% ;

б) грузовые перевозки: амортизация трассы и подвижного состава - 45...65%, эксплуатационные издержки - 10...20%, электроэнергия - 25...45% .

СТС могут строиться как технологические и специализированные трассы: вывоз мусора за пределы мегаполисов; доставка руды из карьеров на обогатительную фабрику; транспортировка угля к тепловой электростанции; транспортировка нефти от месторождения к нефтеперерабатывающему заводу; поставка в большом объеме - порядка 100 миллионов тонн в год - высококачественной природной питьевой воды в густонаселенные регионы мира на расстояние 5...10 тысяч километров и т. п. Струнные дороги могут быть также грузовыми, пассажирскими (в том числе чисто туристического назначения) и грузопассажирскими магистралями.

Таким образом, технико-экономические и экологические характеристики предлагаемого вида транспорта чрезвычайно привлекательны:

1) для прокладки струнных трасс потребуется незначительное отчуждение земли (в 150...200 раз меньше, чем для автомобильных и железных дорог);

2) отпадает необходимость в устройстве насыпей, выемок, тоннелей, в вырубке лесов, сносе строений, поэтому СТС легко внедряема в городскую инфраструктуру и реализуема в сложных природных условиях: в зоне вечной мерзлоты, в горах, болотистой местности, пустыне, в зоне водных препятствий (реки, озёра, морские проливы, шельф океана и др.);

3) повышается устойчивость коммуникационной системы к стихийным бедствиям (землетрясения, оползни, наводнения, ураганы), неблагоприятным климатическим условиям (туман, дождь, гололёд, снежные заносы, пыльные бури, сильные жара и холод и т.п.);

4) благодаря низкой материалоемкости и высокой технологичности трассы СТС будут дешевле обычных (в 2...3 раза) и скоростных (в 8...10 раз) железных дорог и автобанов (в 3...4 раза), монорельсовых дорог (в 2...3 раза), поездов на магнитном подвесе (в 15...20 раз), поэтому проезд по СТС будет самым дешёвым - 5...8 USD/1000 пасс.·км и до 2...5 USD/1000 тонно·км.

Трассы СТС легко совмещаются с линиями электропередач, ветряными и солнечными электростанциями, линиями связи, в том числе оптико-волоконными.

Предельная пропускная способность двухпутной трассы: до 500 тысяч пассажиров в сутки (около 200 миллионов человек в год) и до 500 тысяч тонн грузов в сутки (около 200 миллионов тонн грузов в год).

Степень проработанности СТС в настоящее время такова, что её работоспособность и реализуемость не вызывает сомнений ни у разработчика, ни у экспертов. Главная причина того, почему программа СТС до сих пор не реализована практически, - отсутствие финансирования. Работы над струнным транспортом, вот уже в течении почти 20 лет, ведутся за счёт автора и его энтузиазма, чего, безусловно, недостаточно. Нет и реальной государственной поддержки, хотя программу СТС, например, поддержал и лично заинтересовался ею президент Республики Беларусь Александр Лукашенко. Реальная поддержка в виде гранта, начиная с января 1999 г., осуществляется только со стороны Центра ООН по населённым пунктам (Хабитат) [3] и небольших частных инвестиций.

Как быстро можно практически реализовать струнную систему?

Рассматривались и анализировались различные возможные варианты прокладки трасс СТС, в частности, для 2-го Критского транспортного коридора по трассе "Париж - Москва". Международная конференция по данному транспортному коридору, состоявшаяся в г.Минске в октябре 1997г., в которой участвовали транспортники 14 стран, именно СТС рекомендовала Европейскому Союзу в качестве высокоскоростной составляющей Критских коридоров. С таким же предложением правительство Белоруссии обратилось в 1998 г. к правительству города Москвы. В этой связи необходимо отметить, что Совет Министров ЕС принял решение о выделении на девять Критских коридоров 400 миллиардов USD на период до 2010 г.

Если, например, финансирование создания СТС "Париж - Москва" будет открыто в 2001 г., то в 2006 г. трасса может быть введена в эксплуатацию. Один строительный отряд сможет построить свыше 300 км трассы в год. Поэтому 8 отрядов, работающих одновременно на разных участках, построят магистраль в течение одного года, 2005.

На разработку моторного блока, ходовой части и салона транспортного модуля, электронных систем управления и безопасности, а также других составных элементов СТС в 2001г. будут объявлены международные тендеры. В них активное участие могут принять такие крупнейшие корпорации, как "Дженерал электрик", "Даймлер-Бенц", "Майкрософт", "Интел", "Мицубиси" и другие. Во-первых, потому, что работы будут оплачены, а, во-вторых, СТС - новый рынок, причём очень ёмкий (по оценкам экспертов мировой рынок для СТС превышает триллион USD), который захотят освоить и занять со своей элементной базой упомянутые и другие корпорации. Разработку объявленных в тендер элементов СТС они завершат в течение 3 лет, к 2004 г. В 2004 г. все эти системы, а также системы, созданные собственными силами, будут испытаны и оптимизированы на опытном участке, проектирование которого завершится в 2001 г., а он может быть построен в России в 2002 г.

Общий объём затрат для трассы СТС "Париж (Лондон) - Москва" составит 5,7 млрд. USD (протяжённость трассы 3110 км), из них 5,2 млрд. USD - на трассу и инфраструктуру, а 0,5 миллиарда - на подвижной состав.

Затраты по годам: 2001 г. - 10 млн. USD, 2002 г. - 100 млн. USD, 2003 г. - 500 млн. USD, 2004 г. - 1 млрд. USD, 2005 г. - 4,1 млрд. USD.

С 2006 г. трасса, введённая в строй, начнёт окупаться, и к 2009 г. полностью окупит все затраты. Себестоимость проезда из Москвы в Париж при этом составит 32 USD/пасс., время в пути - 7 час 10 мин (расстояние 2770 км, расчётная скорость движения 400 км/час). Начиная с 2010 г. эта струнная магистраль будет давать в среднем около 2 млрд. USD в год чистой прибыли, общий объём которой к 2020 г. достигнет 20 млрд. USD. Поэтому программа СТС станет очень привлекательной для инвесторов и полностью может быть реализована за счёт негосударственных инвестиций и акционерного капитала.

СТС позволит соединить Европу и Азию с Америкой сухопутной скоростной трассой "Лондон (Париж) - Москва - озеро Байкал - Якутск - Берингов пролив - Калгари - Нью-Йорк". Такая трасса протяжённостью 21 тыс. км и стоимостью около 40 млрд. USD окупилась бы своё создание за 4...5 лет.

Могут быть предложены десятки вариантов прокладки струнных трасс, стратегически и геополитически важных практически для всех континентов и стран мира. Если СТС будет доведена до серийного производства в России, то именно Россия сможет занять ключевые позиции в формировании новой коммуникационной мировой политики XXI века.

Основные средневзвешенные (для различных стран) экологические и технико-экономические показатели СТС в сравнении с существующими транспортными системами представлены в таблице.

Литература:

1. А. Э. Юницкий. Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе. - г. Гомель, 1995г.. 337 стр. с иллюстрациями.
2. Проект Центра ООН по населённым пунктам (Хабитат) FS-RUS-98-S01 "Устойчивое развитие населённых пунктов и улучшение их коммуникационной инфраструктуры с использованием струнной транспортной системы". - Найроби - Москва, 1998 г.
3. Постановление Администрации г. Сочи от 10.09.1997 № 628 "О включении инвестиционной программы "Струнные транспортные системы А. Э. Юницкого в Федеральную целевую программу "Социально-экономическое развитие города-курорта Сочи на период до 2010 года".

Основные средневзвешенные (для различных стран) показатели транспортных систем при пассажиропотоке свыше 1000 пасс./час и грузопотоке свыше 1000 т/час

Вид транспорта	Экологические показатели				Технико-экономические показатели			
	Удельный расход энергоресурсов (в литрах бензина на 100 пассажиро- или тонно-километров)		Выброс вредных веществ, кг/100 пасс.-км (или 100 т-км)	Изъятие земли под транспортную систему** га/100 км пути	Стоимость трассы с инфраструктурой, млн. USD/км	Относительная стоимость подвижного состава, тыс. USD на одно посадочное место	Себестоимость перевозок	
	Пассажирские перевозки	Грузовые перевозки					Пассажирских, USD/100 пасс. x км	Грузовых, USD/100 тонно x км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Железнодорожный (до 100 км/час):								
• магистральный	1,1 - 1,4*	0,7 - 1,0*	более 0,1	300 - 1000	2 - 5	10 - 50	2 - 4	1 - 2
• пригородный	1,2 - 1,5*	0,9 - 1,4*	-- // --	-- // --	2 - 5	5 - 10	2 - 4	1 - 2
• городской:								
- метрополитен	1,3 - 1,7*	-	-- // --	-	50 - 100	5 - 10	2 - 4	1 - 2
- трамвай	1,9 - 2,1*	-	-- // --	50 - 100	2 - 5	5 - 20	2 - 4	1 - 2
2. Автомобильный (100 км/час):								
• одиночный автомобиль:								
- в городе (средняя загрузка 1,6 пасс.)	4 - 6	6 - 11	более 1	200 - 300	3 - 5	1 - 5	3 - 5	5 - 20
- вне города (средняя загрузка 3,5 пасс.)	1,5 - 2	5 - 9	-- // --	300 - 500	2 - 5	1 - 5	3 - 5	5 - 20
• автобус:								
- в городе	2,1 - 2,5	-	-- // --	200 - 300	3 - 5		2 - 4	10 - 20
- вне города	1,4 - 1,7	-	-- // --	300 - 500	3 - 5	5 - 10	2 - 3	10 - 20
• троллейбус	1,9 - 2,5*	-	более 0,1	200 - 300	3 - 5	5 - 10	2 - 3	10 - 20
3. Авиационный:								
• дальняя авиация (900 км/час)	4,7 - 9,2	50 - 70	более 10	20 - 50	0,5-1	100 - 200	10 - 20	15 - 40
• местная авиация (400 км/час)	14 - 19	150 - 200	более 20	10 - 20	0,1 - 0,5	50 - 100	5 - 10	20 - 50
4. Морской (50 км/час)	17 - 19	0,4 - 0,9	более 10	5 - 10	0,1 - 0,5	20 - 50	2 - 5	1 - 2
5. Речной (50 км/час)	14 - 17	0,6 - 1,4	-- // --	2 - 3	0,1 - 0,2	10 - 20	2 - 5	1 - 2
6. Нефтепроводный (10 км/час)	-	0,5 - 0,6	более 1***	50 - 100	1 - 3	-	-	0,5 - 1
7. Газопроводный (10 км/час)	-	5 - 7	более 1***	-- // --	1 - 3	-	-	0,5 - 1
8. Конвейерный (10 км/час)	-	4 - 9*	более 1	-- // --	2 - 5	-	-	1 - 2
9. Гидротранспорт (10 км/час)	-	2 - 4*	более 0,1***	-- // --	0,5 - 1	-	-	0,5 - 1
10. Канатно-подвесные дороги (10 км/час)	0,3 - 0,5*	0,9 - 1,9*	-- // --	20 - 30	1 - 2	1 - 2	5 - 10	2 - 5
11. Поезд на магнитном подвесе (400 км/ч)	3,5 - 4,5*	10 - 15	-- // --	100 - 200	20 - 50	100 - 200	2 - 5	1 - 2
12. Высокоскоростная железная дорога (300 км/ч)	2,5 - 3,5*	3 - 5	-- // --	300 - 500	10 - 20	20 - 50	10 - 20	10 - 20

13. Монорельс (100 км/час)	1,5 - 2,5*	5 - 10	--/--	50 - 100	4 - 10	20 - 50	10 - 20	10 - 20
14. Струнный транспорт**** (пассажирский – 10 мест, грузовой – 5 т груза) при скорости:								
- 100 км/ч (мощность двигателя 15 кВт)	0,1 - 0,2*	0,1 - 0,2*	менее 0,01	5 - 10	1 - 2	1 - 2	0,5 - 2	0,2 - 0,8
- 200 км/ч (мощность двигателя 35 кВт)	0,2 - 0,3*	0,2 - 0,3*	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --
- 300 км/ч (мощность двигателя 90 кВт)	0,3 - 0,4*	0,3 - 0,4*	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --
- 400 км/ч (мощность двигателя 200 кВт)	0,5 - 0,6*	0,5 - 0,6*	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --
- 500 км/ч (мощность двигателя 400 кВт)	0,9 - 1,0*	0,9 - 1,0*	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --

* пересчитано из расчёта 1 литр бензина = 8,78 кВт х часа электроэнергии

** трасса с инфраструктурой

*** в виде разливов нефти и нефтепродуктов, выброса природного газа и т. п.

**** оценка по аналогии с другими видами транспорта