

Струнная транспортная система - альтернатива моторизации общества

В конце XX века произошла городская революция - впервые в истории человечества половина населения мира стала жить в городах.

Стамбульская Конференция ООН по населенным пунктам отметила, что городская революция будет развиваться на протяжении следующих трех десятилетий, когда городское население в два раза превысит численность сельского населения. В городах станет проживать на 2...3 миллиарда человек больше, чем сейчас. Для этих людей потребуется жильё, инфраструктура, рабочие места и достойные XXI века условия жизни.

Города являются сейчас и будут оставаться в будущем глобальными финансовыми, промышленными и коммуникационными центрами, где сосредоточено всё богатство культурного многообразия и где динамично протекает политическая жизнь, центрами, обладающими огромным производственным, творческим и инновационным потенциалом. Но города стали также и громадным рассадником нищеты, насилия, перегруженности коммуникациями и постоянно деградирующей окружающей среды. Неустойчивые структуры потребления в этих плотно населённых городах, концентрация промышленности, интенсивная экономическая деятельность, большое скопление автомобилей и неэффективная система удаления и переработки отходов - все это говорит о том, что главными проблемами человечества в будущем станут проблемы городов, так как именно в них будут сконцентрированы основные проблемы - экологическая, сырьевая, продовольственная, энергетическая, демографическая.

Рассмотрим города с точки зрения обеспечения их транспортными коммуникациями.

Улицы и перекрёстки, площади и автостоянки, мосты и путепроводы, гаражи и автозаправки и многое другое в современных городах построены для автомобиля и под автомобиль. Он подчинил себе города в большей степени, чем построивший их человек, нуждающийся, как биологический вид, совсем в иных условиях проживания.

Автомобиль в городе – основной источник загрязнения воздуха (до 80%) и шума (до 90%). Загрязнению продуктами горения топлива, содержащими около 20 канцерогенных и более 180 токсичных веществ, истирания шин и дорожного покрытия, дорожной пылью, антиобледенительными солями и др. подвергаются и прилегающие территории. Автозаправки, моечные станции, авторемонтные мастерские и др. элементы транспортной инфраструктуры также вносят вклад в загрязнение. Покрытая панцирем дорог земля не дышит, изменяет естественные режимы движения поверхностных и грунтовых вод, а также – изымается из биосферной системы генерирования кислорода и очистки воздуха зелёными растениями именно в местах массового проживания людей.

Миллионы человек ежедневно садятся за руль автомобиля и часами находятся в замкнутом пространстве небольшого объёма в состоянии стресса, вдыхая при этом грязный воздух, насыщенный парами горюче-смазочных веществ, выхлопов потока машин, испарениями нагретого асфальта.

Городские автомобили ежедневно лишают на планете жизни свыше тысячи человек, более десятка тысяч делают калеками и инвалидами, а негативному воздействию подвергают миллиарды человек.

Планета опутана нефтяными скважинами, нефтепроводами, нефтеперерабатывающими, асфальтобетонными и многими другими заводами, работающими на городской автомобиль, и также ухудшающими планетарную экологию.

Транспортная подвижность городского населения постоянно растёт и в ряде мегаполисов люди будут совершать в ближайшие 20 лет в 6 раз больше поездок.

Представителем таких мегагородов является Мехико, самый большой город в мире. Его население

превышает 20 млн. человек, живущих на площади около 2000 км². Каждый день в Мехико совершается 30 млн. поездок на более чем 3 млн. автомобилей и средств общественного транспорта.

Стоит отметить и ежедневное потребление ресурсов в таких городах, которые необходимо доставить транспортом к каждому жителю. В среднем, на 1 млн. жителей приходится около 1000 тонн питьевой воды и 2000 тонн еды в день. Помимо этого производится 2000 тонн отходов и 900 тонн вредных для окружающей среды веществ. Например, в Мехико 100% всех свинцовых выбросов в атмосферу и 82% угарного газа производятся автомобильным транспортом, который значительно ухудшает состояние воздуха.

Основная причина формирования городов – это обеспечение транспортной доступности. Доступность рабочих мест, учебных, оздоровительных и культурных центров, мест массового отдыха и развлечений, обеспечение возможности физического контакта людей друг с другом – вот что стягивало в одно место сначала тысячи, затем миллионы людей. Так зародились города. Пространственный облик городов вначале формировал пешеход, затем, в течение столетий, транспортное средство, ведомое лошадью, а в 20-ом веке – железная дорога (в том числе трамвай и метро) и автомобиль (в том числе автобус и троллейбус). Исторически именно транспортные коммуникации и их инфраструктура сформировали пространственный облик современных городов и мегаполисов, их пространственный каркас.

Только из-за необходимости обеспечения транспортной доступности в современных городах образовалась такая сверхвысокая концентрация жилой и промышленной застройки, людей и связанных с ними потоков вещества и энергии, теплового и газового обмена. Это приводит к разрушению естественных растительных сообществ, обеднению фауны, изменению микроклиматических, геологических и гидрогеологических характеристик местности, абсолютному численному доминированию человека, а также предельным антропогенным преобразованиям коренного ландшафта. Уже сегодня до 50% всех болезней людей в городах можно отнести к "градообразующим". В первую очередь это болезни, ставшие результатами скученности проживания, а также - загрязнённости воздуха, шума, вибрации и электромагнитных излучений.

Использование времени является ограниченным ресурсом, так как в сутках по-прежнему всего лишь 24 часа, а продолжительность средней человеческой жизни по-прежнему ограничена 80-ью годами. В развитых странах валовой национальный продукт на душу населения превышает 20 тыс. USD при примерно 2-х тысячах часов рабочего времени в год. Таким образом, очень грубо, один час цивилизованной человеческой жизни можно оценить в среднем в 10 USD. Поэтому ежедневная экономия одного часа времени на одного жителя для государства экономически более оправдана, чем экономия на душу населения в день 10 литров бензина, 100 кг угля или 10 кг хлеба. В то же время во многих городах мира дорога на работу и домой занимает почти половину всего рабочего дня. В индонезийской столице г.Джакарта считается обычным делом тратить ежедневно на дорогу от 4-х до 6-ти часов. В США всё чаще число автомобилей достигает предела пропускной способности дорог. Подсчитано, что эта проблема обходится стране в 1 млрд. USD ежедневно из-за сниженной продуктивности, потери времени и ухудшения здоровья людей.

Поскольку роль транспортных коммуникаций в жизни будущих поколений горожан столь велика, то пространственный облик городов будущего необходимо формировать, опираясь на иные транспортные технологии и градостроительные концепции.

Исследования ведущих транспортников мира показали, что экологическое совершенствование традиционных видов транспорта не может создать альтернативу массовой суперавтомобилизации городов, поэтому необходимы активные работы в области нетрадиционных видов транспорта. Например, ещё в начале 1980-х годов было проведено специальное исследование д.т.н. Иванова В.Н. и к.т.н. Сторчевуса В.К., опубликованное в виде отдельной монографии "Экология и автомобилизация", в которой была обоснована необходимость перехода в урбанизированных зонах на экологически чистые транспортные системы, проходящие во втором уровне [1].

Сегодня известно свыше 300 видов транспорта в виде проектов, идей, экспериментальных линий. У каждого из них есть свои достоинства. Из них были выбраны десять критериев, которым, на наш взгляд, должен удовлетворять городской транспорт XXI века:

- 1) по удельному воздействию на окружающую среду транспортный модуль будет экологически безопаснее, чем троллейбус – выброс вредных веществ не более 10 грамм/100 пасс.·км., а по шуму при движении - безопаснее, чем электромобиль;
- 2) относительные энергозатраты на скоростное перемещение (200 км/час) будут в 5...10 раз ниже, чем у современного легкового автомобиля - в пересчёте на бензин до 0,2 литра/100 пасс.·км;
- 3) изымет у землепользователя не более 0,1 га земли на один километр протяжённости трассы с инфраструктурой;
- 4) 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.);
- 5) обеспечит себестоимость проезда на уровне современных пригородных электропоездов – до 1...1,5 USD/100 пассажиро-километров;
- 6) 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 будет на уровне канатной дороги;
- 7) транспортный модуль обеспечит комфорт для пассажира на уровне современного аэробуса и при серийном производстве будет стоить не дороже легкового автомобиля (1...2 тыс. USD на одно посадочное место);
- 8) транспортная система обеспечит безопасность движения на уровне авиапассажирских перевозок;
- 9) обеспечит пропускную способность одной трассы более 100 тыс. пасс./сутки и более 100 тыс. тонн грузов в сутки;
- 10) будет многофункциональной коммуникационной системой – дополнительно обеспечит передачу по путевой структуре электрической энергии и электронной информации.

Для реализации такой коммуникационной концепции необходим принципиально новый транспорт XXI века. Таким транспортом может стать струнная транспортная система (СТС).



Рис.1. Однопутная трасса СТС

Однопутная трасса СТС – это два специальных токонесущих рельса-струны, изолированные друг от друга и опор [2,3], по которым движутся четырёхколёсные скоростные электромодули вместимостью до 20 человек и грузоподъёмностью до 5 тонн (рис. 1). При использовании автономного энергообеспечения электромодуля, путевая структура СТС будет обесточенной. Скорость движения 200...250 км/час, а в перспективе – до 400...500 км/час. Низкая материалоёмкость путевой структуры (однопутная трасса – до 150 кг/м), малые вертикальные нагрузки на поддерживающие опоры (до 50 тонн при пролёте 100 м), произвольная длина пролётов (от 20 м до 1000 м и более) и высота опор (от 5 м до 100 м и более), обеспечат внедрение СТС в существующую инфрасреду, не затрагивая здания и коммуникации, не нарушая ландшафт. Малое отчуждение земли под опоры на трассе (до 0,05 га/км) оставит больше места зелёным насаждениям.

Путевая структура СТС только внешне напоминает эстакаду для монорельсового транспорта, автомобильных и железных дорог и поездов на магнитном подвесе. Пролётное строение эстакады работает на изгиб и представляет собой балочную конструкцию, построенную для того, чтобы нести саму себя, так как вес подвижной нагрузки на пролёте составляет не более 10% от массы конструкции. Путевая структура

СТС представляет собой жёсткую нить, сочетающую в себе свойства жёсткой балки и гибкого каната, поэтому её материалоемкость значительно ниже. Например, пролёт современного железобетонного моста или путепровода протяжённостью 100 м имеет массу в несколько тысяч тонн, а путевая структура двухпутной струнной системы такой же протяжённости - не более 30 тонн. Соответственно ниже будут нагрузки на промежуточные опоры, поэтому они будут более ажурными и в десятки раз менее материалоемкими.

Низкая материалоемкость транспортной системы - это не только уменьшение объёма строительных работ и снижение сметной стоимости, но и, что представляется наиболее важным, - снижение экологической нагрузки на стадии строительства транспортных коммуникаций. Например, при строительстве современного многополосного автобана на каждый километр расходуется более 10 тысяч тонн асфальтобетона, который необходимо приготовить, привезти на трассу и уложить. Такую же технологическую цепочку необходимо осуществить с каждым из компонентов асфальтобетона, от извлечения из недр земли сырья, до транспортировки за тысячи километров каждого компонента на асфальтобетонный завод. Каждый километр дороги - это также десятки тысяч тонн перемещённого грунта с частичным или полным уничтожением нескольких тысяч тонн растительного грунта, на создание которого живая природа потратила миллионы лет. Расход щебня, песка - также около 10 тысяч тонн на километр автодороги. Причём всё это вещество изымается из недр земли навсегда, перемещается на значительные расстояния и перерабатывается, нарушая природный баланс в местах добычи сырья, на маршрутах его транспортировки, в местах переработки и строительства транспортных коммуникаций.

Высокий энергетический КПД электропривода модуля СТС (свыше 90%), минимальные механические и аэродинамические потери (коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x=0,08$), обеспечат скоростную, безопасную и комфортную доставку пассажиров и грузов с меньшими, в 5...10 раз, энергетическими затратами, чем у автомобиля. Например, при скорости 200 км/час двигатель модуля будет развивать мощность 35 кВт, а расход горючего (если пересчитать электроэнергию в бензин) при этом составит 0,1...0,15 литра на 100 пассажиро-километров. Компактные станции и вокзалы будут совмещены с верхними этажами и крышами городских зданий и не потребуют дополнительного отчуждения земли.

Малые поперечные размеры рельса-струны (100 x 200 мм) с "защитными" в него энергетическими и информационными коммуникациями, в том числе с экологически чистыми оптико-волоконными линиями связи, по которым могут передаваться сотни телевизионных программ и миллионы телефонных переговоров, исключают и другие нетрадиционные загрязнения - путевая структура не будет давать тень и визуального вторжения (рис. 2).

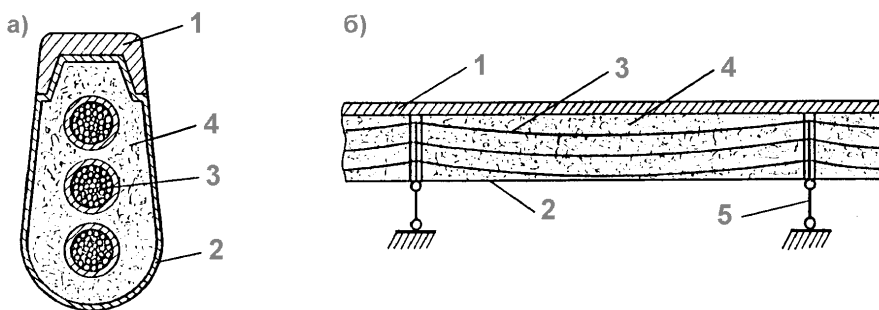


Рис. 2. Конструкция рельса-струны:
а) поперечный разрез;
б) продольный разрез;
1 - головка;
2 - корпус;
3 - струна;
4 - наполнитель;
5 - поддерживающая опора.

Малая мощность, невысокое электрическое напряжение (около 1000 В), отсутствие скользящих электроконтактов, сделают СТС более слабым источником электромагнитных загрязнений, чем троллейбус. Ущерб Природе на протяжении всего жизненного цикла коммуникационной системы будет минимальным - на стадиях строительства, эксплуатации и демонтажа после окончания срока службы, который для СТС может составить 100 лет.

Скоростные магистрали СТС имеют низкую материалоемкость и поэтому будут недорогими - около 1 млн. USD на километр протяжённости двухпутной трассы, а с инфраструктурой (станции, вокзалы, грузо-

вые терминалы, депо) - до 1,5 млн. USD/км. Недорогим будет и подвижной состав - при серийном производстве двадцатиместный электро модуль, конструктивно более простой, чем легковой автомобиль, будет стоить в пределах 20...25 тыс. USD.

СТС позволит сформировать пространственный каркас экополисов XXI века, что является дальнейшей разработкой идеи и мечты о "лучезарном городе" мыслителей прошлого и городе-саде Э.Говарда [4].

Представим себе шахматное поле, где клетки – естественный природный ландшафт, а линии, разделяющие клетки – линейные города шириной около 500 м, преимущественно коттеджной застройки (рис. 3).

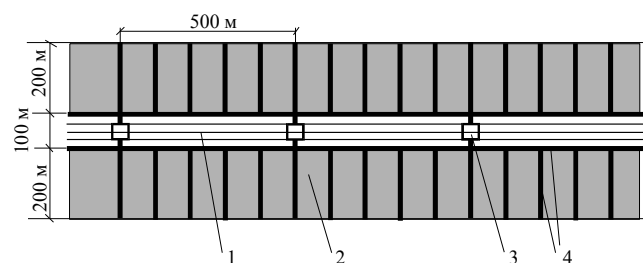


Рис. 3. Линейный город:

- 1 – многопутные скоростные "зелёные" трассы (прямые, обратные, запасные);
- 2 – зона коттеджной застройки;
- 3 – высотные офисные, производственные здания и сооружения, культурные, торговые, оздоровительные и др. центры;
- 4 – пешеходные и велосипедные дорожки

По средней линии такого города, в зелёной полосе шириной около 100 м, над деревьями, т.е. на высоте 50 м и более проходят высокоскоростные "зелёные" транспортные коммуникации. Зелёные в том смысле, что они безопасны, не угрожают жизни и здоровью людей (обеспечивается экологическая чистота, бесшумность, безопасность скоростного перемещения и т.д.) и не нарушают гармонию окружающей природной среды, в том числе ландшафта. При протяжённости такого города 50 км и средней скорости путешествия 200 км/час, максимальное время в пути для его жителя будет 15...20 мин (из конца в конец города), а средневзвешенное время – 10...15 мин. Офисные, торговые, спортивные, производственные и другие здания и сооружения массовой концентрации людей будут также размещены в средней зелёной зоне города и будут находиться для жителей в пределах пешеходной доступности. При расстоянии между такими зданиями в 100...500 м пешеходу потребуется не более 3...5 мин, чтобы добраться до них. При необходимости, это расстояние можно проехать на велосипеде. Одновременно в каждом здании будет и станция транспортной сети, размещённая на крыше или верхних этажах, куда пассажиры смогут попасть с помощью эскалаторов или скоростных лифтов.

При плотности проживания 1 человек на погонный метр города (или 500 м² земли/чел.), в таком городе будет проживать 50 тыс. чел., а в "шахматном" зелёном мегаполисе (рис. 4), образованном 100 такими пересекающимися линейными городами (по 50 на каждой стороне, или через 1 км друг от друга) сможет проживать в комфортных условиях около 5 млн. человек на площади 2550 км².

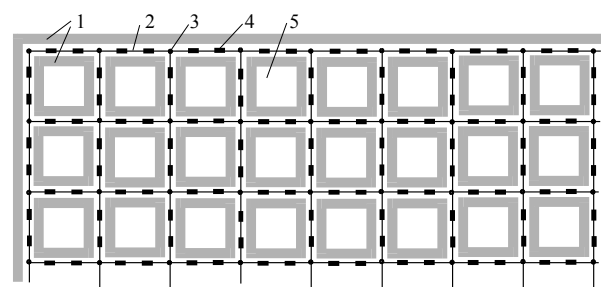


Рис. 4. Зелёный (шахматный) мегаполис:

- 1 – зона застройки линейного города;
- 2 – "зелёные" скоростные транспортные коммуникации СТС;
- 3 – станции пересадки пассажиров;
- 4 – станции посадки-высадки пассажиров;
- 5 – природный парк

Из любой точки такого мегаполиса можно будет попасть в любую другую сделав одну пересадку. Максимальное время в пути (из угла в угол) – 35 мин, средневзвешенное время – 15...20 мин. Предельная пропускная способность одной транспортной линии СТС в 500 тыс. пасс./сутки (в обоих направлениях) и в 100 тыс. тонн грузов/сутки, обеспечит в часы пик проезд по мегаполису свыше 2 млн. человек (для всей коммуникационной сети).

Концентрация людей (около 2000 чел./км²) в таком городе-деревне будет в несколько раз ниже, чем в современных городах. Мегаполис будет действительно зелёным, так как не будет закатан в асфальт и будет только пешеходным. А жители по утрам будут просыпаться не от приступа астмы или шума машин, а от пения птиц.

Протяжённость скоростной коммуникационной сети описанного выше шахматного мегаполиса составит около 5 тыс. км (это соответствует, например, плотности железных дорог и примерно в 20 раз ниже плотности автомобильных дорог на душу населения в США), а её стоимость - около 8 млрд. USD (то есть примерно столько же, сколько будет стоить скоростная железная дорога "С.Петербург - Москва" протяжённостью 660 км, или трасса "Берлин - Гамбург" протяжённостью около 300 км для поезда на магнитном подвесе "Трансрапид"). Для обслуживания мегаполиса в часы пик потребуется около 50 тыс. электромодулей общей стоимостью около 1 млрд. USD (для сравнения: суммарная стоимость только 2...3 миллионов легковых автомобилей в современном мегаполисе достигает 20 млрд. USD).

Благодаря низкой стоимости коммуникационной системы и подвижного состава, малым затратам энергии на высокоскоростное перемещение и невысоким эксплуатационным издержкам, себестоимость проезда по СТС будет ниже, чем на любом другом известном виде транспорта - около 0,1 USD/пасс. при средней дальности поездки 25 км.

Пешеходные линейные города легко вписываются и в существующую систему городов (рис. 5).

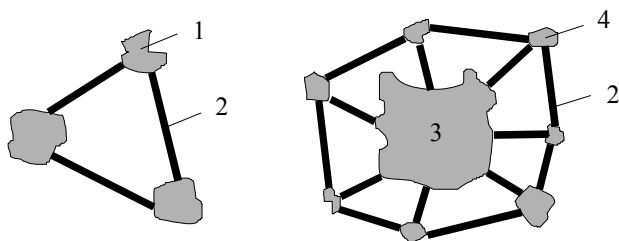


Рис. 5. Линейный город в системе городов:

- 1 – существующий город;
- 2 – линейный город;
- 3 – существующий мегаполис;
- 4 – город-спутник (аэропорт)

Например, линейными городами могут быть соединены малые и средние города, расположенные в 50...150 км друг от друга. Эффективной будет и соединение с мегаполисом и друг с другом городов-спутников и аэропортов. По предлагаемой коммуникационной системе пассажир из центра мегаполиса сможет добраться до любого города-спутника или аэропорта за 20...25 минут при себестоимости проезда 0,3...0,5 USD/пасс.

Линейный экополис может быть также создан вокруг существующего города или мегаполиса в виде радиально-кольцевой структуры диаметром 50...80 км (рис. 6). Это позволит со временем рассредоточить крупнейшие города, создать "безотходные" системы расселения с сохранением как существующего природного ландшафта, так и исторических и культурных центров, приблизив процессы городского метаболизма к естественным процессам.

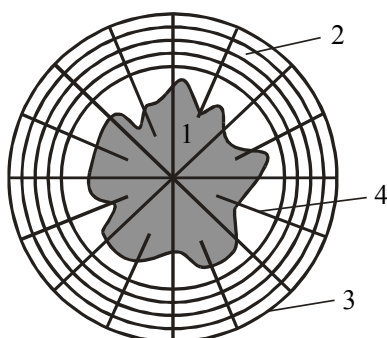


Рис. 6. Линейный кольцевой город:

- 1 - существующий город;
- 2 - кольцевой линейный город;
- 3 - кольцевая скоростная трасса СТС;
- 4 - радиальная трасса СТС.

Таким образом, СТС обеспечит новую концепцию создания городов в XXI веке. Это будут экологически чистые линейные города, в которых в пределах пешеходной доступности от скоростных экологически чистых и безопасных струнных трасс будут находиться жилые, производственные, офисные, культурные и иные здания и сооружения, гармонично вписанные в Природу во всём её многообразии: в полях, лесах, на шельфе моря, в горах, тайге, пустыне, джунглях и любом другом месте, которое даровал нам Бог.

Если озаботиться судьбой 3 млрд. потенциальных жителей городов и хотя бы для 1 млрд. из них создать достойные XXI века условия жизни, труда и отдыха, то человечеству понадобится создать около 200 подобных шахматных мегаполисов и построить 2 млн. километров высокоскоростных дорог, из них - 1 млн. км по самим мегаполисам и около 1 млн. километров - для их связи друг с другом и с существующими городами. Такая задача под силу мировому сообществу, так как, например, только в США для обеспечения жизнедеятельности 250 млн. человек построено за последние 100 лет более 5 млн. километров более дорогих и более экологически опасных, и к тому же низкоскоростных транспортных коммуникаций.

В заключение необходимо отметить, что СТС имеет и один существенный недостаток - ещё не построено ни одного километра скоростных струнных трасс. Основная причина - отсутствие финансирования. Были осуществлены лишь модельные испытания отдельных узлов и агрегатов, в том числе аэродинамики электро модуля, а также - теоретические исследования по несущей способности и динамике колебаний струнной путевой структуры при высоких скоростях движения подвижного состава, что позволило оптимизировать конструкцию и определить основные технико-экономические показатели системы. Эти работы выполнены в рамках проекта Хабитат FS-RUS-98-S01 "Устойчивое развитие населённых пунктов и улучшение их коммуникационной инфраструктуры с использованием струнной транспортной системы" [5]. Сейчас необходимо сделать следующий шаг - осуществить опытно-промышленную отработку СТС на испытательном полигоне, стоимость которого, по нашим оценкам, составит 24...30 млн. USD. Это позволит, в случае подтверждения результатов модельных испытаний, через 3...5 лет приступить к практической широкомасштабной реализации такой коммуникационной системы не только в развивающихся, но и в индустриально развитых странах.

Благодаря преимуществам перед другими транспортными системами, которые представлены в таблице, СТС целесообразно будет использовать как высокоскоростную наземную транспортную систему для межселенных перевозок пассажиров и грузов. СТС может также строиться как технологическая или специализированная трасса для вывоза мусора за пределы мегаполисов, для доставки руды из карьера на обогательную фабрику, для транспортировки угля к тепловой электростанции, для транспортировки нефти от месторождения к НПЗ и т. п.

Литература:

1. Иванов В.Н., Сторчевус В.К. "Экология и автомобилизация". - Киев, "Будівельник", 1983. - 88с.
2. Юницкий А.Э. "Струнные транспортные системы - на Земле и в космосе". - Гомель, "Инфотрибо", 1995. - 337 с.
3. Юницкий А.Э. "Линейная транспортная система". Патент Российской Федерации № 2080268. МПК В61В, Е01В. Приоритет 08.04.1994, зарегистрирован 27.05.1997.
4. Владимиров В.В. "Расселение и экология". - Москва, "Стройиздат", 1996. - 392 с.
5. 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.

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.· км	Грузовых, USD/100 тонно· км
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*	-- // --	10 - 15	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	-- // --	20 - 50	4 - 10	20 - 50	10 - 20	10 - 20
14. СТС**** (пассажирский – 20 мест, грузовой – 5 т груза) при скорости:								
- 100 км/ч (мощность двигателя 15 кВт)	0,08 - 0,1*	0,1 - 0,2*	менее 0,01	5 - 10	1 - 2	1 - 2	0,5 - 1,5	0,2 - 0,5
- 200 км/ч (35 кВт)	0,1 - 0,15*	0,2 - 0,3*	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --
- 300 км/ч (90 кВт)	0,15 - 0,2*	0,3 - 0,4*	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --
- 400 км/ч (200 кВт)	0,25 - 0,3*	0,5 - 0,6*	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --	-- // --
- 500 км/ч (400 кВт)	0,4 - 0,5*	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