

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ СТРУННАЯ  
ТРАНСПОРТНАЯ МАГИСТРАЛЬ

**“МОСКВА - МИНСК - ЛОНДОН (ПАРИЖ)”**



ГОМЕЛЬ 1997

Автор: А.Э.Юницкий



А.Э.Юницкий - генеральный конструктор Исследовательского центра “Юнитран”. Автор более 80 изобретений, в том числе и принципиальной схемы СТС, 22 из которых использованы в строительстве, машиностроении, электронной и химической промышленности, научных исследованиях в Республике Беларусь, Российской Федерации и других странах СНГ.

Издание второе, дополненное и переработанное

© А.Э.Юницкий, 1997

© Компьютерный набор и оформление - Д.А.Юницкий, 1997

## Содержание

1.	Пояснительная записка	4
1.1.	Технико-экономические показатели высокоскоростной струнной транспортной системы «Москва – Минск – Лондон (Париж)»	4
1.1.1.	Принципиальная схема СТС	4
1.1.2.	Технико-экономические показатели	5
1.2.	Роль транспортных коммуникаций в истории Республики Беларусь	8
1.3.	Политические аспекты коммуникационных преобразований в РБ	11
1.4.	Струнные транспортные системы в геополитическом плане	13
2.	Техническое предложение	15
2.1.	Струнная транспортная система	15
2.1.1.	Принципиальная схема СТС	15
2.1.2.	Линейная схема трассы	15
2.1.3.	Путевая структура	16
2.1.3.1.	Рельс-струна	16
2.1.3.2.	Поддерживающий трос	17
2.1.3.3.	Жёсткость путевой структуры	17
2.1.4.	Опоры	20
2.1.5.	Экипаж	22
2.1.6.	Вокзалы и станции	23
2.1.7.	Организация движения пассажиров и грузов	25
2.1.7.1.	Посадка и высадка пассажиров	25
2.1.7.2.	Погрузка и разгрузка грузов	25
2.1.7.3.	Движение по линии	26
2.1.7.4.	Пропускная способность трассы	27
2.1.7.5.	Время в пути	27
2.1.8.	Безопасность и надёжность	28
2.1.8.1.	Безопасность на вокзале	28
2.1.8.2.	Электробезопасность и электронадёжность транспортной линии	28
2.1.8.3.	Безопасность движения на линии	28
2.1.8.4.	Надёжность конструкции СТС и её функционирования	29
2.1.8.5.	Экологическая безопасность	30
2.1.9.	Коммуникационная инфраструктура	32
2.1.9.1.	Автономное энергообеспечение	32
2.1.9.2.	Линейные города	33
2.1.10.	Эстетическое восприятие и комфорт	35
2.1.11.	Технология строительства	35
2.1.12.	Технико-экономические показатели	38
3.	Технико-экономическое сравнение СТС с другими вариантами высокоскоростной трассы	43
3.1.	Общие сведения	43
3.2.	Высокоскоростная железная дорога	47
3.3.	Анализ возможности применения автотранспорта	50
3.4.	Сравнение вариантов использования авиации и СТС	50
3.5.	Возможность применения транспортных систем на магнитном подвесе	52
4.	Этапы реализации программы СТС	52
	Литература	54

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### 1.1. Технико-экономические показатели высокоскоростной струнной транспортной системы «Москва - Минск - Лондон (Париж)»

#### 1.1.1. Принципиальная схема СТС

Струнная транспортная система (СТС) представляет собой два рельса-струны специальной конструкции, которые размещены на высоте 10...50 м на опорах, установленных, в зависимости от рельефа местности, с шагом 10...100 м.

Основой рельса являются струны, набранные из стальных проволок диаметром 1...5 мм. Струны предварительно напряжены (натянуты) и жёстко закреплены в анкерных опорах, размещённых с шагом 500...2000 м. Суммарное натяжение струн составляет 250 тыс. кгс на один рельс, 500 тыс. кгс на один путь (два рельса) и 1000 тыс. кгс для двухпутной трассы. Струны размещены в теле рельса с прогибом, достигающим в середине пролёта, в зависимости от его длины, значений 1...5 см. Этот прогиб является монтажным и не влияет на ровность головки рельса, по которой осуществляют движение колёса электрических экипажей.

Струнная путевая структура СТС имеет высокую ровность, т.к. все её основные элементы растянуты до достаточно высоких напряжений, а также - высокую статическую и динамическую жёсткость. Например, относительный статический прогиб рельса-струны под действием веса неподвижной нагрузки будет в пределах  $1/1000...1/2000$ , динамический прогиб - в пределах  $1/2000...1/5000$ . Это превышает жёсткость путевой структуры современных железных дорог, а также мостов, путепроводов и других аналогичных сооружений на дорогах, относительный прогиб пролётных строений которых под воздействием расчётной нагрузки значительно выше.

Благодаря высокой ровности пути, его жёсткости и стабильности параметров путевой структуры во времени, колесные электрические экипажи смогут развить скорость 400 км/час, а в перспективе - 500...600 км/час и выше.

Теоретически исследована динамика движения экипажей и колебаний путевой структуры в диапазоне скоростей 0...1000 км/час. Экспериментально исследована аэродинамика специальных экипажей, имеющих уникальные характеристики: коэффициент аэродинамического сопротивления  $C_x=0,075$ . Поэтому для достижения скорости 400 км/час десятиместному экипажу будет достаточно иметь двигатель мощностью

200 кВт, что ниже мощности современных скоростных легковых автомобилей, развивающих скорость движения лишь в 250...300 км/час.

Более подробно принципиальная схема СТС описана в прилагаемом техническом предложении “Струнная транспортная магистраль “Москва - Минск - Варшава - Берлин - Брюссель - Лондон (Париж)”.

### 1.1.2. Техничко-экономические показатели СТС

Технические характеристики СТС “Москва - Лондон (Париж)” представлены в табл. 1, а экономические показатели - в табл. 2.

Таблица 1.

Технические характеристики трассы СТС “Москва - Лондон (Париж)”

Показатель	Величина
1. Протяжённость трассы, км:	
Всего	3110
В том числе участков:	
Москва - Минск	710
Минск - Варшава	530
Варшава - Берлин	560
Берлин - Брюссель	690
Брюссель - Лондон	340
Брюссель - Париж	280
2. Средняя высота опор, м	25
3. Среднее расстояние между опорами, м:	
- поддерживающими	50
- анкерными	1000
4. Потребность в основных материалах для строительства трассы (путевой структуры и опор):	
4.1. Стальные конструкции, тыс. т:	
Всего	560
В том числе на участках:	
Москва - Минск	120
Минск - Варшава	90
Варшава - Берлин	100
Берлин - Брюссель	120
Брюссель - Лондон	80
Брюссель - Париж	50
4.2. Железобетон, тыс. куб. м:	
Всего	810
В том числе на участках:	
Москва - Минск	170
Минск - Варшава	130
Варшава - Берлин	140
Берлин - Брюссель	170
Брюссель - Лондон	130
Брюссель - Париж	70

Показатель	Величина
4.3. Бетон, тыс. куб. м:	
Всего	410
В том числе на участках:	
Москва - Минск	90
Минск - Варшава	70
Варшава - Берлин	70
Берлин - Брюссель	80
Брюссель - Лондон	60
Брюссель - Париж	40
5. Среднеходовая скорость движения экипажа, км/час	400
6. Максимальное время в пути (между центрами городов) на участках трассы:	
Москва - Лондон	7 час 20 мин
Москва - Париж	7 час 10 мин
Москва - Минск	2 час 00 мин
Минск - Варшава	1 час 30 мин
Варшава - Берлин	1 час 35 мин
Берлин - Брюссель	1 час 55 мин
Брюссель - Лондон	1 час 05 мин
Брюссель - Париж	55 мин
7. Среднее расстояние между одиночными пассажирскими экипажами на линии:	
7.1. Во времени, сек., при пассажиропотоке:	
20 тыс. пасс./сутки	86,4
50 тыс. пасс./сутки	34,6
100 тыс. пасс./сутки	17,3
7.2. В расстоянии, м, при пассажиропотоке:	
20 тыс. пасс./сутки	9600
50 тыс. пасс./сутки	3840
100 тыс. пасс./сутки	1920
8. Количество транспортных модулей, обслуживающих линию, тыс. шт.:	
8.1. Пассажирских (вместимостью 10 пасс. при пассажиропотоке 50 тыс. пасс./сутки) на участках:	
Москва - Минск	1000
Минск - Варшава	750
Варшава - Берлин	800
Берлин - Брюссель	950
Брюссель - Лондон	550
Брюссель - Париж	500
8.2. Грузовых (грузоподъемностью 2000 кг при грузопотоке 100 тыс. т/сутки) на участках:	
Москва - Минск	10000
Минск - Варшава	7500
Варшава - Берлин	8000
Берлин - Брюссель	9500
Брюссель - Лондон	5500
Брюссель - Париж	5000

Таблица 2.

## Экономические показатели трассы СТС “Москва - Лондон (Париж)”

Показатель	Величина
1. Общая стоимость обустроенной трассы, млн. USD:	
Всего	5150
В том числе участков:	
Москва - Минск	1100
Минск - Варшава	850
Варшава - Берлин	900
Берлин - Брюссель	1100
Брюссель - Лондон	700
Брюссель - Париж	500
2. Себестоимость проезда одного пассажира (при пассажиропотоке 50 тыс. пасс./сутки), USD, на участках трассы:	
Москва - Лондон	32,71
Москва - Минск	7,92
Минск - Варшава	6,04
Варшава - Берлин	6,40
Берлин - Брюссель	7,85
Брюссель - Лондон	4,58
Брюссель - Париж	3,47
3. Себестоимость перевозки одной тонны груза (при грузопотоке 100 тыс. т/сутки), USD, на участках трассы:	
Москва - Лондон	16,66
Москва - Минск	4,17
Минск - Варшава	3,11
Варшава - Берлин	3,33
Берлин - Брюссель	4,05
Брюссель - Лондон	2,14
Брюссель - Париж	1,73
4. Годовая прибыль от эксплуатации трассы (при пассажиропотоке 50 тыс. пасс./сутки и грузопотоке 100 тыс. т/сутки), млн. USD, на участках трассы:	
Москва - Лондон	1140
Москва - Минск	280
Минск - Варшава	200
Варшава - Берлин	210
Берлин - Брюссель	280
Брюссель - Лондон	170
Брюссель - Париж	150
5. Срок окупаемости трассы, лет, при пассажиропотоке:	
20 тыс. пасс./сутки	8
50 тыс. пасс./сутки	4
100 тыс. пасс./сутки	3

Транспортная магистраль СТС “Москва - Лондон (Париж)” характеризуется высокими технико-экономическими показателями.

Себестоимость проезда пассажира между центрами соседних столиц государств по трассе будет в пределах 8 USD: минимальная стоимость будет на участке “Брюссель - Париж” (280 км) - 3,47 USD/пасс., максимальная - на участке “Москва - Минск” (710 км) - 7,92 USD/пасс. Себестоимость проезда пассажира из Москвы в Лондон (2830 км) составит 32,71 USD. Это значительно дешевле проезда по железной дороге, как по обычной, так и высокоскоростной, и в десять раз дешевле путешествия на самолёте.

Минимальное время в пути будет между центрами городов Брюссель и Париж - 55 мин, максимальное - Москва и Минск (2 часа), что значительно меньше времени путешествия на самолёте. Незначительный проигрыш во времени путешествия в сравнении с самолётом появится лишь при поездке на расстояние свыше 2000 км, например, на участках “Москва - Лондон” или “Москва - Париж”.

Магистраль будет характеризоваться высокой прибыльностью капитальных вложений. Например, если поднять стоимость билетов до их стоимости на железной дороге (20...30 USD/пасс. на плече 1000 км), то трасса будет приносить ежегодную прибыль 1290 млн. USD (при пассажиропотоке 50 тыс. пасс./сутки и грузопотоке 100 тыс. т/сутки) и окупит своё строительство за 4 года.

## **1.2. Роль транспортных коммуникаций в истории Республики Беларусь**

Никакой другой элемент экономики не оказывал и не оказывает такого влияния на внешнюю политику Беларуси, как её транспортная система. В определённом смысле именно эволюция системы коммуникаций на территории сегодняшней РБ как минимум дважды за последние сто лет вызывала мощные трансформации в белорусском обществе. Столь же велико будет и значение грядущей (уже третьей по счёту) волны коммуникационных преобразований.

В 80-х годах прошлого столетия через Беларусь, жёстко привязав её к России, пролегли первые трансевропейские железнодорожные магистрали. Причём вариант с широкой колеёй был выбран сознательно. Во-первых, для создания дополнительных сложностей потенциальному агрессору, вздумай он предпринять поход на Москву через Беларусь. Во-вторых, для ограничения потенциала сепаратизма: переукладка железных дорог в силу своей дороговизны навсегда становилась неподъёмным грузом для бедных окраин империи.

Железнодорожное строительство привело к полному изменению экономического районирования Беларуси. В большинстве случаев магистрали были проведены не там, где проходили традиционные сухопутные и водные коммуникационные линии. Старые экономические центры быстро потеряли своё значение, уступив место населённым пунктам, “облепившим” узловые станции. Орша, Барановичи, Молодечно, Брест, Бобруйск переросли прежде именитых городов - Слуцк, Несвиж, Новогрудок, Быхов, Ружаны.

Попутно железнодорожное строительство спровоцировало настоящую социально-этническую революцию. Была взломана устоявшаяся структура белорусского общества. До эпохи строительства железных дорог 60...80 % населения белорусских городов и местечек составляли евреи, ещё 10...15 % - поляки, или, точнее, местные католики, которые часто отождествляли себя с поляками.

Второй раз эволюция транспортной системы произошла в Беларуси в послевоенное время.

После ликвидации Восточной Пруссии и раскола Европы на военно-политические блоки, транспортные коммуникации в Восточной Европе стали обслуживать местную крупную промышленность, работающую на советском сырье. Значение перевозок в Западную Европу резко упало. Ещё более снизилось значение балтийских портов, через которые прежде регион торговал в основном с западными странами. Восточная Пруссия вообще исчезла как коммуникационный центр между Полесьем и Балтийским морем. Основная транспортная нагрузка в этом регионе пришлась на континентальные магистрали, т.е. на Беларусь.

Значение транспортной системы Беларуси для региона, по всей видимости, сохранится и после распада СССР. И связано это с образованием Европейского Союза.

Одна из базовых экономических программ ЕС - развитие транспортных коммуникаций, в том числе между Западной и Восточной Европой. В рассматриваемой западными государствами схеме Беларусь превращается в один из важнейших транспортных узлов всей Европы.

Программа развития европейской транспортной системы готовилась задолго до заключения в конце 1991 г. Маастрихских соглашений об образовании Европейского Союза. Однако, официально она была принята лишь в июне 1994 г. во время конференции глав государств на острове Корфу. В январе 1995 г. программа была окончательно утверждена и принята к финансированию.

Беларусь, согласно этой программе, становится страной, через которую пройдёт наиболее дорогостоящий транспортный коридор: железнодорожная и шоссейная линии “Мадрид (Лондон) - Париж -

Берлин - Варшава - Минск - Москва”. Вокруг этой коммуникационной линии, словно рёбра вокруг станового хребта, расположатся вспомогательные транспортные коридоры. Два из них: “Клайпеда - Калининград - Минск - Бобруйск - Гомель - Киев - Одесса” и “Рига - Витебск - Бобруйск - Гомель - Киев”, пересекут территорию РБ с севера на юг.

Второй по значению и пропускной способности трансевропейской линией должен стать коридор “Краков - Львов - Киев - Южная Россия”. Третьей - небольшие по мощности трассы вдоль южного побережья Балтийского моря: Виа-Ганза (“Щецин - Гданьск - Калининград - Клайпеда - Рига - Таллинн - Санкт-Петербург - Хельсинки”) и Виа-Балтика (“Варшава - Каунас - Рига - Тарту - Санкт-Петербург”).

Транспортный коридор “Берлин - Москва” должен представлять из себя модернизированный по западным стандартам платный автобан с сетью пограничных переходов и таможенных терминалов на границе Польши с Беларусью.

Железная дорога также будет модернизирована. В первую очередь скорость движения поездов по ней вырастет примерно вдвое. Для этого предполагается построить в Бресте самый мощный в Европе пункт по перестановке поездов с узкой колеи на широкую. Во вторую очередь ожидается строительство самой длинной в мире сверхскоростной железной дороги с тем, чтобы поезда могли покрывать 1200 км между Москвой и Брестом за 4 - 6 часов вместо сегодняшних 12 - 15. Не исключается также строительство параллельной дороги на магнитном подвесе.

Реализация этих проектов запланирована до 2010 г. Первые очереди модернизированных трасс должны вступить в строй уже в ближайшие пять лет.

Транспортные проекты ЕС вплотную увязаны со строительством двух газопроводов из Ямала в Германию (они подадут первый газ в 1997 - 1998 гг.) и одной сверхмощной ЛЭП, которая соединит энергетические системы ЕС с бывшим Единим энергетическим кольцом бывшего Советского Союза.

Энергетический проект “Энергомост “Восток - Запад” предусматривает сооружение многоподстанционной 1800-километровой линии электропередачи “Россия - Беларусь - Польша - Германия” с пропускной способностью 4000 МВт, по которой потечёт постоянный ток напряжением 500 кВ.

### **1.3. Политические аспекты коммуникационных преобразований в РБ**

Превращение в коммуникационный узел европейского масштаба, безусловно, выгодно Беларуси. Прежде всего это обеспечит РБ политическую стабильность. Запад и Восток становятся всё более заинтересованы в ней по мере реализации упомянутой программы ЕС.

С другой стороны, у Запада и России в случае их недовольства белорусским руководством в определённом смысле оказываются связанными руки, пожелай они прибегнуть к силовым методам воздействия типа экономических санкций или подталкивания оппозиции к массовым акциям протеста. Поэтому белорусские власти могут не опасаться стимулирования извне социальных потрясений или расколов.

Таким образом, транспортная программа ЕС - это гарантия сохранения на неопределённый срок белорусской политической элиты. Возможно, именно в невыгодности для Запада политических кризисов в РБ - объяснение феномена социальной и политической стабильности в Республике.

Благодаря европейским дорогам, ничто Беларуси (кроме разве что её внутренних проблем) сегодня не угрожает. Очевидно, нормальное функционирование этих трасс возможно только при условии благоприятных отношений между Востоком и Западом. (Реализация транспортных проектов ЕС подразумевает рост товарооборота с Востоком вообще и Россией в частности. Речь идёт, в первую очередь, об увеличении потребления на Западе Европы российского сырья, а Россией - продукции западной промышленности и, что очевидно, продовольствия.)

Поэтому одним из внешнеполитических приоритетов Беларуси (в какой бы форме ни существовала страна - как независимое государство или составная часть конфедерации) можно считать заинтересованность в дальнейшем сближении России и Запада, в предотвращении нового раскола Европы на противостоящие блоки.

Глубинная заинтересованность белорусского государства в продолжении сближения Востока и Запада открывает перспективы выгодного для РБ усиления западного влияния в постсоветском пространстве. Вопрос может стоять лишь о приемлимых для белорусского истеблишмента формах проявления этого влияния. Россия представляет из себя гораздо менее устойчивую геополитическую величину, чем, например, Европейский Союз. Поэтому именно Запад в политическом тандеме с Россией может рассматриваться как стабилизирующая и ведущая сила. Вероятно, основной формой белорусского варианта такой политики в отношении России можно

считать заинтересованность в поддержке белорусским руководством любого стабильного политического режима в Москве. Ведь глубина экономического кризиса в России настолько велика, что без сотрудничества с Европейским Союзом и США из него не выбраться. Стабильным же может быть только тот российский режим, который будет иметь нормальные отношения с Западом.

Наконец, транспортные проекты программируют и принципиальную конфигурацию системы политических отношений РБ на Западе, в частности, внутри Европейского Союза. Наиболее близкими интересам Беларуси выглядят сторонники европейской интеграции. Позиции же западных правых радикалов и прокоммунистических сил, которые противятся интеграционным процессам, объективно противоречат интересам правящих кругов Беларуси.

Сохранение Беларусью статуса регионального коммуникационного центра консервирует сложившуюся перед распадом СССР структуру республиканской политической элиты, где ведущее положение занимал директорат крупных промышленных ведомств. Всё дело в том, что для сохранения политической стабильности Беларуси ничего не остаётся, как сохранить крупную промышленность.

В своё время в БССР было необычайно масштабно развито сборочное производство. Перед распадом СССР около 80% производимой в республике продукции отправлялось за её пределы. И столько же (в процентном отношении) промышленного сырья и полуфабрикатов в Беларусь завозилось. Примерно половина предприятий БССР находилась в союзном подчинении. Подобной степени концентрации производства и подобного значения экспорта для экономики страны не знала ни одна другая бывшая республика СССР и ни одно восточноевропейское государство.

Если эта промышленность вдруг остановится, то безработными станут не менее половины занятых в народном хозяйстве Беларуси. При этом безработица будет носить ярко выраженный региональный характер, так как крупная промышленность РБ сконцентрирована в основном в восточной части Республики.

Случись нечто подобное, и сохранить здесь политическую стабильность станет практически невозможно. Что же делать в ситуации, когда самостоятельно перепрофилировать промышленность белорусскому бюджету не под силу? Есть только два известных варианта решения проблемы. Либо Запад и Россия профинансируют дорогостоящие социальные программы, примут участие в переквалификации половины рабочего класса РБ и помогут становлению новых секторов белорусской экономики, либо они же должны будут обеспечить в обозримом будущем условия для сохранения на территории

республики заметной части крупной промышленности в том (или приблизительно в том) виде, в каком она находилась на заре перестройки. Третьим вариантом, который в настоящее время всерьёз не рассматривается и не анализируется, является появление мощной научно-технической программы, которая способна реанимировать промышленность РБ и обеспечить ей в будущем, подобно, например, промышленности Тайваня, свою нишу в мировой экономике.

Белорусскую промышленность нельзя реанимировать простыми экономическими реформами. Как показала практика, реформирование само по себе ни одной проблемы в РБ не решает. Акционирование, скажем, имеет смысл только в случае успешной внешнеполитической деятельности по обеспечению доступа национальной промышленности к зарубежным рынкам.

Настойчивое стремление Беларуси к интеграции с РФ - также не более чем стремление сохранить доступ к российскому рынку для сбыта продукции и получения сырья для крупной промышленности.

#### **1. 4. Струнные транспортные системы в геополитическом плане**

В транспортной программе Европейского Сообщества Республике Беларусь отводится пассивная роль. Фактически от неё лишь требуется разрешение на прокладку через её территорию транспортных коридоров с высокоскоростными железнодорожными магистралями. Соответственно небольшой будет и отдача для экономики РБ в случае реализации такой программы, так как она будет выполняться по проектам и силами стран ЕС, но никак не Беларуси.

Выполнение скоростных трасс в транспортных коридорах ЕС в виде струнных транспортных систем в корне меняет соотношение преимуществ, как в ближайшей, так и в дальней перспективе, в пользу интересов РБ.

Во-первых, в этом случае Беларусь будет инициатором программы, которая только в транспортном коридоре “Москва - Минск - Варшава - Берлин - Брюссель - Лондон (Париж)” может быть оценена в 5,2 млрд. USD, а с учётом других транспортных коридоров, которые должны пройти через территорию РБ, - в сумму не менее 10 млрд. USD. Поскольку РБ будет выступать не только инициатором, но и разработчиком основных составляющих программы СТС, то на дальнейшие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по проекту могут быть выделены со стороны ЕС значительные средства. СТС является комплексной и очень наукоёмкой программой, куда входят машиностроительные, энергетические, строительные, информационные и др. аспекты, на которых специализировалась наука и

промышленность Беларуси в советское время и которые в этом случае получают новые заказы.

Во-вторых, строительство СТС вместо скоростных железных дорог (или в дополнение к ним, вместо поездов на магнитном подвесе) на каждой тысяче километров трасс сэкономит ЕС около 10 млрд USD, а это не такие уж и маленькие средства, тем более, что планируется построить в общей сложности несколько десятков тысяч километров высокоскоростных трасс. Но кроме снижения в несколько раз капитальных вложений, что повышает рентабельность инвестиций и делает программу очень привлекательной для потенциальных инвесторов, это в значительной степени снижает стоимость проезда по скоростным трассам и делает их конкурентоспособными в далёкой перспективе. Таким образом, гарантируется высокая и стабильная прибыльность вложений на многие десятилетия вперёд. А поскольку СТС будет разрабатываться в РБ, то и значительная часть доходов от разработки, проектирования, строительства и эксплуатации трасс СТС останется в экономике республики. При этом промышленность РБ, особенно та её часть, что была “сборочным цехом” СССР, может быть сориентирована на строительство трасс СТС не только у себя, но и на территории других стран. Например, общая стоимость металлоконструкций по рассматриваемой трассе превысит 1 млрд. USD, железобетонных конструкций - 400 млн. USD, стоимость подвижного состава - 1 млрд. USD. Такого объёма работ достаточно, чтобы загрузить крупнейшие предприятия РБ заказами на много лет. Здесь возможен будет эффект заводов Форда, которые преобразили экономику США и во многом определили её процветание и сегодня, или Тайваня, который за два десятилетия превратился в одну из богатейших стран, благодаря тому, что стал “сборочным цехом” мира в сфере радиоэлектроники.

В-третьих, аналогично тому, как в своё время Россия “привязала” к себе Беларусь строительством на её территории железных дорог с более широкой колеёй, чем в Европе, так и Беларусь, если построит, например, хотя бы короткий участок СТС “Минск - Брест” трассы “Москва - Лондон (Париж)”, “привяжет” к себе европейские и азиатские государства из-за необходимости подстраиваться к принятым там новым стандартам, в частности, к другой, чем на железной дороге, колее. Уже одно это послужит созданию новой Евро-азиатской транспортной инфраструктуры, в которой решающую роль будет играть РБ. Это, в сочетании с выгодным географическим положением, может послужить одним из определяющих факторов, благодаря которому Беларусь может начать играть в Восточной Европе ту же самую роль во всех сферах международной жизни, которую играют Швеция и Швейцария в Западной Европе.

## **2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ**

### **Струнная транспортная магистраль “Москва-Лондон (Париж)”**

#### **2.1. Струнная транспортная система**

##### **2.1.1. Принципиальная схема СТС**

Струнная транспортная система (СТС) представляет собой струнный рельсовый путь, по которому осуществляют движение электрические колесные экипажи. Отличительной особенностью пути являются струны, находящиеся в теле рельса и натянутые до суммарного усилия 250 тс на один рельс. Струны жестко прикреплены к анкерным опорам, установленным через 500...2000 м, а путевая структура поддерживается промежуточными опорами, размещенными через 25...100 м. Струны размещены в рельсе с прогибом около 5 см, увеличивающимся к середине пролета и уменьшающимся до нуля над опорами. Благодаря этому головка рельса, по которой движется колесо экипажа, в статическом состоянии не имеет прогибов и стыков по всей своей длине. Имея очень высокую ровность и жесткость путевой структуры, СТС позволит в перспективе достичь скоростей движения в 500 км/час и выше. Более подробно конструктивные, технологические и иные особенности СТС описаны в монографии [1].

На принципиальную схему СТС подана международная заявка на изобретение “Линейная транспортная система” № PCT/IB94/00065 от 08.04.94 г., по которой осуществлены международный патентный поиск, международная экспертиза и получены первые патенты в РФ и ЮАР (патентование осуществляется в 20 странах).

##### **2.1.2. Линейная схема трассы**

Линейная схема трассы показана на рис.1.

Оптимальное расстояние между промежуточными опорами - 50 м. При необходимости, на сложных участках, это расстояние может быть уменьшено до 10...20 м, или наоборот, увеличено до 100 м. При большей длине пролета (современные материалы обеспечивают длину пролета до 5000 м и выше) путевая структура должна поддерживаться с помощью вант или троса (по типу висячих мостов).

Учитывая, что СТС не критична к рельефу местности, трасса может быть проложена по кратчайшему пути - по прямой линии. При необходимости путевая структура может иметь кривизну как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Из соображений

комфортности движения (перегрузки на кривых не должны ощущаться пассажирами), радиусы кривизны трассы должны быть не менее 20...50 тыс. м.

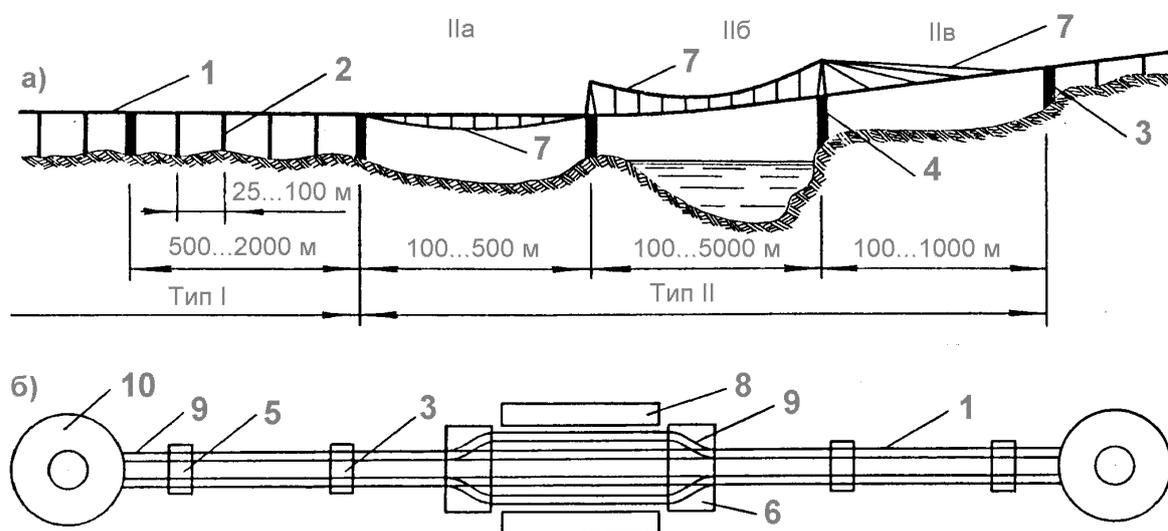


Рис.1. Линейная схема трассы:

а) вид сбоку; б) вид сверху; 1 - двухпутная путевая структура; 2 - поддерживающая опора; 3,4,5,6 - анкерные опоры, соответственно: промежуточная; пилон; концевая; со стрелочным переводом; 7 - поддерживающий канат; 8 - промежуточная станция; 9 - участок трассы, выполненный из обычных рельсов (типа железнодорожных); 10 - кольцевой вокзал.

### 2.1.3. Путевая структура

В зависимости от длины пролета путевая структура СТС подразделяется на два характерных типа (рис. 1): I - обычной конструкции (пролёт до 100 м); II - с дополнительной поддерживающей тросовой конструкцией (пролет более 100м) с размещением троса: а) снизу; б) сверху - с параболическим прогибом; в) сверху - в виде вант.

#### 2.1.3.1. Рельс-струна

Конструкция рельса-струны представлена на рис.2.

Головка каждого рельса является токонесущей и электроизолирована от поддерживающей конструкции, опор и другого рельса. Каждый рельс имеет три струны, которые набраны из стальных проволок диаметром 1...3 мм и натянуты до суммарного усилия 250 тс для одного рельса или соответственно - 500 тс для путевой структуры и 1000 тс для двухпутной трассы. В промежутке между опорами проволоки

в струне размещены в защитной оболочке и не связаны друг с другом (они размещены в специальном антикоррозионном составе). Жесткое крепление струн осуществляется в анкерных опорах. Более подробно конструкция рельса описана в монографии [1].

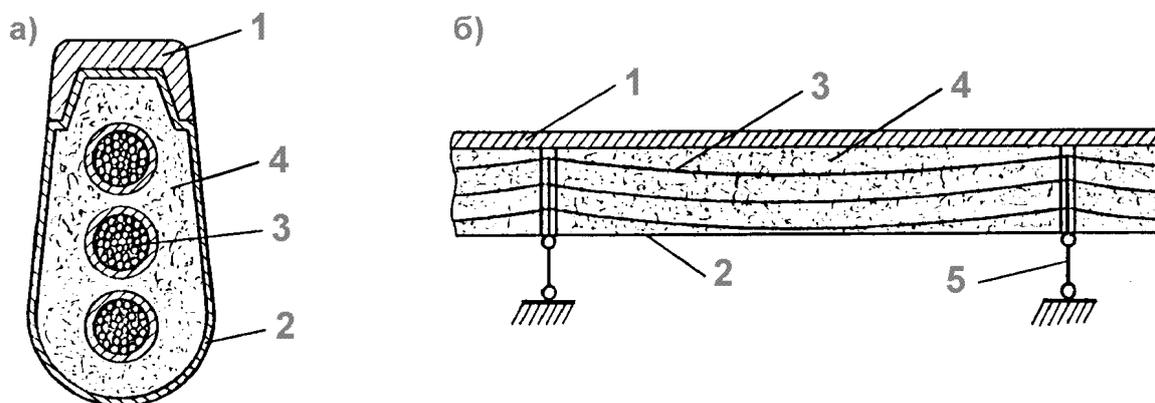


Рис.2. Конструкция рельса-струны:

а) поперечный разрез; б) продольный разрез; 1 - головка; 2 - корпус; 3 - струна; 4 - специальный наполнитель; 5 - поддерживающая опора.

Разработана сборно-разборная конструкция рельса-струны, отличающаяся низкой материалоемкостью и высокой технологичностью изготовления и монтажа.

### 2.1.3.2. Поддерживающий трос

Поддерживающий трос, как и струна в рельсе, набран из проволок, изготовленных из высокопрочной стали. Проволоки помещены в защитный кожух, имеющий гидроизоляцию. Свободный объем троса заполнен антикоррозионным наполнителем. Чем длиннее пролет, тем больше диаметр троса. Например, трос диаметром 100мм, благодаря низкой материалоемкости путевой структуры и малого ее веса, обеспечит поддержание пролета СТС длиной в 1000...1500 метров, т.е. позволит перекрыть крупную реку одним пролетом.

### 2.1.3.3. Жесткость путевой структуры

Путевая структура СТС имеет низкую материалоемкость - около 100 кг/м, и, в то же время, - высокие усилия натяжения струн. Поэтому она характеризуется малыми прогибами элементов конструкции как под действием собственного веса (см. табл. 3), так и движущихся экипажей.

Таблица 3.

## Прогибы конструкции СТС под действием собственного веса

Длина пролета, м	Статический (монтажный) прогиб элемента конструкции			
	струны в рельсе		поддерживающего каната	
	Абсолютный прогиб, см	Относительный прогиб	Абсолютный прогиб, м	Относительный прогиб
25	1,6	1/1600	-	-
50	6,3	1/800	-	-
75	14,1	1/530	-	-
100	25	1/400	0,25	1/400
250	-	-	1,56	1/160
500	-	-	6,25	1/80
750	-	-	14,1	1/53
1000	-	-	25	1/40

Прогибы, показанные в табл.3, характеризуют строительную высоту пролетов СТС, их ажурность и эстетическое восприятие. В любом случае конструкция СТС будет значительно ажурнее мостовых сооружений, путепроводов, виадуков и других подобных сооружений на автомобильных и железных дорогах, а также - балок монорельсовых дорог.

Струны будут иметь монтажный прогиб, скрытый внутри рельса. Так, при пролете 25...50 м относительный прогиб струны по отношению к длине пролета составит 1/1600...1/800, а абсолютный - 1,6...6,3 см. Такой прогиб легко размещается внутри рельса специальной конструкции, имеющего высоту 20...25 см.

В любом случае, описанные прогибы являются строительными и не влияют на ровность головки рельса, которая в ненагруженном состоянии является очень прямолинейной. Криволинейность пути в вертикальной плоскости появится при движении подвижной нагрузки, а в горизонтальной плоскости - под действием ветра как на конструкцию СТС, так и на движущиеся экипажи. Максимальные статические прогибы под действием веса неподвижного экипажа (2500 кгс), размещенного в середине пролета, будут в пределах: 1/800 для рельса и 1/2400 - для пролета с поддерживающим тросом. Динамические прогибы конструкции при скоростях движения экипажа свыше 200 км/час будут значительно ниже указанных значений (в пределах 1/10000...1/2000, или в абсолютном выражении - в пределах 5...15 мм). Приведенные цифры свидетельствуют о том, что СТС является более жесткой конструкцией (по отношению к подвижному составу), чем рельсовый железнодорожный путь, мосты и путепроводы на железных и

автомобильных дорогах, относительный прогиб которых под действием расчетных нагрузок значительно выше.

Исследованы и определены конструктивные особенности путевой структуры и режимы движения экипажей, при которых отсутствуют резонансные явления в рельсе-струне. Более того - колебания пути будут возникать и оставаться позади движущегося экипажа, гаснуть за 0,1...0,5 сек., а следующий за ним экипаж будет двигаться по невозмущенному, идеально ровному полотну.

Изменение температурных деформаций рельса-струны компенсируется изменением температурных напряжений и, вследствие этого, - изменением относительного прогиба пролета при неизменном расстоянии между опорами, что не окажет существенного влияния на ровность путевой структуры. Струна при этом не будет иметь деформационных швов по длине, а ее поведение при изменении температуры аналогично поведению телефонного провода или провода линии электропередач, которые также как и струны в рельсе подвешены к опорам с прогибом и тянутся без стыков на многие километры. Изменение температуры от -50 град. С (зимой) до +50 град. С (летом) приведет к изменению относительного прогиба пролета в пределах 1/10000, что практически не отразится на ровности пути. При этом напряжения растяжения в струне увеличатся зимой примерно на 500 кгс/кв. см, а летом, наоборот, - уменьшатся на те же 500 кгс/кв. см. При меньшем перепаде температур напряженно-деформированное состояние рельса-струны будет изменяться в меньшей степени.

Учитывая низкую парусность конструкции СТС и экипажей, относительный прогиб путевой структуры СТС под действием бокового ветра, имеющего скорость 100 км/час, составит величину 1/10000...1/5000, что не окажет существенного влияния на функционирование транспортной линии.

На ровность пути будет также влиять образование льда на поверхности элементов конструкции СТС при отрицательных температурах воздуха. Однако, учитывая малые поперечные размеры рельса-струны, обтекаемость, наличие высокочастотных и низкочастотных колебаний и др. факторов, затрудняющих образование наледи, ее можно вообще избежать. В наиболее опасные зимние периоды времени по трассе периодически будут проходить специальные модули, оснащенные, например, газотурбинными двигателями, которые горячей струей воздуха будут растапливать и сдувать образовавшуюся пленку льда.

### 2.1.4. Опоры

Несущая конструкция опор подразделяется на два характерных типа: а) анкерные опоры, которые воспринимают горизонтальные усилия от струнных и канатных элементов СТС (рис. 3); б) поддерживающие опоры, воспринимающие только вертикальную нагрузку от веса путевой структуры СТС и экипажей (рис. 4).

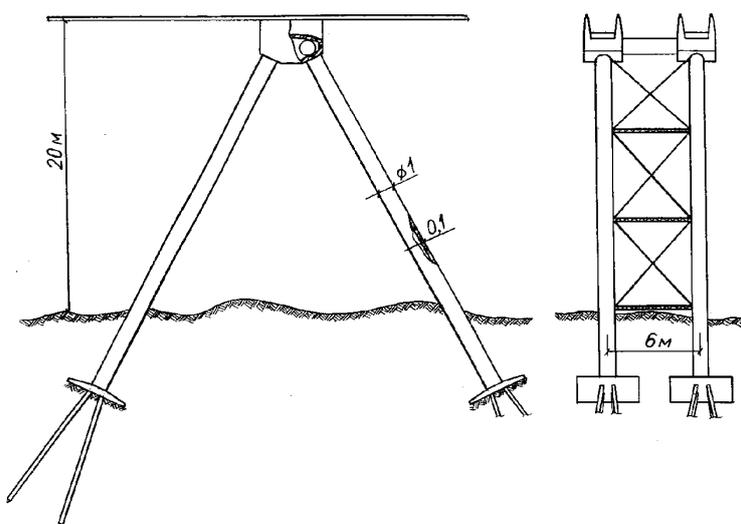


Рис.3. Анкерная опора двухпутной трассы СТС

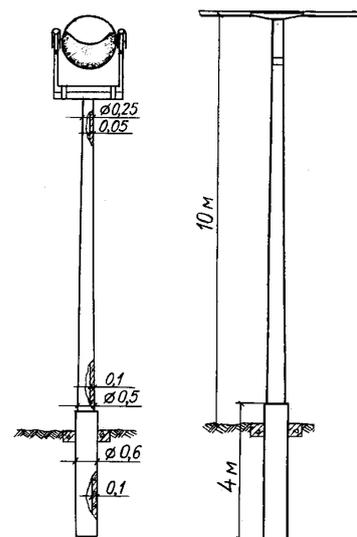


Рис.4. Промежуточная опора малой высоты однопутной СТС

Анкерные опоры, в зависимости от рельефа местности, будут размещены с шагом 0,5...2 км (оптимальное расстояние между ними 1 км). Максимальные горизонтальные нагрузки испытывают только концевые анкерные опоры (на них действует односторонняя нагрузка): 1000 тс для двухпутной и 500 тс для однопутной трассы. Промежуточные анкерные опоры (они составят более 90% от всего количества анкерных опор) не будут испытывать значительных горизонтальных нагрузок в процессе эксплуатации трассы, т.к. усилия, действующие на опору с одной и другой стороны, уравновешивают друг друга.

Поддерживающие опоры, в зависимости от рельефа местности, будут установлены с шагом 20...100 м (оптимальное расстояние между ними 50 м). Минимальная вертикальная нагрузка на опору (с учетом

подвижной нагрузки) 10 тс (пролет 20 м), максимальная - 25 тс (пролет 100 метров).

Высота опор будет зависеть от рельефа местности и схемы прокладки продольного профиля трассы. Практически при любом рельефе местности на сухопутных участках можно проложить трассу с распределением высот опор, приведенных в табл.4, что дает среднюю их высоту в 25 м.

Таблица 4.

Определение средней высоты опор на сухопутных участках трассы

Высота опоры, м	Доля опор в общем количестве, %
5	5
10	8
20	55
30	15
40	10
50	5
100	2
Итого: средняя высота опор -25 м	100

На морском участке (через пролив Па-Де-Кале на участке трассы “Брюссель - Лондон”) средняя высота опор принята равной 50 м, причем 25 м из них составит подводная часть. Средней высоты надводной части опор, составляющей также 25 м, будет достаточно для прохода небольших судов и парусников. Судоходные пролеты (4 пролета длиной 500 м и 8 пролетов длиной 250 м) будут выполнены с верхним поддерживающим тросом (тип Пб, см. рис.1) с размещением на высоте 50...100 м над поверхностью воды.

Более подробно опоры описаны в монографии [1].

Поддерживающие опоры испытывают невысокие вертикальные, поперечные и продольные нагрузки (продольные усилия, возникающие, например, при торможении экипажей, передаются через рельс-струну на анкерную опору). Поэтому опоры характеризуются малыми поперечными размерами, небольшим фундаментом и, соответственно, - займут небольшие участки земли и потребуют невысоких объемов земляных работ. Это очень важно, так как приобретение земли под строительство всегда затрагивает чьи-либо имущественные права и является достаточно серьезной проблемой. Над особо ценными землями трасса СТС может пройти одним пролетом (длиной до 5000 м) на высоте 50...100 м и не потребует землеотвода. Поскольку СТС является “прозрачной” конструкцией (почти не будет давать тени), будет

экологически чистой и характеризуется низким уровнем шума, она может проходить над жилыми застройками, заповедниками, заказниками и т.п.

Варианты выполнения однопутных трасс СТС и их опор в различных географических условиях показаны на рис. 5-8.



Рис. 5-8. Варианты выполнения однопутных трасс СТС в различных географических условиях

### 2.1.5. Экипаж

Вместимость экипажа (в часы пик) 10 человек или 2000 кг груза, мощность двигателя - 200 кВт. Это позволит достигать скорости движения 400 км/час. Запитка электрической энергией осуществляется через колеса, которые контактируют с токонесущими головками рельса (левой и правой). Наиболее целесообразно привод выполнить в виде двух мотор-колес мощностью 100 кВт каждое. Определена идеальная форма корпуса экипажа, имеющая коэффициент аэродинамического сопротивления  $C_x=0,075$  (этот результат получен при продувке модели в аэродинамической трубе), что позволит свести аэродинамические потери и шум при высоких скоростях движения к минимуму.

Экипаж рассчитан на работу по принципу маршрутного такси - без остановок от станции посадки до станции назначения. Он не имеет водителя и управляется бортовым компьютером, который в свою очередь управляется и контролируется линейными и центральными компьютерами. Более подробно экипаж описан в монографии [1].

На рис. 9 показан экипаж класса “люкс” дальнего следования (с туалетом).

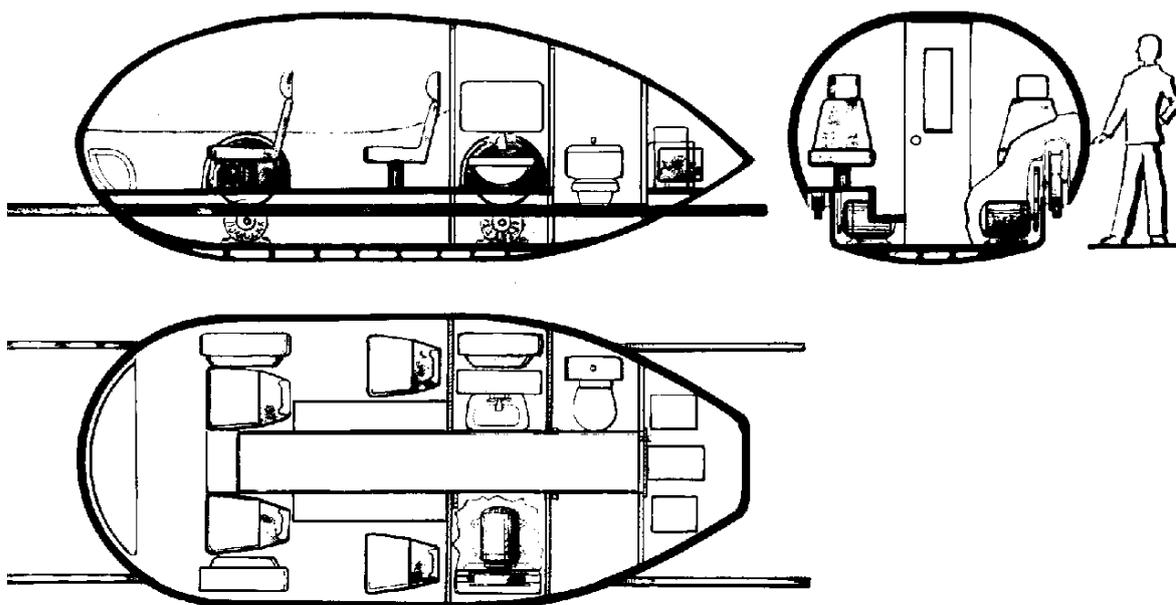


Рис.9. Четырехместный экипаж дальнего следования

### 2.1.6. Вокзалы и станции

Вокзалы будут иметь кольцевую форму с подвижным (вращающимся) перроном (рис.10) или полом. Диаметр вокзала - около 60 м. При высоких пассажиропотоках (свыше 100 тыс. пассажиров в сутки) диаметр вокзала может быть увеличен до 100 метров и более.

Промежуточные станции со значительным пассажиропотоком будут иметь стрелочные переводы и навесы, что позволит организовать движение экипажей на них независимо от расписания движения по трассе (рис.1). Станции, где количество пассажиров невелико, выполнены в виде открытых площадок (платформ) на трассе. Посадка (высадка) пассажиров на них осуществляется торможением одиночных экипажей, имеющих неполную загрузку.

Грузовые терминалы, в которых будет осуществляться автоматизированная загрузка и разгрузка грузовых модулей, также будут иметь кольцевую форму. Они будут отличаться компактностью и

высокой пропускной способностью благодаря оригинальной технологии погрузочно-разгрузочных работ и конструкции специальных контейнеров для жидких, сыпучих и штучных грузов. Например, терминал диаметром порядка 100 м будет иметь пропускную способность около 100 тыс. тонн нефти в сутки (36,5 млн. тонн в год), что значительно меньше размеров, например, морского порта такой же пропускной способности.

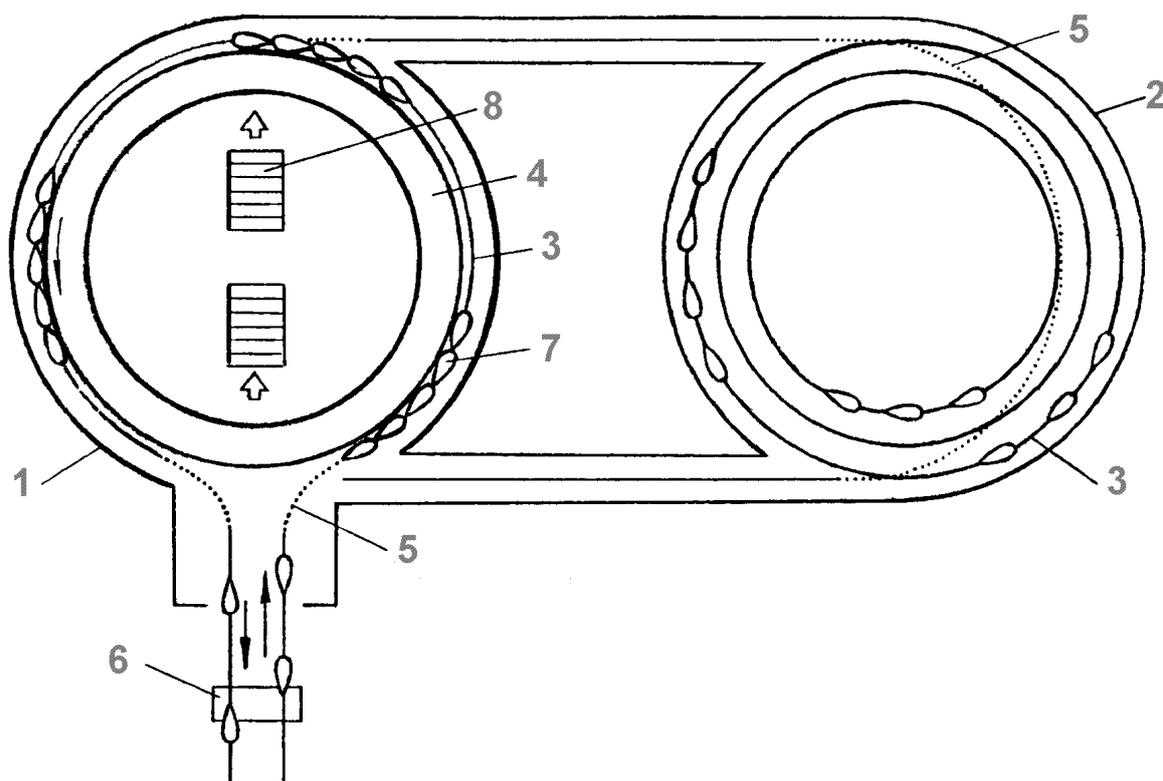


Рис.10. Вокзал.

1 - здание вокзала; 2 - здание депо; 3 - кольцевой путь; 4 - кольцевой подвижный перрон; 5 - стрелочный перевод; 6 - концевая анкерная опора; 7 - экипаж; 8 - вход (выход) в вокзал.

Отдельные грузы, например, легковые автомобили, могут перевозиться на открытых платформах, хотя это и потребует увеличения мощности двигателя грузового модуля в 2...3 раза. Это позволит пассажирам легкового автомобиля, не выходя из него, преодолеть, например, расстояние между городами в часы пик на автомобильных дорогах или при неблагоприятных погодных условиях (гололёд, пурга и т.д.).

На трассе предусмотрено 19 вокзалов и 32 станции.

## 2.1.7. Организация движения пассажиров

### 2.1.7.1. Посадка и высадка пассажиров

Войдя в зал вокзала, пассажир обращает внимание на светящиеся табло, которые сопровождают каждый экипаж (табло находятся на экипаже, либо на стене зала в виде движущейся строки), на которых высвечивается название станции назначения, например, “Конечная”. Не найдя нужной станции назначения пассажир может сесть в свободный экипаж и нажать кнопку "Конечная" на пульте управления (внутри экипажа). При скорости движения подвижного перрона 0,5 м/с (с “пристыкованным” к нему экипажем) и диаметре кольцевого пути 50 метров у пассажиров будет 0,5...2,5 мин. времени на посадку. После закрывания салона (автоматически или вручную) экипаж “отстыковывается” от подвижного перрона и переключением стрелочного перевода выводится на линию. Если по каким-либо причинам салон не был закрыт, либо в экипаж никто не сел, он возвращается на второй круг. Аналогично, только в обратной последовательности, осуществляется высадка пассажиров на станции назначения. В общем виде эта схема напоминает схему получения багажа на кольцевых транспортерах современных аэропортов. Некоторые экипажи, при необходимости, направляются в гараж-мастерскую, находящуюся в отдельном здании, либо на другом этаже вокзала.

### 2.1.7.2. Погрузка и разгрузка грузов

Погрузочно-разгрузочные работы осуществляются в автоматическом режиме на грузовых терминалах. Доставка грузов к терминалу, а оттуда - грузополучателю производятся другими видами транспорта, например, для нефти - по нефтепроводу. Крупные получатели и отправители грузов, такие как нефтеперерабатывающий завод, порт, будут иметь собственные терминалы.

Заполненные контейнеры устанавливаются в грузовые модули, которые затем формируются в составы и выводятся на транспортную линию. В месте назначения контейнер изымается из модуля и отправляется на выгрузку, а на его место устанавливается опорожненный контейнер или контейнер с другим грузом. Вместимость контейнера 1000...4000 кг. Каждый контейнер будет сопровождать электронная карта, откуда бортовой компьютер модуля будет считывать информацию о характере груза, его массе, требованиях к режимам транспортировки, станции назначения, грузополучателе и т.п.

Пассажиры легкового автомобиля могут продолжить путешествие по СТС не выходя из него, на открытой специальной грузовой

платформе, либо могут отправить автомобиль впереди (или позади) себя в крытом грузовом модуле, а сами - сесть в пассажирский экипаж.

### 2.1.7.3. Движение по линии

На трассе экипажи группируются с помощью электронной сцепки в эшелоны по 5 экипажей в каждом на расстоянии 100 м друг от друга. На всем пути следования система управления, подобно водителям автомобилей в транспортном потоке, поддерживает одинаковой скоростью в группе экипажей и расстояние между ними. Для обеспечения на одной линии пассажиропотока в 1000 пас./час с вокзала каждые 3 минуты должен выходить один эшелон из 5 экипажей. При среднеходовой скорости движения 400км/час среднее расстояние между эшелонами на трассе составит 20 км. Этого расстояния достаточно для выполнения маневров по посадке (высадке) пассажиров на промежуточных станциях. Подвижной состав будет формироваться как на станции посадки, так и путем присоединения к нему экипажей с промежуточных станций (спереди или сзади). Поэтому система управления будет не только выпускать экипаж на линию, но и регулировать нахождение подвижного состава на ней, согласовывая таким образом их “стыковку” во времени. Для этих целей некоторые станции на выпускающих участках могут иметь специальные накопители. Скорость подвижного состава будет регулироваться от 200км/час (на крутых подъемах) до 400...450 км/час на горизонтальных участках и спусках. Управление движением осуществляется с помощью линейных и центрального компьютеров, в которые стекается информация о месте нахождения, скорости движения, станции назначения и состоянии всех основных узлов (в первую очередь ходовой части и привода) каждого экипажа. Современные программы управления позволяют эффективно формировать транспортный поток при обеспечении стопроцентной безопасности, т.к. в управлении движением экипажей в СТС человек отсутствует.

Для управления экипажами на линии может, например, использоваться система, подобная разработанной в Японии для самоуправяемого автомобиля “Мицубиси”. В каждом экипаже совместно будут работать три бортовые системы: телевизионная, инфракрасная и ультразвуковая. Принимая и анализируя специальный сигнал от экипажа, идущего впереди, бортовой компьютер следующей позади машины устанавливает для себя подходящую скорость и расстояние между ними. Кроме этого экипажи будут обмениваться друг с другом, с линейной и центральной компьютерными системами информацией о месте нахождения, скорости движения, состоянии путевой структуры, опор, стрелочных переводов, наличии неровностей, дефектов пути и т.п. Бортовая компьютерная система будет собирать

данные от встроенных чувствительных датчиков, теле- и инфракрасных камер, механических устройств, обрабатывать эти данные с помощью нескольких микрокомпьютеров. А затем посылать соответствующие команды в различные исполнительные механизмы. Исполнительные операции, связанные с маневрами, которые могут повлиять на движение транспортного потока на линии, автоматически согласовываются с линейной компьютерной системой, размещенной по трассе.

#### 2.1.7.4. Пропускная способность трассы

При формировании подвижного состава из десяти десятиместных экипажей, скорости движения 400 км/час, интервале движения составов 30 секунд, пропускная способность одной линии в час пик составит 12000 пасс./час, а трассы (двух разнонаправленных линий) - 24000 пасс./час (576 тыс. пасс./сутки). При этом у трассы будет резерв увеличения пропускной способности без строительства дополнительных линий.

#### 2.1.7.5. Время в пути

Таблица 5.

Время, затрачиваемое пассажиром на дорогу  
из центра г.Москвы в центр г.Лондона (2830 км)

№ п/п	Наименование транспортного процесса	Время, мин.
1	Ожидание экипажа	1
2	Посадка пассажиров	2
3	Ожидание поездки	1
4	Включение экипажа в транспортный поток	1
5	Разгон до скорости 400км/час	3
6	Движение по трассе	420
7	Торможение экипажа	2
8	Въезд в вокзал	1
9	Высадка пассажиров	1
10	Непредвиденные затраты времени	8
Всего:		440

Время, затрачиваемое пассажиром на дорогу из центра г.Москвы в центр г.Парижа (2770 км) составит 430 минут (7 час 10 мин.).

## **2.1.8. Безопасность и надежность**

### **2.1.8.1. Безопасность на вокзале**

Безопасность пассажиров обеспечивается за счет синхронизации скорости движения экипажа и подвижного кольцевого перрона, например, путем их механического скрепления друг с другом. Для обеспечения пассажиропотока в 2000 пасс./час скорость движения перрона должна быть 0,3 м/с, при этом полный оборот перрон сделает за 8,7 мин. (при его внешнем диаметре 50 м). Электробезопасность обеспечивается за счет использования на вокзале и станциях безопасного электрического напряжения (12 или 24 Вольт), либо посредством задействования аккумуляторов экипажей, либо запиткой кольцевого рельсового пути электрическим током с вышеуказанным напряжением.

### **2.1.8.2. Электробезопасность и электронадежность транспортной линии**

Электробезопасность обеспечивается относительно невысоким электрическим напряжением, используемым на линии (порядка 1000 Вольт), электроизоляцией токонесущих головок рельсов друг от друга и опор, а также - благодаря неэлектропроводному корпусу экипажа, изготовленному из композиционных материалов. Поэтому даже в результате схода экипажа с рельсового пути не произойдет короткого замыкания между головками рельсов.

При пассажиропотоке 1000 пасс./час на участке линии протяженностью 100 км одновременно будет находиться 25 экипажей, имеющих суммарную мощность двигателей 5000 кВт. Поэтому не потребуются дополнительные линии электропередач и электростанции для запитки СТС и ее инфраструктуры, т.к. рельс-струна обеспечит передачу электрической мощности свыше 10 тыс. кВт. (а при специальном исполнении - до 100 тыс. кВт). Таким образом, СТС необходимо будет подключать к существующей электрической сети через каждые 100...200 км и более.

### **2.1.8.3. Безопасность движения на линии**

Безопасность движения обеспечивается безотказностью функционирования всех систем, задействованных в обеспечении штатного режима движения экипажей: программных средств управления, надежности электронных систем, линий связи и контрольно-измерительной аппаратуры, исполнительных механизмов стрелочных переводов и систем управления приводом и тормозной системой экипажей, надежностью механических элементов путевой структуры, опор СТС и т.п. О том, что может быть обеспечена стопроцентная

безопасность указанных транспортных процессов свидетельствует история эксплуатации скоростных железных дорог в мире. Например, более чем за двадцатилетний период эксплуатации скоростных железных дорог в Японии, по которым перевезено около 5 млрд. пассажиров, не произошло ни одного крушения, приведшего к человеческим жертвам.

Для обеспечения безопасности пассажиров в случае обесточивания рельсового пути, каждый экипаж имеет аккумуляторную батарею и аварийно-стартовый двигатель, который доставит экипаж на сниженной скорости до одной из станций или площадок для аварийной остановки, имеющейся на каждой анкерной опоре, т.е. через каждые 1000 м.

#### **2.1.8.4. Надежность конструкции СТС и ее функционирования**

Наиболее напряженными в СТС являются тросовые и струнные элементы рельсов и поддерживающих конструкций. Поскольку они находятся в антикоррозионной среде и защищены от внешних воздействий специальной оболочкой и механически прочным корпусом, срок их службы может составить сотни лет. Тем более, что подвижная нагрузка изменяет напряженно-деформированное состояние указанных элементов всего на 1% (см. [1], стр.8), поэтому можно считать, что они находятся весь период эксплуатации в практически неизменном напряженном состоянии, что исключает накопление усталостных повреждений и в результате повышается срок службы и снижаются эксплуатационные расходы. Поскольку струнные элементы рассредоточены в разных местах, удаленных друг от друга (изолированные друг от друга проволоки в струнах левого и правого рельсов, прямой и обратной линии, верхней и нижней струн и др.), вероятность одновременного их обрыва во всех указанных элементах близка к нулю даже в случае катастроф, таких как землетрясение, наводнение, военные действия и т.п. При частичном же обрыве несущих проволок, даже если их число составит 90%, не произойдет обрушения конструкций, чего, например, не скажешь о других типах строительных сооружений, таких как мосты, путепроводы, виадуки, современные каркасные здания и т.п.

Путевая структура СТС имеет очень высокую живучесть и в случае обрушения опор - например, из-за террористического акта. Падение опоры, которая связана с путевой структурой с помощью специального отстегивающегося механизма, приведет лишь к увеличению пролета рельса-струны и, соответственно, его прогиба. Это не нарушит целостность пути, даже если будут разрушены все промежуточные опоры, размещенные между соседними анкерными опорами.

Результаты продувки корпуса экипажа СТС в аэродинамической трубе при скорости 250 км/час показали, что при самых неблагоприятных направлениях бокового ветра, имеющего скорость 100 км/час, возникают боковые опрокидывающие усилия в пределах 100 кгс. Это не отразится существенно на функционировании транспортной системы и, тем более, не приведет к сходу экипажа с рельсов.

#### **2.1.8.5. Экологическая безопасность**

Транспортная система СТС имеет высокую экологическую безопасность, как на стадии строительства, так и в период эксплуатации.

СТС может быть построена с помощью специального технологического оборудования (технологических платформ и строительных комбайнов) без использования подъездных дорог, т.к. необходимые для строительства материалы и элементы конструкций будут подвозиться к месту строительства по уже готовым участкам трассы. Кроме этого, при строительстве могут вообще отсутствовать земляные работы, нарушающие почвенный слой, гумус в котором накапливался в течение миллионов лет, т.к. опоры будут иметь свайный фундамент. Указанные особенности СТС чрезвычайно важны при прохождении трассы по особо ценным землям.

В период эксплуатации СТС будет потреблять электрическую энергию, которая является экологически самой чистой. Пассажиры экипажи и транспортные модули будут герметичными и смогут остановиться только на специальных станциях, поэтому исключается загрязнение трасс бытовыми отбросами путешественников и различными технологическими веществами. Конструкция контейнеров исключает протекание жидких грузов (в них не будет насосов, затворов, прокладок и т.п. соединений, в которых может образоваться течь) и просыпание сыпучих грузов. Крушение же на трассе может привести к сходу с путевой структуры лишь одного модуля (экстремальный тормозной путь следующего модуля будет меньше расстояния между ними), при этом сработает парашют, который погасит скорость контейнера и он не будет разрушен при ударе о землю.

Для СТС не нужны насыпи, выемки, тоннели, мосты и путепроводы. Одна поддерживающая опора отнимет лишь около 1 м<sup>2</sup> земли, анкерная - 10 м<sup>2</sup>. На километре трассы СТС площадь отчуждения земли, таким образом, будет менее 100 м<sup>2</sup>, т.е. 0,01 га, а ширина условной полосы отчуждения будет в пределах 10 сантиметров. Это значительно меньше, чем отчуждение земли пешеходной дорожкой и даже - тропинкой.

СТС не критична к длине пролёта, поэтому не только лес, но и отдельно стоящие деревья, которые попадают под опоры, могут не

вырубаться, т.к. любая опора может быть смещена в ту или иную сторону непосредственно в процессе строительства.

Трасса СТС не будет препятствовать миграции почвенных и поверхностных вод, животных, пресмыкающихся, ведению сельскохозяйственных и др. работ и т.п.

СТС будет низковольтной трассой, поэтому она не создаст электромагнитных загрязнений и сможет проходить на большой высоте (до 100 метров) над жилыми постройками, сельхозугодиями, по заповедникам и заказникам. Отсутствие скользящих электроконтактов в паре “экипаж - контактная сеть”, невысокие (в сравнении с железной дорогой) электрические мощности экипажей исключат загрязнение окружающей среды радиопомехами.

СТС отличается крайне низким расходом материалов на свое сооружение, поэтому она будет и самой экологически чистой с технологической точки зрения. Например, однопутную трассу СТС такой же протяжённости, что и железная дорога, можно построить из материалов всего одного железнодорожного рельса и каждой третьей шпалы (у железной дороги остаются еще второй рельс и 2/3 шпал, контактная сеть с медным проводом и поддерживающими опорами, мощная щебёночная подушка, земляная насыпь, мосты, путепроводы, виадуки и др.). Поэтому для строительства СТС не потребуется такое количество домен, руды и рудников (без которых нельзя получить сталь и медь), цементных заводов и заводов железобетонных изделий, грунтовых, песчаных и щебёночных карьеров, такого количества автомобильных и железнодорожных перевозок строительных материалов, подъездных путей и т.п., что создало бы значительный дополнительный, иногда необратимый экологический гнёт на природу.

Экипаж СТС не имеет выступающих частей, кроме узких колес, выдвинутых на 10 сантиметров из корпуса. Ему не нужны даже стеклоочистители и фары (т.к. водитель отсутствует), которые при высоких скоростях движения также были бы источниками шума. Колёса могут быть выполнены из лёгких сплавов (нагрузка на одно колесо 500...1500 кгс), поэтому масса их будет в пределах 10...20 кг. Таким образом, масса экипажа СТС будет, например, в сотни раз меньше массы поезда, длина экипажа - короче в десятки раз, масса неподрессоренной части - меньше в десятки раз, а ровность пути движения - значительно выше (что может быть ровнее сильно натянутой струны?). Поэтому в сравнении, например, с высокоскоростным поездом экипаж СТС будет в сотни раз более слабым источником шума и вибрации почвы.

### 2.1.9. Коммуникационная инфраструктура

СТС будет не только высокоскоростной экологически чистой транспортной системой, обеспечивающей комфортную, дешёвую и быструю доставку пассажиров и грузов. Она также станет важным демографообразующим фактором и мощной коммуникационной системой, обеспечивающей другие виды транспорта - энергии и информации, т.к. с СТС легко совмещаются линии электропередач, электростанции на возобновляемых экологически чистых источниках энергии и линии связи (проводные и оптоволоконные).

#### 2.1.9.1. Автономное энергообеспечение

Наиболее сильное негативное воздействие на природу сегодня оказывают электростанции. Поэтому целесообразно всего в СТС использовать автономное энергообеспечение, основанное на возобновляемых источниках энергии - ветре и солнце. С точки зрения прямого влияния на окружающую среду, ветроэнергетика является одним из самых чистых источников энергии. Она не выбрасывает вредные вещества в атмосферу и в водные бассейны, не истощает ограниченные запасы невозобновляемых минеральных ресурсов, не меняет режима водоисточников.

Разработаны принципиальные схемы ветро- и гелиоэнергетических установок, совмещаемые с опорами и путевой структурой СТС. Благодаря этому резко снижаются капитальные затраты на их сооружение. Например, в предлагаемой аэроустановке при её серийном производстве капитальные затраты будут в пределах 1000 USD на 1 кВт установленной мощности, в то время, как, например, капитальные затраты для АЭС возросли с 300 USD/кВт в 1960 г. до 4000...5000 USD/кВт в настоящее время. Такой рост цен в атомной энергетике обусловлен, в основном, повышением требований к безопасности и экологии. Поскольку таким требованиям ветроустановки отвечают изначально, то они в будущем станут ещё более предпочтительными, чем традиционные источники электрической энергии.

Предлагаемые ветроустановки смогут работать при скорости ветра свыше 2 м/с и будут иметь расчётную мощность 5 кВт при ветре 5 м/с, 50 кВт - при 10 м/с и 150 кВт - при 15 м/с. Они будут легко запускаться, т.к. будут иметь высокий крутящий момент, обеспечат бесшумную работу и не представят опасности для птиц из-за низкой скорости вращения. Размещённые на высоте, ветроэлектростанции не потребуют дополнительного землеотвода и позволят вести под ними сельскохозяйственные и др. работы.

Для обеспечения собственных нужд СТС достаточно иметь источник энергии мощностью 100...200 кВт/км, или по две ветроустановки мощностью 50...100 кВт каждая на каждом километре трассы. Максимально возможное число установок соответствует числу опор, т.е. 20...50 шт./км, а их суммарная мощность может составить 1000...5000 кВт/км. Таким образом общая мощность ветроэлектростанций СТС может достигать 1...5 млн. кВт на каждые 1000 км протяжённости трасс (при средней скорости ветра 10 м/с), а себестоимость выработки электрической энергии на них будет в пределах 0,02 USD/кВт при сроке окупаемости 6 лет. Поэтому СТС, кроме автономного энергообеспечения, может стать мощной электростанцией, обеспечивающей нужды в энергии прилегающих районов. При этом не потребуются дорогостоящие и экологически опасные высоковольтные линии электропередач, т.к. необходимые электрические мощности будут переданы по СТС непосредственно к потребителям.

Если для создания эквивалентного энергетического потенциала, например, с помощью ядерной энергетики, потребуются крупные централизованные вложения, в миллиарды USD, то проблему ветроэнергетики в СТС можно будет решить методом народной стройки с небольшими локальными вложениями, заинтересовав в этом индивидуальных инвесторов, жителей отдалённых сёл, небольших населённых пунктов и т.д.

Таким же образом может быть решена потребность в электрической энергии в процессе строительства СТС, особенно в малоосвоенных и труднодоступных районах (горы, пустыня, тундра и т.д.), где отсутствуют промышленные линии электропередач.

Рассредоточенность ветроустановок вдоль СТС сыграет положительную роль, т.к., наряду с безветрием, всегда будут участки с сильными ветрами, за счёт которых, собственно, и будет обеспечиваться электроэнергией вся трасса.

### **2.1.9.2. Линейные города**

Трассы СТС позволят также решать демографические проблемы. Вдоль них, в пределах пешеходной доступности, благодаря экологической чистоте транспортной инфраструктуры и бесшумности движения экипажей, могут быть построены линейные города, гармонично вписанные в окружающую природную среду (рис.11). При этом не понадобится вырубать лес, строить автомобильные дороги и тому подобным образом нарушать биогеоценоз в зоне застройки. Здесь легко будет развить также сельское хозяйство и экологически чистую промышленность. Это будут очаги рационально организованного

общества. Создание таких линейных городов потребует меньших капитальных вложений, чем при традиционной застройке. Это окажется просто выгодным, ибо жизнь в нормальных природных и социальных условиях станет для человека более важной, чем обладание той или другой вещью. Так будут заложены зародыши будущей жизни общества, жизни в единении с природой, а не в противопоставлении ей.

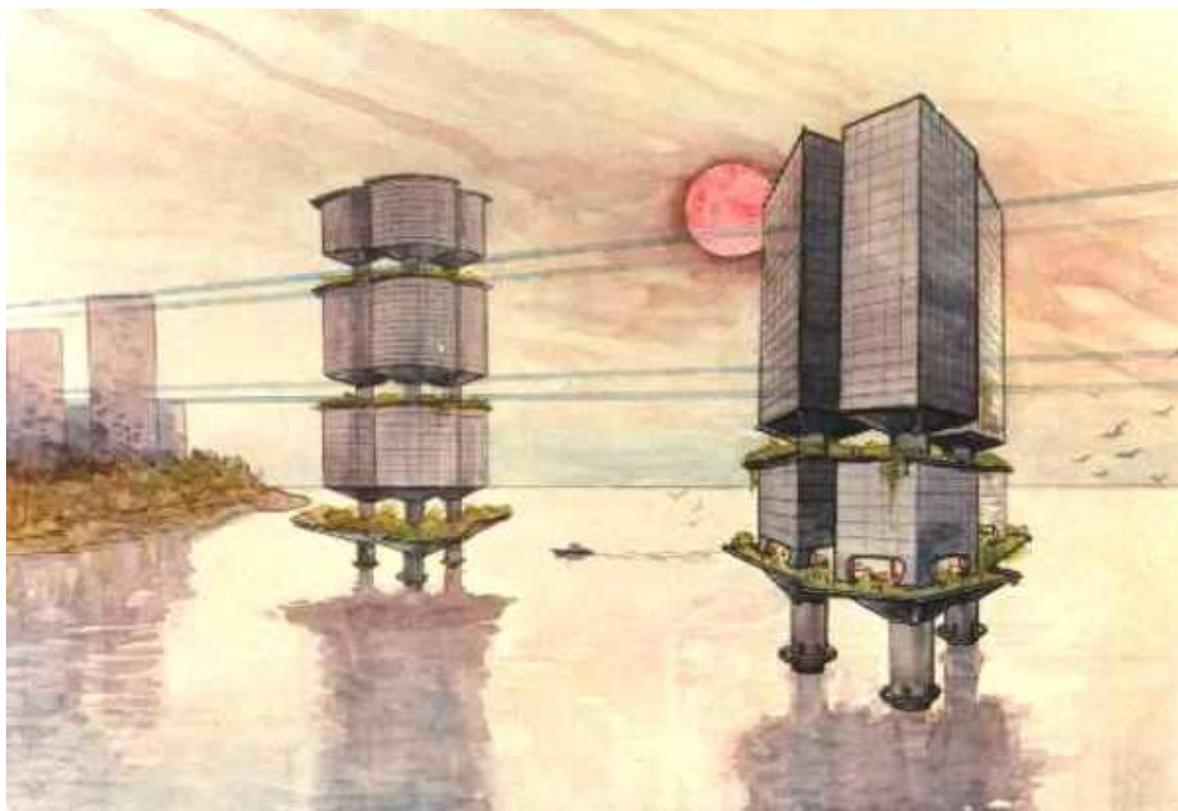


Рис. 11. Линейный город по трассе СТС на шельфе моря

Необходимо помнить, что основной ресурс, который потребляют транспортные системы, в первую очередь высокоскоростные, причём наиболее ценный ресурс (о чём обычно забывают) - это земля. В Европе, особенно Западной, гектар земли стоит миллионы долларов, т.к. она либо изымается из сельскохозяйственного оборота, либо выделяется за счёт уменьшения рекреационных зон, или исключается из возможной застройки, повышая таким образом её плотность и ухудшая условия жизни миллионов людей. Например, западные эксперты прогнозируют, что если Китай возьмёт курс на широкомасштабное строительство высокоскоростных дорог, которые изымают из землепользования свыше 3 га земли на каждый километр протяжённости, то в первой четверти 21-го века в стране начнётся голод, соизмеримый по масштабам с голодом в

годы культурной революции, стоивший жизни более 30 млн. человек. СТС отнимет под опоры только около 0,01 га/км земли, но если опоры выполнить в виде зданий, которые в совокупности и создадут линейный город, то под трассу дополнительной земли не потребуется вообще.

### **2.1.10. Эстетическое восприятие и комфорт**

Большинство людей проводит свое активное время в замкнутом и тесном пространстве. Из обычных видов транспорта, в силу их эргономики, видны лишь поверхность земли, проезжая часть дороги и т.д.

СТС даст человеку возможность наряду с комфортным решением основной функциональной задачи - быстрой доставкой пассажира в пункт назначения - решать эстетические функции. Большая площадь остекления, комфортные сидения, мягкий бархатный путь превратят обычную дорогу в наслаждение окружающей природой с высоты птичьего полета.

Эстетика ажурных конструкций пути, опор и станций хорошо впишется в ландшафт местности без нарушения ее экологии и без разрушения даже мелких ее природных элементов, а также - в исторический стиль городов и поселков по трассе, дополнив их вкраплениями современных архитектурных форм.

Каждый экипаж будет снабжен системой кондиционирования воздуха, пассажирам будет предоставлен широкий набор дополнительных услуг: многоканальное музыкальное и телевизионное вещание, междугородная телефонная связь, специальные услуги для бизнесменов, пассажиров с детьми и инвалидов. Экипажи СТС герметичны, будут оснащены системой вакуумных или химических туалетов, исключающих сброс на путь отходов.

По желанию пассажиров, экипаж может остановиться на любой из промежуточных станций, т.е. через каждые 5...10 минут пути.

### **2.1.11. Технология строительства**

Заранее изготовленную струну растягивают с помощью технологического оборудования до заданного значения (в качестве контрольного параметра используют усилие натяжения или удлинение струны при растяжении) и жёстко прикрепляют её концы, например, сваркой, к анкерным опорам. Промежуточные опоры устанавливают предварительно, либо в процессе натяжения струны, либо после натяжения. После установки промежуточных опор и натяжения струн по ним пускают технологическую платформу, которая может

самостоятельно перемещаться и жёстко фиксировать своё положение относительно опор. С помощью платформы последовательно, пролёт за пролётом, устанавливают полый корпус рельса, фиксируют его в проектном положении, заполняют заполнителем, устанавливают головку рельса, поперечные планки и выполняют другие работы, необходимые по устройству путевой структуры. Все эти работы легко поддаются механизации и автоматизации и могут выполняться круглосуточно в любую погоду. Благодаря этому будет обеспечена высокая скорость поточного строительства СТС, его низкая трудоёмкость и себестоимость. Для устранения микронеровностей и микроволнистости рабочих поверхностей смонтированной головки рельса и её поперечных беззазорных стыков возможна их сошлифовка по всей длине транспортной системы.

Строительство СТС может осуществляться также с помощью специального строительного комбайна, когда струна и другие нагружаемые элементы рельса натягиваются не на анкерную опору, а на комбайн. Комбайн, двигаясь вдоль трассы с помощью шагающих ног-опор, оставит после себя смонтированные промежуточные опоры с готовым рельсовым путём, который при достижении анкерных опор прочно соединит с ними.

На морском участке трассы благодаря малому диаметру тоннелей (3,2 м) и, соответственно, их небольшому весу будут использованы более прогрессивные методы строительства, чем принятые сегодня в транспортном строительстве. Готовые участки трассы будут изготавливаться в сухих доках методом непрерывного бетонирования. Доки могут быть выполнены на берегу моря, тогда готовые плети трассы будут доставляться наплаву к месту строительства. При использовании плавучих доков тоннели для СТС будут изготавливаться на поверхности воды непосредственно в зоне строительства с последующим погружением готового участка трассы на подготовленное (выровненное) дно моря.

Смонтированные тоннели будут устанавливаться на дне моря в состоянии гидроневесомости (они будут иметь нулевую плавучесть), что исключит появление поперечных усилий, приводящих к искривлению их продольной оси. По этой причине, а также благодаря высокой изгибной жёсткости тоннелей и значительным продольным усилиям натяжения в процессе монтажа, готовые плети трассы лягут на дно, независимо от его неровностей, ровно, с плавными изгибами (радиус кривизны свыше 10 тыс. м). Поэтому не потребуется тщательная подготовка морского дна в зоне строительства трассы. Занятое тоннелями равновесное положение затем фиксируется их засыпкой слоем грунта, например, гидронамывом. Поскольку тоннели находятся в состоянии гидроневесомости, а

динамические нагрузки в процессе эксплуатации трассы незначительны (кратковременная, в течение десятой доли секунды нагрузка в размере 3...6 тс, действующая с периодичностью в несколько десятков секунд), то для тоннелей не потребуется фундамент. При этом, благодаря высокой изгибной жёсткости тоннелей, динамическая нагрузка будет распределяться на большую площадь грунта, оказывая на него крайне низкое дополнительное давление, менее  $0,01 \text{ кгс/см}^2$ .

Технология строительства СТС показана на рис.12.

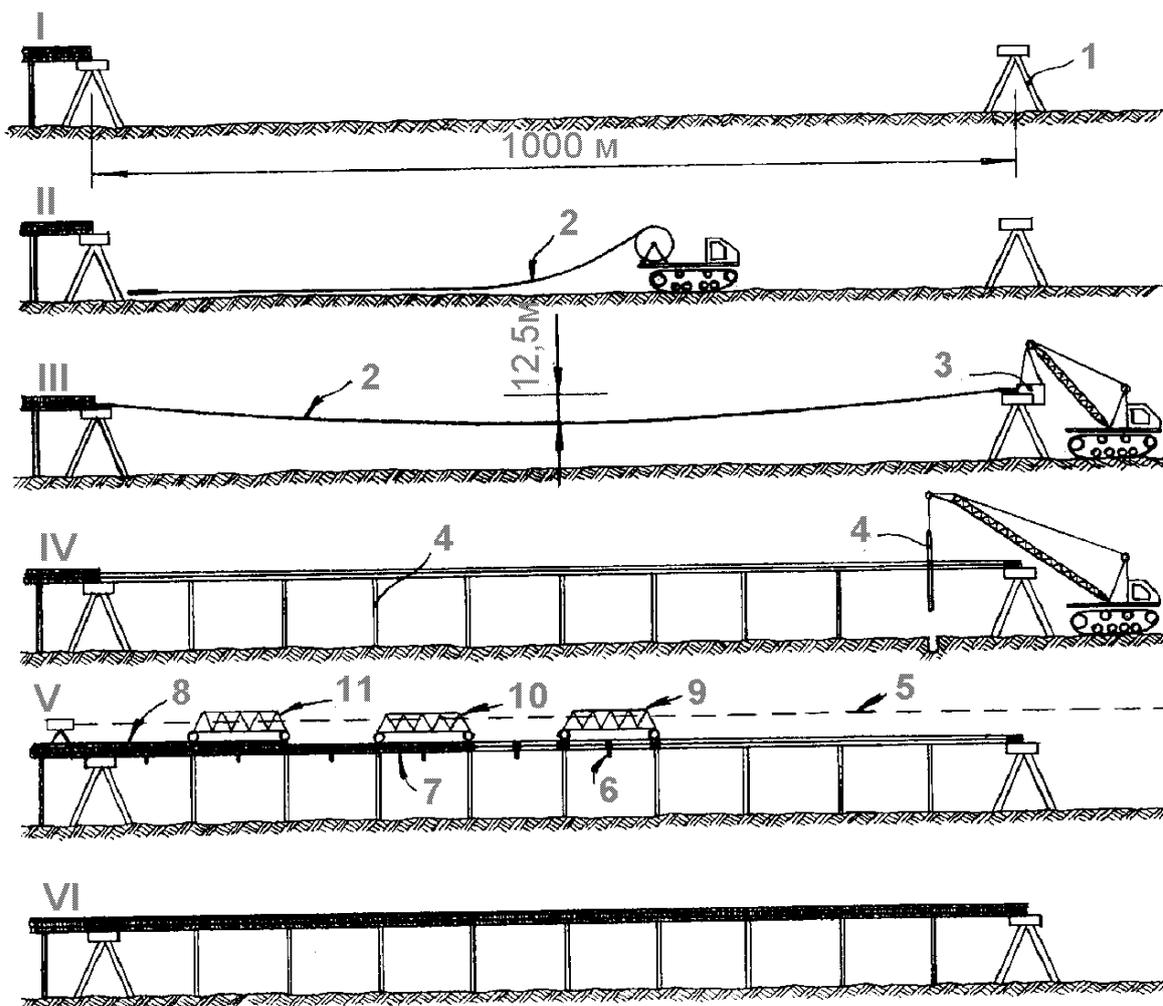


Рис.10. Технология строительства трассы СТС.

1 - анкерная опора; 2 - канат (элемент струны); 3 - механизм натяжения каната; 4 - промежуточная опора; 5 - визирная линия; 6 - поперечная планка; 7 - корпус рельса; 8 - головка рельса; 9, 10, 11 - технологические платформы для установки, соответственно: поперечных планок, корпуса рельса и головки рельса; I - строительство анкерной опоры; II - раскладка канатов струны вдоль трассы; III - натяжение и анкерование струны; IV - установка промежуточных опор; V - монтаж элементов рельса и путевой структуры; VI - готовый участок трассы.

### 2.1.12. Техничко-экономические показатели

Техничко-экономические показатели участка двухпутной трассы протяженностью 1 км представлены в табл. 6, а стоимость транспортной системы - в табл. 7.

При определении стоимости конструкций использовались следующие укрупненные цены: металлоконструкции, в зависимости от сложности и марки используемой стали - 2000...5000 USD/т; конструкции из алюминия - 5000 USD/т; железобетонные конструкции - 500 USD/м<sup>3</sup> на сухопутных участках и 1000 USD/м<sup>3</sup> - на морском участке (через пролив Па-Де-Кале); бетонные конструкции - 250 USD/м<sup>3</sup> на сухопутных участках и 500 USD/м<sup>3</sup> - на морском участке. Предусмотрено 32 промежуточные станции стоимостью 5 млн. USD каждая. Стоимость вокзалов (19 шт.) и технологических помещений определялась из расчета - 3000 USD/м<sup>2</sup> площади вокзала (общестроительные работы плюс инженерное и технологическое оборудование), 1500 USD/м<sup>2</sup> площади гаражей (мастерских) и 1000 USD/м<sup>2</sup> обустроенной территории грузовых терминалов (7 шт.).

Стоимость двухпутной трассы на сухопутных участках в среднем составит 1,1 млн. USD/км, а всей транспортной системы, имеющей протяженность 3110 км, с учетом инфраструктуры - 5150 млн. USD.

Основные технико-экономические показатели представлены в табл. 8, а затраты на перевозки по транспортной линии "Москва - Лондон" (себестоимость проезда одного пассажира и перевозки одной тонны груза) - в табл. 9. При расчетах использовались следующие данные, не приведенные в таблицах: стоимость электроэнергии - 0,03 USD/кВт · час; окупаемость транспортной системы: на 80% за счет пассажирских перевозок и на 20% - за счет грузовых.

Себестоимость проезда пассажира на расстояние 2830 км (из центра г.Москвы в центр г.Лондона) при пассажиропотоке 50 тыс. пасс./сутки составит 32,71 USD, одной тонны груза (при 100 тыс. тонн в сутки) - 16,66 USD. При этом транспортная система будет давать прибыль 280 млн. USD/год.

Прибыль от эксплуатации трассы может быть значительно увеличена, если повысить стоимость пассажирских билетов до 80 USD/пасс. (до уровня на железной дороге). Это даст дополнительную прибыль по трассе (при 50 тыс. пасс. в сутки) в 860 млн. USD/год. При этом транспортная линия окупит себя через 4,5 года. При пассажиропотоке 100 тыс. пасс. в сутки трасса окупится за 2,6 года.

На трассе СТС возможен высокий пассажиро- и грузопоток. Малое время в пути (среднее расстояние между столицами государств по трассе составляет 520 км, среднее время в пути между ними - 1,5 часа) и низкая стоимость проезда сделают возможными однодневные командировки и взаимные посещения городов туристами, бизнесменами, покупателями и т.п.; позволят многим ездить на работу из одних городов и поселков, расположенных на трассе, в другие.

Таблица 6.

Усредненный расход материалов и стоимость 1 км двухпутной трассы  
на сухопутных участках

Конструктивный элемент	Материал	Расход материалов на 1 км трассы		Ориентировочная стоимость, тыс. USD/км
		масса, тонн	объем, куб. м	
1. Рельс-струна, всего				380
В том числе:				
1.1. Головка	Сталь	60	-	120
1.2. Корпус	Алюминиевый лист	5	-	25
1.3. Струна	Стальная проволока	80	-	160
1.4. Заполнитель	Композит	-	40	20
1.5. Клеевая мастика	Композит	1	-	10
1.6. Защитная оболочка струны	Полимер	4	-	20
1.7. Гидроизоляция струны	Полимер	1	-	5
1.8. Прочее		-	-	20
2. Поперечные планки		-	-	40
3. Промежуточные опоры, всего		-	-	170
В том числе:				
3.1. Столбы	Железобетон	-	160	80
3.2. Перемычки, раскосы	Сталь	15	-	30
3.3. Верхнее строение опор	Сталь	10	-	30
3.4. Фундамент	Бетон	-	80	20
3.5. Прочее		-	-	10
4. Анкерные опоры, всего		-	-	70
В том числе:				
4.1. Тело опоры	Железобетон	-	80	40
4.2. Основание	Бетон	-	40	10
4.3. Металлоконструкции	Сталь	3	-	6
4.4. Анкерное крепление	Сталь	1	-	5
4.5. Прочее		-	-	9
5. Земляные работы		-	-	20
6. Система электрозапитки рельса		-	-	40
7. Система контроля за состоянием опор и путевой структуры		-	-	20
8. Система контроля за движением транспортного потока		-	-	20
9. Система аварийного электропитания		-	-	20
10. Система управления движением транспортного потока		-	-	50
11. Площадки для аварийной остановки		-	-	20
12. Проектно-изыскательские работы		-	-	50
13. Стоимость отвода земли и ее				

Конструктивный элемент	Материал	Расход материалов на 1 км трассы		Ориентировочная стоимость, тыс. USD/км
		масса, тонн	объем, куб. м	
подготовки для строительства		-	-	50
14. Прочие работы		-	-	50
15. Непредвиденные расходы		-	-	100
ВСЕГО:				1100

Таблица 7.

Стоимость двухпутной транспортной системы СТС  
“Москва - Лондон (Париж)”

№ п/п	Наименование элементов трассы	Количество (объем работ)	Стоимость единицы объема работ, тыс. USD	Общая стоимость, млн. USD
1	Путевая структура	3110 км	420	1306,2
2	Опоры	3110 км	240	746,4
3	Вокзалы	19 шт.	30000	570
4	Промежуточные станции	32 шт.	5000	160
5	Гараж-мастерская	19 шт.	15000	285
6	Земляные работы	3110 км	20	62,2
7	Система электрозапитки рельса	3110 км	40	124,4
8	Система контроля за состоянием опор и путевой структуры	3110 км	20	62,2
9	Система контроля за движением транспортного потока	3110 км	20	62,2
10	Система аварийного электропитания	3110 км	20	62,2
11	Система управления движением транспортного потока	3110 км	50	155,5
12	Площадки для аварийной остановки	3110 км	20	62,2
13	Проектно-изыскательские работы	3110 км	50	155,5
14	Стоимость отвода земли и ее подготовки для строительства	3110 км	50	155,5
15	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы	-	-	25
16	Опытный (двухпутный) участок трассы СТС	20 км	2000	40
17	Другие элементы транспортной инфраструктуры трассы, всего В том числе:	-	-	500
17.1	Удорожание трассы на морском участке (через пролив Па-Де-Кале)	40 км	1200	48
17.2	Грузовые терминалы	7 шт.	50000	350
17.3	Прочее	-	-	102
18	Прочие работы	-	-	200
19	Непредвиденные расходы	-	-	415,5
ВСЕГО:				5150

Таблица 8.

Технико-экономические показатели транспортной системы СТС  
 “Москва - Лондон (Париж)”

Показатель	Величина
1. Характеристики транспортной линии	
1.1. Общая стоимость, млн. USD	5150
1.2. Амортизационные отчисления, %	5
1.3. Годовые эксплуатационные издержки и затраты по содержанию и текущему ремонту, тыс. USD/км	50
1.4. Срок окупаемости, лет	20
1.5. Протяженность трассы, км	3110
2. Характеристики экипажа	
2.1 Стоимость, тыс. USD:	
- пассажирский	30
- грузовой	10
2.2. Вместимость, чел.:	
- бизнес-класс	10
- первый класс	5
- класс “люкс”	1
2.3. Грузоподъемность, кг:	
- пассажирский	1000
- грузовой	2000
2.4. Масса транспортного модуля (нетто), кг	1500
2.5. Коэффициент использования на линии	0,5
2.6. Резерв парка подвижного состава, %	20
2.7. Среднеходовая скорость, км/час	400
2.8. Мощность двигателя, кВт:	
- пассажирский	200
- грузовой	100
2.9. Годовой пробег одного экипажа на плече 1000 км, тыс. км:	
- пассажирский	1350
- грузовой	1350
2.10. Годовой объем перевозок одним транспортным модулем (на плече 1000 км):	
- пассажиров, чел.	13500
- грузов, тонн	2700
2.11. Удельные энергозатраты на тягу:	
- пассажирский, кВт · час/пасс. · км	0,05
- грузовой, кВт · час/т · км	0,12
2.12. Амортизационные отчисления, %	10
2.13. Годовые эксплуатационные издержки, % от стоимости экипажа	10
2.14. Срок окупаемости, лет	10

Таблица 9.

Затраты на перевозки по транспортной системе СТС  
"Москва - Лондон (Париж)" на плече 2830 км ("Москва - Лондон")

Показатель	Объем перевозок (в обе стороны)					
	пассажирские, тыс. пасс./сутки			грузовые, тыс. т/сутки		
	20	50	100	50	100	200
1. Приведенные затраты:						
- USD/пасс.	72,60	32,71	19,43	-	-	-
- USD/тонну груза	-	-	-	19,99	16,66	15,01
В том числе:						
1.1. Издержки по транспортной линии, всего	66,47	26,58	13,30	6,65	3,32	1,67
в том числе:						
- амортизационные отчисления	25,48	10,19	5,10	2,55	1,27	0,64
- эксплуатационные издержки	15,51	6,20	3,10	1,55	0,78	0,39
- отчисления на прибыль	25,48	10,19	5,10	2,55	1,27	0,64
1.2. Издержки по подвижному составу, всего	6,13	6,13	6,13	13,34	13,34	13,34
в том числе:						
- амортизационные отчисления	0,63	0,63	0,63	1,05	1,05	1,05
- эксплуатационные издержки	0,63	0,63	0,63	1,05	1,05	1,05
- отчисления на прибыль	0,63	0,63	0,63	1,05	1,05	1,05
- стоимость электроэнергии	4,24	4,24	4,24	10,19	10,19	10,19
2. Количество экипажей, обслуживающих всю магистраль (при средней дальности перевозок 1000 км), шт.	1530	3820	7650	19100	38200	76400
3. Стоимость подвижного состава, млн., USD	45,9	114,6	229,5	191,0	382,0	764,0
4. Средний интервал между соседними экипажами в транспортном потоке (одиночные экипажи на одной линии):						
- во времени, сек	86,4	34,6	17,3	6,9	3,5	1,7
- в расстоянии, км	9,60	3,84	1,92	0,77	0,38	0,19

### 3. Технико-экономическое сравнение СТС с другими вариантами высокоскоростной трассы

#### 3.1. Общие сведения

Технико-экономическое сравнение СТС целесообразно вести в сравнении с железнодорожным, автомобильным, воздушным транспортом и поездами с магнитным подвесом. Главными конкурентами СТС будут автомобильный и традиционный железнодорожный транспорт.

Во всех случаях технико-экономических сравнений большое значение должно придаваться удельному расходу электроэнергии на перевозки. Транспортные модули СТС имеют сравнительно низкий удельный расход энергии при движении. Например, при скорости 300 км/час: 0,027 кВт·час/пасс·км для пассажирских и 0,033 кВт·час/т·км для грузовых перевозок. Высокий КПД двигателя, низкие потери энергии на движение (высокие аэродинамические качества и низкие механические потери при движении жёсткого колеса по ровному жёсткому пути) сделают транспорт СТС самым экономичным из всех существующих видов скоростного транспорта, имеющих такую же скорость движения. Это снизит потребление электроэнергии по сравнению со скоростными железными дорогами в том же измерении в 5 раз, в 10 раз в сравнении с поездами на магнитном подвесе и в 20 раз в сравнении с реактивными самолётами. Удельный расход энергоресурсов и другие основные экологические характеристики известных транспортных систем представлены в табл. 10.

Таблица 10

Основные экологические характеристики транспортных систем  
(пассажиропоток свыше 1000 пасс./час, грузопоток свыше 1000 т/час)

Вид транспорта	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
	Пассажирские перевозки	Грузовые перевозки		
1. Железнодорожный (до 100 км/час):				
• магистральный	1,1 – 1,4*	0,7 – 1,0*	более 0,1	300 – 400
• пригородный	1,2 – 1,5*	0,9 – 1,4*	-- // --	-- // --

Вид транспорта	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
	Пассажирские перевозки	Грузовые перевозки		
• городской: - метрополитен	1,3 – 1,7*	-	-- // --	-
- трамвай	1,9 – 2,1*	-	-- // --	50 – 100
2. Автомобильный (100 км/час):				
• одиночный автомобиль: - в городе (средняя загрузка 1,6 пасс.)	4,7 – 6,3	6,6 – 11,1	более 1	200 – 300
- вне города (средняя загрузка 3,5 пасс.)	1,5 – 1,7	5,1 – 9,2	-- // --	300 – 500
• автобус - в городе	2,1 – 2,3	-	-- // --	200 – 300
- вне города	1,4 – 1,7	-	-- // --	300 – 500
• троллейбус	1,9 – 2,5*	-	более 0,1	200 – 300
3. Авиационный:				
• дальняя авиация (900 км/час)	4,7 – 9,2	51 – 73	более 10	20 – 50
• местная авиация (400 км/час)	14 – 19	152 – 202	более 50	10 – 20
4. Морской (50 км/час)	17 – 19	0,38 – 0,95	более 10	5 – 10
5. Речной (50 км/час)	14 – 17	0,57 – 1,4	-- // --	2 – 3
6. Нефтепроводный (10 км/час)	-	0,51 – 0,57	более 1***	50 – 100
7. Газопроводный (10 км/час)	-	5,7 – 6,1	более 1***	50 – 100
8. Конвейерный (10 км/час)	-	4,7 – 9,2*	более 1	-- // --
9. Гидротранспорт (10 км/час)	-	2,3 – 4,7*	более 0,1	-- // --
10. Канатно-подвесные дороги (10 км/час)	0,3 – 0,5*	0,95 – 1,9*	-- // --	20 – 30
11. Поезд на магнитном подвесе (400 км/ч)	3,5 – 4,5*	-	-- // --	100 – 200
12. Высокоскоростная железная дорога (300 км/ч)	2,5 – 3,5*	-	-- // --	300 – 500
13. Монорельс (100 км/час)	1,5 – 2,5*	-	-- // --	50 – 100
14. Струнный транспорт**** (пассажирский – 10 мест, грузовой – 5 т груза) при скорости:				

Вид транспорта	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
	Пассажирские перевозки	Грузовые перевозки		
- 100 км/ч (мощность двигателя 15 кВт)	0,17*	0,17*	менее 0,01	10 – 20
- 200 км/ч (мощность двигателя 35 кВт)	0,20*	0,20*	-- // --	-- // --
- 300 км/ч (мощность двигателя 90 кВт)	0,34*	0,34*	-- // --	-- // --
- 400 км/ч (мощность двигателя 200 кВт)	0,57*	0,57*	-- // --	-- // --
- 500 км/ч (мощность двигателя 400 кВт)	0,91*	0,91*	-- // --	-- // --

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

\*\* трасса с инфраструктурой

\*\*\* в виде разливов нефти и нефтепродуктов, выброса природного газа

\*\*\*\* оценка по аналогии с другими видами транспорта

Трасса СТС имеет низкую материалоемкость и, соответственно, стоимость. Например, для строительства опорной части СТС потребуется небольшое количество железобетона - 280 м<sup>3</sup>/км для двухпутной трассы с высотой опор 15 м. А с учётом его расхода на станции и сопутствующие системы, количество железобетона составит около 500 м<sup>3</sup>/км. Для сравнения: расход железобетона только на ограждение скоростных железных дорог и трасс поездов на магнитном подвесе достигает 750 м<sup>3</sup>/км.

Затраты на выполнение земляных работ и, соответственно, их объём также невелики. Трасса СТС может пройти без насыпей и выемок по любой местности. Земляные работы будут иметь локальный характер (бурение посадочных скважин под опоры в объёме 100...200 м<sup>3</sup>/км), либо будут отсутствовать полностью в случае устройства свайного фундамента опор. Для сравнения: объём перемещаемого грунта при строительстве километра современной автострады и железной дороги составляет 10000...50000 м<sup>3</sup>, а в пересечённой и горной местности превышает 100000 м<sup>3</sup>

Столь же невелико и использование других конструкционных материалов для путевой структуры и опор СТС, в качестве которых будут использоваться недорогие и доступные материалы, выпускаемые промышленностью.

Стоимость подвижного состава в СТС можно оценить в сравнении с легковыми автомобилями, которые наиболее близки как по габаритам, так и конструктивно.

Серийно выпускаемые для СТС электродвигатели мощностью 25...50 кВт будут в 1,5...2 раза дешевле двигателя внутреннего сгорания такой же мощности, а также - надёжнее, долговечнее и проще в эксплуатации и обслуживании.

Корпус транспортного модуля СТС будет дешевле корпуса автомобиля такого же размера благодаря более простой конструкции (отсутствие радиатора, дверей, багажника, капота, фар, габаритных, тормозных и других фонарей, стеклоочистителя, механизмов подъёма стекол и т.д.).

Ходовая часть и подвеска экипажа СТС будет также проще и дешевле, чем у автомобиля (отсутствие ненадёжных и дорогих резиновых шин, механизмов поворота колёс, упрощение подвода вращающего момента к неповоротным колёсам, отсутствие требований к проходимости по плохим дорогам и т.д.).

Система управления оборотами двигателя и вращающим моментом на колесе в обоих транспортных средствах примерно равны по стоимости и сложности (в СТС это блок управления оборотами электродвигателя, в автомобиле - коробка передач, сцепление, система управления подачей топлива в двигатель и др.).

Система управления движением экипажа будет значительно проще и дешевле, чем у автомобиля, т.к. управляемых параметров будет немного: скорость движения, расстояние до ближайших экипажей и местонахождение (координата) экипажа на линии. О сложности управления автомобилем говорит хотя бы тот факт, что, несмотря на прогресс в компьютерной технике, на сегодняшний день с этой задачей может справиться только мозг водителя (фактор водителя необходимо учитывать в системе управления автомобилем и в определении её стоимости: сегодня во всём мире ежедневно отдают управлению автомобилем несколько часов - и это при нехватке времени у людей - миллионы человек). Поэтому с задачей управления экипажем СТС справится недорогой контроллер с защитой в него программой управления, который будет контролироваться и управляться линейными компьютерами, объединёнными в сеть. В систему же управления автомобилем кроме водителя и исполнительных механизмов (руль, рулевая колонка, механизм поворота колёс, педали газа, тормоза и сцепления, механизм переключения скоростей и др.) входит и целая система визуализации информации, необходимой для управления, которая отсутствует в СТС: стеклоочиститель на лобовом стекле с механизмами приведения в движение и подачи моющей жидкости

(обеспечивают чистоту стекла и, соответственно, видимость дороги), фары, подфарники, габаритные огни, приборная панель, зеркала, звуковой сигнал и т.п.

Интерьер и экстерьер салона экипажа СТС и автомобиля будут примерно одинаковы и будут изменяться в широких пределах в зависимости от вкусов заказчика.

Кроме этого, в экипаже СТС и в самой транспортной системе отсутствуют такие элементы, как: бак для горючего (и, соответственно, цепочка сопутствующих элементов: заправочные станции по трассе, нефтеперерабатывающие заводы, выпускающие бензин и дизельное топливо, нефтепроводы, нефтяные скважины); система подачи топлива в двигатель; система отвода, глушения и дожигания выхлопных газов (например, ужесточение в ряде стран экологических требований к автомобилю в последнее время привело к значительному его удорожанию).

С учётом приведенных аргументов можно спрогнозировать, что при серийном производстве экипаж СТС будет в 1,5...2 раза дешевле легкового автомобиля или микроавтобуса такой же вместимости и комфортности и, таким образом, - доступнее для личного пользования (в перспективе, благодаря преимуществам СТС перед другими видами транспорта, может быть создана такая же обширная струнная транспортная сеть, что и нынешняя сеть автомобильных дорог).

### **3.2. Высокоскоростная железная дорога**

Высокоскоростные железнодорожные магистрали (ВСМ), рассчитанные на скорость движения поездов 250...300 км/час, находят все большее применение во всем мире. Их развитие признано приоритетным в транспорте и, например, Совет Министров Европейского Сообщества планирует вложить в их строительство около 300 млрд. экю (до 2010 г.).

Обычный железнодорожный транспорт не подходит для ВСМ. Более того, осадка земляного полотна под ВСМ не должна превышать 1 мм, поэтому при строительстве дороги придется вынимать слабые грунты на глубину в несколько метров. Слабые грунты, как правило, размещены в низинах, поймах рек, заболоченных участках и представляют естественную гидросистему, которая накапливает и распределяет влагу между реками. Засыпка грунта (и его уплотнение) в таких объемах нарушит естественный водоток, что будет иметь серьезные последствия: обезвоживание одних территорий, заболачивание других, потеря лесных массивов, пахотных земель и т.п. По сути дела насыпь высокоскоростной магистрали станет дамбой (плотиной) для

грунтовых и поверхностных вод. Кроме того, ВСМ потребует специального ограждения (с обеих сторон) и шумозащитных экранов, что станет непреодолимым препятствием для диких и домашних животных, сельхозтехники и т.п. В общей сложности для ВСМ понадобится отчуждение земли в размере 3,2 гектара/км (данные по Германии), а для всей трассы потребуется изъять у землепользователя 9820 гектаров земли, что превышает территорию некоторых небольших европейских государств, таких как Монако и Сан-Марино.

Трасса СТС не создаст каких-либо экологических проблем. Для нее не нужны насыпи, выемки, тоннели, мосты и путепроводы. Одна поддерживающая опора отнимет лишь около 1 кв. м земли, анкерная - 10 кв. м. На километре трассы СТС площадь отчуждения земли, таким образом, будет менее 100 кв. м, т.е. 0,01 га, а ширина условной полосы отчуждения будет в пределах 10 сантиметров. Это значительно меньше, чем отчуждение земли пешеходной дорожкой и даже - тропинкой.

СТС не критична к длине пролета, поэтому не только лес, но и отдельно стоящие деревья, которые попадают под опоры, могут не вырубаться, т.к. любая опора может быть смещена в ту или иную сторону прямо по ходу строительства.

Трасса СТС не будет препятствовать миграции почвенных и поверхностных вод, животных, пресмыкающихся, ведению сельскохозяйственных и др. работ и т.п.

СТС будет низковольтной трассой, поэтому она не создаст электромагнитных загрязнений и сможет проходить на большой высоте (до 100 метров) над жилыми постройками, сельхозугодиями, по заповедникам и заказникам. Отсутствие скользящих электроконтактов в паре “экипаж - контактная сеть”, невысокие (в сравнении с железной дорогой) электрические мощности экипажей исключают загрязнение окружающей среды радиопомехами.

СТС отличается крайне низким расходом материалов на свое сооружение, поэтому она будет и самой экологически чистой с технологической точки зрения. Например, однопутнюю трассу СТС такой же протяженности, что и железная дорога, можно построить из материалов всего одного железнодорожного рельса и каждой третьей шпалы (у железной дороги остаются еще второй рельс и 2/3 шпал, контактная сеть с медным проводом и поддерживающими опорами, мощная щебеночная подушка, земляная насыпь, мосты, путепроводы, виадуки и др.). Поэтому для строительства СТС не потребуется такое количество домен, руды и рудников (без которых нельзя получить сталь и медь), цементных заводов и заводов железобетонных изделий, грунтовых, песчаных и щебеночных карьеров, такого количества автомобильных и железнодорожных перевозок строительных

материалов, подъездных путей и т.п., что создало бы значительный дополнительный, иногда необратимый экологический гнет на природу.

Высокоскоростной поезд является достаточно сильным источником шума и вибрации почвы. Это и неудивительно. Ведь его масса - сотни тонн, длина - сотни метров, мощность двигателя - тысячи киловатт. Поезд имеет большое количество выступающих частей, разъемов, стыков, каждый из которых является источником шума. Одна колесная пара весит около тонны и она не может не стучать даже на микронеровностях пути, не говоря уже о макронеровностях, например, рельсовых стыках.

Экипаж СТС не имеет выступающих частей, кроме узких колес, выдвинутых на 10 сантиметров из корпуса. Ему не нужны даже стеклоочистители и фары (т.к. водитель отсутствует), которые при высоких скоростях движения также были бы источниками шума. Колеса могут быть выполнены из легких сплавов (нагрузка на одно колесо 500...750 кгс), поэтому масса их будет в пределах 10...20 кг. Таким образом, масса экипажа СТС будет в сотни раз меньше массы поезда, длина экипажа - короче в десятки раз, масса неподрессоренной части - меньше в сотни раз, а ровность пути движения - значительно выше (что может быть ровнее сильно натянутой струны?). Поэтому в сравнении с поездом ВСМ экипаж СТС будет в сотни раз более слабым источником шума и вибрации почвы.

Но главное преимущество СТС - дешевизна. Например, эксперты Европейского банка реконструкции и развития осуществляли экспертизу трассы ВСМ "С.Петербург - Москва" (660 км). По их мнению строительство ВСМ обойдется в 6...8 млрд. USD, стоимость проезда пассажира по ней - в 123 USD (примерно такие же данные и по западноевропейским ВСМ). Трасса ВСМ "Москва - Лондон (Париж)" может быть оценена в 30...40 млрд. USD, а стоимость проезда пассажира на плече 2830 км ("Москва-Лондон") - 520 USD. Эти цифры почти в десять раз выше, чем у СТС.

Средств, необходимых для строительства ВСМ "Москва - Лондон (Париж)" было бы достаточно для строительства обустроенных трасс СТС общей протяженностью 20...25 тысяч километров. Это позволило бы создать более протяженную сеть трасс СТС, чем предусмотрено Европейским Сообществом в "Европейском основном плане высокоскоростных линий (до 2010 г.)", в котором ставка сделана на создание сети трасс ВСМ, что обойдется европейским налогоплательщикам в 300 миллиардов экю.

### 3.3. Анализ возможности применения автотранспорта

Как известно, автомобильный транспорт на расстояниях свыше 200...400 км по отношению к железнодорожному и воздушному является не конкурирующим, а дополняющим инфраструктуру единой транспортной системы.

Неконкурентность автомобильного транспорта, как основного, для освоения пассажиро- и грузопотока по трассе “Москва-Лондон(Париж)” очевидна, поскольку:

- даже при условии строительства новой многополосной автострады реальная скорость и комфортность передвижения автомобильным транспортом будет гораздо ниже, чем у пассажиров СТС. Средняя скорость легкового автомобиля на трассе не превысит 100...110 км/ч, а у автобусов будет еще ниже. Это означает, что время в пути из центра г.Москвы в центр г.Лондона составит более суток при непрерывной езде и более двух суток из-за неизбежных остановок. В то время как экипаж СТС преодолет это расстояние за 7 часов 20 минут;

- под строительство скоростной автострады (с учетом необходимости устройства разделительных полос движения, многочисленных развязок в разных уровнях типа “клеверный лист”, полос разгона и замедления, стоянок для отдыха и т.д.) необходимо отвести полосу в 2,5...3 раза шире, чем под ВСМ, рассчитанную на такой же пассажиропоток и в 750...900 раз (!) шире, чем под СТС;

- выбросы вредных веществ в атмосферу на СТС будут ниже, чем на ВСМ, где они равны примерно 0,6 грамм на пассажиро-километр, в то время как на автотранспорте они составляют более 10 грамм на пассажиро-километр;

- экипажи СТС будут герметичны, что исключит сброс в окружающую среду вне специальных пунктов сбора в депо продуктов жизнедеятельности пассажиров и бытового мусора. В то же время, как показывает опыт, полоса вдоль автострады подвергается сильнейшему загрязнению бытовыми отбросами автопутешественников.

### 3.4. Сравнение вариантов использования авиации и СТС

При сравнении вариантов использования авиационного транспорта и СТС выбор в пользу последнего может быть сделан по следующим соображениям.

Исследования ученых-транспортников позволили установить четкие границы конкурентоспособности авиационного и железнодорожного транспорта. Речь идет о так называемых “транспортных нишах”, под которыми понимается тот диапазон

расстояний и скоростей, при которых транспортное средство доставляет пассажиров с наибольшими комфортом и скоростью и наименьшими энергетическими затратами.

При анализе исходят из того, что с точки зрения пассажиров важна не абсолютная величина скорости транспортного средства, а реальное время, проведенное ими в пути с учетом подъезда к аэропорту или вокзалу, ожидания на борту транспортного средства, времени, необходимого на багажные операции и т.д. При этом в качестве точки отсчета дистанции между населенными пунктами берут так называемые “зоны равной доступности”, находящиеся в центральной части городов. Поэтому, чтобы добраться из центра г.Москвы в центр г.Лондона авиапассажиру потребуется 6...7 часов, т.е. столько же времени, что и на СТС.

Однако, при всех этих сравнениях самым решающим является фактор экологической безопасности. У современных самолетов суммарный выброс вредных веществ в атмосферу достигает 300...400 г/пассажира-километр, т.е. в 500...600 раз выше, чем у ВСМ и, соответственно, СТС. Правда, при переходе авиации на самолеты с двухконтурными турбореактивными двигателями ожидается снижение этого показателя в 3...5 раз.

Основная масса выбросов самолетов концентрируется именно в районах аэропортов, т.е. около крупных городов - во время прохода самолетов 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. Даже переход на водородные авиадвигатели не решает эту проблему. Безвредные вблизи земли продукты выхлопа этих двигателей в виде водяного пара на больших высотах превращаются в кристаллы льда, экранирующие земную поверхность.

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).

Кроме того, здесь сказываются шумовые воздействия самолетов, особенно в районах аэропортов, и электромагнитные загрязнения от радиолокационных станций.

Очень важным в анализе является тот фактор, что под аэропорты необходимо отводить земли, по площади сопоставимые с полосой отвода

ВСМ, но расположенные в непосредственной близости от городов, а значит, более ценные.

Главным фактором будет стоимость путешествия, которая с учетом стоимости проезда в аэропорт и из аэропорта, будет в несколько раз выше в сравнении с СТС.

Таким образом, сравнение с авиацией в освоении пассажиропотоков на трассе “Москва - Лондон (Париж)” приводит к выводу о явных преимуществах СТС.

### **3.5. Возможность применения транспортных систем на магнитном подвесе**

Создание транспорта на магнитном подвесе (ТМП) требует решения крупных научно-технических проблем. Фактически ТМП, несмотря на строительство в ряде стран отдельных коротких участков, не вышел за пределы экспериментов. Рассмотрены варианты использования системы “Трансрапид” (ФРГ) с электромагнитным подвешиванием на высоту 10...15 мм и японской системы с электродинамическим подвешиванием и линейным синхронным двигателем (ЭДП с ЛДС), требующим использования эффекта сверхпроводимости. Объем капиталовложений в ТМП в 4...5 раз больше, чем в ВСМ и в 30...50 раз больше, чем в СТС. Например, стоимость запланированного строительства трассы “Трансрапид” “Берлин - Гамбург” (Германия) протяженностью около 300 км оценивается в 19 млрд. DM. Поэтому стоимость ТМП “Москва - Лондон (Париж)” может быть оценена в 120 млрд. USD.

За указанные средства трассу СТС “Москва - Лондон (Париж)” можно было продлить на запад (до Лиссабона, 1100 км, 2 млрд. USD), восток (до Владивостока, 8000 км, 14 млрд. USD), на север (до г.Хельсинки, 1000 км, 2 млрд. USD), на юг (до Стамбула, 1600 км, 3 млрд. USD) и еще построить в Европе и Азии свыше 50 тысяч километров высокоскоростных трасс.

## **4. Этапы реализации программы СТС**

В первую очередь должен быть завершен комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (25 млн. USD) по подбору, оптимизации и привязке к рельефу местности и условиям эксплуатации конструкторских, технологических, инженерных и других решений, ноу-хау, полученных в предыдущие 15 лет автором. Для этого разработана программа выполнения работ по транспортной линии и экипажу (по всем их элементам) с учетом заработной платы

конструкторов и других работников, стоимости материалов и комплектующих, оборудования, затрат на привлечение сторонних специализированных организаций и др. Программа составлена для условий Республики Беларусь, но с помощью поправочных коэффициентов она может быть легко переработана для условий любой другой страны.

Для выполнения указанных работ необходимо создание специального конструкторского бюро, нескольких научных лабораторий (динамики движения; систем управления, связи и безопасности; электропривода и энергообеспечения; прочности и надежности конструкций) и основных служб (генерального конструктора, главного экономиста, главного технолога, главного инженера, главного строителя, главного энергетика, главного связиста). При наличии соответствующего финансирования и 40...60 конструкторов в СКБ работы могут быть выполнены в течение 2...3 лет. Параллельно с НИОКР начнется проектирование опытного участка СТС протяженностью 10...20 километров.

Затем необходимо построить опытный участок двухпутной трассы (40 млн. USD) и изготовить опытные образцы экипажа (2 млн. USD). При наличии соответствующего финансирования эта работа может быть выполнена в течение 2...3 лет. Опытный участок может быть построен в той стране, где по мнению инвестора его инвестиции будут защищены, а по мнению разработчика - будут соответствующим образом защищены интеллектуальная собственность и авторские права. Соответственно в той же стране должно быть создано специальное конструкторское бюро.

Одновременно со строительством опытного участка могут быть начаты проектно-изыскательские работы по трассе, а также по другим транспортным линиям, если за это время на их проектирование поступят заявки. Это позволит занять к началу 21-го столетия лидирующие позиции на мировом транспортном рынке в области сверхскоростных дорог.

Наиболее целесообразно начинать строительство трассы СТС "Москва - Лондон (Париж)" с ее восточных участков "Минск - Москва" и "Минск - Варшава". В Республике Беларусь, Российской Федерации и Польше отсутствуют высокоскоростные транспортные магистрали, поэтому они в большей степени, чем другие страны нуждаются в создании сети высокоскоростных дорог. Это также будет способствовать ускорению интеграции указанных стран в Европейское Сообщество.

СТС благодаря своей высокой конкурентоспособности быстро сможет завоевать рынок высокоскоростного сообщения. Она создаст новую экономическую нишу, потеснив высокоскоростную железную дорогу, поезда на магнитном подвесе и авиационный транспорт.

### Литература:

1. “Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе”./А.Э.Юницкий.- Гомель, 1995. - 337с.:ил.
2. Юницкий А.Э. Линейная транспортная система. Патент Российской Федерации № 2080268 МПК В61В 5/02, В61В 13/00 Е01В 25/22. Приоритет 08.04.94 г., зарегистрирован 27.05.97 г.
3. Юницкий А.Э. Транспортное средство для струнных транспортных систем (2 варианта). Патент Российской Федерации по заявке № 97500229/49(005129) от 18.10.96 г. МКПО 12-03. Патентообладатель Юницкий А.Э.
4. Юницкий А.Э. Рельс для струнных транспортных систем. Патент Российской Федерации по заявке № 97500230/49(005130) от 18.10.96 г. МКПО 12-03, 25-01. Патентообладатель Юницкий А.Э.
5. Юницкий А.Э. Транспортное средство для струнных транспортных систем. Патент Республики Беларусь по заявке № 960075 от 18.10.96 г. МКПО 12-03, 12-13. Патентообладатель Юницкий А.Э.
6. Юницкий А.Э. Рельс для струнных транспортных систем. Патент Республики Беларусь по заявке № 960076 от 18.10.96 г. МКПО 12-03, 25-01. Патентообладатель Юницкий А.Э.
7. Юницкий А.Э. Рельс для струнных транспортных систем. Патент Казахстана по заявке № 970007.3 от 22.10.96 г. МКПО 25-01. Патентообладатель Юницкий А.Э.
8. Юницкий А.Э. Транспортное средство для струнных транспортных систем. Патент Украины по заявке № 97040152 от 18.10.96 г. МПКО 25-01. Патентообладатель Юницкий А.Э.
9. Anatoly E. Yunitsky. Linear transport system. Letters patent Republic of South Africa № 95/2888, 07.04.1995. International classification B65G.