

П.Т. Драчев, В.А. Кноль, А.Н. Никитин

**ПРОЕКТ**  
**«Ноосферные**  
**транспортные системы**  
**Сибири**  
**и**  
**Дальнего Востока»**  
**Итоги реализации**

Новосибирск  
2005

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

П.Т. Драчев, В.А. Кноль, А.Н. Никитин

**ПРОЕКТ**  
**«Ноосферные**  
**транспортные системы**  
**Сибири**  
**и**  
**Дальнего Востока»**  
**Итоги реализации**

Новосибирск 2005





**Юницкий Анатолий Эдуардович**, генеральный директор – генеральный конструктор ООО «Струнный транспорт Юницкого» (СТЮ), президент фонда «Юнитран» содействия развитию струнного транспорта (г.Москва). Автор более 120 изобретений, в том числе и принципиальной схемы СТЮ, 30 из которых использованы в строительстве, транспорте, машиностроении, электронной и химической промышленности, научных исследованиях в Российской Федерации, Республике Беларусь, Украине и других странах СНГ.

Действительный член (академик) РАЕН (1999 г.), Русской Академии (1998 г.) и Академии Нового Мышления (1996 г.).

Награжден почетным званием и знаком «Рыцарь науки и искусств» РАЕН, двумя золотыми медалями «Лауреат ВВЦ», медалью «Российская марка» за технологию струнного транспорта, проекты грузового и пассажирского модулей.

Родился в 1949 г. в д.Крюки Брагинского района Гомельской области

(Республика Беларусь). Сегодня это – выселенная и самая загрязненная радионуклидами территория Белоруссии, так как находится в пределах 10 км от Чернобыльской АЭС.

Работы над струнным транспортом осуществляет с 1977 г. За это время создана статическая и динамическая модели СТЮ, основы которой изложены в научной монографии автора «Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе» (1995 г.). Это позволило создать теорию безрезонансного движения колесного транспортного модуля по струнной путевой структуре до скоростей 600 км/ч при обеспечении более высокой ровности и жесткости пути в сравнении с современными балочными эстакадами для монорельсовых дорог и поездов на магнитном подвесе, а также снизить стоимость путевой структуры, опор и подвижного состава в сравнении с последними в 10-15 раз. Разработаны принципиально новые транспортные стандарты на струнную путевую структуру, промежуточные и анкерные опоры, анкерное крепление струны, рельс-струну, двухребордное стальное колесо и его независимую подвеску, автоматическое сцепное устройство, высокоскоростной пассажирский рельсовый автомобиль, стрелочный перевод, станцию, вокзал и грузовой терминал, на технологию строительства и организацию высокоскоростного движения.

В г.Озеры Московской области в 2001 г. построен опытный участок СТЮ, который является первым в мире реализованным полномасштабным фрагментом реальной струнной транспортной системы. Его протяженность 150 м, высота опор до 15 м, максимальный пролет 48 м, натяжение струн 450 тонн, уклон трассы 10 %, масса подвижной нагрузки – до 12 т. На полигоне прошли успешную апробацию методы расчета и выполнения проектно-изыскательских работ, технология натяжения и крепления струн, конструкция рельса-струны и двухребордного стального колеса, анкерных и промежуточных опор, а также – испытания на статическую и динамическую нагрузку и воздействие погодно-климатических факторов. Результаты комплексных испытаний позволяют разработчику приступить, при наличии заказа, к выполнению проектно-изыскательских работ по конкретным грузовым и пассажирским трассам СТЮ и промышленному производству струнной путевой структуры, опор и подвижного состава (пассажирского и грузового).

Научные труды по тематике СТЮ опубликованы автором в 5 монографиях, 28 докладах и статьях, создано 58 изобретений.



### 5.6.3. Струнная транспортная система Юницкого (СТЮ) – ноосферный транспорт XXI века (руководители П.Т. Драчёв, А.Н. Никитин, А.Э. Юницкий)

#### 5.6.3.1. *Мировой транспортный комплекс и его роль в устойчивом развитии*

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

Сначала на реках, водных путях, затем с развитием наземного транспорта вдоль и на пересечениях основных дорог, возникали и развивались малые и большие человеческие поселения. В начале XX века с развитием железных и автомобильных дорог экономический прогресс приобрёл невиданный в истории размах, укрепляя и обогащая экономику целых стран и континентов. Обеспечение транспортной доступности явилось основной причиной формирования городов. Доступность рабочих мест, учебных, оздоровительных и культурных центров, мест массового отдыха и развлечений, обеспечение возможности физического контакта людей друг с другом – вот что стягивало в одно место сначала тысячи, затем миллионы людей. Пространственный облик городов вначале формировал пешеход, затем, в течение столетий, транспортное средство, ведомое лошадью, а в 20-ом веке – железная дорога (в том числе трамвай и метро) и автомобиль (в том числе автобус и троллейбус). Исторически именно транспортные коммуникации и их инфраструктура сформировали пространственный облик современных городов и мегаполисов.

Именно из-за необходимости обеспечения транспортной доступности в современных городах образовалась такая сверхвысокая концентрация жилой и промышленной застройки, людей и связанных с ними теплового и газового обмена. Это приводит к разрушению естественных



растительных сообществ, обеднению фауны, изменению микроклиматических, геологических и гидрогеологических характеристик местности, абсолютному численному доминированию человека, а также предельным антропогенным преобразованиям коренного ландшафта. Уже сегодня до 50 % всех болезней людей в городах можно отнести к «градообразующимся». В первую очередь это болезни, ставшие результатами скученности проживания, а также – загрязнённости воздуха, шума, вибрации и электромагнитных излучений.

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

Развитие коммуникационных технологий может оказать существенное воздействие на экономическую деятельность и структуру населённых пунктов.

Транспортные и коммуникационные системы имеют ключевое значение для движения товаров и населения, обмена информацией и идеями, доступа к рынкам, рабочим местам, школьному образованию и другим услугам и землепользования как в пределах городов, так и между ними, а также в сельских и других удалённых районах. Отсутствие удобных, доступных, безопасных и эффективных систем общественного транспорта особенно неблагоприятно сказывается на людях, живущих в условиях нищеты, женщинах, детях, молодёжи, пожилых людях и инвалидах.

Транспорт – это огромная индустрия, и эту индустрию ожидают большие перемены, связанные с тремя основными факторами.

Первым фактором является изменение ситуации, связанное с проблемой энергетических ресурсов. Транспорт почти полностью зависит от нефти, запасы которой истощаются, и в конце концов наступит время, когда она станет недоступной для использования на транспорте. Различные способы повышения эффективности использования нефти могут отодвинуть, но не предотвратить наступление этого времени. Транспортным системам будущего придётся обходиться без нефти. Поскольку этот промежуток времени мал, необходимо исследовать различные возможности с тем, чтобы реализовать их в кратчайшие сроки.

Вторым фактором, диктующим необходимость перемен, является современное состояние самой транспортной системы. Она является устаревшей, а некоторые её элементы устарели уже давно, так как в неё вносились лишь небольшие и малосущественные изменения, не затрагивающие



вающие основ системы. Таким образом, необходимость перемен назревает в связи с тем, что существующий транспортный комплекс не может удовлетворять всем требованиям, которые к нему предъявляются.

Третьим фактором являются разработанные в последние годы новые технологии, способные привести к радикальным изменениям в способах транспортировки и разработке новой системы, которая будет лучше существующей.

Первоочередное внимание в транспортных системах следует уделять сокращению ненужных поездок посредством проведения надлежащей политики в области землепользования и связи; разработка политики в области транспорта, которая опиралась бы не на условия автотранспорта, а иные альтернативы: разработке альтернативных видов топлива и транспортных систем, использующих альтернативные виды топлива; улучшение экологических показателей существующих средств транспорта и проведение надлежащей политики ценообразования и принятие регулирующих мер.

Будущая транспортная система для перевозки пассажиров, мало- и среднетоннажных грузов как в городе, так и за его пределами должна удовлетворять многим противоречивым требованиям: высокая пропускная способность пути сообщения при малой площади занимаемой земли и низких затратах на его содержание и ремонт; минимальное негативное воздействие на окружающую среду при сохранении большого суточного пробега транспортного средства при снижении числа дорожно-транспортных происшествий; путь движения должен быть пригоден для движения и маневрирования общественных и индивидуальных транспортных средств.

Анализ использования традиционных видов пассажирского транспорта и формирующихся качественно новых тенденций в пассажиропотоках под воздействием автомобилизации показал, что обеспечение перевозок возможно только при принципиально новом подходе к организации транспортного процесса. Перспективным представляется модульный принцип организации транспортного процесса, получивший в западной литературе название РКТ (Personal Rapid Transit). Суть модульного принципа заключается в автоматизации управления подвижным составом (модулем) начиная от заявки на транспортную услугу и заканчивая высвобождением модуля из активного участия в перевозочном процессе и отправкой его на место хранения. По мере увеличения пассажиропотока модули автоматически могут объединяться в поезда.

Реализация модульного принципа организации транспортного процесса возможна на базе обособленной путевой структуры.



### **5.6.3.2. Традиционные и новые виды транспорта**

#### **Железнодорожный транспорт**

С момента его зарождения в начале 19 века в мире построено более миллиона километров железных дорог. В современных условиях километр двухпутной дороги стоит 3-5 млн. долларов США и более, пассажирский вагон – 1 млн. долларов США, электровоз – 10 млн. долларов США. Требуется при строительстве большого объема материальных ресурсов: металла, железобетона, щебня. Объем земляных работ в среднем около 50 тыс. м<sup>3</sup>/км. Отнимает у землепользователя свыше 5 га/км. В сложных географических условиях требует строительства уникальных сооружений – мостов, виадуков, эстакад, тоннелей, что значительно удорожает систему и усиливает негативное воздействие на окружающую среду.

Помимо шумового, вибрационного и других видов загрязнения участвует в загрязнении гидросферы (мойка оборудования, подвижного состава и его узлов в процессе эксплуатации и ремонта). В загрязненных водах содержатся нефтепродукты, щелочи, моющие средства, фенолы, соли тяжелых металлов, удобрения, ядохимикаты и многие другие органические и неорганические вещества. В России железнодорожный транспорт ежегодно потребляет более 1 млрд. м<sup>3</sup> воды. Объем сточных вод на предприятиях железнодорожного транспорта колеблется от 200 до 4000 м<sup>3</sup> в сутки. За год на каждый километр ж/д полотна выбрасывается до 12 т мусора и 250 кг фекалий. В год только в России под колесами поездов гибнет около 1 тыс. человек и миллионы животных.

#### **Автомобильный транспорт**

Построено во всем мире свыше 10 млн. км дорог, выпущено свыше 1 млрд. автомобилей. Современная автодорога стоит 3-5 млн. долларов США/км и более, изымает из землепользования свыше 5 га/км земли. Объем земляных работ превышает 50 тыс. м<sup>3</sup>/км. Среднестатистический автомобиль стоит около 15 тыс. долларов США, средневзвешенная скорость движения на дорогах 60-80 км/ч. Автотранспорт стал основным источником загрязнения в городах и в городских агломерациях. Выхлоп автомобиля содержит более 10 канцерогенных веществ и более 100 токсичных соединений. Источником загрязнения и истощения окружающей среды стал как собственно автотранспорт, так и сама трасса и ее инженерные сооружения, объекты обслуживания, особенно места хранения нефтепродуктов, автозаправочные станции, станции технического обслуживания, мойки и др., вызывающие деградацию природной среды на прилегающих территориях.

Строительство и эксплуатация насыпей и выемок автодорог приводит к деградации лесных массивов из-за заболачивания одних и обезвожива-



ния других прилегающих территорий.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) на автомобильных дорогах мира ежегодно гибнет свыше 900 тыс. человек, несколько миллионов становятся калеками, свыше 10 млн. получают травмы. Исследования показали тупиковый характер сверхавтомобилизации для современных городов.

### **Авиационный транспорт**

Самый экологически опасный и энергоёмкий вид транспорта. По своей токсичности современный реактивный лайнер эквивалентен 5-8 тысячам автомобилей и расходует столько кислорода на сжигание топлива, сколько необходимо его для дыхания более 200 тыс. человек. На восстановление содержания такого количества кислорода в атмосфере необходимо несколько тысяч гектаров соснового леса или ещё большая площадь планктона мирового океана. У современных самолётов суммарный выброс вредных веществ в атмосферу достигает 30-40 кг/100 пас. км. Основная масса выбросов самолётов концентрируется в районах аэропортов, т.е. около крупных городов – во время прохода самолётов на низких высотах и при форсаже двигателей. На малых и средних высотах (до 5000-6000 м) загрязнение атмосферы окислами азота и углерода удерживается несколько дней, а затем вымывается влагой в виде кислотных дождей. На больших высотах авиация является единственным источником загрязнения. Продолжительность пребывания вредных веществ в стратосфере много дольше – около года. Стоимость современных аэробусов достигает 100 млн. долларов США, затраты на строительство крупного международного аэропорта превышают 10 млрд. долларов США.

### **Высокоскоростные железные дороги (ВСМ)**

Максимальная скорость движения 400 км/ч, среднеходовая скорость 180-200 км/ч. ВСМ представляет собой обычную железную дорогу, но с улучшенной и усиленной путевой структурой (рельсы, шпалы) и подушкой (усиленная насыпь и балластное основание) и со специальным высокоскоростным подвижным составом. Стоимость километра дорог – 10-20 млн. долларов США, одного вагона – 2-3 млн. долларов США. Воздействие на окружающую среду более сильное, чем у обычных железных дорог.

ВСМ требует шумозащитных экранов, специальных ограждений для исключения выхода на путь крупных домашних и диких животных, так как столкновение с ними может привести к сходу поезда с пути. Насыпь ВСМ становится непреодолимым препятствием для диких животных, поверхностных и грунтовых вод.

### **Поезда на магнитном подвесе**

«Трансрапид» (Германия) с электромагнитным подвесом на обычных проводниках. При длине вагона 25 м зазор между подвижным составом и путевой структурой должен быть не более 10 мм, иначе подвес перестает



работать. Это предопределяет высокие и трудно реализуемые требования к строительству и эксплуатации. Стоимость трассы 20-30 млн. долларов США/км, одного вагона – 6-8 млн. долларов США. Необходимы большие объёмы материалов (железобетон, сталь) для проведения строительных работ. Скорость движения до 500 км/ч. Характеризуется сильным шумом при высоких скоростях движения. Имеет очень низкий общий энергетический коэффициент полезного действия – 13,6 %, т.е. несколько выше, чем у паровоза.

**«Маглев»** (Япония) – сверхпроводящая магнитно-левитационная железная дорога. Вагоны имеют сверхмощные и экологически опасные сверхпроводящие катушки, магнитное поле которых обеспечивает подвес на высоту 10-20 см. Скорость движения до 500 км/ч. Катушки, находящиеся в вагоне с пассажирами, охлаждаются тремя криогенными контурами: жидкого гелия, газообразного гелия и жидкого азота. В случае скачкообразной потери сверхпроводимости произойдет взрыв катушек с эквивалентом в несколько килограммов тротила. Стоимость километра трассы 20-30 млн. долларов США, одного вагона – более 10 млн. долларов США.

### **Монорельс**

Движение колёсной кабинки осуществляется по балке (ALVEG) или под балкой (SAFEGE), которая должна иметь большое поперечное сечение, благодаря которому обеспечивается устойчивость кабины. Характеризуется большим расходом материалов на пролетные строения, опоры. Из-за системы подвеса вагон имеет неблагоприятную динамику колебаний и плохую аэродинамику, поэтому монорельсовые дороги являются низкоскоростными, так как скорость в 200 км/ч для них недостижима. Стоимость 1 км монорельсовой трассы 4-10 млн. долларов США.

### **Троллейбус**

Используется как городской транспорт. Один из самых экологически чистых видов транспорта. Требуется строительство дорог с твердым покрытием и специальной инфраструктуры с контактной сетью. Поэтому троллейбусные трассы дороже автомобильных дорог. Стоимость современного троллейбуса около 500 тыс. долларов США.

### **Скоростной трамвай**

В последние годы получил развитие в США, Канаде, Европе, Юго-Восточной Азии, России, Украине. Скорость движения – до 120 км/ч. Стоимость трасс 3-5 млн. долларов США. Стоимость одного трамвая около 1 млн. долларов США.

Вышеперечисленные основные виды транспорта имеют разновидности. Однако анализ показывает, что существующие и новые виды транспорта имеют высокую стоимость и экологически опасны, требуют значительной площади отчуждения земель. Ни один вид транспорта не удовлетворяет требованиям норм по уровню шумов, а мероприятия по шумо-



защите удорожают обустройство скоростных магистралей. Это побудило авторов к созданию принципиально новой коммуникационной системы, исключающей недостатки существующих и включающей достоинства перспективных транспортных систем. При этом основным требованием при поиске решения было: система должна базироваться на хорошо известных и практически опробованных материалах, технологиях и технических решениях.

### 5.6.3.3. Струнная транспортная система – ноосферный транспорт XXI века

#### Принципиальная схема СТС

Струнная транспортная система (СТС) представляет собой струнный рельсовый путь, по которому осуществляют движение колёсные экипажи. Отличительной особенностью пути являются струны, находящиеся в теле рельса и натянутые до суммарного усилия 1000-5000 кН на один рельс. Струны жёстко прикреплены к анкерным опорам, а путевая структура поддерживается промежуточными опорами. При больших расстояниях между опорами путь поддерживается при помощи тросов и вант по типу подвесных мостов. Струны размещены в рельсе с прогибом в несколько сантиметров, увеличивающимся к середине пролёта 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 жёсткость путевой структуры, СТС позволит в перспективе достичь скоростей движения в 300 км/ч и выше.

#### Рельс-струна

Вариант конструкции рельса-струны представлен на рис.5.20.

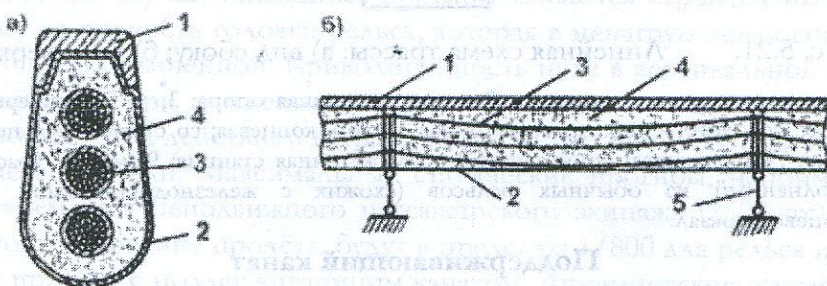


Рис. 5.20. Конструкция рельса-струны: а) поперечный разрез; б) продольный разрез;

1-головка; 2-корпус; 3-струна; 4-специальный наполнитель; 5-поддерживающая опора.

Головка каждого рельса при необходимости может быть токонесущей и электроизолирована от поддерживающей конструкции, опор и другого



рельса. Каждый рельс может иметь несколько струн (количество зависит от назначения трассы), которые набраны из стальных проволок диаметром 3...6 мм и натянуты суммарным усилием до 5000 кН для одного рельса или соответственно – до 10000 кН для путевой структуры и до 20000 кН 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). Жёсткое крепление струн осуществляется в анкерных опорах.

### Линейная схема трассы

Линейная схема трассы показана на рис. 5.21. Учитывая, что СТС мало 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 высокоскоростной трассы должны быть не менее 2 км.

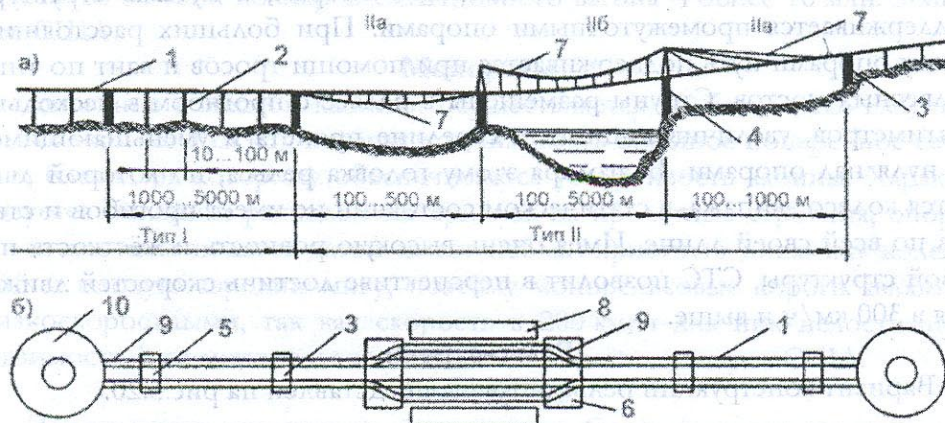


Рис. 5.21. Линейная схема трассы: а) вид сбоку; б) вид сверху;

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 (схожих с железнодорожными); 10-кольцевой вокзал.

### Поддерживающий канат

Поддерживающий канат, как и струна в рельсе, набран из проволок, изготовленных из высокопрочной стали. Проволоки помещены в защитный кожух. Свободный объём кожуха заполнен антикоррозионным наполнителем. Чем длиннее пролёт, тем больше диаметр каната. Например, канат диаметром 100 мм, благодаря низкой материалоемкости путевой структуры и малого её веса, обеспечит поддержание пролёта СТС длиной в 1000-1500 м, т.е. позволит перекрыть крупную реку одним пролётом.



## Жёсткость путевой структуры

Путевая структура СТС имеет низкую материалоемкость – около 100 кг на погонный метр однопутной трассы, и, в то же время, – высокие усилия натяжения струн. Поэтому она характеризуется малыми прогибами элементов конструкции как под действием собственного веса (табл. 5.22), так и движущихся экипажей.

Таблица 5.22

Прогибы конструкции СТС под действием собственного веса

| Длина пролета,<br>м | Статический (монтажный) прогиб элемента конструкции |               |                        |               |
|---------------------|-----------------------------------------------------|---------------|------------------------|---------------|
|                     | струны в рельсе                                     |               | поддерживающего каната |               |
|                     | абсолютный, см                                      | относительный | абсолютный, м          | относительный |
| 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. 5.22, характеризуют строительную высоту пролётов СТС, их ажурность и эстетическое восприятие.

Струны будут иметь монтажный прогиб, скрытый внутри рельса. Так, при пролёте 25-50 м относительный прогиб струны по отношению к длине пролёта 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 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, например, под действием веса неподвижного пассажирского экипажа (2500 кгс), размещённого в середине пролёта, будут в пределах: 1/800 для рельса и 1/2400 – для пролёта с поддерживающим канатом. Динамические прогибы конструкции при скоростях движения экипажа свыше 200 км/ч будут значительно ниже указанных значений (в пределах 1/10000...1/2000, или в абсолютном выражении – в пределах 5...15 мм). Приведённые цифры свидетельствуют о том, что СТС является более жёсткой конструкцией (по отношению к подвижному составу), чем рельсовый железнодорожный путь, относительный прогиб которого под действием расчётных нагрузок значительно выше (1/400).



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  $0,1 \dots 0,5$  с, а следующий за ним экипаж будет двигаться по невозмущённому, идеально ровному полотну.

Изменение температурных деформаций рельса-струны компенсируется изменением температурных напряжений и, вследствие этого, – изменением относительного прогиба пролёта 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 её поведение при изменении температуры аналогично поведению телефонного провода или провода линии электропередач, которые, так же как и струны в рельсе, подвешены к опорам с прогибом и тянутся без стыков на многие километры. Изменение температуры от  $-50^{\circ}\text{C}$  (зимой) до  $+50^{\circ}\text{C}$  (летом) приведет к изменению относительного прогиба пролёта в пределах  $1/5000$ , что практически не отразится на ровности пути. При этом напряжения растяжения в струне увеличатся зимой примерно на  $1000 \text{ кгс/см}^2$ , а летом, наоборот, – уменьшатся на те же  $1000 \text{ кгс/см}^2$ . 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  $100 \text{ км/ч}$ , составит величину  $1/10000 \dots 1/5000$ , 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, её можно вообще избежать. Кроме того, благодаря высоким контактным напряжениям в паре «колесо-рельс» (около  $500 \text{ МПа}$ ), образовавшийся лёд будет разрушаться при прохождении колеса и разлетаться в стороны.

### Опоры

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

Анкерные опоры, в зависимости от рельефа местности, будут размещены с шагом  $1 \dots 3 \text{ км}$ . Максимальные горизонтальные нагрузки испыты-



вают только концевые анкерные опоры (на них действует односторонняя нагрузка): до 2000 тс для двухпутной и до 1000 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, уравниваются друг друга.

Поддерживающие опоры, в зависимости от рельефа местности, будут установлены с шагом 10...100 м. Минимальная вертикальная нагрузка на опору (с учётом подвижной нагрузки) 10 тс (пролёт 10 м), максимальная – 50 тс (пролёт 100 м).

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 в пределах 15-20 м.

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 объёмов земляных работ. Это очень важно, так как приобретение земли под строительство всегда затрагивает чьи-либо имущественные права и является достаточно серьёзной проблемой. Над особо ценными землями трасса СТС может пройти одним пролётом (длиной до 2000 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.

Благодаря малым поперечным размерам опор и низким нагрузкам на них, облегчается и устройство их свайных фундаментов, что особенно важно в условиях вечной мерзлоты. Разработана конструкция сборно-разборной опоры для районов с вечномерзлыми грунтами, в которой исключены её деформации (просадка, перекося и др.), обусловленные оттаиванием и морозным пучением грунтов.

### **Подвижной состав струнного транспорта**

ОАО «Научно-производственная компания Юницкого» (Компания Юницкого) ведёт комплексную разработку путевой структуры и целого семейства оригинальных транспортных модулей различного назначения с различными расчетными скоростями для эксплуатации на трассах СТС. Привод модулей может быть автономным от двигателя внутреннего сгорания, дизель-генераторной установки или электрическим от контактной сети. Разрабатываются варианты транспортных модулей, как с автоматическим компьютерным управлением, так и с ручным. Рассматривается



возможность использования существующего автопарка в качестве подвижного состава струнной транспортной системы.

### **Пассажирский подвижной состав**

В городах и пригородах на трассе СТС будут эксплуатироваться автономные пассажирские модули – «Юнибусы», состоящие из трёх блоков – одного агрегатного и двух пассажирских (рис. 8.7). Агрегатный блок располагается в середине модуля, он имеет небольшую длину, и служит в основном для размещения двигательной установки. В зависимости от назначения, вместимость такого транспортного модуля может колебаться от 60 до 160 человек. В городе скорость его движения будет до 120 км/ч, в пригороде – до 180 км/ч. Помимо «Юнибусов» будут использоваться пассажирские эшелоны, состоящие из локомотива — энергетического модуля, и нескольких пассажирских вагонов. Вместимость такого эшелона 150-300 человек, скорость движения до 180 км/ч. Для междугородних перевозок будет использоваться высокоскоростной транспортный модуль «Автолёт» вместимостью 25 человек, со скоростью движения до 450 км/ч.

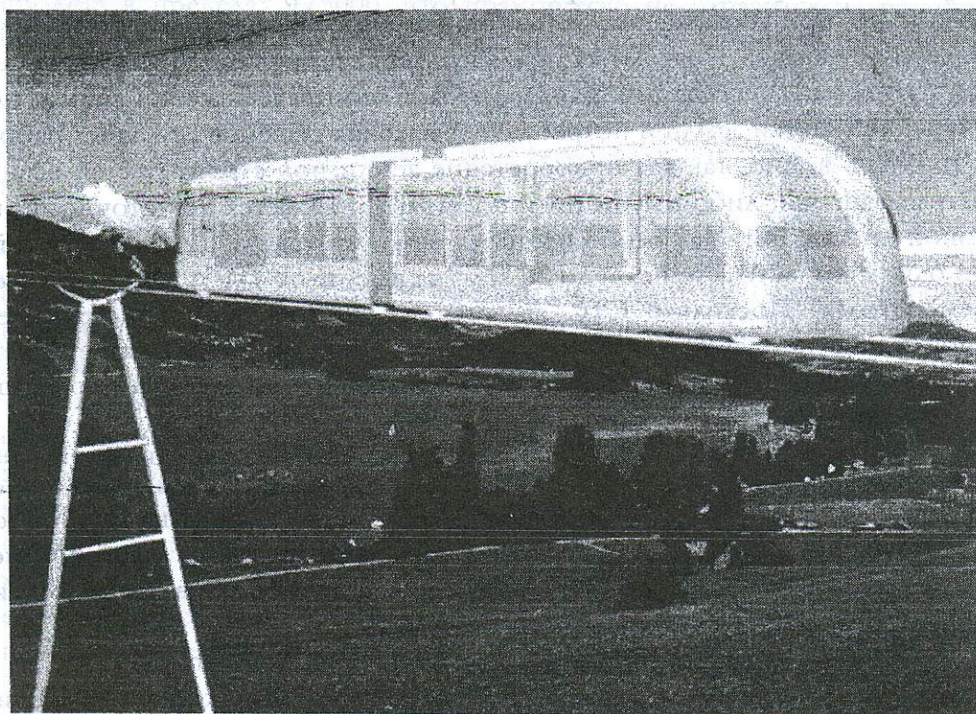


Рис. 8.7. Пассажирский модуль «Юнибус» для пригородных и городских перевозок на однопутной трассе СТС. Вместимость до 160 человек, скорость до 180 км/ч.

### **Грузовой подвижной состав**

Грузовой подвижной состав включает в себя локомотив, на котором установлен дизель-генератор мощностью 200 кВт, предназначенный для питания электродвигателей привода колёс. Все колёса состава выполнены



приводными и имеют независимую (автомобильную) подвеску. Каждое стальное колесо локомотива и грузового модуля имеет две реборды (гребня) высотой 50 мм, которые охватывают головку рельса с двух сторон, поэтому вероятность схода модулей с путевой структуры будет на порядок ниже, чем в существующем железнодорожном транспорте. Локомотив управляется машинистом и помощником машиниста и оборудован спереди и сзади кабинами.

Помимо локомотива состав включает в себя грузовые модули для сыпучих, наливных или контейнерных грузов. Также возможны варианты грузовых модулей-холодильников, модули для перевозки древесины и другие. Каждый грузовой модуль оборудован ведущим мостом с дифференциалом, который через карданную передачу соединён с электродвигателем мощностью 15 кВт. Электродвигатели привода колёс управляются из кабины машиниста. Модули связаны друг с другом и с локомотивом трубчатой жёсткой сцепкой, внутри которой размещена силовая электро-сеть, а также пневмосеть для тормозной системы состава. Конструкция сцепок позволяет осуществлять поворот состава на кривых радиусом 25 м. Ходовая часть подвижного состава (ведущие мосты, карданная передача, рессорная подвеска, тормозная система и др.) выполнена из узлов серийно выпускаемого в России малотоннажного автомобиля ЗИЛ-5301 «Бычок».

### Сравнение СТС с существующими видами транспорта

Как показывает анализ, по основным техническим и экономическим характеристикам струнная транспортная система превосходит существующие виды транспорта (табл. 5.23).

Таблица 5.23

Расчётная экономическая эффективность СТС по сравнению с существующими видами транспорта (отнесённая к пассажиропотокам свыше 1000 пас./ч)

| Вид транспорта                   | Экологические показатели                                          |                                                      |                                                      |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                  | удельный расход энергоресурсов (в л бензина на 100 пас.- или ткм) | выброс вредных веществ, кг/100 пас. км (или 100 ткм) | изъятие земли под транспортную систему **, га/100 км |
| Железнодорожный (до 100 км/час): |                                                                   |                                                      |                                                      |
| – магистральный                  | 1,1-1,4*                                                          | более 0,1                                            | 300-1000                                             |
| – пригородный                    | 1,2-1,5*                                                          | более 0,1                                            | 300-1000                                             |
| – городской:                     |                                                                   |                                                      |                                                      |
| метрополитен                     | 1,3-1,7*                                                          | более 0,1                                            | –                                                    |
| трамвай                          | 1,9-2,1*                                                          | более 0,1                                            | 50-100                                               |



| Вид транспорта                                    | Экологические показатели                                                   |                                                               |                                                                |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                                   | удельный расход<br>энергоресурсов<br>(в л бензина на<br>100 пас.- или ткм) | выброс вредных<br>веществ,<br>кг/100 пас. км<br>(или 100 ткм) | изъятие земли<br>под транспорт-<br>ную систему**,<br>га/100 км |
| Автомобильный<br>(100 км/ч):                      |                                                                            |                                                               |                                                                |
| – одиночный<br>автомобиль:                        |                                                                            |                                                               |                                                                |
| в городе (средняя за-<br>грузка 1,6 пас.)         | 4-6                                                                        | более 1                                                       | 200-300                                                        |
| вне города (средняя<br>загрузка 3,5 пас.)         | 1,5-2                                                                      | более 1                                                       | 300-500                                                        |
| – автобус:                                        |                                                                            |                                                               |                                                                |
| в городе                                          | 2,1-2,5                                                                    | более 1                                                       | 200-300                                                        |
| вне города                                        | 1,4-1,7                                                                    | более 1                                                       | 300-500                                                        |
| – троллейбус                                      | 1,9-2,5*                                                                   | более 0,1                                                     | 200-300                                                        |
| Авиационный:                                      |                                                                            |                                                               |                                                                |
| – дальняя авиация<br>(900 км/ч)                   | 4,7-9,2                                                                    | более 10                                                      | 20-50                                                          |
| – местная авиация<br>(400 км/ч)                   | 14-19                                                                      | более 20                                                      | 10-20                                                          |
| Морской (50 км/ч)                                 | 17-19                                                                      | более 10                                                      | 5-10                                                           |
| Речной (50 км/ч)                                  | 14-17                                                                      | более 10                                                      | 2-3                                                            |
| Нефтепроводный<br>(10 км/ч)                       | –                                                                          | более 1***                                                    | 50-100                                                         |
| Канатно-подвесные<br>дороги (10 км/ч)             | 0,3-0,5*                                                                   | более 1***                                                    | 20-30                                                          |
| Поезд на магнитном<br>подвесе (400 км/ч)          | 3,5-4,5*                                                                   | более 1***                                                    | 100-200                                                        |
| Высокоскоростная<br>железная дорога<br>(300 км/ч) | 2,5-3,5*                                                                   | более 1***                                                    | 300-500                                                        |
| Монорельс<br>(100 км/ч)                           | 1,5-2,5*                                                                   | более 1***                                                    | 50-100                                                         |
| Струнный транс-<br>порт****                       | 0,3-0,5*                                                                   | менее 0,1                                                     | 5-10                                                           |

\* – пересчитано из расчёта 1 л бензина = 8,78 кВт·ч электроэнергии; \*\* – трасса с инфраструктурой; \*\*\* – в виде разливов нефти и нефтепродуктов, выбросов природного газа и т.п.; \*\*\*\* – расчетная оценка.

Для строительства СТС необходимо намного меньше изъятной под дорогу земли, чем для других видов транспорта. Например, для постро-



ки 100 км железнодорожной трассы потребуется от 300 до 1000 га земли, а для СТС — только 5-10 га (табл. 5.24).

Таблица 5.24

Расчётная энергетическая и экологическая эффективность СТС по сравнению с существующими видами транспорта (отнесённая к пассажиропотокам свыше 1000 пас./ч)

| Вид транспорта                         | Технико-экономические показатели                         |                                                                                        |                                                                |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                        | стоимость трассы с инфраструктурой, млн. долларов США/км | относительная стоимость подвижного состава, тыс. долларов США на одно посадочное место | себестоимость пассажирских перевозок, долларов США/100 пас. км |
| Железнодорожный (до 100 км/ч):         |                                                          |                                                                                        |                                                                |
| – магистральный                        | 2-5                                                      | 10-50                                                                                  | 2-4                                                            |
| – пригородный                          | 2-5                                                      | 5-10                                                                                   | 2-4                                                            |
| – городской:                           |                                                          |                                                                                        |                                                                |
| метрополитен                           | 50-100                                                   | 5-10                                                                                   | 2-4                                                            |
| трамвай                                | 2-5                                                      | 5-20                                                                                   | 2-4                                                            |
| Автомобильный (100 км/ч):              |                                                          |                                                                                        |                                                                |
| – одиночный автомобиль:                |                                                          |                                                                                        |                                                                |
| в городе (средняя загрузка 1,6 пас.)   | 3-5                                                      | 1-5                                                                                    | 3-5                                                            |
| вне города (средняя загрузка 3,5 пас.) | 2-5                                                      | 1-5                                                                                    | 3-5                                                            |
| – автобус:                             |                                                          |                                                                                        |                                                                |
| в городе                               | 3-5                                                      |                                                                                        | 2-4                                                            |
| вне города                             | 3-5                                                      | 5-10                                                                                   | 2-3                                                            |
| – троллейбус                           | 3-5                                                      | 5-10                                                                                   | 2-3                                                            |
| Авиационный:                           |                                                          |                                                                                        |                                                                |
| – дальняя авиация (900 км/ч)           | 0,5-1                                                    | 100-200                                                                                | 10-20                                                          |
| – местная авиация (400 км/ч)           | 0,1-0,5                                                  | 50-100                                                                                 | 5-10                                                           |
| Морской (50 км/ч)                      | 0,1-0,5                                                  | 20-50                                                                                  | 2-5                                                            |
| Речной (50 км/ч)                       | 0,1-0,2                                                  | 10-20                                                                                  | 2-5                                                            |
| Канатно-подвесные дороги (10 км/ч)     | 1-2                                                      | 1-2                                                                                    | 5-10                                                           |



| Вид транспорта                              | Технико-экономические показатели                         |                                                                                        |                                                                |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                             | стоимость трассы с инфраструктурой, млн. долларов США/км | относительная стоимость подвижного состава, тыс. долларов США на одно посадочное место | себестоимость пассажирских перевозок, долларов США/100 пас. км |
| Поезд на магнитном подвесе (400 км/ч)       | 20-50                                                    | 100-200                                                                                | 2-5                                                            |
| Высокоскоростная железная дорога (300 км/ч) | 10-20                                                    | 20-50                                                                                  | 10-20                                                          |
| Монорельс (100 км/ч)                        | 4-10                                                     | 20-50                                                                                  | 10-20                                                          |
| Струнный транспорт****                      | 0,5-1,5                                                  | 1-3                                                                                    | 0,5-1,5                                                        |

\* – пересчитано из расчёта 1 л бензина = 8,78 кВт·ч электроэнергии; \*\* – трасса с инфраструктурой; \*\*\* – в виде разливов нефти и нефтепродуктов, выбросов природного газа и т.п.; \*\*\*\* – расчетная оценка.

Расположение во втором уровне даёт СТС большие преимущества перед другими видами транспорта в экологическом плане. Железнодорожные и автомобильные трассы являются труднопреодолимыми и опасными препятствиями для животных. В связи с тем, что трасса СТС не препятствует свободному проходу животных, её можно прокладывать даже на территории заповедника. СТС не требует невозполнимой вырубки деревьев, так как в случае прокладки её через лесной массив, трасса располагается над их кронами.

В городских условиях преимущества СТС объясняются тем, что путевая структура СТС не пересекается со сложившимися транспортными потоками на одном уровне, как, например, у автомобильного, железнодорожного транспорта и трамвая. Это приводит к тому, что транспортные модули СТС не стоят в «пробках», где увеличивается расход топлива и соответственно количество выбросов. Особенности конструкции струнного транспорта для достижения расчётных скоростей движения позволяют применять на нем двигатели малой мощности, потребляющие небольшое количество энергоресурсов и, соответственно, с минимальными вредными выбросами, которые, благодаря верхнему расположению трассы, будут выветриваться, а не скапливаться в виде смога. Прокладка трассы по городу оставляет возможность для свободного прохода пешеходов и проезда транспорта под ней без строительства дополнительных сооружений – подземных пешеходных переходов, тоннелей, мостов и др. Аварии, возникающие в результате пересечения путей различных видов транспорта на трассах СТС не возможны (по статистике, столкновения



поездов и трамваев с частным и общественным транспортом случаются довольно часто). Компактность трасс СТС и незначительное отчуждение земли под них представляют большие возможности для градостроителей-планировщиков в части территориально-пространственной организации городской застройки.

У СТС намного меньше твёрдых отходов эксплуатации, в то время как от автомобильного транспорта остаётся большое количество изношенных шин и других перерабатываемых отходов, засоряющих городскую и пригородную территории.

#### **5.6.3.4. Проблемы транспорта России**

Проблемы транспорта больших городов России при всём их разнообразии группируются вокруг узкого набора тем: переполнение городских улиц автомобилями, увеличение времени поездки и загрязнение окружающей среды.

В последнее время на первый план выдвигается проблема экологии транспорта. Ежегодно автотранспортными средствами выбрасывается в атмосферу более сотни миллионов тонн различных загрязняющих веществ: окиси углерода, окислов азота и серы, углеводородов, сажи и других. Во многих крупных городах на долю автотранспорта приходится 70 и более процентов от общего количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Так, например, по данным НИИ «Атмосфера» (Санкт-Петербург), вблизи автодорог города Санкт-Петербурга предельно-допустимая концентрация (ПДК) угарного газа (СО) превышена в 2-15 раз, а в жилой зоне у реки Невы – ПДК двуокиси азота (NO<sub>2</sub>) превышена в 6-9 раз. Являясь крупнейшим потребителем природного топлива, автотранспорт существенно влияет на увеличение концентрации в атмосфере угарного газа и, тем самым, на процесс глобального потепления климата в мире, результаты которого повлекут за собой повышение уровня Мирового океана, что приведёт к затоплению большого количества прибрежных территорий.

Причиной загрязнения окружающей среды является не только общественный и частный пассажирский автотранспорт. Большая доля в этом принадлежит грузовым видам транспорта – железнодорожному, воздушному, речному и морскому. Например, по оценкам специалистов, доля грузового флота в загрязнении кислотными дождями в Норвегии составляет от 5 до 40 %. Большую опасность представляют твёрдые и жидкие отходы эксплуатации транспорта.

В России большие выбросы загрязняющих веществ связаны, прежде всего, с тем, что используется устаревший и изношенный подвижной состав. В европейских странах существует ряд сертификационных нормативов экологической безопасности транспорта, например, EURO 1 и



EURO 2, требованиям которых не удовлетворяет производимая в России транспортная техника. В последние два десятилетия в тенденции развития городского транспорта произошла существенная смена приоритетов, что подтверждается Министерством транспорта России, выдвигающим следующие критерии его качества:

- привлекательность для пассажира, включающая безопасность, снижение времени поездки, комфорт, подразумевающий снижение шумов и вибраций, удобство посадки и высадки, климат и эстетику интерьера, наличие эффективных информационных систем и др.;

- экономическая выгодность для транспортной организации, определяемая стоимостью жизненного цикла, включающего начальную стоимость, расходы на энергопотребление, содержание и ремонт;

- экологическая привлекательность для города — минимизация выбросов в атмосферу, снижение внешних шумов, вибраций и электромагнитных излучений.

Исследования ведущих транспортников мира показали, что экологическое совершенствование традиционных видов транспорта не может создать альтернативу массовой суперавтомобилизации городов, поэтому необходимы активные работы в области нетрадиционных видов транспорта. Например, ещё в начале 1980-х годов было проведено специальное исследование, в котором была обоснована необходимость перехода в урбанизированных зонах на экологически чистые транспортные системы, проходящие во втором уровне.

Актуальность внедрения СТС подтверждается большим количеством существующих транспортных проблем. Необходимым условием обеспечения нормальной жизни любого города является удовлетворение растущей подвижности населения. В начале 20-го века эта проблема решалась путём интенсивного развития электрического рельсового транспорта — трамвая. По мере роста парка личных автомобилей трамвай стал постепенно рассматриваться как помеха автомобилю. Позднее выяснилось, что легковой транспорт не способен решить проблему пассажирских перевозок в городе. Как бы не расширялись магистрали, автомобиль насыщает их до создания пробок, скорость сообщения снижается до уровня 10 км/ч и вдобавок к этому, растущее загрязнение атмосферы начинает угрожать самой жизни в городе. В социальном плане появление нового вида городского транспорта предопределено необходимостью повышения качества жизни горожан, минимизации капитальных вложений и повышения их эффективности при строительстве городских транспортных систем, снижения эксплуатационных расходов и ограничения доступа легкового транспорта, особенно в исторические центры городов.

В случае с грузовыми перевозками существование мировых проблем по транспортировке грузов подтверждается тем, что в 1994 году 2-я Общевропейская Транспортная конференция определила 9 основных меж-



дународных транспортных («критских») коридоров (МТК), развитие которых необходимо в ближайшее время. Три из них проходят по территории России. В 1997 году третья Общевропейская Транспортная конференция к 9 коридорам добавила 4 Общевропейские транспортные зоны. МТК – это совокупность различных видов транспорта, обеспечивающих значительные перевозки грузов и пассажиров на направлениях их наибольшей концентрации в межгосударственных сообщениях. Их создание необходимо для того, чтобы транспортная проблема не стала препятствием в развитии мирового бизнеса.

Развитие МТК в России сильно сдерживается недостаточно развитой транспортной сетью, изношенностью подвижного состава, высокими ценами на грузовые перевозки и слабой системой логистических грузовых терминалов. Попытки решения транспортных проблем, ориентируясь только на развитие традиционных видов транспорта, не могут быть достаточно эффективны.

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

1. по удельному воздействию на окружающую среду транспортный модуль должен быть экологически безопаснее, чем троллейбус – выброс вредных веществ не более 100 г/100 пас. км, а по шуму при движении – безопаснее, чем электромобиль;

2. относительные энергозатраты на скоростное перемещение (200 км/ч) должны быть в 5-10 раз ниже, чем у современного легкового автомобиля – в пересчёте на бензин до 0,5 л/100 пас. км;

3. путевая структура изымет у землепользователя не более 0,1 га земли на один километр протяжённости трассы с инфраструктурой;

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

5. обеспечит себестоимость скоростного проезда на уровне современных пригородных электропоездов – до 1,0-1,5 долларов США/100 пас. км и 100 ткм;

6. двухпутная скоростная трасса с инфраструктурой должна стоить не дороже канатной дороги – до 1,5-2,0 млн. долларов США/км, при этом ресурсоёмкость транспортной системы (потребность в строительных материалах и конструкциях, объём земляных работ, расход чёрных и цветных металлов и т.п.) также будет на уровне канатной дороги;

7. транспортный модуль обеспечит комфорт для пассажира на уровне современного спального вагона железной дороги и при серийном производстве будет стоить не дороже легкового автомобиля (1-2 тыс. долларов



США на одно посадочное место);

8. транспортная система обеспечит безопасность движения на уровне авиапассажирских перевозок;

9. обеспечит пропускную способность одной трассы более 100 тыс. пас./сутки и более 100 тыс. т грузов в сутки;

10. будет многофункциональной коммуникационной системой – дополнительно обеспечит передачу по путевой структуре электрической энергии и электронной информации.

Для реализации такой коммуникационной концепции необходим принципиально новый транспорт XXI века. Таким транспортом станет струнная транспортная система.

#### **5.6.3.5. Область применения СТС и её роль в развитии регионов России**

В исторических центрах городов, а также в исторических застройках городов, сформировавшихся до строительства магистральных дорог и улиц можно было бы предложить осуществлять трассирование линий СТС на высоте 50-100 м на основных направлениях пассажирских перевозок и грузопотоков путём строительства многоэтажных домов-башен, с усиленной несущей способностью и организацией остановочных пунктов на верхних этажах (или крышах) этих домов. Такие дома-башни, имеющие несущий железобетонный каркас сечением 10×10 м, совмещённый с шахтами скоростных лифтов, будут выполнять роль анкерных опор в транспортной линии СТС и будут рассчитаны на действие горизонтального усилия величиной 1000 т. При этом помимо автомобилей, троллейбусов и трамвайного транспорта роль подвозящего транспорта будут играть вертикальные лифты в этих высотных домах.

Таким образом, исходя из технических требований трассирования струнных трасс в городах сеть остановочных пунктов можно было бы организовать для обеспечения пятисот метровой доступности от места проживания и места работы, с расстояниями, принятыми для метро, т.е. 1500-2000 м. Автоматическая организация движения позволит уплотнить сеть СТС в городской застройке, обеспечив пешеходную доступность в пределах 300 м, при этом расстояние между остановочными пунктами можно снизить до 1000 м. При этом сохраняется подвозящая роль автобуса и троллейбуса.

Таким образом, условно можно сказать о трассировании СТС с размером клетки 1 на 1 км в центральной части города, с увеличением стороны клетки до 1,5-3 км на его периферии.

Таким образом, в крупных городах СТС может составить полноценную альтернативу перевозкам на индивидуальном, автобусном и грузовом транспорте, а также – частично трамваю, скоростному трамваю и метро.



Что касается пригородного сообщения, то в настоящее время оно ориентировано на железнодорожные пригородные поезда, вылетные линии скоростного трамвая и индивидуальный транспорт. Анализ областей применения вышеуказанных транспортных средств показал, что СТС, как транспорт во втором уровне, может создать неограниченные возможности для территориально-пространственного начертания транспортных связей, что позволит полностью учесть особенности расселения пригородных населённых пунктов, включая сёла, по отношению к центру города. Так, например, в Московской области СТС могла бы быть протрассирована в пределах большого транспортного кольца (через города-спутники Москвы) Серпухов-Ступино-Коломна-Орехово-Зуево-Сергиев Посад-Дмитров-Клин-Волоколамск-Можайск-Обнинск с расстоянием от центра Москвы 45-60 км, а также могла бы связать областные города формирующего транспортного кольца Калуга-Тула-Рязань-Владимир-Тверь-Гагарин с радиусом 150-300 км. При этом организация грузового и транспортного сообщения могла бы осуществляться по указанным кольцам, так и между областными городами.

Указанная схема трассирования позволит организовать скоростное сообщение между городами и центром Москвы также в автоматическом режиме управления, что позволит «мягко» сочетать пригородное и городское сообщение, т.е. решить проблему, которая по настоящее время не решена: сочетание железнодорожного пригородного транспорта и метро.

СТС позволит по-новому взглянуть на перевозки между населёнными пунктами (грузовые и пассажирские). По всей видимости, основные линии такого сообщения должны трассироваться на основных стратегических направлениях, сообщениях национального и стратегического направления. При этом СТС позволит «мягко» сочетать международные, национальные и междугородные сообщения с пригородным грузовым и пассажирским сообщением.

Разумеется, этот вопрос требует серьёзных исследований и технико-экономических разработок.

Вместе с тем, уже сегодня можно утверждать, что междугородные сообщения могут развиваться на основных направлениях «Критских» коридоров.

Так, например, организация транспортного коридора № 2 Екатеринбург-Москва-Минск-Варшава-Берлин-Брюссель-Париж-(Лондон).

Страны Черноморского Экономического Содружества заинтересованы в сооружении вокруг Чёрного моря скоростной магистрали XXI века. Эта магистраль свяжет между собой все черноморские курорты, увеличит приток туристов и отдыхающих, повысит их активность и мобильность, усилит деловые и торговые отношения между Россией, Украиной, Румынией, Болгарией, Турцией, Грузией, Абхазией.

СТС могут строиться как технологические и специализированные



трассы: вывоз мусора за пределы мегаполисов; доставка руды из карьеров на обогатительную фабрику; транспортировка угля к тепловой электростанции; при лесозаготовках и разработке песчаных и гравийных карьеров; транспортировка нефти от месторождения к нефтеперерабатывающему заводу; поставка в большом объеме – порядка 100 млн. т в год – высококачественной природной питьевой воды в густонаселенные регионы мира на расстояние 5-10 тыс км и т.п. Отсутствие жёстких требований, предъявляемых к высокоскоростному транспорту, а также снижение требований к безопасности движения из-за отсутствия пассажиров, снизят стоимость СТС специального назначения в сравнении с высокоскоростными струнными трассами в 1,5-2,0 раза и более. Струнные дороги могут быть также грузовыми, пассажирскими (в том числе чисто туристического назначения) и грузопассажирскими магистралями.

В настоящее время большую значимость для Российской Федерации имеют грузовые перевозки, так как транспортная инфраструктура – один из основных факторов, влияющих на развитие промышленности. Современное состояние транспортного комплекса России не удовлетворяет спроса на перевозки и, соответственно, не способствует развитию промышленного сектора экономики. Это обуславливается несколькими факторами.

Во-первых, – недостаточно развита транспортная сеть. В России за всю историю построено менее 1 млн. км железных и автомобильных дорог, а в США (территория которых в 1,8 раза меньше) протяжённость только автомобильных дорог составляет свыше 6 млн. км. Такие коммуникации позволили в определенной степени достичь высоких темпов экономического развития и, по сути, являются основой экономики любого государства, её кровеносной системой.

Наиболее богатые природными ресурсами регионы России имеют наименее развитую транспортную инфраструктуру, в результате недр остаются невостребованными. В Красноярском крае, например, находится почти половина российских запасов редких и благородных металлов, 10 % топливно-энергетического сырья, 7 % чёрных и цветных металлов. Развитие экономики края связано в основном с инвестированием средств в действующие и перспективные объекты горнодобывающей промышленности. Между тем, объём добычи в денежном выражении в 2000 г. составил 0,01 % от стоимости балансовых запасов полезных ископаемых края. Существует потребность в вывозе с территории края угля, железной руды, цветных металлов, лесоматериалов, и ввозе нефтепродуктов, машин, оборудования и продовольствия. Большой спрос на перевозки внутри края: от горнодобывающих до горно-обогатительных комбинатов. В настоящее время основные грузовые и пассажирские потоки обслуживаются речным, железнодорожным и автомобильным транспортом. С севером края сообщение осуществляется лишь с помощью речного и авиа-



ционного транспорта и зависит от регулярного обслуживания морским флотом по Северному морскому пути. Попытки решить транспортные проблемы края, ориентируясь только на развитие традиционных видов транспорта, не могут быть достаточно эффективны. Строительство скоростной (300 км/ч) трассы СТС «Норильск-Красноярск» поможет их решению.

Во-вторых, сложились высокие цены на транспортные услуги. В настоящее время стоимость перевозки груза – одна из значительных составляющих конечной цены товара. Некоторые предприятия оказываются в невыгодных конкурентных условиях из-за высокой стоимости перевозки их продукции. СТС станет транспортом с низкой себестоимостью строительства и эксплуатации благодаря высокой технологичности, низкой материалоемкости и простоте конструкции. На строительство однопутной трассы СТС такой же протяженности, как железнодорожная трасса, потребуется в 2 раза меньше металла и в 3 раза меньше бетона. Для постройки электрифицированной железной дороги необходима также контактная сеть с медным проводом и поддерживающими опорами, мощная щебёночная подушка, земляная насыпь, мосты, путепроводы, виадуки и др. Себестоимость эксплуатации СТС также существенно ниже, чем железной дороги, при этом есть прямая зависимость от объёмов перевозимых грузов и протяженности трассы (таблицы 5.25-5.27).

Таблица 5.25

Стоимость однопутной равнинной грузовой линии СТС (без инфраструктуры), тыс. долларов США

| Показатели                              | Расстояние транспортировки, км |     |      |      |      |       |       |       |
|-----------------------------------------|--------------------------------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|
|                                         | 1                              | 5   | 10   | 25   | 50   | 100   | 150   | 200   |
| Путевая структура                       | 100                            | 500 | 1000 | 2500 | 5000 | 10000 | 15000 | 20000 |
| Опоры                                   | 90                             | 270 | 500  | 1250 | 2500 | 5000  | 7500  | 10000 |
| Проектно-изыскательские работы          | 20                             | 50  | 100  | 200  | 350  | 500   | 700   | 900   |
| Технологическое оборудование и оснастка | 20                             | 50  | 100  | 150  | 200  | 300   | 400   | 500   |
| Прочее                                  | 50                             | 100 | 150  | 400  | 800  | 1200  | 1600  | 2000  |
| Всего                                   | 280                            | 970 | 1850 | 4500 | 8850 | 17000 | 25200 | 33400 |

Таблица 5.26

Себестоимость транспортировки грузов по равнинной однопутной трассе СТС (в центах за 1 ткм)

| Объём перевозок, млн. т в год | Расстояние транспортировки, км |       |       |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
|                               | 1                              | 5     | 10    | 25   | 50   | 100  | 150  | 200  |
| 0,1                           | 72,82                          | 18,70 | 11,56 | 8,02 | 6,36 | 5,36 | 5,21 | 5,01 |
| 0,25                          | 30,45                          | 8,97  | 5,48  | 3,46 | 2,98 | 2,53 | 2,39 | 2,37 |



| Объём перевозок, млн. т в год | Расстояние транспортировки, км |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                               | 1                              | 5    | 10   | 25   | 50   | 100  | 150  | 200  |
| 0,5                           | 16,43                          | 4,87 | 3,04 | 2,45 | 1,75 | 1,56 | 1,45 | 1,43 |
| 1,0                           | 9,35                           | 2,76 | 1,76 | 1,29 | 1,07 | 0,98 | 0,96 | 0,94 |
| 1,5                           | 7,50                           | 2,21 | 1,46 | 0,97 | 0,88 | 0,82 | 0,77 | 0,75 |
| 2                             | 6,25                           | 1,79 | 1,21 | 0,87 | 0,75 | 0,70 | 0,67 | *    |
| 3                             | 4,80                           | 1,68 | 1,06 | 0,74 | 0,64 | 0,59 | *    | *    |
| 4                             | 4,27                           | 1,41 | 0,91 | 0,66 | 0,56 | *    | *    | *    |
| 5                             | 4,25                           | 1,25 | 0,90 | 0,63 | *    | *    | *    | *    |

\* – в данном случае строительство однопутной трассы нецелесообразно.

Таблица 5.27

Стоимость инфраструктуры в зависимости от объёма годовой транспортной работы, тыс. долларов США

| Показатели:                     | Транспортная работа, млн. ткм/год |        |       |        |         |         |         |         |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
|                                 | 0,1-1                             | 1,1-10 | 11-50 | 51-100 | 101-150 | 151-200 | 201-250 | 251-300 |
| Депо                            | 50                                | 200    | 300   | 400    | 500     | 600     | 700     | 800     |
| Заправочная станция и склад ГСМ | 10                                | 20     | 30    | 40     | 50      | 60      | 70      | 80      |
| Проектные работы                | 20                                | 40     | 50    | 100    | 150     | 200     | 250     | 300     |
| Прочее                          | 20                                | 30     | 40    | 60     | 80      | 100     | 120     | 140     |
| Всего                           | 100                               | 290    | 420   | 600    | 780     | 960     | 1140    | 1320    |

#### 5.6.3.6. Практическое внедрение струнного транспорта

В марте 2001 года в подмосковном городе Озёры был заложен символический камень – «нулевой километр» струнной транспортной системы. Таким образом, было обозначено начало строительства первого действующего участка будущей трассы СТС, фактически начатое в апреле 2001 г. и завершённое в октябре этого же года.

Построенные 150 м путевой структуры состоят из двух анкерных и трёх поддерживающих опор, и являются въездом на будущую трассу, продление которой запланировано в 2002 году. Малая анкерная опора представляет собой металлическую конструкцию, смонтированную на фундаменте, со специальными, расположенными на уровне земли, креплениями для рельсов-струн. Большая анкерная опора – это металлическая конструкция, сваренная из труб диаметром до полуметра, высотой 15 метров. Опытную трассу, предназначенную для проведения комплексных испытаний СТС, впоследствии планируется продлить до Москвы для осуществления пассажирских и грузовых перевозок.

В качестве имитатора транспортного модуля на первом этапе испыта-



ний используется модифицированный грузовой автомобиль марки «ЗИЛ-131» массой 7 т и грузоподъёмностью 5 т. Запланированные испытания проводятся при максимально допустимой загрузке автомобиля, для доказательства расчётной прочности и надёжности путевой структуры. В 2002 году будут изготовлены первые опытные образцы грузового и пассажирского транспортных модулей.

#### **5.6.3.7. Поддержка проекта СТС**

В 1998-2000 гг. в Российской Федерации выполнялся проект Центра ООН по населённым пунктам (Хабитат) № FS-RUS-98-S01 «Устойчивое развитие населённых пунктов и улучшение их коммуникационной структуры с использованием струнной транспортной системы». Реализация этого проекта позволила определить базовые критерии для внедрения СТС в условиях городских, пригородных и междугородных транспортных перевозок. При этом были определены пути апробации СТС с точки зрения её экономической, экологической и технической составляющих, а также по условиям комфортабельности и безопасности движения, с отработкой принципиальных подходов и разработке технологии строительства трасс в городских условиях, по морскому шельфу и в горах. Для проведения натурных работ по проекту был выбран регион г.Сочи, транспортная сеть которого переживает серьёзный кризис в связи с чрезмерной загруженностью дорожной инфраструктуры легковым автотранспортом. Практически отсутствует устойчивое транспортное сообщение города с уникальными высокогорными курортами. Именно это явилось причиной отказа Олимпийского комитета от проведения Зимних Олимпийских игр 2002 года в горах Кавказа.

В результате работы над проектом был подготовлен бизнес-план внедрения СТС в регионе Сочи и оценена его инвестиционная привлекательность. Благодаря несомненным преимуществам, строительство трассы струнной транспортной системы было включено в Федеральную целевую программу «Социально-экономическое развитие города-курорта Сочи на период до 2010 года». Помимо этого, выполнение проекта позволило провести ряд независимых международных и национальных экспертиз, которые подтвердили техническую состоятельность проекта. Также были получены авторитетные отзывы о струнной транспортной системе из Российской Академии транспорта.

В 2001 году в рамках Программы сотрудничества Госстроя России с Центром ООН по населённым пунктам (Хабитат) на 2002-2003 гг. был подписан проект № FS-RUS-02-S03 «Обеспечение устойчивого развития населённых пунктов и защита городской окружающей среды с использованием струнной транспортной системы», который был подготовлен с учётом рекомендаций 25-й специальной сессии Генеральной Ассамблеи



ООН «Стамбул+5», посвященных обеспечению устойчивого развития населённых пунктов и защиты окружающей среды. Такое развитие предполагает соблюдение принципов предотвращения загрязнения окружающей среды, учёта потенциальной ёмкости экосистем и сохранения их ресурсных возможностей для будущих поколений. Что касается транспортных систем, то они должны быть организованы таким образом, чтобы при их строительстве и эксплуатации была обеспечена надлежащая защита городской окружающей среды.

В рамках этого проекта на основе проведения комплексных социально-экономических исследований будет определена наиболее рациональная область применения струнной транспортной системы в пассажирских и грузовых перевозках в городском, пригородном и междугородном сообщениях.

СТС получила одобрение и поддержку от Администрации Московской области, Администрации Красноярского края. Активную поддержку проекту СТС оказывает Министерство транспорта РФ. С Администрацией г.Анапа подписан протокол о намерении о строительстве грузопассажирской трассы.

В декабре 2001 года на Международной выставке «Промышленность и транспорт: кооперация и сотрудничество – 2001», посвященной десятилетию СНГ, технология струнного транспорта, проекты пассажирского и грузового модулей отмечены тремя Золотыми знаками качества «Российская Марка», присуждаемым Национальной Программой продвижения лучших российских товаров, услуг и технологий «Российская Марка».

### **Заключение**

Струнная транспортная система станет одной из самых экологически безопасных, дешёвых, наименее энергозатратных и быстровозводимых ноосферных транспортных систем XXI века, представляющих собой стратегически выгодную сферу вложения капиталов, и будет одним из факторов, помогающих развитию рыночной экономики России. Внедрение струнной транспортной системы в практику грузовых и пассажирских перевозок окажет существенную помощь в решении транспортных проблем во многих странах мира и Российской Федерации. В глобальном плане распространение СТС приведёт к снижению экологической напряжённости во всём мире.

Внедрение струнного транспорта приведет к образованию новой отрасли, что позволит создать дополнительные рабочие места, построить заводы по строительству подвижного состава, обеспечить заказами существующие производственные предприятия, организовать специальные учебные заведения для подготовки кадров. В конечном счёте, СТС станет той налогооблагаемой базой, которая приведёт к увеличению притока налогов в федеральный и местные бюджеты.