

ПРОВОДИТСЯ ПО ИНИЦИАТИВЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

DUCTED ON THE INITIATIVE OF THE GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF BELA

## INTERNATIONAL CONFERENCE

ON THE DEVELOPMENT OF THE COMMUNICATION SYSTEM  
PARIS-BERLIN-WARSAW-MINSK-MOSCOW

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ПО РАЗВИТИЮ КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
ПАРИЖ-БЕРЛИН-ВАРШАВА-МИНСК-МОСКВА

Минск, Беларусь, 28-31 октября 1997г. \* Minsk, Belarus, 28-31 October 1997



НИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь  
Министерство иностранных дел Республики Беларусь  
Министерство внешних экономических связей Республики Беларусь

THE CONFERENCE IS ORGANIZED BY

The Ministry of Foreign Economic Relations of the Republic of Belarus  
The Ministry of Architecture and Constructions of the Republic of Belarus  
The Ministry for Foreign Affairs of the Republic of Belarus

18

## СОЗДАНИЕ СТРУННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ (СТС) «ПАРИЖ – МОСКВА»

---

**А.Э.Ющцкий** – генеральный конструктор исследовательского центра «Юнитран»

В Республике Беларусь исследовательским центром «Юнитран» разрабатывается принципиально новая высокоскоростная струнная транспортная система (СТС), которая может быть предложена Европейскому Сообществу в качестве основы для создания высокоскоростной составляющей Критских транспортных коридоров.

СТС представляет собой размещенную на опорах предварительно напряженную растянутую канатно-балочную конструкцию, по которой движутся специальные элек-

тромаблии грузоподъемностью до 5000 кг и вместимостью до 10 пассажиров. Запитка электрической энергией осуществляется через колеса, которые контактируют с токонесущими головками специальных рельсов. Все элементы путевой структуры весь период эксплуатации, то есть и зимой и летом, испытывают только напряжения растяжения.

Основу СТС составляют струны из высокопрочной стальной проволоки диаметром 1-5 мм каждая, собранные в пучок и размещенные с провесом внутри пустотелого рельса. Рельс монтируется таким образом, чтобы после фиксации струн путем заполнения полости рельса твердеющим наполнителем, например, эпоксидной смолой, головка рельса оставалась бы идеально ровной. Поэтому головка, по которой и будет двигаться колесо транспортного модуля, не имеет провесов и стыков по всей своей длине и монтируется в виде непрерывной сварной растянутой шлети.

Струны и рельсы жестко крепятся с помощью сварки на анкерных опорах. Под действием веса конструкции провесы струны, например, в размере 50 мм, будут иметь место в следующих случаях: усилия натяжения 100-500 тонн, длина пролета 25-50 м, масса рельсового пути 50-150 кг на погонный метр. Такие провесы легко спрятать, «защитить» внутри полого рельса высотой 15-20 см. Прогиб же смонтированного рельса с «защитым» в него провесом струны, под воздействием сосредоточенной нагрузки в 2000-3000 кг, а это вес микроавтобуса, будет в середине пролета в пределах 2-3 см.

Как показали исследования динамики движения экипажа по струнной путевой структуре, ее динамический прогиб уменьшается с ростом скорости движения экипажа. При скорости, превышающей 100 км/час, эти колебания пути, имеющие амплитуду менее 10 мм, остаются позади движущегося модуля, а затем затухают через 0,2-0,5 секунды. Поэтому, если следующий модуль в транспортном потоке будет двигаться позади предыдущего модуля с интервалом в 1 секунду, он будет перемещаться по невозмущенному, идеально ровному пути.

Наибольшее количество в СТС будет промежуточных опор, которые устанавливаются через 25-100 м. На одну анкерную опору приходится 20-50 промежуточных, которые и будут определять стоимость опорной части. СТС спроектирована таким образом, чтобы промежуточные опоры испытывали преимущественно только вертикальную нагрузку, причем незначительную - 5 тонн при пролете 50 м. Примерно такую же нагрузку испытывают опоры высоковольтных линий электропередач, поэтому они конструктивно и по материалоемкости близки друг к другу. Максимальные горизонтальные нагрузки испытывают только концевые анкерные опоры (на них действует односторонняя нагрузка): 1000 тонн для двухпутной и 500 тонн для однопутной трассы. Промежуточные (или технологические) анкерные опоры, устанавливаемые через 1-2 км, составят более 90% от всего количества анкерных опор. Они не будут испытывать значительных горизонтальных нагрузок в процессе эксплуатации трассы, так как усилия, действующие на опору с одной и с другой стороны, уравновешивают друг друга.

Исследования показали, что при воздействии полезной нагрузки, то есть веса транспортного модуля, напряжения растяжения в наиболее нагруженном элементе путевой структуры СТС, а это - струна, увеличивается на очень небольшую величину - менее чем на 1%. Поэтому таким влиянием можно пренебречь. Более значительно влияние температурных деформаций, чем пренебречь нельзя. Струна и рельс не будут иметь деформационных швов по длине, а схема их работы при изменении температуры аналогична работе телефонного провода, провода линии электропередач или каната висячего моста, которые аналогично подвешены к опорам с провесом и тянутся без стыков на многие километры.

В спроектированной для трассы СТС «Париж - Москва» путевой структуре расчетные предельные напряжения растяжения в струне приняты равными  $10000 \text{ кгс/см}^2$ , в головке рельса -  $3000 \text{ кгс/см}^2$ . При расчетном перепаде температур в  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  (раз в 100

лет, от +60 °С летом на солнце до -40 °С зимой) диапазон изменения напряжения растяжения в струне и рельсе составит 2550 кгс/см<sup>2</sup>, из них 2500 кгс/см<sup>2</sup> – это влияние температуры и только 50 кгс/см<sup>2</sup> – полезной нагрузки. Для струны СТС подойдет проволока, выпускаемая сегодня промышленностью для стальных канатов (предел прочности этой проволоки от 9000 до 30000 кгс/см<sup>2</sup>), а также – для предварительно напряженных железобетонных конструкций и канатов висячих и вантовых мостов. Для головки рельса-струны по своим физико-механическим свойствам подходит сталь, используемая для изготовления железнодорожных рельсов.

Необходимо отметить, что конструктивно СТС очень близка к висячим мостам: и здесь, и там имеются натянутые до высоких напряжений канаты (в висячих мостах до 12000 кгс/см<sup>2</sup> и выше), а также – балочные конструкции: в мостах это балка жесткости, в СТС – рельс-струна. В мостостроении за столетия накоплен значительный практический, экспериментальный и научный потенциал, который в полной мере использовался при проектировании СТС.

Поскольку влияние веса подвижного состава на напряженно-деформированное состояние рельса-струны невелико, то не составило особого труда спроектировать СТС с очень жесткой путевой структурой. Например, при пролете 50 м абсолютный статический прогиб пути от сосредоточенной нагрузки в 5000 кгс, размещенной в середине пролета, составит всего 12,5 мм или 1/4000 от длины пролета. Для сравнения: современные мосты, в том числе и для скоростных железных дорог, проектируют с допустимым относительным прогибом, в десять раз большим 1/400. Динамический прогиб пути СТС под действием подвижной нагрузки будет еще ниже – до 5 мм, или 1/10000 пролета. Такой путь будет для колеса транспортного модуля более ровным, чем, например, дно соляного озера, где, как известно, буквально на днях автомобиль впервые преодолел скорость звука – 1200 км/час.

Предельную скорость в СТС будет ограничивать не ровность и динамика колебаний пути, не проблемы по фрикционному контакте «колесо-рельс», а – аэродинамика. Поэтому вопросам аэродинамики в СТС уделено особо пристальное внимание. Нами получены уникальные результаты, не имеющие аналогов в современном высокоскоростном транспорте, в том числе и в авиации. Коэффициент аэродинамического сопротивления модели пассажирского экипажа, измеренной при продувке в аэродинамической трубе, составил величину  $C_x=0,075$ . Намечены меры по уменьшению этого коэффициента до  $C_x=0,05-0,06$ .

Благодаря низкому аэродинамическому сопротивлению двигатель мощностью 80 кВт обеспечит скорость движения десятиместного экипажа в 300-350 км/час, 200 кВт – 400-450 км/час, 400 кВт – 500-550 км/час.

Известно, что с увеличением скорости движения сцепление колеса с рельсом ухудшается. Для обеспечения скорости в 300-350 км/час в СТС коэффициент трения в паре «колесо-рельс» должен быть не менее 0,04 (чтобы обеспечить тягу в 100 кгс), 400-450 км/час – не менее 0,07 (требуемая тяга 180 кгс), что легко достижимо. Проблемы со сцеплением начнут возникать при скорости 500 км/час и выше, для обеспечения которой требуется тяга свыше 300 кгс. Но эта проблема в СТС также легко разрешима. Например, нами разработана принципиальная схема обрешиненного тягового мотор-колеса мощностью 100 кВт, которое обеспечит требуемое сцепление и тягу.

Однако, в достижении таких высоких скоростей в обозримом будущем не будет необходимости, так как оптимальной скоростью в СТС является скорость, лежащая в диапазоне 300-400 км/час. В этом случае будет легче обеспечить стопроцентную безопасность движения, к тому же будут снижены энергозатраты на проезд, стоимость которых в значительной степени определяет стоимость проезда в любом виде высокоскоростного транспорта, в том числе и в СТС.

СТС «Париж-Москва» проектировалась на скорость 400 км/час. При такой скорости пассажир из г.Париж доберется до центра г.Москвы (2770 км) за 7 часов 10 минут, то есть примерно за то же время, что и на самолете (если учесть потери времени авиапассажира на проезд в аэропорт и из аэропорта, на багажные операции и так далее). Себестоимость проезда из Парижа в Москву составит в этом случае 32 доллара США. При необходимости пассажир может сдать в багаж свой личный автомобиль, который прибудет в Москву одновременно с ним в грузовом модуле, который будет следовать за пассажирским экипажем. Эта услуга будет также недорогой – 30 долларов США. Трасса СТС будет практически пустой, «прозрачной», так как даже при пассажиропотоке 50 тысяч пассажиров в сутки расстояние между соседними экипажами в транспортном потоке в среднем составит 4 км, а интервал их следования – 35 секунд.

Степень проработанности СТС в настоящее время такова, что ее работоспособность и реализуемость не вызывает сомнений ни у разработчика, ни у экспертов. Главная причина того, почему программа СТС до сих пор не реализована практически, - отсутствие финансирования. Работы над струнным транспортом, вот уже в течение 15 лет, ведутся за счет автора и его энтузиазма, чего, безусловно, недостаточно. Нет и реальной государственной поддержки, хотя программу СТС поддержал и лично заинтересовался ею Президент Республики Беларусь Александр Лукашенко.

Если, например, финансирование создания СТС «Париж-Москва» будет открыто в 1998 году, то в 2002 году трасса может быть введена в эксплуатацию. Один строительный отряд сможет строить свыше 300 км трассы СТС в год. Поэтому 8 отрядов, работающих одновременно на разных участках, построят магистраль в течение одного года, 2001г. На разработку моторного блока ходовой части и салона транспортного модуля, электронных систем управления и безопасности, а также других составных элементов СТС в 1998 году будут объявлены международные тендеры. В них активное участие примут такие крупнейшие корпорации, как «Дженерал электрик», «Даймлер-Бенц», «Майкрософт», «Интел», «Мицубиси» и другие. Во-первых, потому, что работы будут оплачены, а, во-вторых, СТС – это новый рынок, причем очень емкий, который захотят освоить и занять со своей элементной базой упомянутые и другие корпорации. Разработку объявленных в тендер элементов СТС они завершат в течение 3-х лет, к 2001г. В 2001 году все эти системы, а также системы, созданные собственными силами, будут испытаны и оптимизированы на опытном участке, проектирование которого завершится в 1998 году, а построен он будет в 1999 году.

Общий объем затрат для трассы СТС «Париж (Лондон)-Москва» составит 5,7 млрд.долларов (протяженность трассы 3110 км), из них 5,2 миллиарда – на трассу и инфраструктуру, а 0,5 миллиарда – на подвижной состав. Затраты по годам: 1998г. – 10 млн.долларов, 1999г. – 100 млн.долларов, 2000г. – 500 млн.долларов, 2001г. – 5,1 миллиарда долларов. В 2002 году трасса, введенная в строй, начнет окупаться, и к 2006 году полностью окупит все затраты. Начиная с 2007 года, струнная магистраль будет давать в среднем около 2 млрд.долларов в год чистой прибыли, общий объем которой к 2016 году достигнет 20 млрд.долларов. Поэтому программа СТС станет очень привлекательной для инвесторов и полностью может быть реализована за счет негосударственных инвестиций и акционерного капитала.

Таковы планы. А вот будут они реализованы или нет, во многом зависит от Европейской комиссии. Она может выступить заказчиком на пилотный проект, ТЭО и бизнес-план создания трассы СТС «Париж-Москва», что станет началом широкомасштабной реализации программы «Высокоскоростной струнный транспорт».

# Рекомендации конференции

По развитию новейшего вида транспорта, как составляющей трансъевропейских коридоров № 2 и № 9:

1. Рекомендовать изучить возможность использования разработанной в Республике Беларусь исследовательским центром "Юнитран" струнной транспортной системы (СТС) в качестве высокоскоростной составляющей Критских транспортных коридоров.