

Высокоскоростной СТЮ «Ханты-Мансийск — Сургут»

Высокоскоростная междугородняя двухпутная струнная транспортная система по маршруту «Ханты-Мансийск — Сургут», на основе двухрельсового СТЮ, позволит сблизить административную и экономическую столицы ХМАО — Югры, а также включить в общую транспортную систему удаленные населенные пункты, расположенные в зоне влияния будущей трассы (см. рис. 1).



Рис. 1. Вариант трассировки высокоскоростного СТЮ на участке «Ханты-Мансийск — Сургут» (протяженность 250 км)

Вариант общего вида двухпутной высокоскоростной трассы СТЮ приведен на рис. 2, а вариант междугородней станции, совмещенной с городской станцией «второго уровня», — на рис. 3.

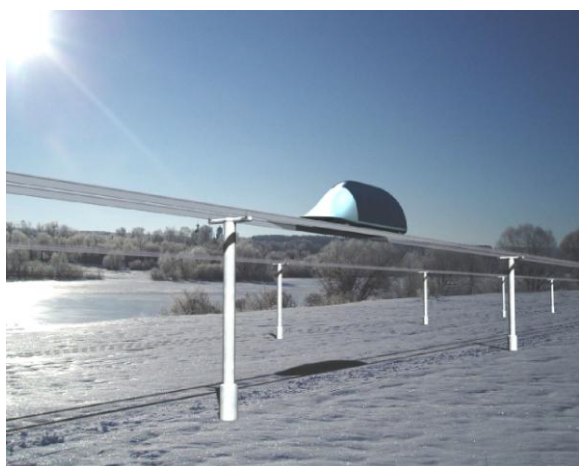


Рис. 2. Общий вид высокоскоростного СТЮ «Ханты-Мансийск — Сургут»

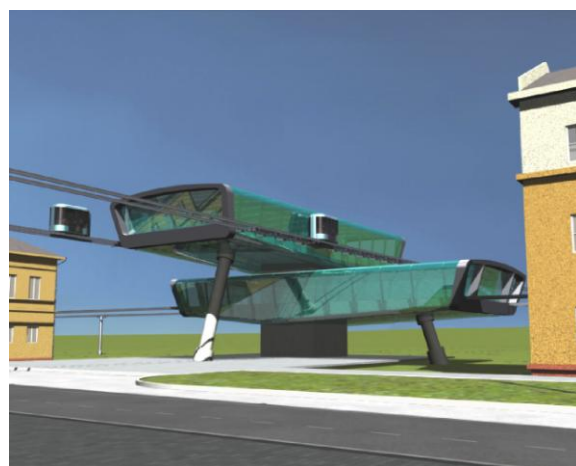


Рис. 3. Общий вид междугородней станции, совмещенной с городской станцией СТЮ

Основные технико-экономические показатели высокоскоростной двухпутной трассы «Ханты-Мансийск — Сургут»:

Наименование показателей	Показатели
Технические показатели	
Протяженность трассы, всего, км:	250
В том числе на участках:	
Ханты-Мансийск — Пойковский	165
Пойковский — Нефтеюганск	38
Нефтеюганск — Сургут	47
Средняя высота путевых опор, м	8—10
Среднее расстояние между опорами, м	30—40
Пассажировместимость транспортных модулей, пасс.	8—10
Грузоподъемность грузовых транспортных модулей, т	1—1,5
Мощность привода транспортного модуля, кВт	80—150
Средняя путевая скорость, км/час	250—300
Максимальная провозная способность трассы (в обоих направлениях):	
- млн. пасс./год	25—30
- млн. т/год	2,5—3
Суточный цикл работы	круглосуточно
Сезонный цикл работы	круглогодично
Металлоконструкции, т/км	200—250
Железобетонные конструкции, куб. м/км	150—200
Инвестиционные показатели	
Стоимость двухпутной путевой структуры и опор, млн. руб./км	18—20
Стоимость подвижного состава, млн. руб./км, при двухстороннем объеме перевозок:	
- 1 млн. пасс./год	1,5—2
- 3 млн. пасс./год	4,5—6
- 5 млн. пасс./год	7,5—10
Стоимость оборудования системы контроля и управления, млн. руб./км	1—1,5
Эксплуатационные показатели	
Минимальное количество обслуживающего персонала (в 3 смены), чел.	3×(25—30)
Стоимость расходных материалов, тыс. руб./км×год	100—150
Долговечность путевой структуры, годы	100
Эксплуатационный срок подвижного состава, годы	20—25
Себестоимость высокоскоростных перевозок на 250 км (скорость 300 км/ч):	
- пассажиров, руб./пасс.	60—80
- грузов, руб./т	400—600

Наиболее ответственным элементом, определяющим все основные технико-экономические показатели высокоскоростной транспортной системы «второго уровня», станет рельс-струна. Только от него, в частности, зависит надежность, долговечность и безопасность высокоскоростной системы, ровность пути и комфортность движения высокоскоростных рельсовых автомобилей — юнибусов, технологичность монтажа и стоимость строительства и др.

Рельсы-струны, установленные пролетами по 30—40 м на промежуточных опорах и закрепленные в анкерных опорах, отстоящих друг от друга на расстоянии 1—5 км и более, отнесены к разновидности висячего моста, в котором растянутый элемент (струна) размещен внутри балки жесткости (корпуса рельса) и омоноличен с ней специальным бетоном. Это позволило определить в технических условиях, разработанных ООО «СТЮ», методику статических и динамических расчетов рельсо-струнных пролетов в условиях ХМАО — Югры, максимальные и минимальные расчетные температуры (соответственно +55 °С и –55 °С), расчетные ветровые нагрузки на рельс-струну (74,5 кгс/м²) и юнибус (41 кгс/м²), а также — другие нагрузки и воздействия на путевую структуру и промежуточные опоры и их опасные сочетания.

В качестве примера для расчета взята рельсо-струнная путевая структура высокоскоростной трассы «Ханты-Мансийск — Сургут» колеей 1,5 м. Для этого разработана конструкция рельса-струны высокоскоростного СТЮ и выполнен комплексный расчет его напряженно-деформированного состояния, в том числе — определены наиболее опасные нагружения и максимальные напряжения конструкции при различных расчетных температурах: максимальной (+55 °С), минимальной (–55 °С) и температуре сборки (0 °С). Например, определено, что максимальный изгибающий момент и, соответственно, максимальные напряжения в головке и корпусе рельса будут в сечении над опорой в момент нахождения колеса юнибуса на расстоянии 2,25 м от опоры (для одиночного юнибуса), либо когда сцепка из двух юнибусов будет находиться точно над опорой.

Размах напряжений в струне при максимальном расчетном нагружении (проезд двух высокоскоростных юнибусов в сцепке) составит величину менее 0,1% от величины напряжений в струне (предварительных и температурных). Это означает, что нагрузка на струну — статическая и поэтому циклической составляющей можно

пренебречь. Поэтому по любым существующим сегодня в России и за рубежом методикам расчета струна высокоскоростного СТЮ обеспечит срок службы по выносливости не менее 100 лет.

Расчеты также показали, что максимальные горизонтальные тормозные усилия от потока юнибусов, передаваемые от рельсов-струн на верх промежуточных опор, невелики (около 50 кгс), поэтому опоры могут быть выполнены легкими, ажурными, без мощного фундамента и, соответственно, — недорогими.

Основную вертикальную жесткость под расчетной нагрузкой рельсо-струнного пролетного строения в СТЮ определяет не рельс (корпус и головка рельса, а также бетонный заполнитель), а — струна: соответственно 5—9% и 91—95%. Это отвечает названию транспортной системы — струнная (а не рельсовая). Соответственно, требуемая ровность пути на пролете (относительная неровность — не более 1/1500, или абсолютная — менее 20 мм на пролете 30 м) обеспечивается, в основном, также струной, а не рельсом. В свою очередь это обеспечит комфортные условия высокоскоростного движения (300—360 км/ч) не только для пассажиров (вертикальные ускорения в салоне юнибуса — до 0,5 м/с²), но и для колеса — максимальные вертикальные ускорения в опорной части обода колеса будут до 10 м/с², а ступицы — до 2 м/с².

В качестве элемента струны рекомендована высокопрочная оцинкованная стальная проволока диаметром 3 мм производства Волгоградского завода «ВолгоМетиз» с пределом текучести 19.690 кгс/см². Высокая прочность проволок позволяет увеличить допустимые напряжения в струне до 15.750 кгс/см². При этом, благодаря иной схеме работы струны в СТЮ в сравнении с напрягаемой арматурой в мостах, несмотря на увеличенные допустимые напряжения, запас прочности струны (более 400 раз) по воздействию на нее подвижной нагрузки, будет беспрецедентно более высоким, нежели у несущей арматуры в любой другой известной строительной конструкции самого высокого уровня ответственности. Струна может быть разрушена расчетной подвижной нагрузкой лишь при условной температуре –211 °С (эта температура значительно ниже температуры жидкого азота), поэтому высокоскоростной СТЮ может быть рекомендован к строительству в самых суровых природно-климатических условиях, в том числе на Крайнем Севере.

Отказ от железнодорожных стандартов — колесных пар, реборд на колесе, конуса на опорной части колеса и цилиндрической опорной поверхности головки рельса — снизил контактные напряжения в СТЮ в паре «цилиндрическое колесо — плоская головка рельса» по сравнению с железной дорогой в 10—15 раз. Это повысит в несколько раз долговечность рельса, уменьшит его износы, снизит шумы при качении колеса, улучшит его сцепление с рельсом, а также существенно снизит затраты энергии и мощность привода на преодоление сопротивления качению колес высокоскоростного подвижного состава.

В результате расчетов была уточнена конструкция рельса-струны (см. рис. 4): струна набрана из 220 высокопрочных проволок диаметром 3 мм, суммарное усилие предварительного натяжения которых 221,8 тс (при температуре 0 °С). С учетом же преднапряжения головки и корпуса рельса суммарное усилие натяжения рельса-струны составит 259,0 тс. При этом поперечные размеры рельса-струны составят: ширина 100 мм, высота 223 мм, а его погонная масса будет равна 71,8 кг/м, из них: корпус рельса (с головкой) — 28,6 кг/м, струна — 12,2 кг/м, бетонный заполнитель корпуса — 30,8 кг/м, крепление струны к корпусу рельса — 0,2 кг/м, причем на сталь придется чуть больше половины массы — 41 кг/м.

Металлоемкость рельса-струны высокоскоростного СТЮ столь низка, что, например, из материала одного железнодорожного рельса Р-75 протяженностью 1 км можно построить однопутную рельсо-струнную путевую структуру такой же протяженности. При этом оставшихся 18 кг/м металла (около 25 кг/м стали на железной дороге дополнительно уходит на крепление одного рельса к шпалам — на подкладки, болты, пружины и т.д.) будет достаточно, чтобы поставить на этом же километре 33 стальные опоры СТЮ высотой 3—5 м. Поэтому при одинаковой исходной цене одних и тех же марок сталей, в серийном производстве и при том же уровне механизации, который достигнут сегодня в железнодорожном строительстве, серийное строительство высокоскоростного СТЮ обойдется, в одних и тех же природно-климатических условиях, по меньшей мере, в два раза дешевле, чем обычной (а не высокоскоростной, которая в 20—30 раз дороже) железной дороги (ведь железной дороге еще необходимы шпалы, щебеночная и песчаная подушки, земляная насыпь, мосты, путепроводы, водопропускные трубы и т.п., в том числе — в 50—100 раз больший землеотвод).

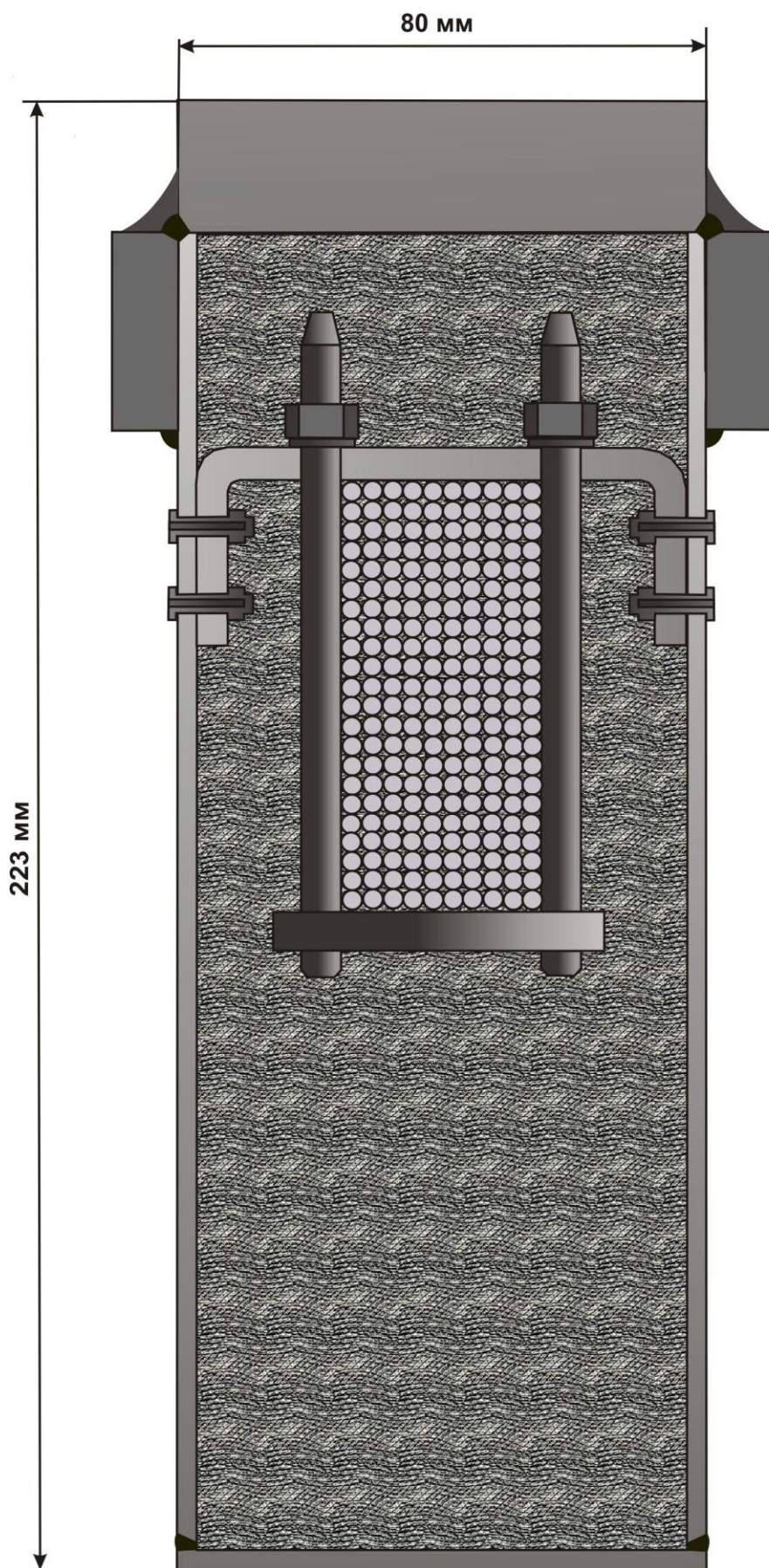


Рис. 4. Конструкция рельса-струны высокоскоростного СТЮ колеей 1,5 м (масштаб 1:1)