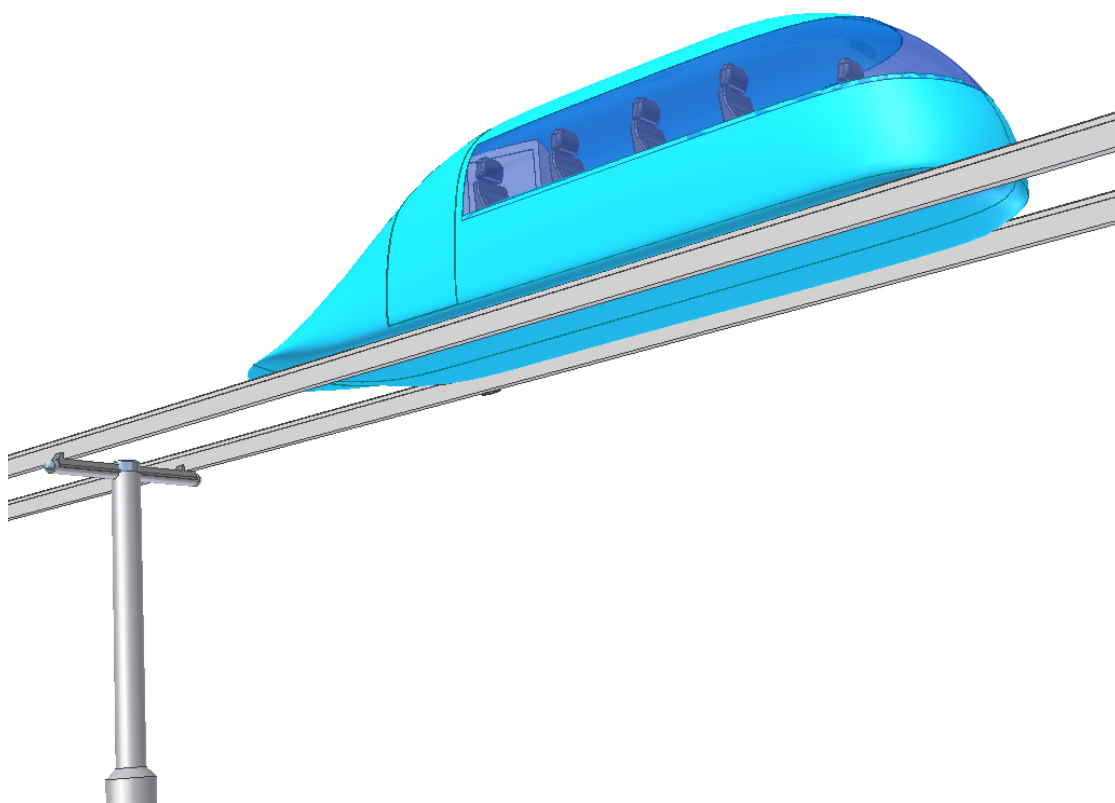




115487, Москва, ул. Нагатинская, 18/29  
тел./факс: (495) 680-52-53  
тел./факс: (499) 616-15-48  
e-mail: info@unitsky.ru  
http: //www.unitsky.ru  
skype: Anatoly Unitsky

## **Юнибусы моделей Ю-321РТ и Ю-321РЕ в составе СТЮ колеи 1500 мм**

### **Краткое описание**



## Содержание

1. Назначение, область применения и цель разработки .....	3
2. Технические характеристики юнибусов .....	3
3. Основные технические решения, используемые при разработке юнибусов .....	8
4. Техничко-экономические показатели юнибусов .....	16
5. Путевая структура для движения высокоскоростных юнибусов .....	19
5.1. Рельс-струна .....	20
5.2. Струна .....	22
5.3. Рельсо-струнная путевая структура .....	22
5.4. Опоры .....	23
5.5. Инфраструктура «второго уровня» .....	24
6. Организация движения юнибусов по высокоскоростной трассе СТЮ .....	24
7. Потребительские характеристики низкоскоростных (городских) и высокоскоростных (междугородных) юнибусов колеей 1500 мм .....	26
7.1. Комфортность .....	26
7.2. Безопасность .....	29
7.3. Всепогодность .....	32
7.4. Экологичность .....	33
7.5. Доступность .....	36
7.6. Другие экономические и неэкономические факторы .....	36
8. Организация разработки и производства юнибусов .....	38
8.1. Сроки разработки .....	38
8.2. Головной разработчик и соисполнители разработки .....	38
8.3. Количество изготавливаемых опытных образцов, место проведения испытаний .....	39

## 1. Назначение, область применения и цель разработки

Высокоскоростные пассажирские рельсовые автомобили — юнибусы моделей Ю-321РТ и Ю-321РЕ, имеющие колею 1500 мм, — предназначены для высокоскоростного междугородного двухрельсового струнного транспорта Юницкого (СТЮ) колеей 1500 мм, обеспечивающего комфортные, безопасные и всепогодные грузопассажирские междугородные перевозки на маршрутах протяженностью до 10000 км.

Целью разработки опытного образца высокоскоростного юнибуса является проверка конструкторских и технологических решений и уточнение отдельных характеристик, для использования их при разработке конструкций подвижного состава высокоскоростной междугородной двухпутной струнной транспортной системы «второго уровня», например, на маршрутах «Москва — Минск», «Москва — Санкт-Петербург», «Москва — Нижний Новгород» и др. Эти же юнибусы могут эксплуатироваться и как городской скоростной транспорт (с ограничением скорости до 120 км/ч), как на участках междугородных высокоскоростных трасс СТЮ, входящих в город или проходящих через него, так и на сугубо городских трассах «второго уровня» с колеей 1500 мм.

Юнибусы разрабатываются впервые, заменяемое изделие отсутствует.

## 2. Технические характеристики юнибусов

Высокоскоростные пассажирские юнибусы в данном кратком описании представлены в двух принципиально различных вариантах исполнения:

- модель Ю-321РТ — с использованием в качестве силового агрегата дизельного двигателя (см. рис. 1);
- модель Ю-321РЕ — с использованием в качестве силового агрегата асинхронного электродвигателя (см. рис. 2).

Технические характеристики юнибусов базовых моделей Ю-321РТ и Ю-321РЕ приведены в табл. 1.

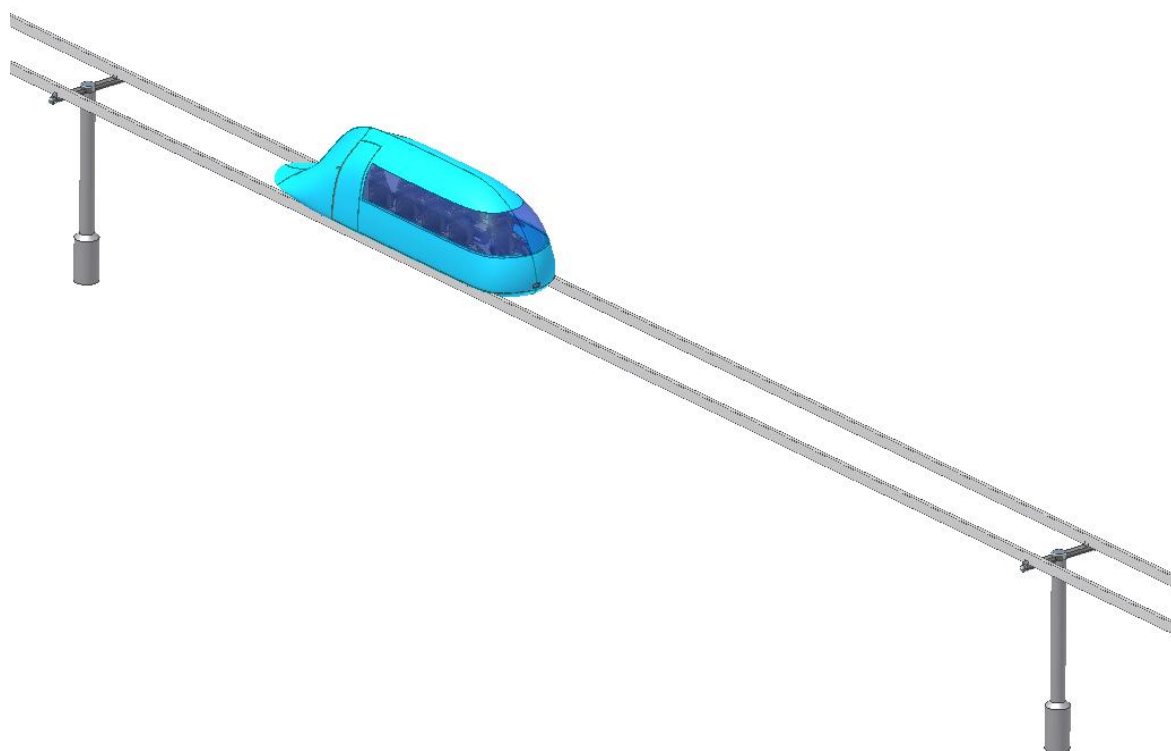


Рис. 1. Общий вид высокоскоростного юнибуса модели Ю-321РТ (вид сверху)

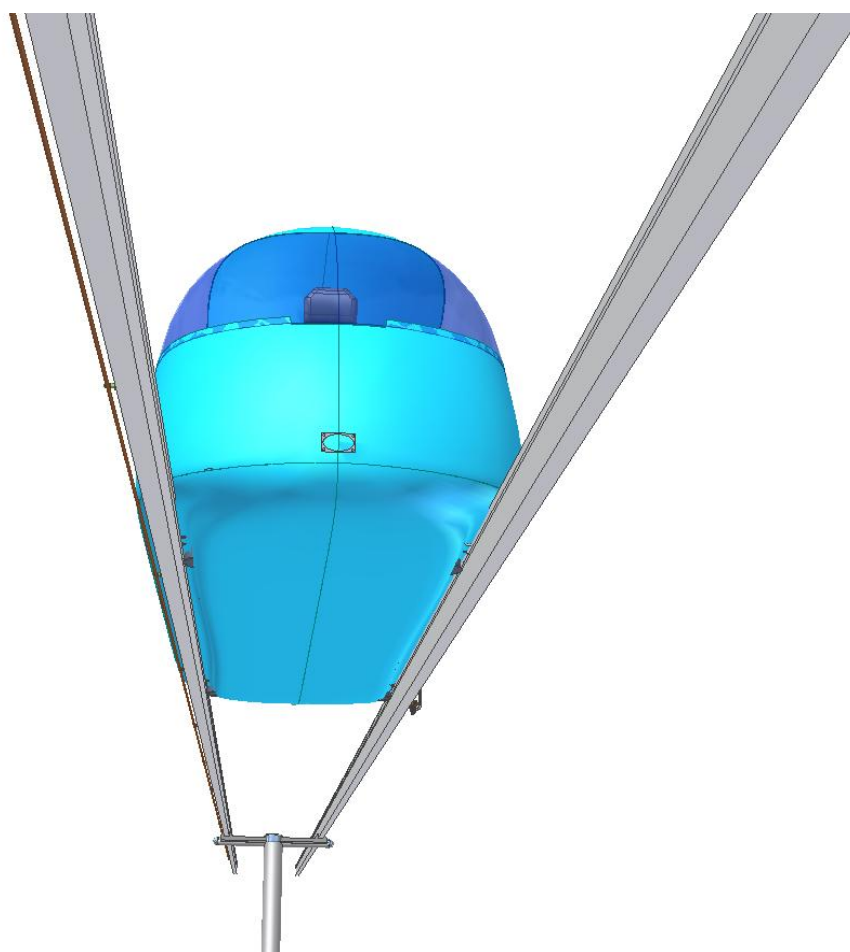


Рис. 2. Общий вид высокоскоростного юнибуса модели Ю-321РЕ (вид снизу)

Таблица 1

Технические характеристики высокоскоростных пассажирских юнибусов Ю-321РТ и Ю-321РЕ

№	Параметр	Ю-321РТ			Ю-321РЕ
		Силовой агрегат			
		ГАЗ5602 + RL608	AFD-2.5TDI + 5HP24	M16TCA + 5HP24	
1	Число пассажирских мест	9			9
2	Снаряженная масса, кг	1600	1650	1650	1600
3	Максимальная масса, кг	2320	2370	2370	2300
4	Распределение максимальной массы по осям пар колес, кг: - передняя - задняя	930 1390	950 1420	950 1420	920 1380
5	Габаритные размеры, мм: - длина - ширина - высота - высота над головкой рельса - база - колея - клиренс	7750 1850 1980 1880 4500 1500 минус 100			
6	Точность позиционирования юнибуса на станции, мм	±90			±30
7	Максимальная скорость, км/час	242	272	300	200
8	Время разгона до максимальной скорости, мин	6,9	6,4	12,9	6,0
9	Длина тормозного пути при начальной скорости, равной максимальной, м	3763	4762	5796	2572
10	Максимальное ускорение при разгоне и торможении, м/с <sup>2</sup>	0,6			
11	Среднее потребление электроэнергии, кВт×ч/100 км	—			21
12	Средний расход дизельного топлива, л/100 км	11,1	12,0	15,4	—
13	Емкость топливного бака, л	150			—



№	Параметр	Ю-321РТ			Ю-321РЕ
		Силовой агрегат			
		ГАЗ5602 + RL608	AFD-2.5TDI + 5HP24	M16TCA + 5HP24	
14	Количество дверей: - пассажирская - запасная		1 1		
15	Колесная формула	4×2 (с приводом на задние колеса)			
16	Характеристики агрегатов и систем				
16.1	Корпус	Сварной каркас из высокопрочного алюминиевого сплава, облицованный пластиком. Остекление — поликарбонат.			
16.2	Оборудование салона	Пассажирская дверь, запасная дверь, девять сидений. Освещение салона, туалетной кабины и входа. Обогрев и кондиционирование воздуха в салоне. Туалетная кабина. Огнетушитель. Связь с диспетчером.			
16.3	Силовая установка: - количество - модель - тип  - максимальная мощность двигателя, кВт - удельный расход дизельного топлива в режиме максимальной мощности, г/кВт×ч - масса, кг - система управления - система охлаждения	1 ГАЗ5602 дизельный  81 265 180 электронная жидкостная, закрытая с принудительной циркуляцией жидкости	1 AFD-2.5TDI дизельный  111 234 205 электронная жидкостная, закрытая с принудительной циркуляцией жидкости	1 M16TCA дизельный  145 255 235 электронная жидкостная, закрытая с принудительной циркуляцией жидкости	2 AIP160M2 электрическ., асинхронный  18,5 — 113 электронная воздушная, с самовентилиацией
16.4	Силовая передача	согласующий редуктор, коробка передач, раздаточный редуктор с дифференциальным механизмом, карданные валы			раздаточный редуктор, карданные валы



№	Параметр	Ю-321РТ			Ю-321РЕ
		Силовой агрегат			
		ГАЗ5602 + RL608	AFD-2.5TDI + 5HP24	M16TCA + 5HP24	
16.5	Коробка передач: - модель - тип - количество передач переднего хода - масса, кг	RL608 автоматическ.  6 80	5HP24 автоматическ.  5 95	5HP24 автоматическ.  5 95	—
16.6	Ходовая система: - подвеска колес - направляющее устройство  - гасители колебаний корпуса	независимая, на продольных рычагах четыре боковых противосходных ролика, контактирующих с боковыми дорожками качения головок рельс телескопические амортизаторы			
16.7	Тормозная система остановочная	гидравлическая, двухконтурная			электроди- намическая
16.8	Тормозная система стояночная	электромеханическая			
16.9	Тормозные механизмы	дисковые			
16.10	Система управления движением	автоматизированная (или полуавтоматизированная с оператором на борту в переднем кресле)			
16.11	Электрооборудование	АКБ, генератор 12В, двухпроводное			внешняя сеть, 600 В постоян- ного тока
16.12	Силовой электропривод	—			трехфазные асинхронные электродвига- тели, тяговые преобразова- тели
16.13	Система отопления	от системы охлаждения двигателя, подогреватель			отопитель электрический
16.14	Система вентиляции	кондиционер			кондиционер
16.15	Система пожаротушения силового отсека	автоматическая, генераторы огнетушащего аэрозоля			
16.16	Устройство сцепное	полуавтоматическое, с фрикционным энергогасителем удара			

№	Параметр	Ю-321РТ			Ю-321РЕ
		Силовой агрегат			
		ГАЗ5602 + RL608	AFD-2.5TDI + 5HP24	M16TCA + 5HP24	
16.17	Система эвакуации пассажиров	буксировка на станцию, переход в специальный эвакуационный модуль, тросовый эвакуатор на поверхность земли			

Юнибусы базовых моделей Ю-321РТ и Ю-321РЕ являются моделями повышенной комфортности, т.к. укомплектованы санитарно-гигиеническим блоком (туалетом) и климат-контролем салона. Кроме базовых моделей предусмотрены также модели повышенной вместимости (без туалета): Ю-321РТ1 и Ю-321РЕ1.

Юнибус модели Ю-321РЕ предназначен для эксплуатации на электрифицированной струнной транспортной линии, Ю-321РТ — для неэлектрифицированной линии. Модель Ю-321РТ оснащена автономной энергетической установкой — двигателем внутреннего сгорания дизельного типа. Проработаны варианты оснащения модели Ю-321РТ тремя разной мощности дизельными двигателями.

Привод мощностью 37 кВт обеспечит скорость движения высокоскоростного юнибуса моделей Ю-321РТ и Ю-321РЕ с колесей 1500 мм в 200 км/ч, 81 кВт — 242 км/ч, 111 кВт — 272 км/ч, 145 кВт — 300 км/ч, 218 кВт — 360 км/ч, 295 кВт — 400 км/ч.

Эксплуатация юнибусов предполагается в автоматическом режиме. Предусмотрены также варианты выполнения юнибуса с полуавтоматическим управлением (с оператором на борту).

### **3. Основные технические решения, используемые при разработке юнибусов**

Высокоскоростные юнибусы базовых моделей конструктивно разделены на три отсека: пассажирский салон, туалетная кабина и силовой отсек.

Компоновка варианта Ю-321РЕ (с электроприводом) показана на рис. 3—5.





Рис. 3. Компоновка высокоскоростного юнибуса Ю-321РЕ (вид на носовую часть)

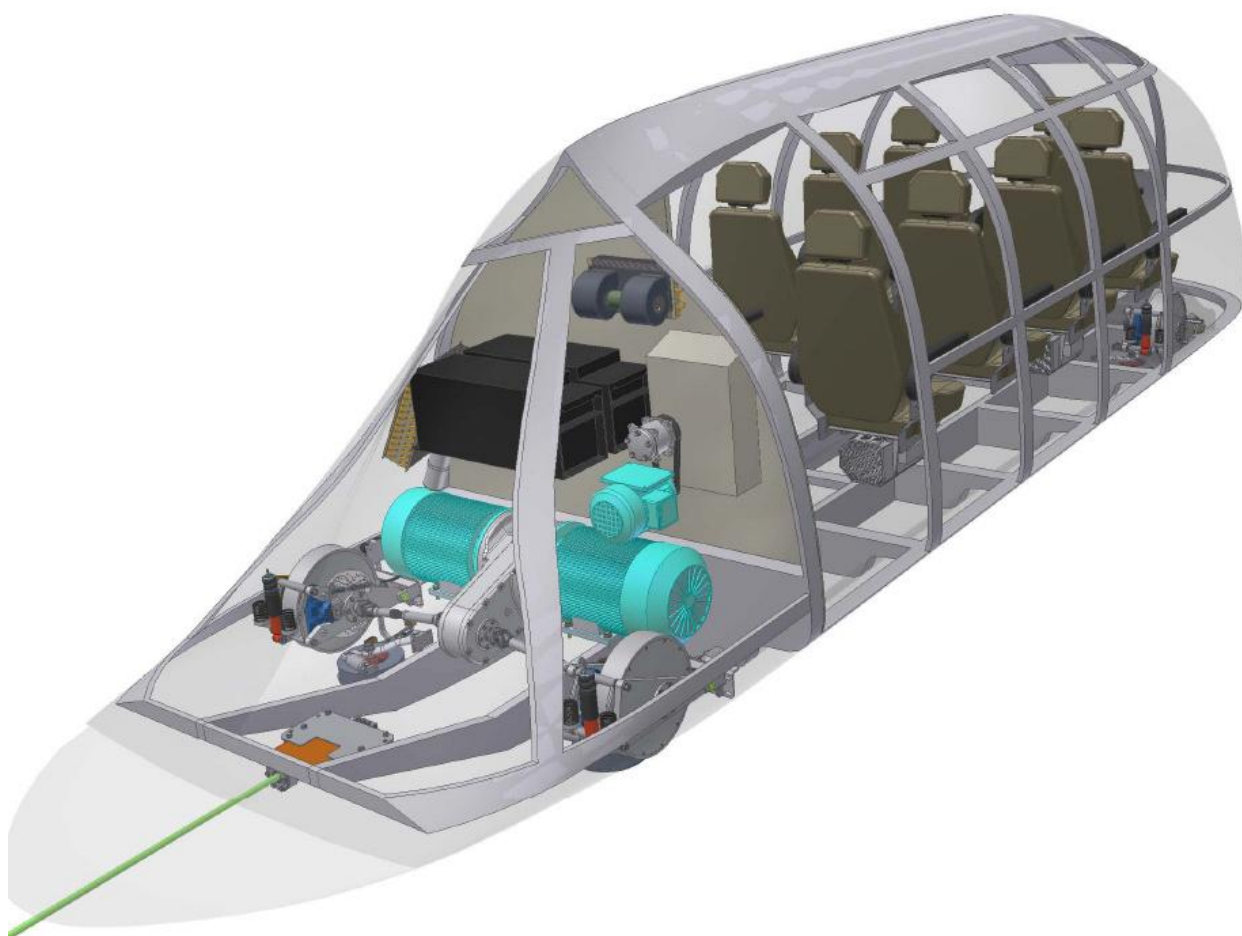


Рис. 4. Компоновка высокоскоростного юнибуса Ю-321РЕ (вид на корму)

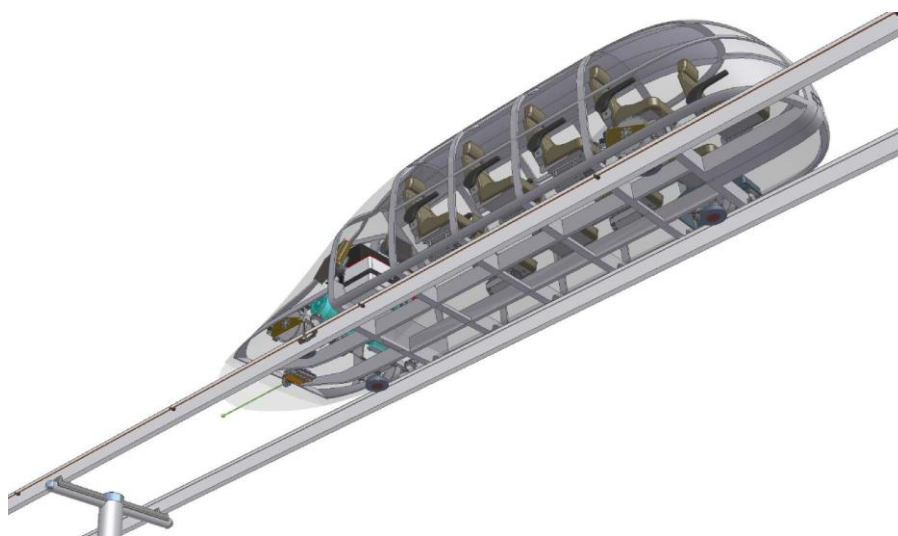


Рис. 5. Компоновка высокоскоростного юнибуса Ю-321РЕ (вид снизу)

Корпус юнибуса каркасный, несущий, металлический, с термошумо-изоляцией, однодверный, с окнами, с наружной и внутренней облицовкой.

Важнейшей отличительной особенностью корпуса высокоскоростных юнибусов является их высокая аэродинамичность внешних форм. Построение внешних форм юнибусов осуществлено с учетом результатов многократных продувок моделей высокоскоростных юнибусов масштаба 1:5 в ЦНИИ им. А.Н. Крылова (г. Санкт-Петербург), что позволило добиться снижения величины их коэффициента аэродинамического сопротивления ( $C_w$ ) до значений, значительно меньших 0,1 — до 0,075 (в тягово-динамических расчетах юнибуса этот коэффициент принят равным 0,1, что обеспечит запас мощности привода в 20%). Для сравнения, коэффициент аэродинамического сопротивления близкого по габаритам к юнибусу семиместного минивена Ford Galaxy равен 0,38.

В табл. 2 приведен анализ влияния величины коэффициента аэродинамического сопротивления на технико-экономические показатели высокоскоростного юнибуса Ю-321РТ (при использовании одного и того же дизельного двигателя мощностью 145 кВт) на маршруте протяженностью 500 км.

Для построения высокоаэродинамичных внешних обводов корпуса высокоскоростного юнибуса использовались изобретения А.Э. Юницкого: «Высокоскоростной транспортный модуль» по евразийским патентам №№ 003490, 003535, 003534 и 003533, а также «Высокоскоростной транспортный модуль транспортной системы Юницкого» по патентам РФ №№ 2211781, 2201369, 2201368, 2203195, 2217339 и 2203194.

Таблица 2

Анализ влияния коэффициента аэродинамического сопротивления ( $C_w$ ) на технико-экономические показатели высокоскоростного юнибуса Ю-321РТ на маршруте протяженностью 500 км

Показатель	$C_w = 0,1$	$C_w = 0,38$	Ухудшение показателя, %
Максимальная скорость, км/ч	300	192	36
Время в пути на маршруте длиной 500 км	1 час 41 мин	2 часа 33 мин	52
Расход топлива на маршруте (мощность дизеля 145 кВт), кг	62,2	94,3	52

Если бы у высокоскоростного юнибуса Ю-321РТ или Ю-321РЕ коэффициент аэродинамического сопротивления был не 0,1, а 0,38, как у легкового автомобиля, то мощность его аэродинамического сопротивления при скорости 300 км/час составила бы 409 кВт. Юнибусу потребовался бы привод мощностью около 450 кВт (вместо 145 кВт), который при 20-ти часовой работе в сутки за срок службы юнибуса (20 лет) израсходовал бы лишнего топлива в количестве 11,4 тысяч тонн (или 15.100.000 литров дизельного топлива на один юнибус) стоимостью около 11 миллионов USD. При использовании даже небольшого парка высокоскоростных юнибусов на трассе протяженностью 500 км, например, в количестве 200 шт. (юнибусы на двухпутной трассе будут следовать друг за другом с интервалом 5 км), аналогичная экономия топлива высокоскоростной транспортной системой СТЮ с колесей 1500 мм за 20 лет составит 3,02 млрд. литров стоимостью около 2,1 миллиардов USD. Эта экономия столь значительна, что она даже превысит первоначальную стоимость всей высокоскоростной транспортной системы СТЮ протяженностью 500 км и колесей 1500 мм: высокоскоростной двухпутной транспортной линии второго уровня, всего подвижного состава, станций, вокзалов, гаражей и других объектов транспортной инфраструктуры.

Поэтому высокая аэродинамичность внешних форм высокоскоростного юнибуса — одно из главных его преимуществ перед всеми другими известными транспортными средствами и, в частности, перед легковыми автомобилями, в том числе лучшими спортивными автомобилями.

В качестве силовой установки на юнибусах модели Ю-321РТ используется дизельный двигатель. При использовании соответствующего топлива все варианты дизельных двигателей отвечают требованиям норм выброса вредных веществ двигателей внутреннего сгорания Евро-4.

В качестве силовой установки на юнибусах Ю-321РЕ используются по два асинхронных трехфазных электродвигателя, мощностью 18,5 кВт каждый, что позволяет развивать юнибусу скорость 200 км/ч.

Изменение частоты вращения ведущих колес и подводимого к ним тягового крутящего момента по величине и направлению производится:

- на модели Ю-321РТ при помощи автоматической коробки передач;
- на моделях Ю-321РЕ через управление тяговыми двигателями при помощи тяговых преобразователей.

Тормозная система Ю-321РТ включает остановочную гидравлическую двухконтурную систему автомобильного типа, стояночную и запасную (на основе стояночной).

Колесные тормозные механизмы — дисковые, с механическим приводом.

Тормозная система Ю-321РЕ состоит из электродинамической тормозной системы, стояночной, запасной (на основе стояночной) и аварийной тормозных систем.

Ходовая система юнибусов — четырехопорная. Подвеска независимая.

Ходовая система, колесные тормозные механизмы, силовая передача и силовая установка юнибуса Ю-321РЕ показаны на рис. 6.

Колесо юнибуса представляет собой высокопрочный стальной обод, закрепленный на диске из высокопрочного алюминиевого сплава. Для снижения аэродинамических потерь при высокой скорости движения полости колес закрыты крышками. Функцию направляющего и противосходного устройства юнибуса выполняют четыре упорных боковых ролика, контактирующие с боковыми дорожками качения головок левого и правого рельсов-струн с их внутренней стороны (см. рис. 7). Ролики снабжены страховочными буртами, заходящими за низ расширения рельса в его верхней части, что принципиально исключает сход юнибуса с рельсо-струнной путевой структуры СТЮ во всем диапазоне скоростей движения.

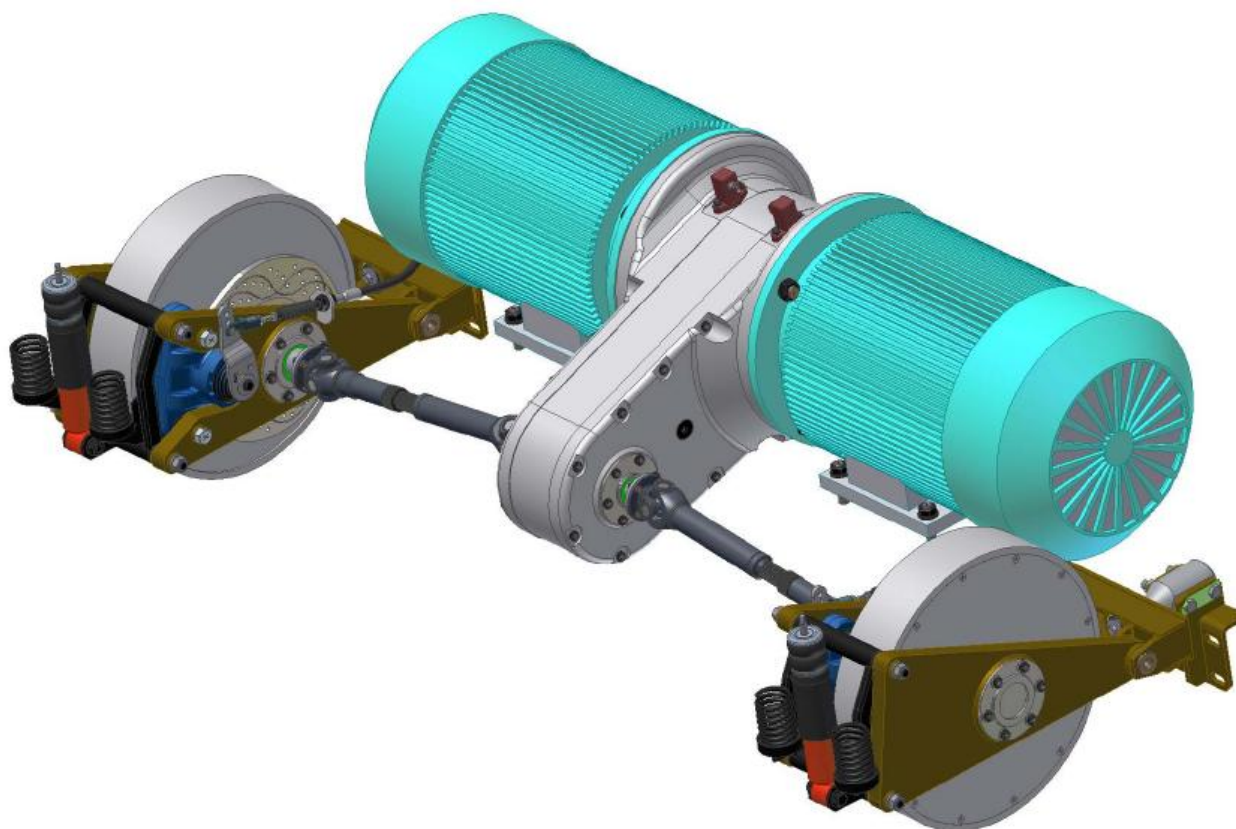


Рис. 6. Силовая установка, силовая передача, колесные тормозные механизмы и ходовая система юнибуса Ю-321РЕ

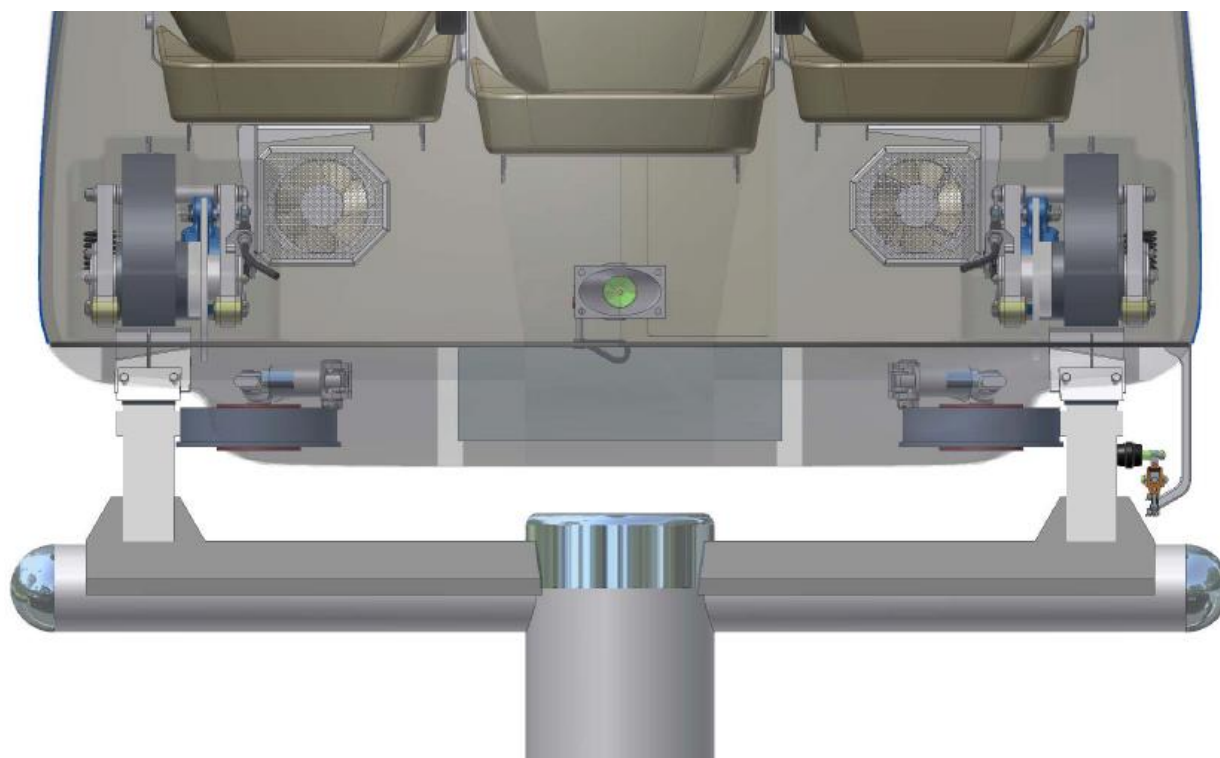


Рис. 7. Схема размещения направляющего и противосходного устройства юнибуса Ю-321РЕ (справа показан токосъем)

Замена в противосходном устройстве традиционных на железной дороге реборд на боковые упорные ролики, а также обеспечение конструкцией ходовой системы линейного контакта цилиндрического обода колеса с плоской головкой рельса, позволили снизить коэффициент сопротивления качения ( $f$ ) до величины 0,0022 (с учетом сопротивления качению боковых противосходных роликов). Для сравнения, коэффициент сопротивления качению конического железнодорожного колеса, опирающегося на цилиндрическую головку рельса, составляет примерно 0,0045, а пневматической шины легкового автомобиля по асфальтобетону, в зависимости от скорости движения — от 0,024 (при скорости 100 км/ч) до 0,28 (скорость 300 км/ч).

В табл. 3 приведен анализ влияния коэффициента сопротивления качению колес на технико-экономические показатели юнибуса Ю-321РТ (рельсового автомобиля с колеей 1500 мм) в сравнении с вариантом, когда у него вместо стальных были бы пневматические автомобильные шины (для шин с давлением воздуха в них 2,5 кгс/см<sup>2</sup>).

Таблица 3

Влияние коэффициента сопротивления качения ( $f$ ) на технико-экономические показатели высокоскоростного юнибуса Ю-321РТ на маршруте протяженностью 500 км

Показатель	$f = 0,0022$ ( $C_w=0,1$ )	$f = 0,09$ ( $C_w=0,1$ )	Ухудшение показателя, %
Максимальная скорость, км/ч	300	178	41
Время в пути на маршруте длиной 500 км	1 час 45 мин	2 часа 51 мин	62
Расход топлива на маршруте (мощность дизеля 145 кВт), кг	64,7	105,4	62

Применение стальных колес с цилиндрическим опиранием и боковыми упорными роликами, в сравнении с пневматическими автомобильными шинами даст значительную экономию топлива. Например, если бы в юнибусе Ю-321РТ вместо стальных колес были бы резиновые автомобильные колеса, то при скорости 300 км/ч (т.е. как у юнибуса со стальными колесами) сопротивление их качению было бы равно  $f=0,28$ . На преодоление дополнительного сопротивления качению

$\Delta f = 0,28 - 0,0022 = 0,2778$  при скорости 300 км/ч юнибусу понадобилась бы дополнительная мощность двигателя в 590 кВт (с учетом потерь мощности в трансмиссии рельсового автомобиля). Тогда за срок службы (20 лет) при 20-ти часовой работе в сутки один юнибус экономит на этом 22.000 тонн топлива (или 29,2 млн. литров дизельного топлива на один юнибус при эксплуатационной скорости 300 км/ч) стоимостью более 20 млн. USD. При использовании даже небольшого парка юнибусов на трассе протяженностью 500 км, например, в количестве 200 шт. (юнибусы на двухпутной трассе будут следовать друг за другом с интервалом 5 км), аналогичная экономия топлива высокоскоростной транспортной системой СТЮ с колеей 1500 мм составит за 20 лет 5,8 млрд. литров стоимостью 4,1 млрд. USD. Эта экономия значительно превысит стоимость всей высокоскоростной транспортной системы протяженностью 500 км и колеей 1500 мм: высокоскоростной двухпутной трассы второго уровня, всего парка высокоскоростных юнибусов, а также станций, вокзалов, гаражей и других объектов инфраструктуры.

В табл. 4 приведен обобщенный анализ влияния коэффициента сопротивления качению колес и коэффициента аэродинамического сопротивления на технико-экономические показатели юнибуса Ю-321РТ (мощность двигателя 145 кВт).

Таблица 4

Влияние коэффициента сопротивления качения ( $f$ ) и коэффициента аэродинамического сопротивления ( $C_w$ ) на технико-экономические показатели высокоскоростного юнибуса Ю-321РТ на маршруте протяженностью 500 км

Показатель	$f = 0,0022$ $C_w = 0,1$ (юнибус)	$f = 0,065$ $C_w = 0,38$ (легковой автомобиль)	Ухудшение показателя, %
Эксплуатационная скорость, км/ч	300	159	47
Время в пути на маршруте длиной 500 км	1 час 45 мин	3 час 11 мин	82
Расход топлива на маршруте (мощность дизеля 145 кВт), кг	64,7	117,7	82

Из табл. 4 видно, что такие важные показатели, как время на маршруте и расход топлива ухудшились бы для модели юнибуса Ю-321РТ (при использовании того же двигателя мощностью 145 кВт) на 82%, если бы технические решения, закладываемые в рельсовые автомобили СТЮ, остались бы на уровне традиционных решений, используемых в настоящее время в транспортном машиностроении (коэффициент сопротивления качению резиновых колес  $f=0,024—0,28$  и коэффициент аэродинамического сопротивления транспортного средства  $C_w=0,38$ ).

Необходимо также отметить, что если бы легковой автомобиль, имеющий габариты юнибуса и поставленный на рельсо-струнную путевую структуру, развивал бы ту же скорость, что и юнибус (300 км/ч), то ему потребовался бы двигатель мощностью 1050 кВт (т.е. в 7 раз более мощный двигатель в сравнении с юнибусом), что было бы технически и экономически неприемлемо. Поэтому для СТЮ, в том числе и для юнибусов, потребовалась разработка собственных прогрессивных решений и своих стандартов, не используемых в других транспортных системах, в том числе в автомобильной промышленности и на железнодорожном транспорте.

В основу автоматизированной системы управления движением юнибусов на высокоскоростной междугородной двухпутной струнной транспортной системе колеей 1000 мм, заложены принципы автоматизированной системы управления транспортом АСУ-Т (разработка ФГУП «КНИИТМУ») с дублированием всех каналов управления и связи.

#### **4. Техничко-экономические показатели юнибусов**

Основные технико-экономические показатели юнибусов моделей Ю-321РТ и Ю-321РЕ для трассы протяженностью 500 км и колеей 1500 мм приведены в таблице 5.

Стоимостные показатели основных ценообразующих комплектующих систем юнибусов при мелкосерийном производстве приведены в таблицах 6 и 7.



Таблица 5

Основные технико-экономические показатели высокоскоростных юнибусов Ю-321РТ/321РТ1 и Ю-321РЕ/321РЕ1 на маршруте длиной 500 км

Варианты юнибуса	Показатели					
	Скорость движения, км/ч	Время движения, мин.	Количество пассажиров, чел.	Расход топлива (электроэнергии), л/100км (кВт×ч/100 км для Ю-321РЕ)	Стоимость затраченной на маршруте энергии	
					USD/юнибус	USD/пасс.
Ю-321РТ/321РТ1 с дизельной силовой установкой:						
- ГАЗ 5602	242	2 ч 08 мин	до 11	11,1	38,9	3,5
- AFD-2.5TDI	272	1 ч 54 мин	до 11	12,0	42,0	3,8
- М 16TCA	300	1 ч 45 мин	до 11	15,4	53,9	4,9
Ю-321РЕ/321РЕ1 (электропривод)	200	2 ч 33 мин	до 11	21,0	8,4	0,8

Примечание. Расход топлива (электроэнергии) и стоимость затраченной энергии приведены для случая движения юнибусов с включенным на максимальную мощность кондиционером.

Таблица 6

## Основные показатели ценообразующих комплектов высокоскоростного юнибуса Ю-321РТ

при мелкосерийном производстве

№	Комплект	Производитель	Ориентировочная стоимость* комплекта, USD	Примечание
1	Дизельная силовая установка: - ГАЗ 5602 - AFD-2.5TDI - M16TCA	ОАО «ГАЗ», РФ Volkswagen AG, Германия Steyr Motors, Австрия	3500 4500 5000	
2	АКП: - 5HP24 - RL608	ZF Getriebe GmbH, Германия ООО «КАТЕ», РФ	2100 1300	Намечен серийный выпуск с 2008 г.
3	Силовая передача	ООО «ЭТОН», Белоруссия	3500	
4	Ходовая система	Bonatrans a.S. Bohumin, Чехия Gummi-Metall-Technik GmbH, Германия	6000	
5	Бортовой комплект АСУ	ИТЦ МП, Белоруссия ФГУП «КНИИТМУ», РФ	2000	Без учета затрат на программное обеспечение
6	Тормозная система	Continental Teves AG, KNOTT, Германия	3500	
7	Каркас	ООО «ЭТОН», Белоруссия	18000	
8	Облицовка	Venture, США	13500	
9	Дверь: - пассажирская - запасная	УЭТК «КАНОПУС», РФ	2500 1000	
10	Комплект сидений	ОАО «РИАТ», РФ	4500	
11	Система кондиционирования	Webasto, Германия	4000	
12	Предпусковой подогреватель двигателя	Webasto, Германия	800	
	Всего:		66400	

\* в стоимости не учтены затраты на проектирование и изготовление опытно-промышленного образца, сертификацию и организацию мелкосерийного производства юнибусов

Таблица 7

Основные показатели ценообразующих комплектов высокоскоростного юнибуса Ю-321РЕ  
при мелкосерийном производстве

№	Комплект	Производитель	Ориентировочная стоимость* комплекта, USD	Примечание
1	Силовая передача	ООО «ЭТОН», Белоруссия	2600	
2	Ходовая система	Bonatrans a.S. Bohumin, Чехия Gummi-Metall-Technik GmbH, Германия	6000	
3	Бортовой комплект АСУ	ИТЦ МП, Белоруссия ФГУП «КНИИТМУ», РФ	2000	Без учета затрат на программное обеспечение
4	Тормозная система	Continental Teves AG, KNOTT, Германия	3500	
5	Комплект силового электропривода	ООО «ЭТОН», Белоруссия	10000	
6	Каркас	ООО «ЭТОН», Белоруссия	18000	
7	Облицовка	Venture, США	13500	
8	Двери: - пассажирская - запасная	УЭТК «КАНОПУС», РФ	2500 1000	
9	Комплект сидений	ОАО «РИАТ», РФ	4500	
10	Система кондиционирования	Webasto, Германия	4000	
	Всего:		67600	

\* в стоимости не учтены затраты на проектирование и изготовление опытно-промышленного образца, сертификацию и организацию производства юнибусов

## 5. Путевая структура для движения высокоскоростных юнибусов

В данном разделе приводится краткое описание путевой структуры СТЮ, включающей в себя рельс-струну, два рельса на один путь, рельсо-струнную

путевую структуру, опоры и инфраструктуру, т.к. технико-экономические показатели высокоскоростных юнибусов тесно связаны с технико-экономическими показателями высокоскоростной рельсо-струнной путевой структуры СТЮ.

### 5.1. Рельс-струна

Рельс-струна — это обычная неразрезная (по длине) стальная, железобетонная или сталежелезобетонная балка, оснащенная головкой рельса и дополнительно усиленно армированная предварительно напряженной (растянутой) арматурой — струнами. Максимальное натяжение струн на один рельс, в зависимости от длины пролета, массы и скорости движения высокоскоростных юнибусов колесей 1500 мм — 150—300 тонн. Сочетает в себе свойства гибкой нити — на большом пролете между опорами, и жесткой балки — на малом пролете (под колесом юнибуса и над опорой). Благодаря этому качение колеса юнибуса будет плавным, безударным, как в середине пролета, так и над опорой. Рельс-струна характеризуется высокой прочностью, жесткостью, ровностью, технологичностью изготовления и монтажа, низкой материалоемкостью, широким диапазоном рабочих температур: от +70 °С до –70 °С. Представляет собой идеально ровный путь для движения стального колеса, так как по всей своей длине не имеет технологических и температурных швов (головка рельса сварена в одну плетть).

Поперечные размеры рельса-струны двухрельсового СТЮ колесей 1500 мм близки к поперечным размерам железнодорожного рельса Р75, а по расходу металла он менее материалоемок, чем традиционный железнодорожный рельс. Проектное натяжение струн в рельсе СТЮ зависит от расчетной массы юнибуса и расчетной скорости его движения, а также — от принятой длины пролетов. При этом строительный провис струны на каждом пролете «зашит» внутри корпуса рельса, а головка рельса, наоборот, размещена в каждом пролете со строительным подъемом, равным проектной деформации (дополнительному прогибу струны) пролета при проезде юнибуса. Это выравнивает путь при движении рельсовых автомобилей и обеспечивает его высокую ровность при нахождении юнибуса как в середине пролета, так и при прохождении опор, в том числе и при высокой скорости движения. При этом рельс-струна проектируется таким образом, чтобы, в совокупности с изгибной жесткостью пути и проектным натяжением струн,

обеспечить величину вертикальных радиусов кривизны рельса, прогнутого под движущимся колесом юнибуса, не менее 500 м при скорости движения до 100 км/час, 5000 м — до 350 км/час и 10000 м — до 500 км/час, на всем протяжении трассы СТЮ независимо от погодных-климатических условий. Это также обеспечит более высокую ровность пути при движении легких и компактных четырехколесных рельсовых автомобилей, чем в случае использования громоздких, тяжелых и многоколесных поездов на высокоскоростной железной дороге, идущей по эстакаде на «втором уровне». При этом вертикальные ускорения в салоне юнибуса, обусловленные динамическими неровностями пути и определяющие для пассажиров комфортность движения, будут в пределах  $0,5 \text{ м/с}^2$  (на железной дороге эти ускорения в несколько раз выше). Таким образом, рельс-струна обеспечит «бархатный» путь для движения стального колеса, а колесо при этом не будет «прыгать» ни на опорах, ни в середине пролетов.

Для обеспечения плавного, бесшумного и безударного качения колес юнибусов по рельсо-струнной путевой структуре, головка рельса должна обеспечить при скорости 300 км/час следующую ровность: на любом участке длиной 0,1 м — неровности не должны быть более 0,1 мм, длиной 1 м — более 1 мм, длиной 10 м (в одной трети пролета, имеющего длину 30 м) — более 10 мм. Таким образом, относительные неровности пути не должны быть более 1/1000, что соответствует сегодняшним требованиям, предъявляемым к мостам, путепроводам и эстакадам на высокоскоростных железных дорогах. При этом неровности пути до 0,1 мм будут гаситься упругой демпфирующей прослойкой каждого колеса, размещенной между ободом и ступицей, а более крупные неровности — подвеской колес и подвеской корпуса юнибуса. Механические колебания и звук будут гаситься демпферами, размещенными в колесах, подвеске юнибусов, а также — на каждой опоре (под рельсом-струной). Колебания и «звучание» путевой структуры при каждом проходе юнибуса будут погашены за десятые доли секунды опорными демпферами и наполнителем рельса-струны (за счет сил внутреннего трения).

По запасу прочности рельс-струна не имеет себе равных среди других строительных конструкций. Например, в двухрельсовом СТЮ запас прочности струны по воздействию подвижной нагрузки является более чем стократным — находящийся в середине пролета юнибус практически не меняет напряжения

предварительного растяжения в струне, т.к. эти изменения находятся в пределах  $10 \text{ кгс/см}^2$  (при допустимых действующими нормативами напряжениях в высокопрочной арматурной проволоке  $10.000\text{—}12.000 \text{ кгс/см}^2$  и прочности на разрыв планируемых к использованию проволок  $20.000\text{—}22.000 \text{ кгс/см}^2$ ).

С увеличением скорости движения юнибусов, их массы и длины рельсо-струнных пролетов требуемое натяжение струн в рельсе-струне увеличивается примерно пропорционально увеличению каждого из перечисленных параметров. Соответственно, пропорционально будет увеличиваться стоимость СТЮ, ухудшаться ее рентабельность и окупаемость. Поэтому тщательно должны быть оптимизированы все параметры СТЮ, а не какой-либо один из них: юнибусы, их расчетная скорость движения, масса и вместимость (исходя из планируемого объема перевозок по трассе), рельс-струна, высота опор, длина пролетов, колея и др. В любом случае для тех же параметров высокоскоростной транспортной системы (объем перевозок, скорость движения, длина пролетов, высота опор и др.) СТЮ будет в  $10\text{—}20$  раз дешевле других известных транспортных систем «второго уровня»: монорельса, поезда на магнитном подвесе и высокоскоростной железной дороги в эстакадных вариантах исполнения.

## 5.2. Струна

Струна — высокопрочная предварительно напряженная арматура в виде стального витого или невитого каната отечественного или зарубежного производства. В зависимости от условий монтажа и эксплуатации могут использоваться обычные арматурные канаты, арматурные канаты с защитным покрытием или в защитной оболочке, в том числе в защитной смазке. Канаты могут поставляться с канатных заводов в готовом виде, либо монтироваться на месте производства работ из отдельных стальных проволок. Диаметр проволок, используемых для формирования струны, —  $3\text{—}5$  мм. В рельсе-струне может быть использовано от нескольких десятков, до нескольких сотен таких проволок.

## 5.3. Рельсо-струнная путевая структура

Рельсо-струнная путевая структура двухрельсового среднего СТЮ представляет собой два рельса-струны, образующие колею шириной  $1,5$  м. Рельсы-

струны закреплены в анкерных опорах, установленных через 1—5 км и более, и размещены на промежуточных опорах-стойках с образованием пролетов длиной 30—35 м и более.

Путь в высокоскоростном двухрельсовом СТЮ выполнен со строительным подъемом 10—20 мм в середине каждого пролета (для длины пролета 30 м).

У путевой структуры имеются стрелочные переводы. Колея в двухрельсовом СТЮ в 2—3 раза больше высоты нахождения центра тяжести подвижного состава над головкой рельса, поэтому движение по такой путевой структуре будет в 2—3 раза более устойчивым, чем движение вагонов на высокоскоростной железной дороге.

Трассы СТЮ могут быть однопутными, двухпутными и многопутными.

Предельная скорость движения юнибусов на конкретной трассе двухрельсового СТЮ зависит от жесткости и ровности рельсо-струнной путевой структуры (она специально проектируется под необходимую предельную скорость движения — от 50 до 500 км/час), мощности двигателя и аэродинамических качеств корпуса юнибуса, который специально проектируется под заданную предельную скорость движения.

#### 5.4. Опоры

Опоры подразделяются на анкерные, воспринимающие горизонтальную нагрузку от струн (устанавливаются через 1—5 км и более) и поддерживающие, воспринимающие вертикальную нагрузку (устанавливаются через 30—35 м и более). Опоры могут быть выполнены из железобетона (сборного или монолитного), стальных сварных конструкций, или высокопрочных алюминиевых сплавов. Фундаменты опор, в зависимости от грунтов на трассе, могут быть свайными (забивные, винтовые, буронабивные или буроналивные сваи), либо плитными — монолитными или сборными. Опоры и неразрезной рельс-струна на всем своем протяжении образуют достаточно жесткую рамную конструкцию, поэтому несущая способность опор увеличена, например, в сравнении с монорельсовой дорогой в 8 раз (стоимость опор, соответственно, снижена). Если опоры СТЮ заменить на насыпь такой же высоты, то насыпь будет дороже опор. Оптимальная высота опор — 3—5 м. На отдельных участках трассы, при

необходимости, высота опор может быть снижена до 1 м и менее, и, наоборот, увеличена до 10—20 м и более.

### 5.5. Инфраструктура «второго уровня»

Включает станции, вокзалы, погрузочные и разгрузочные терминалы, гаражи, заправочные станции, размещенные на «втором уровне», а также стрелочные переводы. В зависимости от расчетной скорости движения юнибусов стрелочные переводы подразделяются на низкоскоростные, скоростные и высокоскоростные, а по типу организации движения — с остановкой юнибуса или без его остановки (на ходу). Стрелочные переводы размещаются в станциях, вокзалах, грузовых терминалах, гаражах и, при необходимости, — на трассе на анкерных опорах.

Благодаря подъему путевой структуры на второй уровень в СТЮ расширяются возможности по устройству станций и терминалов. Благодаря более благоприятным режимам эксплуатации рельсового автомобиля, уменьшается потребность в гаражах и заправочных станциях в сравнении с традиционным автотранспортом. Компактность юнибуса позволяет уменьшить размер и, соответственно, стоимость вокзалов, станций и длину перрона в 5—10 раз в сравнении с железнодорожными.

## 6. Организация движения юнибусов по высокоскоростной трассе СТЮ

Целесообразнее всего организовывать одиночное движение юнибусов по высокоскоростной трассе СТЮ. Объединение юнибусов в поезда, по аналогии с железной дорогой, привело бы к удорожанию путевой структуры и опор в 2—3 раза, но не привело бы к увеличению провозной способности транспортной системы. Наоборот, громоздкие и тяжелые поезда, с целью повышения безопасности, должны следовать с большими интервалами, исчисляемыми десятками минут, поэтому на железных дорогах за 1 сек проезжает около 1 пассажира ( $1 \text{ поезд}/10 \text{ мин} \approx 1 \text{ пасс./сек}$ ). Если в СТЮ интервал движения юнибусов будет 20 сек, то десятиместные рельсовые автомобили обеспечат



примерно тот же объем перевозок, что и железная дорога: 0,5 пасс./сек в одну сторону, или 1 пасс./сек в обе стороны, или 3.600 пасс./час, или 86.400 пасс./сутки, или 31,5 млн. пасс./год. При этом, например, при скорости 360 км/час (или 100 м/с), расстояние между движущимися соседними юнибусами на путевой структуре составит 2 км, что является безопасным расстоянием.

В случае нештатной ситуации, например, в результате поломки двигателя у одного из юнибусов, он начнет замедлять скорость своего движения со средним ускорением около  $0,5 \text{ м/с}^2$ , из-за аэродинамического торможения и возникших в трансмиссии помех движению. Тогда юнибус, работающий в нештатном режиме, полностью остановится через 200 сек (при начальной скорости 360 км/ч), пройдя при этом путь в 10 км. Между ним и сзади идущим (на начальном расстоянии 2 км) юнибусом начнет сокращаться расстояние. Если не предпринимать никаких мер по избежанию столкновения, оно произойдет через 89,4 сек с относительной скоростью 44,7 м/с (160,9 км/ч). Однако такого количества времени более чем достаточно, чтобы затормозить сзади идущие юнибусы (в автоматическом или ручном управлении) и избежать столкновения.

В штатных режимах разгона и торможения юнибусов принято комфортное для пассажиров ускорение —  $0,6 \text{ м/с}^2$ . Это будет для пассажира значительно комфортнее, чем, например, в салоне самолета при его взлете и посадке (ограниченная длина взлетно-посадочной полосы не позволяет значительно снизить такое ускорение, до  $0,6 \text{ м/с}^2$ , хотя длина этой полосы и достигает значений 3 км и более).

Поскольку пассажиропотоки между отдаленными друг от друга городами в 86,4 тыс. пасс./сутки маловероятны, то при увеличении интервала движения юнибусов в 3 раза (до 1 мин.), суточный объем перевозок составит около 30 тыс. пассажиров, при этом среднее расстояние между соседними, движущимися в одном направлении, юнибусами на трассе будет 6 км.

Для увеличения провозной способности высокоскоростной трассы СТЮ в будущем юнибусы могут объединяться в поезда, но не с механической, а с электронной сцепкой, когда расстояние между соседними юнибусами в таких поездах составит безопасное расстояние в 100—500 м. В одном «поезде» может быть 3—5 юнибусов и более, а «поезда» будут следовать друг за другом с

интервалом, например, 30 сек, достаточным для посадки-высадки на станциях 10 пассажиров в юнибус, или 30—50 пассажиров в «поезд». При этом провозная способность трассы СТЮ возрастет в несколько раз, превысив 200 тыс. пасс./сутки. В этом случае станция должна быть рассчитана на одновременный прием 3—5 юнибусов и более и должна иметь перрон длиной 25—40 м и более.

При погрузке в юнибус 200—1000 кг грузов, размещенных в специальных небольших контейнерах, такие высокоскоростные трассы СТЮ с колеей 1500 мм могут обеспечить объем грузовых перевозок в 2—10 тыс. тонн в сутки и более. Такого объема высокоскоростных грузовых перевозок, в дополнение к пассажирским, например, достаточно, чтобы обеспечить продуктами питания город с населением 2—5 млн. человек и более. Грузовые места в юнибусе, в дополнение к багажным, могут быть созданы путем уменьшения количества пассажирских мест. Поэтому высокоскоростные юнибусы могут быть как пассажирскими, так и грузопассажирскими и чисто грузовыми.

## **7. Потребительские характеристики низкоскоростных (городских) и высокоскоростных (междугородных) юнибусов колеей 1500 мм**

Любая транспортная система, как таковая, в том числе подвижной состав, ее конструктивные особенности и стоимость мало интересуют потребителя, который, оплачивая проезд, приобретает транспортную услугу, и, таким образом, опосредовано оплачивает создание и эксплуатацию системы, в том числе и транспортного средства. Качество этой услуги и интересует, в первую очередь, потребителя: комфортность, безопасность, экологичность, доступность, экономичность, всепогодность и др. При этом ни транспортное средство, ни дорога в отдельности не обеспечат реализацию транспортной услуги, поэтому в подобном анализе юнибусы не могут рассматриваться отдельно от рельсо-струнной путевой структуры и инфраструктуры СТЮ.

### **7.1. Комфортность**

СТЮ даст человеку возможность, наряду с комфортным решением основной

функциональной задачи — быстрой и безопасной доставкой пассажира, — решать эстетические функции. Большая площадь остекления юнибуса, комфортные сидения, мягкий бархатный путь превратят обычную дорогу в наслаждение окружающим городским или природным пейзажем с высоты птичьего полета. Каждый юнибус будет снабжен системой климат-контроля, причем исходный воздух будет чист, т.к. будет забираться на высоте 5—6 м и более (а не у поверхности асфальта, как на существующем автомобильном транспорте), в нем будут отсутствовать, в отличие от автомобильных дорог, запах горюче-смазочных материалов и нагретого на солнце асфальта, выхлоп продуктов горения потока автомобилей и т.п.

Движение рельсовых автомобилей по рельсо-струнной путевой структуре не зависит от погодных и дорожных условий (ветер, дождь, снег, туман, гололед и др.), на трассе нет светофоров, пересечений в одном уровне с другими видами транспорта и пешеходами, поэтому средняя скорость движения на СТЮ будет в 3—4 раза выше, чем в существующем наземном транспорте, расположенном на поверхности земли (автомобильные и низкоскоростные железные дороги). Это повысит комфортность для пассажиров, т.к. они быстрее и в более безопасных и комфортных условиях воспользуются транспортной услугой.

Высокая возможная частота следования транспортных модулей (каждые 1—2 минуты, а в часы пик — 20—30 сек. и менее) и относительно небольшая их вместимость позволят избежать скопления пассажиров на станциях и остановках, ускорят посадку—высадку пассажиров и, в конечном итоге, повысят комфортность транспортной услуги.

Благодаря достаточно малым размерам юнибусов колеей 1500 мм и пониженной их вместимости (в сравнении с автобусом, троллейбусом, трамваем и железнодорожным поездом), рельсовые автомобили СТЮ будут следовать с высокой частотой. Поэтому пассажиры не будут долго стоять на остановке в ожидании транспорта, что особенно важно в экстремальных погодных условиях (сильный мороз, ветер, проливной дождь, жара и т.д.), а также для пожилых людей, детей, людей с ослабленным здоровьем.

Автобусы, троллейбусы и трамваи, из-за своих больших габаритов, в значительной степени способствуют образованию дополнительных «пробок» на

современных городских улицах с интенсивным движением легковых автомобилей (не приводя к уменьшению количества этих автомобилей), создавая дискомфорт не только для своих пассажиров, но и для пользователей других видов городского общественного транспорта, а также личных автомобилей и такси.

Уязвимая электрическая сеть существующего электрифицированного городского транспорта, подвешенная пролетами 30—50 м на многочисленных эластичных и не очень прочных растяжках, является его слабым местом, т.к. часто случается обесточивание линий, обрывы медного провода, разрушение электроизоляторов, короткие замыкания и т.п., что нарушает график движения городского транспорта и создает дискомфорт пассажирам (в электрифицированных вариантах СТЮ контактный провод подвешен пролетами 2—3 м к жесткому и прочному рельсу-струне в непосредственной близости от него).

Высокоскоростная междугородная трасса СТЮ может придти в центр города, поэтому пассажиру не придется далеко добираться до вокзала или станции СТЮ, в отличие, например, от авиационных транспортных услуг. Например, из-за удаленности аэропортов, потерь времени на предварительное приобретение билетов, регистрацию пассажиров, их посадку—высадку, рулежку самолета и др., средняя скорость авиаперевозок для среднестатистического пассажира («от двери до двери») на расстояниях 500—1000 км составляет всего 150—180 км/ч, что значительно хуже, чем в СТЮ и, соответственно, менее комфортно, т.к. требует от пассажира дополнительных затрат энергии, денег и времени.

Благодаря высокой частоте следования юнибусов они будут работать без расписания, а пассажиры будут пользоваться ими по принципу: «пришел, сел, уехал». Это исключит стояние в очередях не только на посадку в транспортное средство, но и на приобретение билета, что, например, в настоящее время на железнодорожном транспорте и в авиационных перевозках отнимает у пассажиров достаточно много времени (зачастую больше времени, чем сама поездка) и поэтому некомфортно.

Вход в небольшой по размерам юнибус с колес 1500 мм — во весь рост пассажира, проход по юнибусу — также во весь рост, комфортные сиденья, по одному в ряду, без соседей, наличие аудио- и видеосистемы, санитарно-гигиенического блока (туалетной кабинки) из расчета на 9—10 человек (в самолете

одна туалетная кабинка приходится на 20—40 человек, в купейном вагоне железной дороги — на 18 человек) сделают поездку комфортной для пассажира с самого начала — с посадки в юнибус.

## 7.2. Безопасность

Самым опасным для рельсового транспорта является разрушение путевой структуры. Рассмотрим вероятность этого в СТЮ. СНиП 2.05.03-84\* «Мосты и трубы» допускает расчетные напряжения в высокопрочной проволоке пролетных строений мостов, равные, например, для проволоки диаметром 5 мм  $10.750 \text{ кгс/см}^2$ , при этом предельные (разрушающие) напряжения для этой проволоки составляют  $17.600 \text{ кгс/см}^2$ . За весь срок эксплуатации (100 лет) напряжения растяжения в струне путевой структуры легкого СТЮ будут изменяться от  $8.635$  до  $10.750 \text{ кгс/см}^2$ , при этом температура (от  $+45^\circ\text{C}$  до  $-55^\circ\text{C}$ ) даст диапазон изменения напряжений в струне на  $2.000 \text{ кгс/см}^2$ , максимальный ветер (скорость  $250 \text{ км/час}$ ) —  $30 \text{ кгс/см}^2$ , максимальное оледенение ( $20 \text{ кг}$  льда на погонный метр рельса-струны) —  $25 \text{ кгс/см}^2$ , подвижной состав (два юнибуса в механической сцепке, движущиеся в середине пролета) —  $60 \text{ кгс/см}^2$ . В этом случае запас прочности струны по напряжениям от подвижного состава составит:  $(17.600 \text{ кгс/см}^2 - 10.750 \text{ кгс/см}^2) / 60 \text{ кгс/см}^2 = 114$  раз. Нигде в транспортной технике сегодня нет таких (стократных) запасов прочности, а в СТЮ он создается благодаря особенной, присущей только струнной системе, кинематической схеме нагружения струны внешними нагрузками (поперечными по отношению к струне). Из приведенного примера следует, что обрыв струны произойдет только в том случае, если по СТЮ поедет вместо юнибуса весом  $2,5$  тонны транспортное средство, вес которого превышает  $250$  тонн, либо если скорость ветра превысит  $1000 \text{ км/час}$ , либо если ударит мороз ниже  $-200^\circ\text{C}$ , что нереально.

Рельсовый автомобиль СТЮ имеет высокую устойчивость движения по путевой структуре благодаря стальным колесам, оснащенным противосходной системой, независимой подвеске каждого колеса и высокой аэродинамичности корпуса. На действующих моделях масштаба  $1:15$ ,  $1:10$  и  $1:5$ , а также на опытном участке СТЮ моделировались различные аварийные ситуации. Например, разрушение двух промежуточных опор подряд, посторонние металлические

предметы высотой 3 см на обоих рельсах, сильный боковой ветер и землетрясение силой 10 баллов по шкале Рихтера, действующие одновременно, не приводят к сходу рельсового автомобиля со струнной путевой структуры при невысоких скоростях движения (до 80 км/час).

Предельно допустимая расчетная скорость прохождения юнибусом колеей 1500 мм криволинейного участка пути радиусом 10 км, без устройства на кривой виража, составляет около 1000 км/ч (из условий бокового опрокидывания). Учитывая, что максимальная эксплуатационная скорость такого юнибуса не превысит 400 км/ч, можно с уверенностью утверждать о наличии большого запаса его динамической устойчивости на горизонтальных кривых высокоскоростных трасс СТЮ, имеющих радиус не менее 10 км.

Подвижной состав СТЮ может эксплуатироваться при ураганном ветре. Например, чтобы сбросить юнибус колеей 1500 мм с пути, сила давления бокового ветра должна превысить вес модуля, при этом должна быть разрушена противосходная система, для чего боковому ветру необходимо иметь скорость около 400 км/час, что нереально.

Нештатная остановка, по тем или иным причинам, юнибуса на трассе не рассматривается в СТЮ как аварийная ситуация. Она предусмотрена в штатной программе управления транспортной системой как эксплуатация СТЮ в другом, менее скоростном режиме. В случае, если началось замедление скорости движения юнибуса, например, из-за поломки двигателя, то сзади идущий юнибус, находящийся с ним в электронной сцепке, также начинает автоматически замедлять свою скорость, постепенно сближаясь с впереди идущим модулем, пока не состыкуется с ним на нулевой относительной скорости с помощью автоматических стыковочных узлов, которыми снабжены все юнибусы. Эта стыковка может быть осуществлена как при полной остановке модулей, так и на определенной скорости. При этом важна не абсолютная скорость стыкуемых транспортных средств, четко направляемых поднятой на высоту рельсовой путевой структурой, а — относительная скорость, которая в СТЮ не должна быть более 5 км/ч (например, космические корабли стыкуются на орбите при абсолютной скорости 8 км/сек и это не представляет опасности). Механически состыковавшись, сзади идущий юнибус берет на себя управление образовавшимся поездом из двух

юнибусов, выполняя функцию локомотива. Один юнибус в сцепке может буксировать до трех неисправных рельсовых автомобилей.

Сцепка из двух юнибусов, один из которых будет неисправным, на электрифицированной линии, когда у локомотива будет мощность 37 кВт (юнибус Ю-321РЕ), сможет развивать скорость 145 км/час. На этой скорости, т.е. практически без изменений режимов движения подвижного состава (145 км/час вместо 200 км/час) вышедший из строя юнибус доставляется на ближайшую, находящуюся по ходу движения, станцию, где он с помощью стрелочного перевода выводится с линии и отправляется на ремонт. Пассажиры при этом пересаживаются на другой юнибус и следуют дальше (для этого каждая станция должна иметь резервный юнибус).

В случае выхода из строя юнибуса Ю-321РТ, с дизельным двигателем мощностью 145 кВт, сцепка из двух таких юнибусов, один из которых станет локомотивом, сможет развить скорость 240 км/час (вместо 300 км/час для одиночных юнибусов).

Таким образом, даже в результате выхода из строя одного из юнибусов, трасса СТЮ на этом участке перейдет на другой скоростной режим, со скоростью лишь на 20—30% более низкой, пока данный юнибус не будет выведен с линии (при расстоянии между соседними станциями 50 км на это уйдет не более 15—20 мин.). При этом на трассе СТЮ не будет создаваться аварийная ситуация, угрожающая жизни и здоровью людей.

Если же у аварийного юнибуса будут заклинены все колеса, то сцепка может быть составлена из трех юнибусов, два из которых станут локомотивами и аварийный модуль все равно будет доставлен на ближайшую станцию. При этом, даже с полностью заклиненными колесами, внезапно перешедший в нештатный режим эксплуатации юнибус не сможет мгновенно остановиться – он проедет юзом 1800 м (при начальной скорости 306 км/час и при ускорении замедления  $2 \text{ м/с}^2$ ) и, таким образом не создаст аварийной обстановки для сзади идущих юнибусов.

Эвакуация пассажиров из юнибуса на трассе предусмотрена лишь в чрезвычайных ситуациях, когда дальнейшее их нахождение в нем представляет опасность для жизни людей. Эвакуация может быть осуществлена путем перехода в специальный эвакуационный модуль, подогнанный к юнибусу по этой же линии,

либо пассажиры с помощью специального тросового эвакуатора, которым снабжен каждый юнибус, спускаются на поверхность земли.

В России на дорогах (автомобильных и железных) ежегодно гибнет 35—40 тыс. человек, причем этот показатель с годами ухудшается. В городах повышенную аварийность и гибель пассажиров и пешеходов на дорогах создают, в основном, автобусы, троллейбусы, трамваи, микроавтобусы. В среднем по стране за последующие 50—100 лет (срок службы СТЮ) на указанных дорогах общей протяженностью 800 тыс. км погибнет около 2—3 млн. человек и 20—30 млн. получат травмы, станут инвалидами и калеками, или на один километр протяженности дорог: 3—4 чел./км и 25—40 чел./км соответственно. Аварийность на поднятой над землей на второй уровень рельсо-струнной системе СТЮ будет значительно ниже, чем у современных скоростных железных дорог, проложенных по поверхности земли (например, по огражденным и поднятым над землей высокоскоростным железным дорогам Японии за 40 лет перевезено порядка 10 млрд. пассажиров и ни один из них не погиб). Цена 3—4 человеческих жизней и 25—40 случаев инвалидности людей на 1 км существующих дорог превышают стоимость 1 км трасс СТЮ. Только одно это оправдывает строительство рельсовых дорог второго уровня на базе струнных технологий, как более безопасных и менее затратных, чем традиционные балочные конструкции пролетных строений.

На существующем электрифицированном наземном городском транспорте имеется опасность поражения высоким электрическим напряжением обслуживающего персонала и пассажиров, в то время как на поднятых на второй уровень электрифицированных трассах СТЮ такая опасность отсутствует.

### 7.3. Всепогодность

СТЮ является всепогодным транспортом. Поэтому ни проливной дождь, ни ураганный ветер, ни снежные заносы на трассе не повлияют на график движения рельсовых автомобилей. СТЮ сможет работать и при наводнениях, когда традиционный наземный транспорт будет парализован, а также при землетрясениях и других стихийных бедствиях.

Путевая структура СТЮ зимой не требует очистки от снега и льда, в то время как, например, содержание проезжей части городских дорог в надлежащем



состоянии в условиях продолжительной зимы с обильными снегопадами требует затрат в 10—20 тыс. USD в год на один километр протяженности улиц (сюда входит не только зарплата занятых на уборке снега людей, но и стоимость снегоуборочных машин и самосвалов для вывоза снега, расход горюче-смазочных материалов, ухудшение дорожно-транспортных условий на период уборки снега и увеличение дорожно-транспортных происшествий с повреждением транспортных средств, травматизмом и гибелью людей, простой общественного городского транспорта и личного транспорта, опоздания на работу из-за образования «пробок», расход антиобледенительных реагентов и др.). За срок службы городских участков трасс СТЮ (50—100 лет) экономия на этом составит в городском бюджете около 1 млн.USD/км, что примерно равно стоимости строительства 1 км трассы СТЮ колесей 1500 мм.

#### 7.4. Экологичность

Крупногабаритные, тяжелые, мощные автобусы, троллейбусы и трамваи являются основным источником шума в городах, а шум по вредному воздействию на здоровье городского жителя выходит в настоящее время на первое место. Источником шумов в трамвае являются стыки в рельсах, большая неподрессоренная масса стальных колес, колесной тележки и самого трамвая, неровный путь, уложенный на балластную подушку, стрелочные переводы, токосяем с громоздким, тяжелым и шумным пантографным токоприемником. У троллейбуса — мощный двигатель с редуктором, протектор шин, токосяем с двумя длинными и мощными поворотными штангами токоприемника и многочисленными стрелочными переводами. У СТЮ указанные источники шумов отсутствуют.

Существующий городской транспорт является источником вибраций почвы, что оказывает вредное воздействие не только на людей, но и на городские здания и сооружения. СТЮ не будет создавать вибраций почвы благодаря высокой ровности пути, отсутствию стыков в рельсе (он будет сварен в одну плеть), задемпфированности колеса, рельса-струны и железобетонных опор, малой неподрессоренной массы стального колеса модуля и малой массе самого модуля.

Неравномерно провисающая контактная сеть троллейбуса и трамвая часто искрит и создает значительные радиопомехи и электромагнитное загрязнение городской окружающей среды.

Контактная сеть трамвая и троллейбуса, нависающая над городскими улицами, многочисленные растяжки, идущие не только к столбам, но и к стенам зданий, многочисленные электроизоляторы, подвески, столбы на тротуарах ухудшают облик городской застройки, ее эстетическое восприятие, являются визуальным вторжением и представляют собой визуальную экологическую опасность (контактный провод в электрифицированных вариантах СТЮ незаметен, т.к. прикреплен к рельсу-струне в непосредственной близости от него).

Из-за большой массы подвижного состава существующего городского транспорта, приходящейся на одного пассажира, высокого сопротивления его движению (аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению колеса, сопротивление, создаваемое в токосъеме), подвижной состав имеет избыточную мощность привода: 3—4 кВт и более на одного пассажира для автобуса, троллейбуса, трамвая (а при малой загрузке, что, в основном, и имеет место — 10—15 кВт/пасс.), 5—6 кВт/пасс. и более для микроавтобуса, 20—50 кВт/пасс. и более для такси и личных автомобилей. У городских вариантов конструкции юнибусов колесей 1500 мм (сухой вес около 1,6 тонны при вместимости до 15—20 пасс.) мощность двигателя составит 1—1,5 кВт/пасс., поэтому при одинаковой транспортной работе по расходу энергии СТЮ будет экологичнее существующего городского общественного транспорта в 2—3 раза, легковых автомобилей — в 15—20 раз и более.

СТЮ является самым экологически чистым транспортом среди известных (в том числе в сравнении с троллейбусом и трамваем) благодаря стальному колесу и стальному рельсу (сопротивление качению стального колеса юнибуса ниже чем у пневматической шины троллейбуса в 10—15 раз и более), высокой аэродинамичности корпуса (лучше, чем у троллейбуса и трамвая в 5—6 раз) и меньшей материалоемкости подвижного состава, на разгон и торможение которого, в основном, и затрачивается энергия (80—100 кг сухого веса на пассажира в городских вариантах исполнения юнибусов, против 150—300 кг/пасс. у трамвая и троллейбуса). Соответственно, при одинаковой транспортной работе СТЮ меньше

всего загрязнит городской воздух продуктами горения топлива (при использовании двигателя внутреннего сгорания) или меньше всего потребит электрической энергии (для электрифицированного варианта).

Движение в СТЮ будет осуществлено без перекрестков и светофоров, которые, в основном, и создают в существующем городском транспорте экологические проблемы: перерасход топлива, загазованность воздуха и смог, а также являются основной причиной «пробок» и шума на городских улицах.

К основным ограниченными и не возобновляемым на планете ресурсам относится земля, особенно ее плодородный слой, гумус в котором создавался живыми организмами в течение миллионов лет. Уменьшение площади земли, занимаемой транспортной системой (отвод земли в транспортной системе необходим лишь для одной цели — для обеспечения движения транспортных средств), в СТЮ обеспечивается за счет: отсутствия насыпей, выемок, многоуровневых развязок; исключения мостов и путепроводов, на подходах к которым на автомобильных и железных дорогах требуется высокая и протяженная насыпь, занимающая большую площадь земли; исключения широкого сплошного полотна, требующего опирания на подушку и, соответственно, на земляную насыпь и поверхность земли; уменьшения поперечного сечения опор, например, в сравнении с монорельсом — в 2—3 раза.

В качестве топлива для дизеля транспортного модуля СТЮ (в неэлектрифицированных вариантах исполнения) может использоваться синтетический бензин — диметиловый эфир, синтез которого из метана может быть организован в любом городе (например, он производится в г. Москве). Продукты горения такого топлива (вода и углекислый газ) аналогичны продуктам сгорания метана и природного газа и являются экологически чистыми. Такое топливо в 1,5—2 раза дешевле традиционного дизельного топлива и является идеальным, т.к. обычный дизельный двигатель заводится на любом морозе, его ресурс увеличивается в 1,5—2 раза, а в продуктах горения отсутствует сажа и вредные вещества (свинец, сера и др.). В юнибусах могут также использоваться экологически чистые водородные и воздушные (на сжатом воздухе) двигатели, если будет организовано их серийное производство.

## 7.5. Доступность

Трассы СТЮ могут быть проложены по застроенной территории, по скверам, паркам и другим городским территориям, где не могут быть проложены трамвайные и троллейбусные линии. В отдельных случаях трассы СТЮ могут пройти через жилые и офисные здания, торговые комплексы и другие городские здания и сооружения, т.е. в непосредственной близости от мест формирования пассажирских потоков. Эти возможности транспорта второго уровня используются в настоящее время при трассировке монорельсовых дорог в различных городах мира. Поэтому, с точки зрения пешеходной доступности, СТЮ будет предпочтительнее наземных видов городского транспорта.

По цене билета городской СТЮ будет на уровне городского тарифа за проезд в общественном транспорте, поэтому он будет доступен всем слоям населения, в том числе малообеспеченным. На междугородных высокоскоростных трассах себестоимость проезда на СТЮ будет на уровне 1 USD/100 пасс.×км, поэтому цена билета на них будет на уровне стоимости проезда сегодня на такое же расстояние в общем вагоне железной дороги, при комфорте на порядок более высоком.

## 7.6. Другие экономические и неэкономические факторы

Для прохождения трассы СТЮ не нужны мосты, путепроводы, подземные и надземные пешеходные переходы, многоуровневые развязки, устройство которых на традиционных дорогах, особенно в городах, зачастую превышает стоимость самих дорог.

СТЮ является транспортом второго уровня, т.к. путевая структура в нем поднята над землей на опоры. Благодаря этому уменьшается изъятие земли под дорогу: промежуточные опоры на 1 км двухпутной трассы колеей 1500 мм отнимают 30—40 м<sup>2</sup> земли, анкерные — 60—80 м<sup>2</sup>. Для сравнения: троллейбусное, автобусное и трамвайное сообщение отнимают 0,7 га/км (7.000 м<sup>2</sup>/км) ценной городской земли (ее стоимость 0,5 млн.USD/га и более).

Квадратный метр проезжей части современных городских дорог, рассчитанных на пропуск тяжелых автобусов и троллейбусов, а также автобанов, рассчитанных на пропуск тяжелых грузовиков, стоит примерно столько же,

сколько стоит квадратный метр площади нового жилого дома (около 1000 USD/м<sup>2</sup>). При этом проезжая часть российских дорог уступает по прочности и долговечности зарубежным (в ряде зарубежных стран толщина дорожной одежды достигает 1,5 м и более), поэтому с течением времени стоимость дорожного полотна будет расти, как за счет увеличения расхода материалов, так и за счет роста цен на них. Таким образом, на решение проблемы «Дороги», если использовать традиционные методы, в перспективе еще больше будет недоставать средств, чем в настоящее время, поэтому эта проблема не может быть решена традиционно и в будущем, учитывая суровые природно-климатические условия: длительную и заснеженную зиму, вечную мерзлоту, тундру, болота, реки, озера, тайгу и горы на большей части территории России, занимающей 1/7 территорию земной суши.

Асфальтобетонное покрытие автомобильных дорог, особенно городских, ежегодно требует заделки температурных трещин, выбоин, ямочного ремонта, устранения «наплывов» асфальта и др., а один раз в 10—15 лет — нанесения нового слоя асфальтобетонного покрытия. Это ежегодно может обходиться в среднем в 20—30 тыс. USD/км, а за 50—100 лет (срок службы СТЮ) — в 1—3 млн. USD/км.

В рельсе-струне СТЮ могут быть размещены линии связи (проводные и оптико-волоконные), на анкерных опорах — узлы радио-релейной и сотовой связи.

На опорах СТЮ могут быть размещены фонари освещения улиц, для которых, в этом случае, не потребуются фонарные столбы.

На каждой анкерной опоре СТЮ, совмещенной с остановкой, могут быть размещены одноуровневые или многоуровневые (в том числе подземные) магазины, пункты общественного питания, различные пункты обслуживания населения (мастерские, пункты размена валюты и т.п.), места для отдыха и развлечения горожан и т.д., поэтому анкерные опоры и станции окупятся самостоятельно.

На каждой промежуточной опоре СТЮ может быть предоставлено по два рекламных места (по одному с каждой стороны), поэтому такие опоры окупятся самостоятельно и независимо от путевой структуры. Дополнительные рекламные места, по типу растяжек, как поперечных, так и продольных, могут быть размещены снизу, под струнной путевой структурой. Кроме того, днище

транспортного модуля СТЮ, представляющее собой ровную поверхность, является дополнительным местом для нанесения рекламных надписей и изображений, при этом рельсо-струнный путь, являющийся визуально «прозрачным», не будет доминировать на втором уровне.

Автобусы и троллейбусы являются основными причинами разрушения асфальтобетонного покрытия городских улиц (из-за большой нагрузки на ось, частого торможения на светофорах и остановках и высокой температуры шин летом, когда асфальт и так размягчен солнцем), образования колеи и наплывов асфальта в районе остановок общественного транспорта.

Трамвайный путь ухудшает ровность дорожного полотна городских улиц, ослабляет дорожное покрытие, а на участке нахождения шпал дорожное полотно, как правило, устраивается сборно-разборным из железобетонных плит, что приводит к повышенному шуму при движении по нему городского автомобильного транспорта.

В отличие от троллейбусных и трамвайных линий неэлектрифицированных СТЮ не требует дорогостоящей контактной сети из дефицитной меди (которую необходимо периодически менять) с ее поддерживающими столбами, растяжками, электроизоляторами, силовыми кабелями, электрическими подстанциями.

Легче будет бороться с «зайцами» (безбилетниками), т.к. оплачивать можно не проезд в юнибусе, а вход на поднятую над землей остановку (как и в метро, где оплачивается вход на станцию).

## **8. Организация разработки и производства юнибусов**

### **8.1. Сроки разработки**

Сроки разработки любой модели высокоскоростного юнибуса определяются отдельным договором и ориентировочно составляют 12 месяцев.

### **8.2. Головной разработчик и соисполнители разработки**

Головной разработчик — ООО «Струнный транспорт Юницкого», г. Москва.

Возможные соисполнители разработки и поставщики комплектующих систем для высокоскоростного юнибуса:

- Volkswagen AG, Германия
- ОАО «ГАЗ», г. Нижний Новгород, Российская Федерация
- Daimler Chrysler, Германия
- Steyr Motors, Австрия
- Continental Teves AG, Германия
- Bonatrans a.S. Bohumin, Чехия
- Gummi-Metall-Technik GmbH, Германия
- ООО «ЭТОН», г. Смоленичи, Белоруссия
- ZF Getriebe GmbH, Германия
- ООО «КАТЕ», г. Москва, Российская Федерация
- ИТЦ МП, г. Молодечно, Белоруссия
- ФГУП «КНИИТМУ», г. Калуга, Российская Федерация
- Venture, США
- УЭТК «КАНОПУС», г. Златоуст, Российская Федерация
- ОАО «РИАТ», г. Набережные Челны, Российская Федерация
- Webasto, Германия

### 8.3. Количество изготавливаемых опытных образцов, место проведения испытаний

Изготавливаемая партия — 1 образец.

Место проведения испытаний:

- стационарные испытания — на производственных площадях изготовителя;
- ходовые испытания — в составе высокоскоростной струнной транспортной системы, вводимой в эксплуатацию (на ее первых километрах, во время строительства остальной части строящейся трассы СТЮ).