

**ОАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ  
КОМПАНИЯ ЮНИЦКОГО»**

**ПРЕДЛОЖЕНИЕ**

**ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ДВУХПУТНАЯ  
ГРУЗОПАССАЖИРСКАЯ СТРУННАЯ ТРАНСПОРТНАЯ  
МАГИСТРАЛЬ**

**“КРАСНОЯРСК – ЛЕСОСИБИРСК – ИГАРКА –  
ДУДИНКА – НОРИЛЬСК”**



Москва 2001

## Содержание

1. Струнная транспортная система . . . . .	3
1.1. Принципиальная схема СТЮ . . . . .	3
1.2. Линейная схема трассы . . . . .	3
1.3. Путевая структура . . . . .	6
1.3.1. Рельс-струна . . . . .	6
1.3.2. Поддерживающий трос . . . . .	7
1.3.3. Жёсткость путевой структуры . . . . .	7
1.4. Опоры . . . . .	9
1.5. Транспортные модули . . . . .	15
1.6. Вокзалы, станции и грузовые терминалы . . . . .	19
1.7. Организация движения пассажиров и грузов . . . . .	20
1.7.1. Посадка и высадка пассажиров на конечных вокзалах . . . . .	20
1.7.2. Погрузка и разгрузка грузов . . . . .	20
1.7.3. Движение по линии . . . . .	21
1.7.4. Пропускная способность трассы и время в пути . . . . .	22
1.8. Безопасность и надёжность . . . . .	23
1.8.1. Безопасность на вокзале . . . . .	23
1.8.2. Безопасность движения на линии . . . . .	23
1.8.3. Надёжность конструкции СТЮ и её функционирования . . . . .	24
1.8.4. Экологическая безопасность . . . . .	25
1.9. Коммуникационная инфраструктура . . . . .	28
1.10. Технология строительства . . . . .	28
1.11. Значение СТЮ для Красноярского края . . . . .	30
1.12. Техничко-экономические показатели . . . . .	35
2. Этапы реализации программы СТЮ . . . . .	44
Заключение . . . . .	45
Литература . . . . .	47

# **Высокоскоростная струнная транспортная магистраль**

## **“Красноярск – Лесосибирск – Игарка – Дудинка – Норильск”**

### **(1800 км)**

## **1. Струнная транспортная система**

### **1.1. Принципиальная схема СТЮ**

Струнная транспортная система Юницкого (СТЮ) представляет собой установленный на опорах струнный рельсовый путь, по которому осуществляют движение колёсные транспортные модули (автолёты). Отличительной особенностью пути являются струны, находящиеся в теле рельса и натянутые до суммарного усилия около 250 тс на один рельс. Струны жестко прикреплены к анкерным опорам, установленным через 500...2000 м, а путевая структура поддерживается промежуточными опорами, размещенными через 10...100 м. 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 движутся колёса автолёта, в статическом состоянии не имеет прогибов и стыков по всей своей длине. Имея очень высокую ровность и жесткость путевой структуры, СТЮ позволит достичь скоростей движения в 300 км/час и выше.

Трасса СТЮ "Красноярск – Норильск" будет выполнена неэлектрифицированной, поэтому автолёты будут иметь в качестве привода двигатель внутреннего сгорания. После строительства струнной магистрали и создания в зоне её тяготения высоковольтных линий электропередач и строительства электростанций, она может быть электрифицирована путём реконструкции путевой структуры и подключения к промышленной электрической сети. Мощность запитки трассы будет около 300 тыс. кВт (170 кВт/км).

Более подробно конструктивные, технологические и иные особенности СТЮ описаны в монографиях [1, 2].

### **1.2. Линейная схема трассы**

Линейная схема трассы показана на рис. 1.

Схема прохождения трассы СТЮ "Красноярск – Норильск" показана на рис. 2.

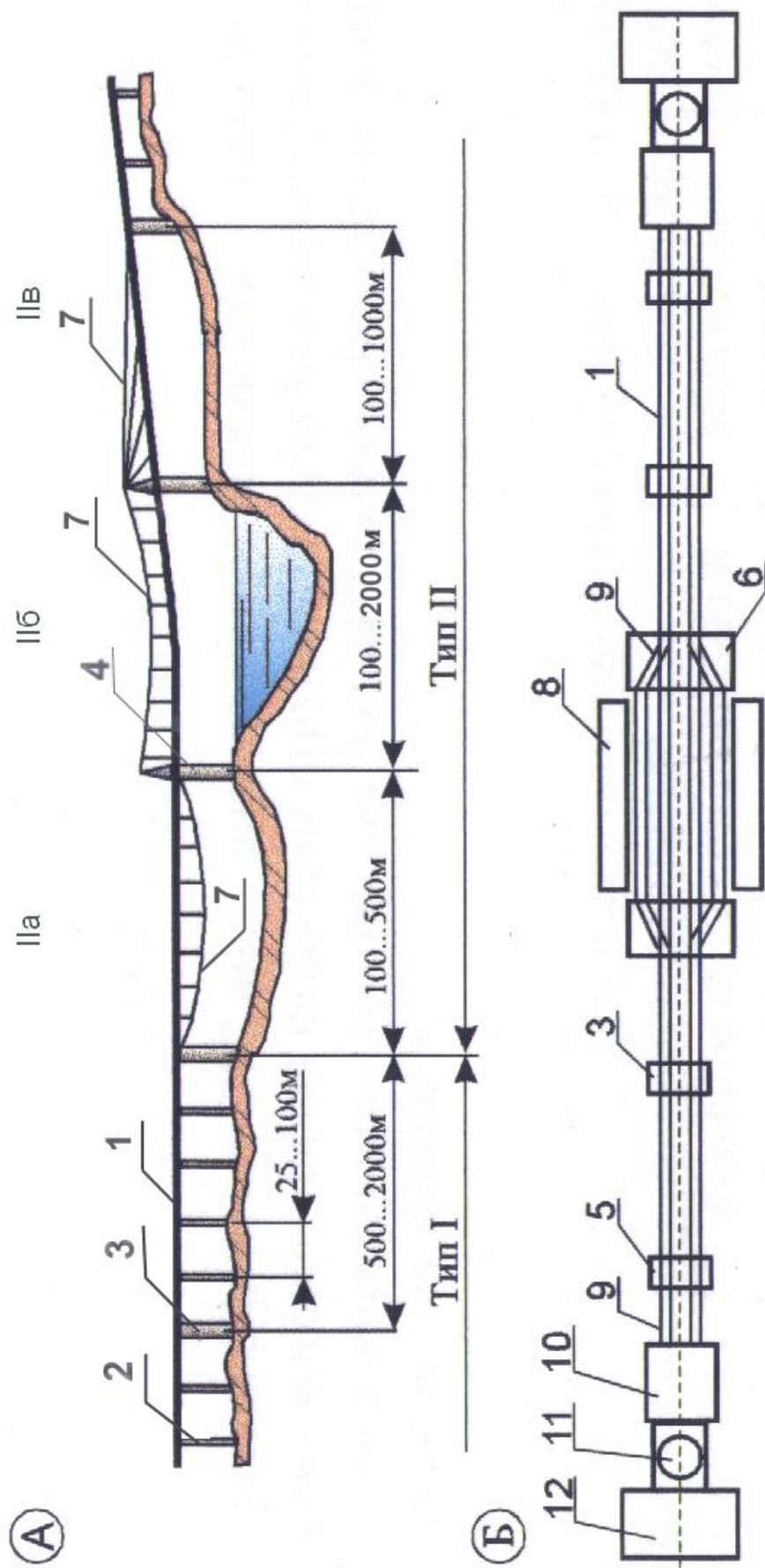


Рис. 1. Линейная схема трассы:  
 А – вид сбоку; Б – вид сверху; 1 – двухпутная путевая структура; 2 – поддерживающая опора; 3, 4, 5, 6 – анкерные опоры, соответственно: промежуточная, пилон, концевая, со стрелочным переходом; 7 – поддерживающий канат; 8 – промежуточная станция; 9 – участок трассы, выполненный из обычных рельсов (типа железнодорожных); 10 – концевой вокзал; 11 – поворотный круг; 12 – депо.



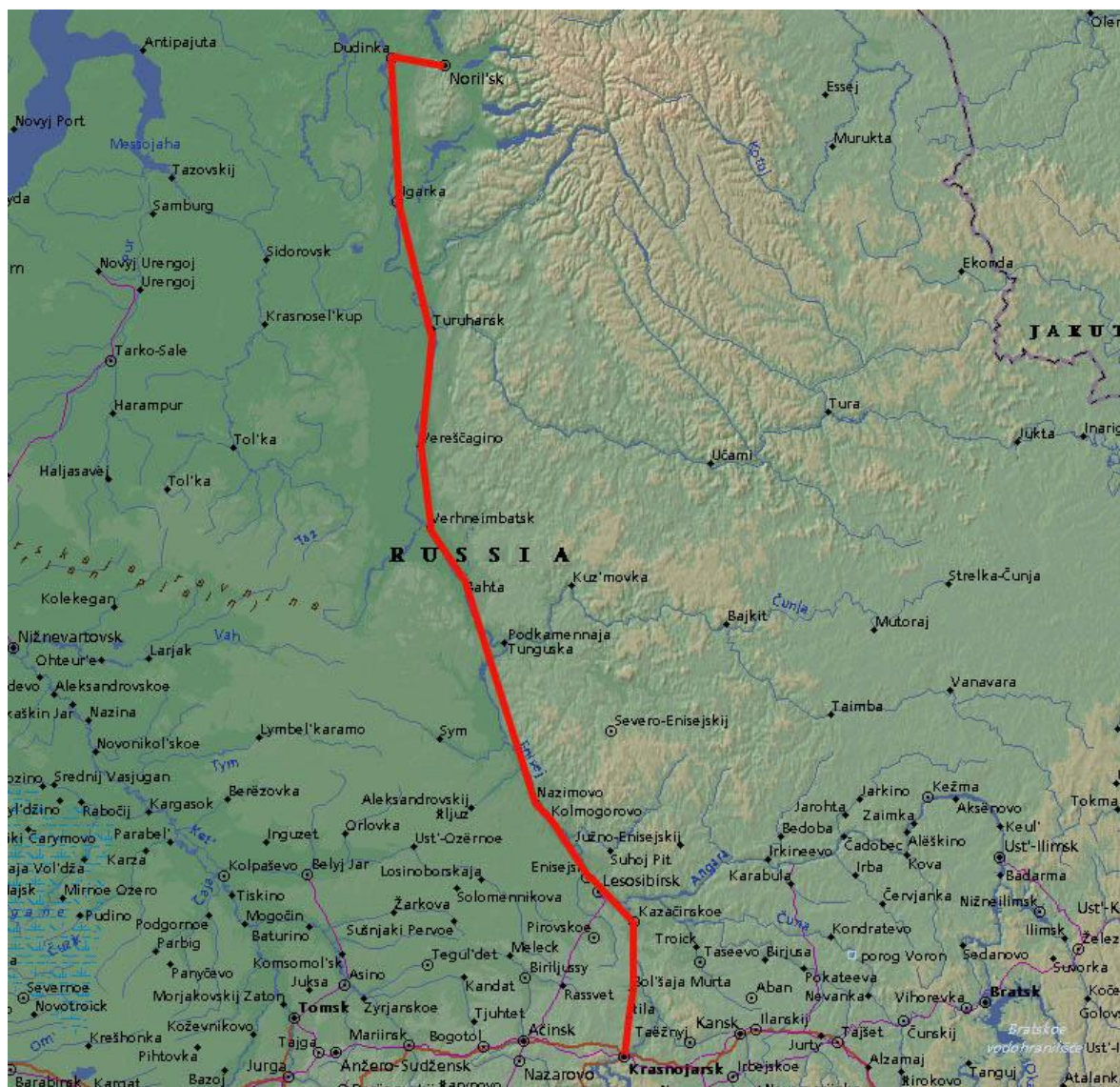


Рис. 2. Схема прохождения трассы СТЮ "Красноярск – Норильск".

Оптимальное расстояние между промежуточными опорами - 50 м. При необходимости, на сложных участках, это расстояние может быть уменьшено до 10 м, или наоборот, увеличено до 100 м. При большей длине пролета (современные материалы обеспечивают длину пролета до 2000 м и выше) путевая структура должна поддерживаться с помощью вант или троса (по типу висячих и вантовых мостов).

Учитывая, что СТЮ не критична к рельефу местности, трасса может быть проложена по кратчайшему пути - по прямой линии.

При необходимости путевая структура может иметь кривизну как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Из соображений комфортности движения (перегрузки на кривых не должны ощущаться пассажирами), радиусы кривизны на магистральных участках трассы

при скорости 300 км/час должны быть не менее 7 тыс. м. На участках трассы с меньшими радиусами горизонтальных кривых будет снижаться скорость движения автолётов (5000 м – 250 км/час, 3000 м – 200 км/час, 2000 м – 160 км/час), либо на этих участках будут выполнены виражи.

Трасса будет выполнена двухпутной. Здесь будет достаточно высокий грузопоток (20 млн. т различных грузов в год) и пассажиропоток (2 млн. пасс./год).

Прямая и обратная линии трассы смонтированы на общих опорах. На отдельных участках, при необходимости, прокладка линий может осуществляться независимо с разведением на расстояние до несколько сот метров друг от друга.

На участке “Игарка - Дудинка - Норильск ” трасса пройдёт в условиях вечной мерзлоты.

### 1.3. Путевая структура

В зависимости от длины пролёта путевая структура СТЮ подразделяется на два характерных типа (рис. 1):

I - обычной конструкции (пролёт до 100 м);

II - с дополнительной поддерживающей тросовой конструкцией (пролёт более 100 м) с размещением троса:

- а) снизу;
- б) сверху - с параболическим прогибом;
- в) сверху - в виде вант.

#### 1.3.1. Рельс-струна

Один из вариантов конструкции рельса-струны представлен на рис. 3.

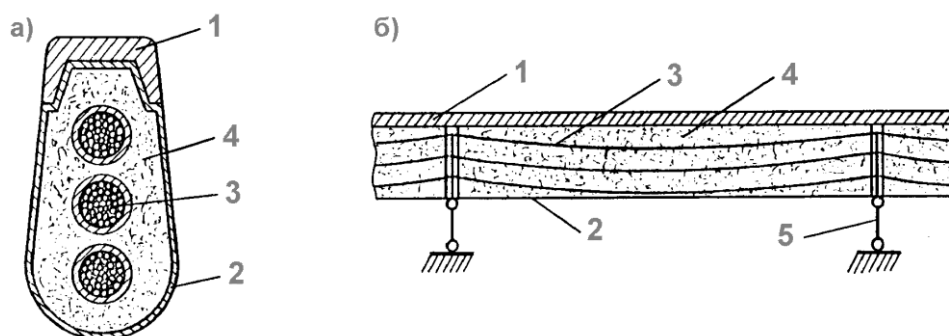


Рис. 3. Конструкция рельса-струны:

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

Головка рельса-струны изготавливается методом проката из тех же марок стали и на том же оборудовании, что и железнодорожные рельсы. Поскольку контактные напряжения смятия в головке рельса-струны под колесом автoлётa будут в пределах 60...80 кгс/мм<sup>2</sup> (против 100...120 кгс/мм<sup>2</sup> в железнодорожном транспорте), то долговечность головки рельса будет в несколько раз выше, а износ – значительно ниже, чем у железнодорожных рельсов.

Каждый рельс имеет несколько струн (канатов) заводского изготовления, которые набраны из стальных проволок диаметром 1...5 мм и натянуты до суммарного усилия около 250 тс для одного рельса или соответственно - 500 тс для путевой структуры и 1000 тс для двухпутной трассы. В промежутке между анкерными опорами проволоки в струне размещены в защитной оболочке и не связаны друг с другом (они размещены в специальном антикоррозионном составе). Жесткое крепление струн осуществляется в анкерных опорах. Расчётные напряжения в канатах – 100 кгс/мм<sup>2</sup> (как и в канатах висячих и вантовых мостов и арматуре предварительно напряжённых железобетонных изделий). Более подробно конструкция рельса описана в монографии [1] и патенте [5].

Конструкционная (предельная) скорость движения по рельса-струне составляет 600 км/час, расчётная (эксплуатационная) скорость – 300 км/час.

### **1.3.2. Поддерживающий трос**

Поддерживающий трос, как и струна в рельсе, набран из проволок (канатов), изготовленных из высокопрочной стали. Расчётные напряжения в проволоке канатов – 100 кгс/мм<sup>2</sup>. Проволоки помещены в защитный кожух, имеющий гидроизоляцию. Свободный объём троса заполнен специальным антикоррозионным наполнителем. Чем длиннее пролет, тем больше диаметр троса. Например, стальной трос диаметром 100 мм, благодаря низкой материалoёмкости путевой структуры и её малому весу, обеспечит поддержание пролета СТЮ длиной в 1000...1500 метров, т.е. позволит перекрыть крупную реку одним пролётom.

### **1.3.3. Жёсткость путевой структуры**

Путевая структура СТЮ имеет низкую материалoёмкость - около 50 кг/м для рельса-струны, и, в то же время, - высокие усилия натяжения струн. Поэтому она характеризуется малыми прогибами элементов конструкции как под действием собственного веса (см. табл. 1), так и движущихся автoлётoв.

Таблица 1

## Прогибы конструкции СТЮ под действием собственного веса

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

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 15...20 см.

В любом случае, описанные прогибы являются строительными и не влияют на ровность головки рельса, которая в ненагруженном состоянии является очень прямолинейной. Криволинейность пути в вертикальной плоскости появится при движении подвижной нагрузки, а в горизонтальной плоскости - под действием ветра как на конструкцию СТЮ, так и на движущиеся автолёты. Максимальные статические прогибы, например, под действием веса неподвижного пассажирского автолёта (6000 кгс), размещённого в середине пролёта, будут в пределах: 1/800 для рельса и 1/2400 - для пролёта с поддерживающим тросом. Динамические прогибы конструкции при скоростях движения автолёта 300 км/час будут значительно ниже указанных значений (в пределах 1/10000...1/3000, или в абсолютном выражении - в пределах 5...15 мм для пролёта 50 м). Приведенные данные свидетельствуют о том, что СТЮ является более жёсткой конструкцией (по отношению к подвижному составу), чем рельсовый железнодорожный путь, мосты и путепроводы на железных и автомобильных дорогах, относительный прогиб которых под действием расчетных нагрузок значительно выше (1/400).

Исследованы и определены конструктивные особенности путевой структуры и режимы движения автолётов, при которых отсутствуют резонансные явления в рельсе-струне. Более того - колебания пути будут возникать и оставаться позади движущегося автолёта, гаснуть за 0,1...0,5 сек., а следующий за ним автолёт будет двигаться по невозмущенному, 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 и головка рельса при этом не будут иметь деформационных швов по длине, а их поведение при изменении температуры аналогично поведению телефонного провода или провода линии электропередач, которые также как и струны в рельсе подвешены к опорам с прогибом и тянутся без стыков на многие километры. Изменение температуры от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (зимой) до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (летом) приведет к изменению относительного прогиба пролёта в пределах  $1/10000$ , что практически не отразится на ровности пути. При этом напряжения растяжения в струне и головке рельса увеличатся зимой примерно на  $10\text{ кгс/мм}^2$ , а летом, наоборот, - уменьшатся на те же  $10\text{ кгс/мм}^2$ . При меньшем перепаде температур напряженно-деформированное состояние рельса-струны будет изменяться в меньшей степени.

Учитывая низкую парусность конструкции СТЮ и автолётов, относительный прогиб путевой структуры СТЮ под действием бокового ветра, имеющего скорость  $150\text{ км/час}$ , 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 СТЮ при отрицательных температурах воздуха. Однако, учитывая малые поперечные размеры рельса-струны, обтекаемость, наличие высокочастотных и низкочастотных колебаний и других факторов, затрудняющих образование наледи, ее можно вообще избежать. В наиболее опасные зимние периоды времени по трассе периодически будут проходить специальные автолёты, оснащенные, например, газотурбинными двигателями, которые горячей струей воздуха будут растапливать и сдувать образовавшуюся плёнку льда. При постоянной загруженности трассы (следование автолётов с частотой менее  $10\text{ минут}$ ), лёд будет постоянно скалываться с головки рельса, т.к. контактные напряжения в зоне «колесо – рельс» будут порядка  $80\text{ кгс/см}^2$ , поэтому специальная очистка от льда не потребуется.

#### 1.4. Опоры

Несущая конструкция опор подразделяется на два характерных типа (рис. 4):

- а) анкерные опоры, которые воспринимают горизонтальные усилия от струнных и тросовых элементов СТЮ;
- б) поддерживающие опоры, воспринимающие только вертикальную нагрузку от веса путевой структуры СТЮ и автолётов.

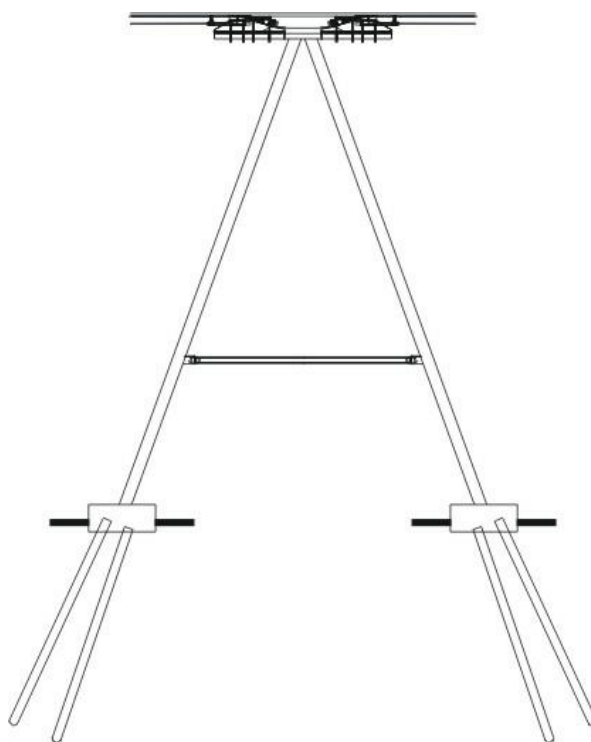
Анкерные опоры, в зависимости от рельефа местности, будут размещены с шагом 0,5...2 км (оптимальное расстояние между ними 1 км). Максимальные горизонтальные нагрузки испытывают только концевые анкерные опоры, устанавливаемые в местах размещения стрелочных переводов, т.е. там, где рельс-струна имеет поперечный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

Поддерживающие опоры, в зависимости от рельефа местности, будут установлены с шагом 10...100 м (оптимальное расстояние между ними 50 м). Минимальная вертикальная нагрузка на опору (с учётом подвижной нагрузки) 15 тс (пролёт 10 м), максимальная - 50 тс (пролёт 100 метров). Опоры имеют свайный фундамент, сваи в котором, в зависимости от нагрузок, характеристик грунтов и времени возведения (в летний или зимний период), будут выполнены буро-набивными, забивными или винтовыми (завинчивающимися).

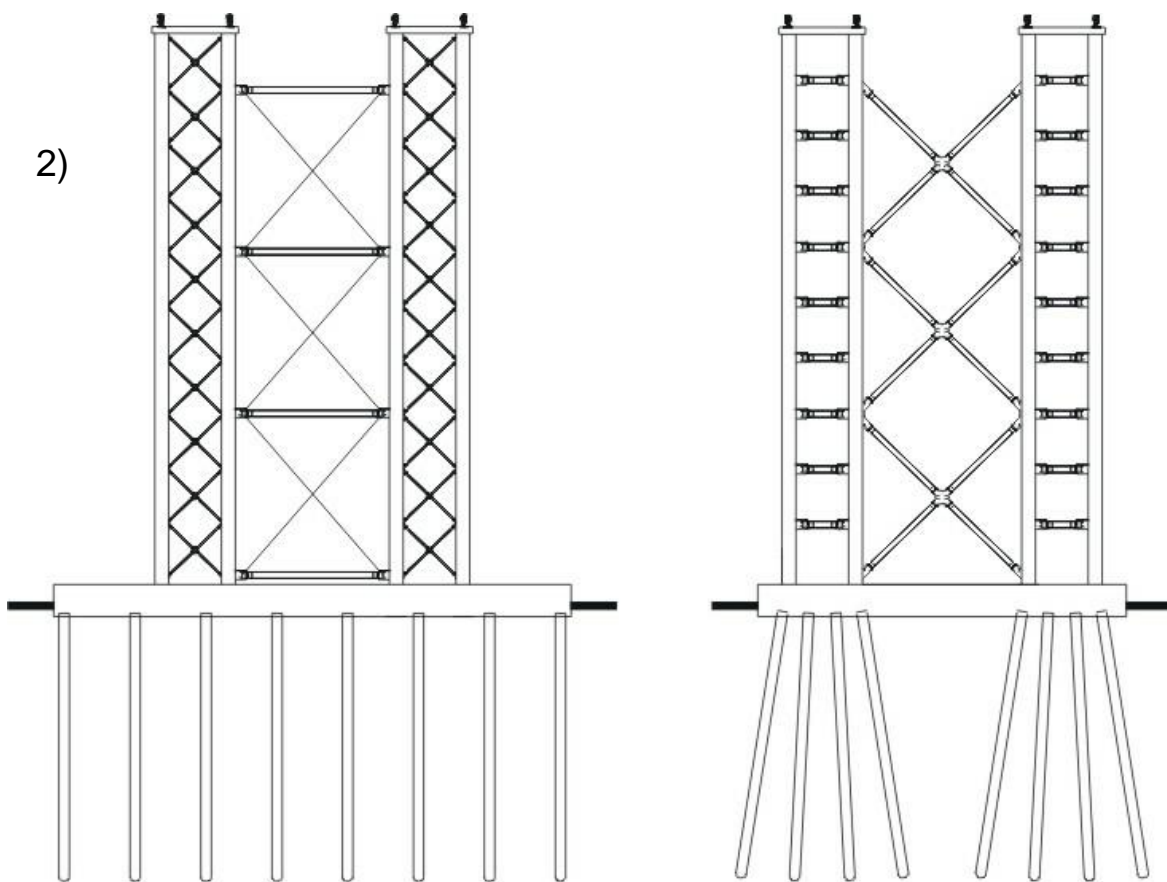
Опоры выполняются из традиционных строительных материалов – железобетона (преимущественно заводского изготовления; в отдельных случаях, например, при переходе через реки, - из монолитного железобетона) и стального проката, преимущественно из труб с диапазоном диаметров 50...400 мм.

A

1)



2)



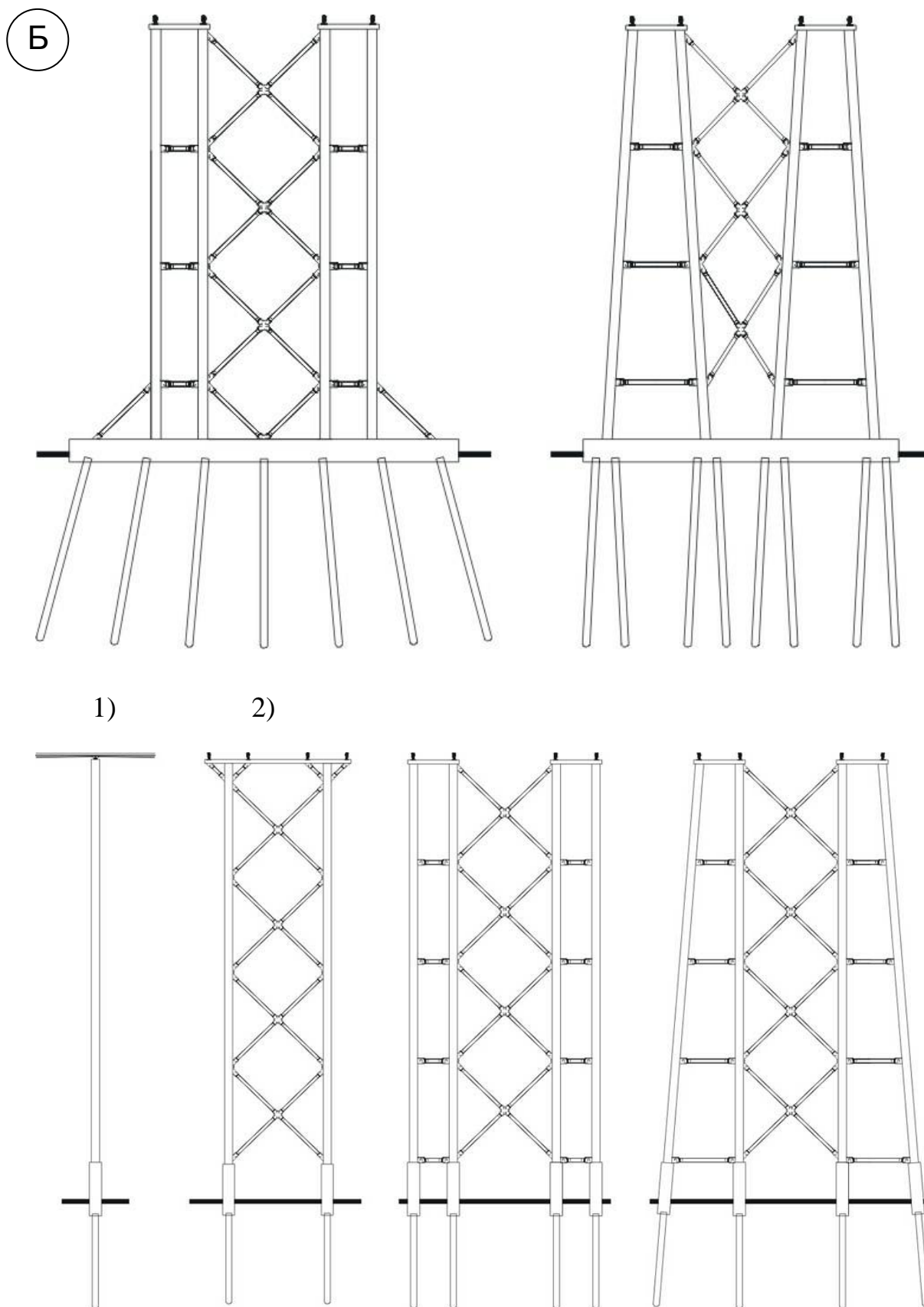


Рис. 4. Варианты конструкции опор двухпутной трассы:  
 А - анкерная опора трассы СТЮ; Б - промежуточная опора трассы СТЮ;  
 1) вид сбоку; 2) поперечный разрез.

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, приведённых в табл. 2, что даёт среднюю их высоту в 25 м.

Таблица 2

Определение средней высоты опор на трассе СТЮ

Высота опоры, м	Доля опор в общем количестве, %
10	10
20	45
30	40
40	3
50	1,5
100	0,5
Итого: средняя высота опор - 25 м	100

Более подробно устройство опор описано в монографии [1].

Варианты выполнения трасс СТЮ и их опор в различных географических условиях показаны на рис. 5 - 6.





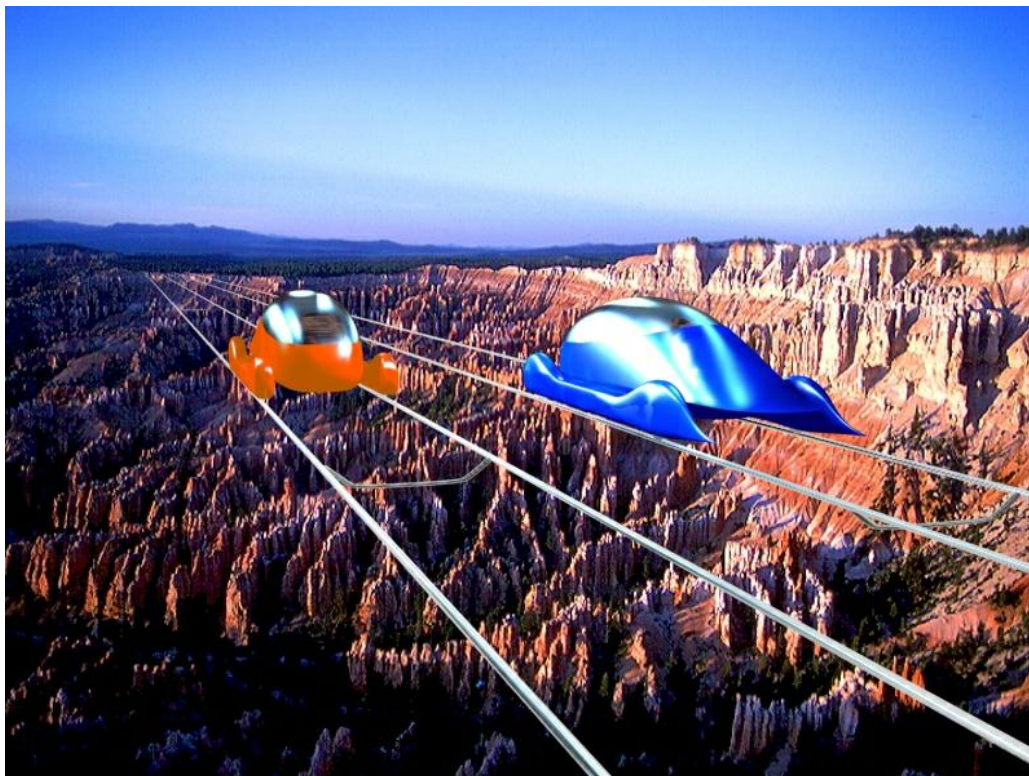


Рис. 5 - 6. Варианты выполнения трасс СТЮ  
в различных географических условиях

Поддерживающие опоры испытывают невысокие вертикальные, поперечные и продольные нагрузки (продольные усилия, возникающие, например, при торможении автолётов, 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 СТЮ может пройти одним пролётом (длиной до 2000 м) на высоте 50...100 м и не потребует землеотвода. Поскольку СТЮ 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.

## 1.5. Транспортные модули

Вместимость пассажирского автолёта (в часы пик) 25 человек, грузового автолёта - 6000 кг груза. Соответственно, мощность дизельного двигателя внутреннего сгорания - 150 и 75 кВт. Это позволит достигать скорости движения 300...320 км/час.

Расход топлива на высокоскоростное движение, определённый из расчёта 0,25 л/кВт · час, составит 15 л на 100 км пути для пассажирского и 6,25 л на 100 км пути для грузового автолётов. Удельный расход топлива соответственно составит 0,6 л/100 пасс. · км и 1,04 л/100 т · км. Одной заправки топливом в объёме 300 л для пассажирского и 120 л для грузового автолётов будет достаточно для проезда по всей трассе из одного конца в другой.

Определена идеальная форма корпуса автолёта, имеющая коэффициент аэродинамического сопротивления  $C_x=0,075$  (этот результат получен при продувке модели масштаба 1:5 в аэродинамической трубе), что позволит свести аэродинамические потери и шум при высоких скоростях движения к минимуму. Исследования проводились в институте им.Крылова (г.Санкт-Петербург).

Автолёт рассчитан на работу по принципу маршрутного такси - без остановок от станции посадки до станции назначения. Он не имеет водителя и управляется бортовым компьютером, который в свою очередь управляется и контролируется линейными и центральными компьютерами. Более подробно автолёт описан в монографии [2].

На рис. 7-9 показаны варианты выполнения грузовых и пассажирских автолётов.

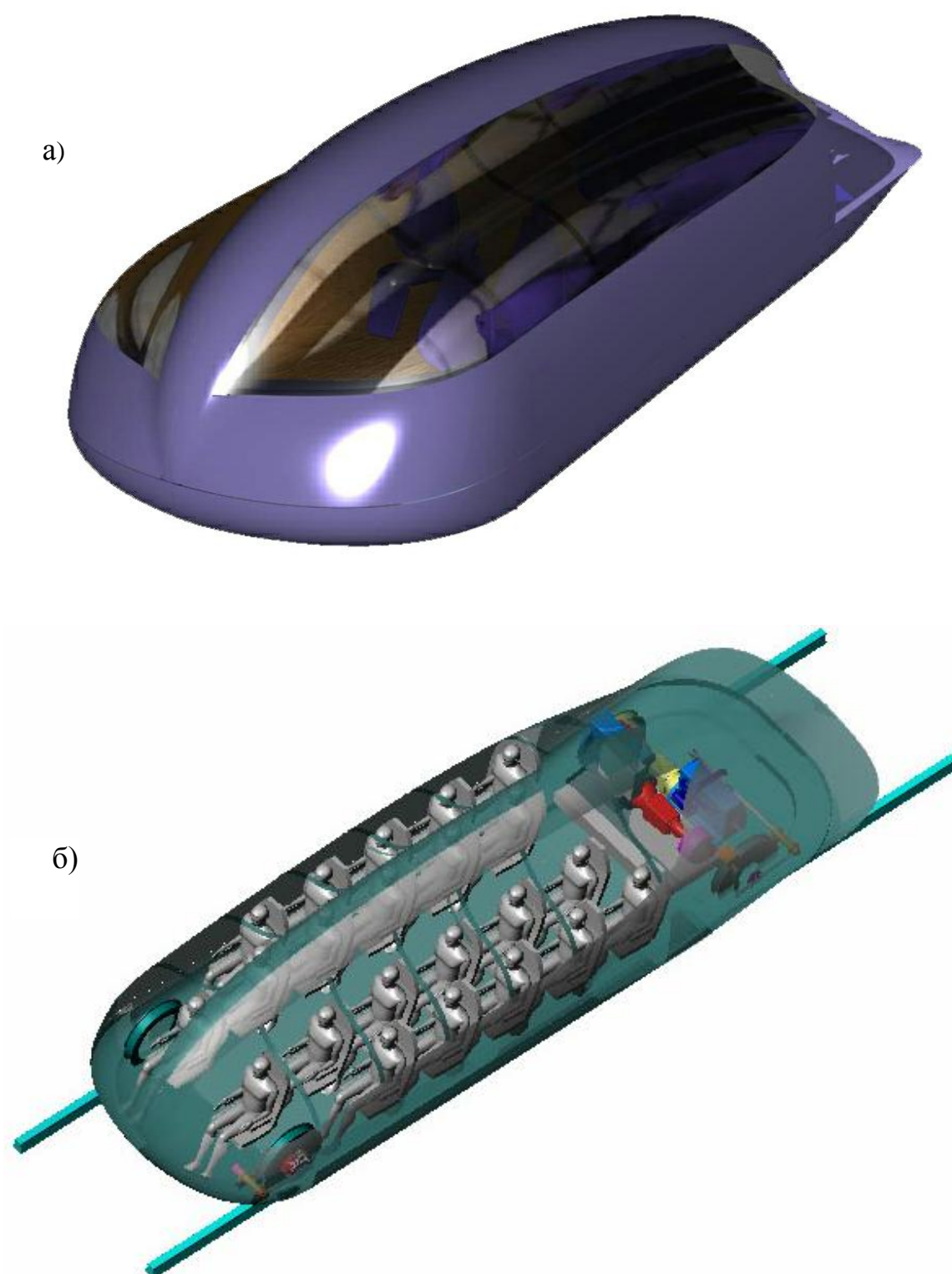
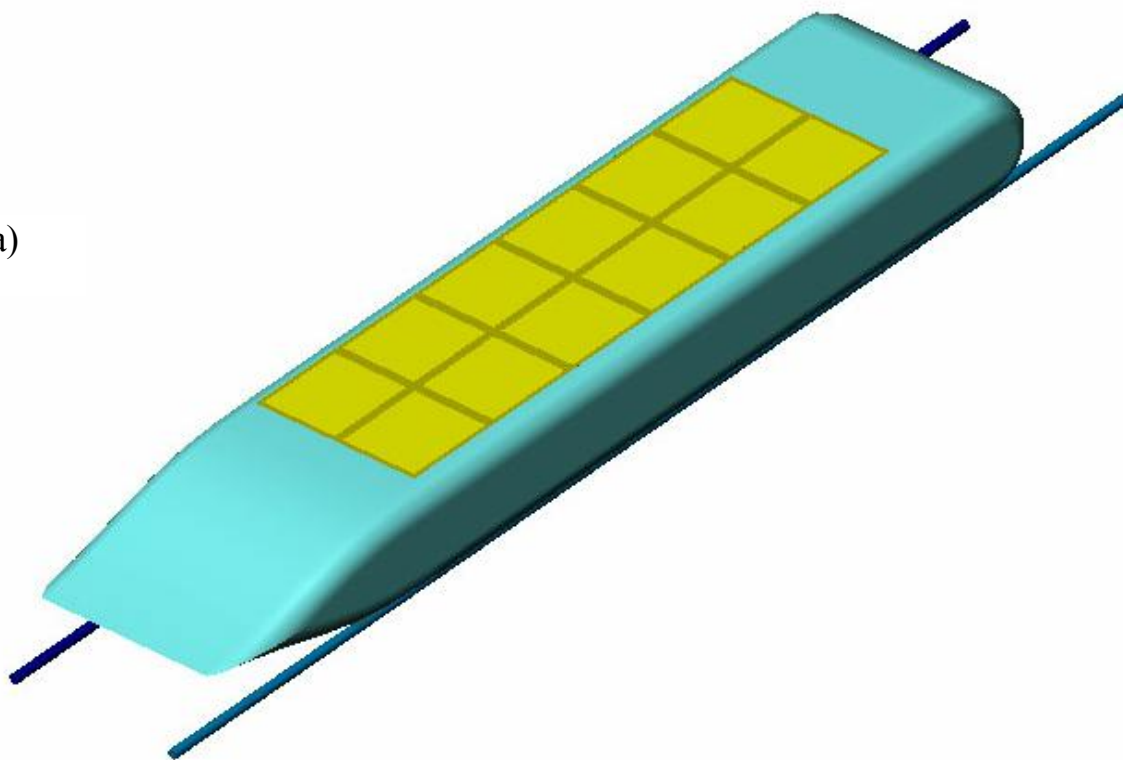


Рис. 7. Пассажирский автолёт (ёмкость 25 человек):  
а) внешний вид; б) салон.

а)



б)

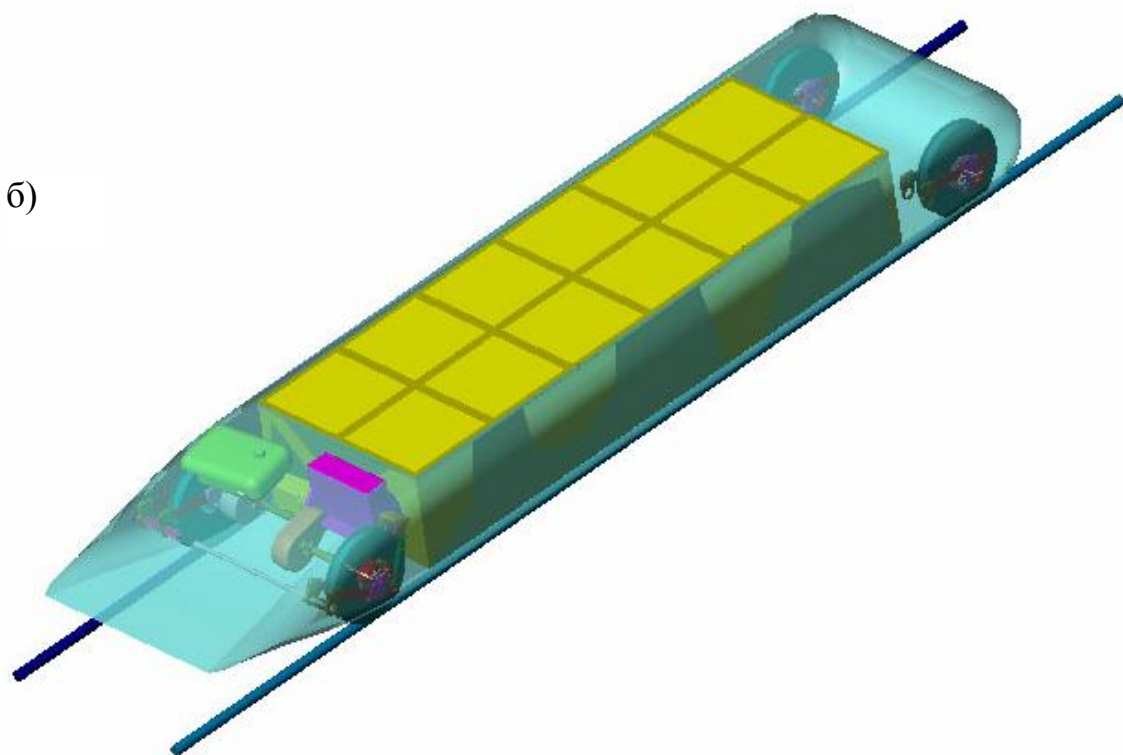


Рис. 8. Грузовой авиолёт для перевозки контейнеров (грузоподъёмность 6000 кг):  
а) внешний вид; б) компоновка агрегатов.



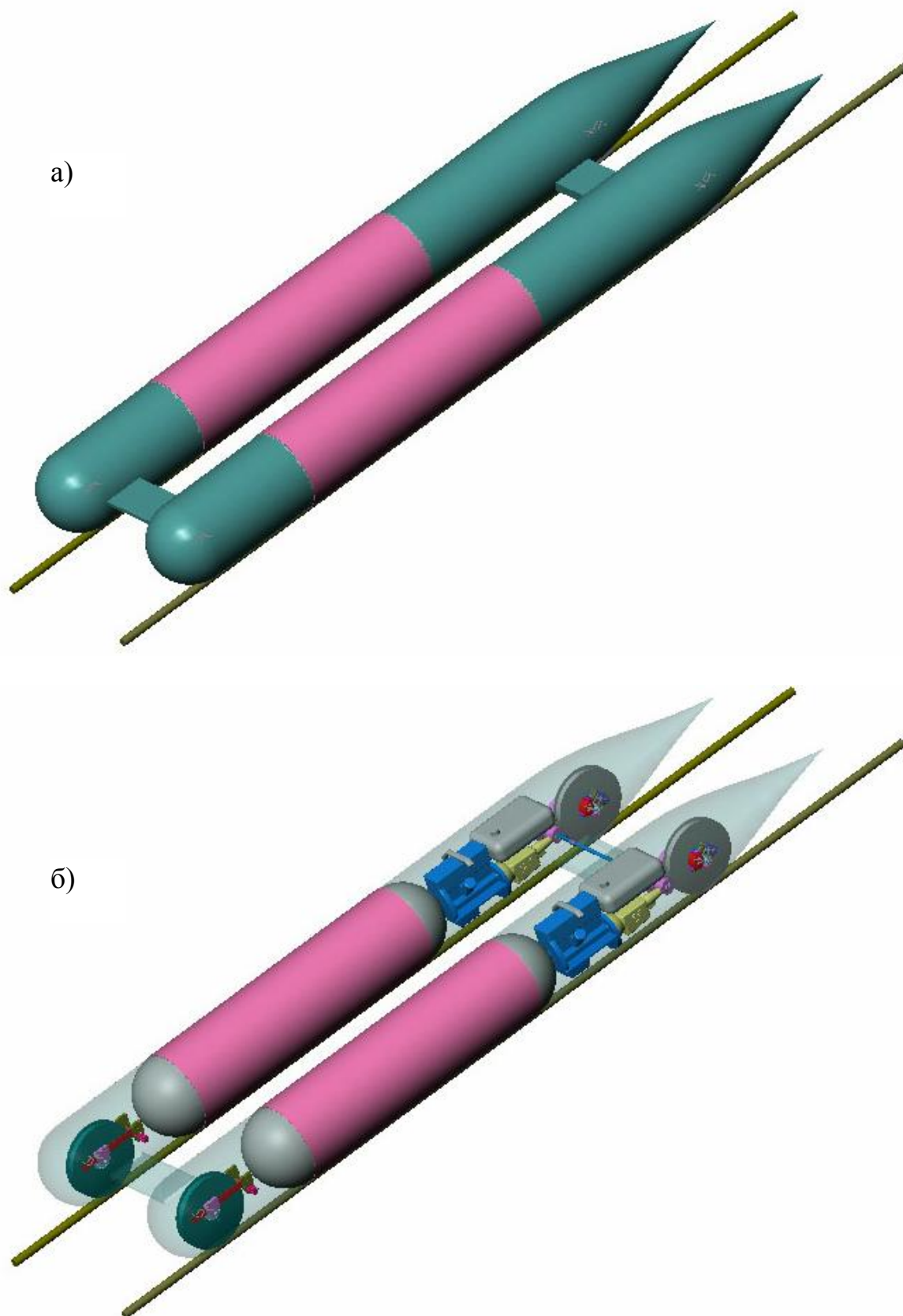


Рис. 9. Грузовой автолёт для перевозки жидких грузов (грузоподъёмность 6000 кг):  
а) внешний вид; б) компоновка агрегатов.



## 1.6. Вокзалы, станции и грузовые терминалы

Конечные вокзалы (в Красноярске и Норильске) будут иметь кольцевую форму (рис. 10) с подвижным (вращающимся) перроном или полом. Диаметр вокзала - около 60 м. Пропускная способность – до 20 тыс. пассажиров в сутки.

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

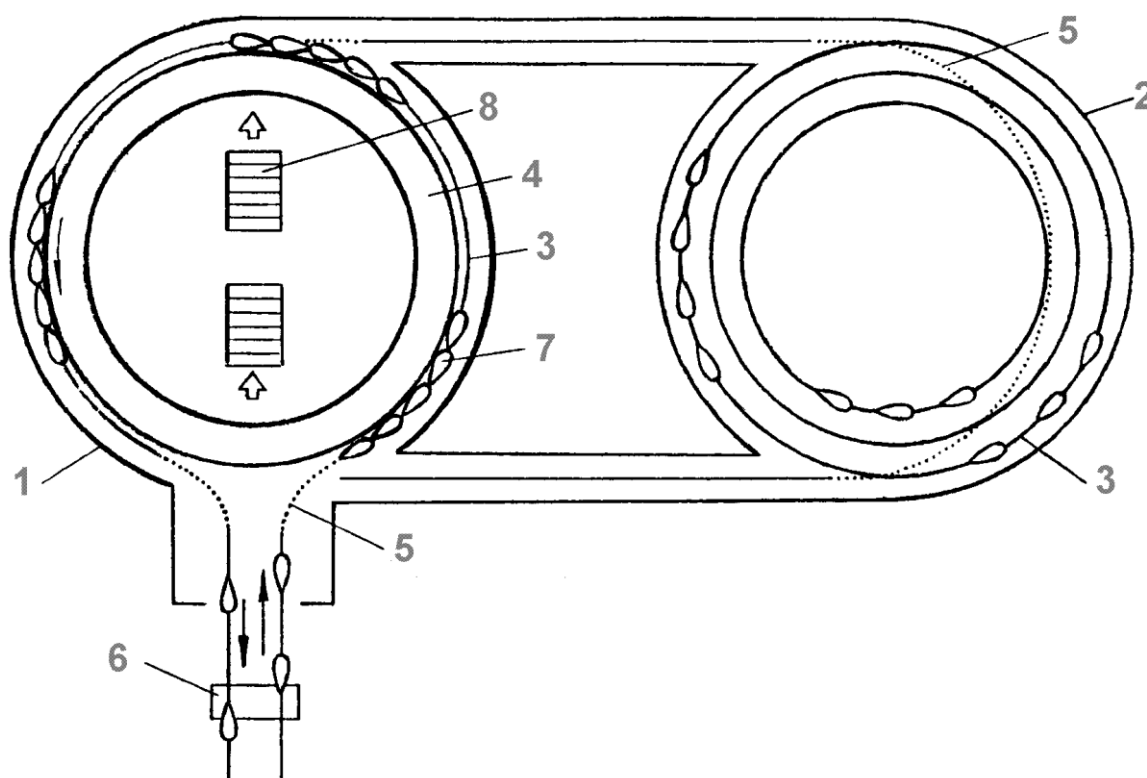


Рис. 10. Вокзал.

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

На трассе предусмотрено 5 вокзалов, 6 станций, 39 платформ, 9 грузовых терминалов и 6 депо.

Грузовые терминалы, в которых будет осуществляться автоматизированная загрузка и разгрузка грузовых автолётов, также будут иметь кольцевую форму. Они будут отличаться компактностью и высокой пропускной способностью благодаря оригинальной технологии погрузочно-разгрузочных работ и конструкции специальных контейнеров для жидких, сыпучих и штучных грузов. Например, терминал диаметром 100 м будет иметь предельную пропускную способность около 100 тыс. тонн нефти в сутки (36,5 млн. тонн в год), что значительно меньше размеров, например, морского порта такой же пропускной способности.

## **1.7. Организация движения пассажиров и грузов**

### **1.7.1. Посадка и высадка пассажиров на конечных вокзалах**

Войдя в зал вокзала, пассажир обращает внимание на светящиеся табло, которые сопровождают каждый автолёт (табло находятся на автолёте, либо на стене зала в виде движущейся строки), на которых высвечивается название станции назначения, например, “Норильск”. Не найдя нужной станции назначения пассажир может сесть в свободный автолёт и нажать кнопку “Норильск” на пульте управления (внутри автолёта). При скорости движения подвижного перрона 0,3 м/с (с “пристыкованным” к нему автолётом) и диаметре кольцевого пути 50 метров у пассажиров будет 1...3 мин. времени на посадку.

После закрывания салона (автоматически или вручную) автолёт “отстыковывается” от подвижного перрона и переключением стрелочного перевода выводится на линию. Если по каким-либо причинам салон не был закрыт, либо в автолёт никто не сел, он возвращается на второй круг. Аналогично, только в обратной последовательности, осуществляется высадка пассажиров на станции назначения.

В общем виде эта схема напоминает схему получения багажа на кольцевых транспортёрах современных аэропортов. Некоторые автолёты, при необходимости, направляются в гараж-мастерскую, находящуюся в отдельном здании, либо на другом этаже вокзала.

При малых пассажиропотоках (до 10 тыс. пасс./сутки в обоих направлениях) вокзал будет выполнен обычного (железнодорожного) типа с перроном длиной около 100 м, а автолёты будут двигаться по расписанию.

### **1.7.2. Погрузка и разгрузка грузов**

Погрузочно-разгрузочные работы осуществляются в автоматическом режиме на грузовых терминалах. Доставка грузов к

терминалу, а оттуда - грузополучателю производятся другими видами транспорта, например, для нефти - по нефтепроводу. Крупные получатели и отправители грузов, такие как нефтеперерабатывающий завод, порт, будут иметь собственные терминалы.

Заполненные контейнеры устанавливаются в грузовые автолёт, которые затем формируются в составы и выводятся на транспортную линию. В месте назначения контейнер изымается из автолёта и отправляется на выгрузку, а на его место устанавливается опорожненный контейнер или контейнер с другим грузом. Вместимость контейнера 6000 кг. Каждый контейнер будет сопровождать электронная карта, откуда бортовой компьютер автолёта будет считывать информацию о характере груза, его массе, требованиях к режимам транспортировки, станции назначения, грузополучателе и т.п.

### **1.7.3. Движение по линии**

На трассе автолёт группируются с помощью электронной сцепки в эшелоны, например, по 5 автолётов в каждом на расстоянии 100 м друг от друга. На всем пути следования система управления, подобно водителям автомобилей в транспортном потоке, поддерживает одинаковую скорость в группе автолётов и расстояние между ними.

Для обеспечения на одной линии пассажиропотока в 1000 пасс./час (или 17,5 млн. пасс./год в обоих направлениях) с вокзала каждые 6 минут должен выходить один эшелон из 5 автолётов. При среднеходовой скорости движения 300 км/час среднее расстояние между эшелонами на трассе составит в этом случае 30 км (при планируемом пассажиропотоке 2 млн. пасс./год среднее расстояние между эшелонами на трассе составит 260 км, а частота их следования – 52 минуты). Этого расстояния достаточно для выполнения маневров по посадке (высадке) пассажиров на промежуточных станциях.

Подвижной состав будет формироваться как на станции посадки, так и путем присоединения к нему автолётов с промежуточных станций (спереди эшелона или сзади его). Поэтому система управления будет не только выпускать автолёт на линию, но и регулировать нахождение подвижного состава на ней, согласовывая таким образом их “стыковку” во времени. Для этих целей некоторые станции на выпускающих участках могут иметь специальные накопители. Грузовые эшелоны целесообразно формировать из 10...100 автолётов. Например, для выполнения планируемого объёма перевозок эшелонами из 50 грузовых автолётов (общая грузоподъёмность 300 т, длина эшелона на трассе – 5000 м), их необходимо выпускать на трассу каждые 15 мин, при этом расстояние между ними при скорости 300 км/час будет равно 70 км.

Скорость подвижного состава на трассе будет регулироваться от 200 км/час (на крутых подъёмах) до 300...350 км/час на горизонтальных участках и спусках. Управление движением осуществляется с помощью

линейных и центрального компьютеров, в которые стекается информация о месте нахождения, скорости движения, станции назначения и состоянии всех основных узлов (в первую очередь ходовой части и привода) каждого автолёта. Современные программы управления позволяют эффективно формировать транспортный поток при обеспечении стопроцентной безопасности, т.к. в управлении движением автолётов в СТЮ человек отсутствует.

Для управления автолётами на линии может, например, использоваться система, подобная разработанной в Японии для самоуправяемого автомобиля “Мицубиси”. В каждом автолёте совместно будут работать три бортовые системы: телевизионная, инфракрасная и ультразвуковая. Принимая и анализируя специальный сигнал от автолёта, идущего впереди, бортовой компьютер следующего позади автолёта устанавливает для себя подходящую скорость и расстояние между ними. Кроме этого, модули будут обмениваться друг с другом, с линейной и центральной компьютерными системами информацией о месте нахождения, скорости движения, состоянии путевой структуры, опор, стрелочных переводов, наличии неровностей, дефектов пути и т.п. Бортовая компьютерная система будет собирать данные от встроенных чувствительных датчиков, теле- и инфракрасных камер, механических устройств, обрабатывать эти данные с помощью нескольких микрокомпьютеров, а затем посылать соответствующие команды в различные исполнительные механизмы. Исполнительные операции, связанные с маневрами, которые могут повлиять на движение транспортного потока на линии, автоматически согласовываются с линейной компьютерной системой, размещенной по трассе.

#### **1.7.4. Пропускная способность трассы и время в пути**

Трасса рассчитана на перевозку 20 млн. тонн различных грузов в год и 2 млн. пасс./год.

Предельная пропускная способность трассы определяется конструкцией путевой структуры – в штатном режиме эксплуатации на одном пролёте должно быть не более одного автолёта. Тогда при шаге поддерживающих опор в 50 м, вместимости пассажирских автолётов 25 человек, грузоподъёмности грузовых автолётов 6 тонн и коэффициенте загрузки, равном 0,8, предельная (конструкционная) пропускная способность двухпутной трассы при скорости 300 км/час составит (обоих направлениях): 2,9 млн. чел./сутки и 700 тыс. тонн/сутки. Таким образом, принятая в расчётах загруженность трассы "Красноярск – Норильск" составит, в процентах от предельной пропускной способности: для грузовых перевозок (20 млн. тонн в год или 54,8 тыс. т/сутки) – 7,8%; для пассажирских перевозок (2 млн. пасс./год или 5,5 тыс. пасс./сутки) – 0,2%.

Время, затрачиваемое пассажиром на дорогу из г.Красноярска в г.Норильск, представлено в табл. 3.

Таблица 3

Время, затрачиваемое пассажиром на дорогу из центра г.Красноярска в центр г.Норильска (1800 км)

№ п/п	Наименование транспортного процесса	Время, мин.
1	Ожидание автолёта	1
2	Посадка пассажиров	2
3	Ожидание поездки	1
4	Включение автолёта в транспортный поток	1
5	Разгон до скорости 300 км/час	3
6	Движение по трассе	360
7	Торможение автолёта	2
8	Въезд в вокзал	1
9	Высадка пассажиров	1
10	Непредвиденные затраты времени	8
Всего:		380 (6 час 20 мин)

## 1.8. Безопасность и надёжность

### 1.8.1. Безопасность на вокзале

Безопасность пассажиров обеспечивается за счёт синхронизации скорости движения автолёта и подвижного кольцевого перрона, например, путём их механического скрепления друг с другом. Для обеспечения в часы пик пассажиропотока в 2000 пасс./час скорость движения перрона должна быть 0,3 м/с, при этом полный оборот перрон сделает за 8,7 мин. (при его внешнем диаметре 50 м).

### 1.8.2. Безопасность движения на линии

Безопасность движения обеспечивается безотказностью функционирования всех систем, задействованных в обеспечении штатного режима движения автолётов: программных средств управления, надёжности электронных систем, линий связи и контрольно-измерительной аппаратуры, исполнительных механизмов стрелочных переводов и систем управления приводом и тормозной системой автолётов, надёжностью механических элементов путевой структуры, опор СТЮ и т.п. О том, что может быть обеспечена стопроцентная безопасность указанных транспортных процессов свидетельствует история эксплуатации скоростных железных дорог в



мире. Например, более чем за двадцатилетний период эксплуатации скоростных железных дорог в Японии, по которым перевезено около 6 млрд. пассажиров, не произошло ни одного крушения, приведшего к человеческим жертвам.

В СТЮ будет предусмотрено 3 режима торможения автолётов: служебное (ускорение  $1 \text{ м/с}^2$ , тормозной путь 3500 м при скорости 300 км/час), экстренное ( $2,5 \text{ м/с}^2$ , тормозной путь 1400 м) и аварийное ( $10 \text{ м/с}^2$ , 350 м). Аварийное торможение осуществляется с использованием всех тормозных систем, в том числе парашютов, которыми снабжён каждый автолёт. При этом, одновременно со срабатыванием пиропатрона, который выбрасывает парашют, в пассажирском салоне срабатывают воздушные подушки безопасности, которые исключают смертельное травмирование пассажиров при указанных перегрузках (максимальные перегрузки будут примерно равны тем, которые испытывают пассажиры легкового автомобиля при ударе в неподвижное препятствие на скорости 15 км/час).

### **1.8.3. Надёжность конструкции СТЮ и её функционирования**

Наиболее напряженными в СТЮ являются тросовые и струнные элементы рельсов и поддерживающих конструкций. Поскольку они находятся в антикоррозионной среде и защищены от внешних воздействий специальной оболочкой и механически прочным корпусом, срок их службы может составить 100 лет. Тем более, что подвижная нагрузка изменяет напряжённо-деформированное состояние указанных элементов всего на 1% (см. [1], стр.8). Поэтому можно считать, что они находятся весь период эксплуатации в практически неизменном напряженном состоянии, что исключает накопление усталостных повреждений и в результате повышается срок службы и снижаются эксплуатационные расходы. Поскольку струнные элементы рассредоточены в разных местах, удалённых друг от друга (изолированные друг от друга проволоки в струнах левого и правого рельсов, прямой и обратной линии, верхней и нижней струн и др.), вероятность одновременного их обрыва во всех указанных элементах близка к нулю даже в случае катастроф, таких как землетрясение, наводнение, оползень, военные действия и т.п. При частичном же обрыве несущих проволок, даже если их число составит 90%, не произойдет обрушения конструкций, чего, например, не скажешь о других типах строительных сооружений, таких как мосты, путепроводы, виадуки, современные каркасные здания и т.п.

Путевая структура СТЮ имеет очень высокую живучесть и в случае обрушения опор - например, из-за террористического акта. Падение опоры, которая связана с путевой структурой с помощью специального отстегивающегося механизма, приведёт лишь к увеличению пролёта рельса-струны и, соответственно, его прогиба. Это не нарушит целостность пути, даже если будут разрушены несколько опор подряд.

Результаты продувки модели корпуса автолёта СТЮ в аэродинамической трубе Центрального НИИ им. академика А.Н.Крылова (г.С.-Петербург) показали, что при самых неблагоприятных направлениях бокового ветра, имеющего скорость 150 км/час, возникают боковые опрокидывающие усилия в пределах 100 кгс. Это не отразится существенно на функционировании транспортной системы и, тем более, не приведёт к сходу автолёта с рельсов.

Наличие на каждом колесе двух реборд (гребней) и независимая («автомобильная») подвеска каждого из них значительно снизят вероятность схода транспортного модуля с путевой структуры, что, например, является основной причиной аварий на автомобильном и железнодорожном транспорте. Сход модуля с пути под действием аэродинамических сил и порывов бокового ветра исключается полностью, что подтвердили испытания в аэродинамической трубе.

#### **1.8.4. Экологическая безопасность**

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

СТЮ может быть построена с помощью специального технологического оборудования (технологических платформ и строительных комбайнов) без использования подъездных дорог, т.к. необходимые для строительства материалы и элементы конструкций будут подвозиться к месту строительства по уже готовым участкам трассы. Кроме этого, при строительстве могут вообще отсутствовать земляные работы, нарушающие почвенный слой, гумус в котором накапливался в течение миллионов лет, т.к. опоры будут иметь свайный фундамент. Указанные особенности СТЮ особенно важны при освоении северных территорий, где даже один проезд трактора, например, при строительстве нефтепровода, может так серьёзно нарушить верхний почвенный слой тундры, что на его восстановление потребуются многие десятилетия.

Пассажирские и грузовые автолёты будут герметичными и смогут остановиться только на специальных станциях, поэтому исключается

загрязнение трасс бытовыми отбросами пассажиров и различными технологическими веществами. Конструкция контейнеров исключает протекание жидких грузов (в них не будет насосов, затворов, прокладок и т.п. соединений, в которых может образоваться течь) и просыпание сыпучих грузов. Крушение же на трассе может привести к сходу с путевой структуры лишь одного автолёта (экстремальный тормозной путь следующего автолёта будет меньше расстояния между ними), при этом сработает парашют, который погасит скорость контейнера и он не будет разрушен при ударе о землю.

Для СТЮ не нужны насыпи, выемки, тоннели, мосты и путепроводы. Одна поддерживающая опора отнимет лишь около  $1 \text{ м}^2$  земли, анкерная -  $50 \text{ м}^2$ . На километре трассы СТЮ площадь отчуждения земли, таким образом, будет около  $100 \text{ м}^2$ , т.е. 0,01 га, а ширина условной полосы отчуждения будет в пределах 10 сантиметров. Это значительно меньше, чем отчуждение земли пешеходной дорожкой и даже - тропинкой.

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

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

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

Автолёт СТЮ не имеет выступающих частей, кроме узких колес, выдвинутых на 10 сантиметров из корпуса. Ему не нужны даже стеклоочистители и фары (т.к. водитель отсутствует), которые при высоких скоростях движения также были бы источниками шума. Колеса могут быть выполнены из легких сплавов (нагрузка на одно колесо 1500...2500 кгс), поэтому масса их будет в пределах 50 кг. Таким образом, масса автолёта СТЮ будет, например, в сотни раз меньше массы железнодорожного поезда, длина автолёта - меньше в десятки раз, масса неподдресоренной части - меньше в десятки раз, а ровность пути движения - значительно выше. Поэтому в сравнении с высокоскоростным поездом автолёт СТЮ будет в сотни раз более слабым источником шума и вибрации почвы.

На высокоскоростное перемещение (300 км/час) СТЮ потребует в 3...5 раз меньших энергозатрат (расхода топлива), чем современный легковой автомобиль (при 100 км/час) – в пересчёте на бензин до 0,6 литра/100 пасс. · км, а по удельному воздействию транспортного модуля на окружающую среду (для электрифицированных трасс СТЮ) будет экологически безопаснее, чем троллейбус – выброс вредных веществ не более 10 грамм/100 пасс. · км.

Негативное воздействие неэлектрифицированной трассы СТЮ "Красноярск – Норильск" на окружающую природную среду будет определяться, в основном, выхлопом двигателей внутреннего сгорания грузовых автолётов, т.к. доля пассажирских автолётов в подвижном составе составит только 2,7% в количественном отношении и 5,2% - в мощностном соотношении (при планируемом объёме перевозок на трассе одновременно будет работать 3800 грузовых и 105 пассажирских автолётов с суммарной мощностью двигателей соответственно 285 тыс. кВт и 15,8 тыс. кВт). Поэтому суммарное загрязнение окружающей среды всей трассой будет примерно таким же, как и у тепловой электростанции мощностью 300 тыс. кВт, либо – как у двухполосной автомобильной дороги протяжённостью 1800 км, по которой движутся легковые автомобили с мощностью двигателя по 100 кВт каждый на расстоянии 1200 м друг от друга. При этом, например, в отличие от электростанции, работающей на угле, трасса СТЮ не будет каждый год оставлять сотни тысяч тонн золы; а, в отличие от автомобильных дорог, в зимний период времени её не нужно будет посыпать антиобледенительными солями и чистить от снега. В перспективе автолёты могут быть переведены на более экологически чистое топливо, например, сжиженный газ, либо – на электрическую тягу.

## 1.9. Коммуникационная инфраструктура

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

## 1.10. Технология строительства

Один из вариантов технологии строительства СТЮ показан на рис. 11.

Заранее изготовленную струну (или канат заводского изготовления) растягивают с помощью технологического оборудования до заданного значения (в качестве контрольного параметра используют усилие натяжения или удлинение струны при растяжении) и жёстко прикрепляют её концы, например, сваркой, к анкерным опорам. Промежуточные опоры устанавливают предварительно, либо в процессе натяжения струны, либо после натяжения.

После установки промежуточных опор и натяжения струн по ним пускают технологическую платформу, которая может самостоятельно перемещаться и жёстко фиксировать своё положение относительно опор. С помощью платформы последовательно, пролёт за пролётом, устанавливают полый корпус рельса, фиксируют его в проектное положение, заполняют заполнителем, устанавливают головку рельса, поперечные планки и выполняют другие работы, необходимые по устройству путевой структуры. Все эти работы легко поддаются механизации и автоматизации и могут выполняться круглосуточно в любую погоду. Благодаря этому будет обеспечена высокая скорость поточного строительства СТЮ (до 500 м/сутки), его низкая трудоёмкость и себестоимость.

Для устранения микронеровностей и микроволнистости рабочих поверхностей смонтированной головки рельса и её поперечных беззазорных стыков возможна их сошлифовка по всей длине транспортной системы.

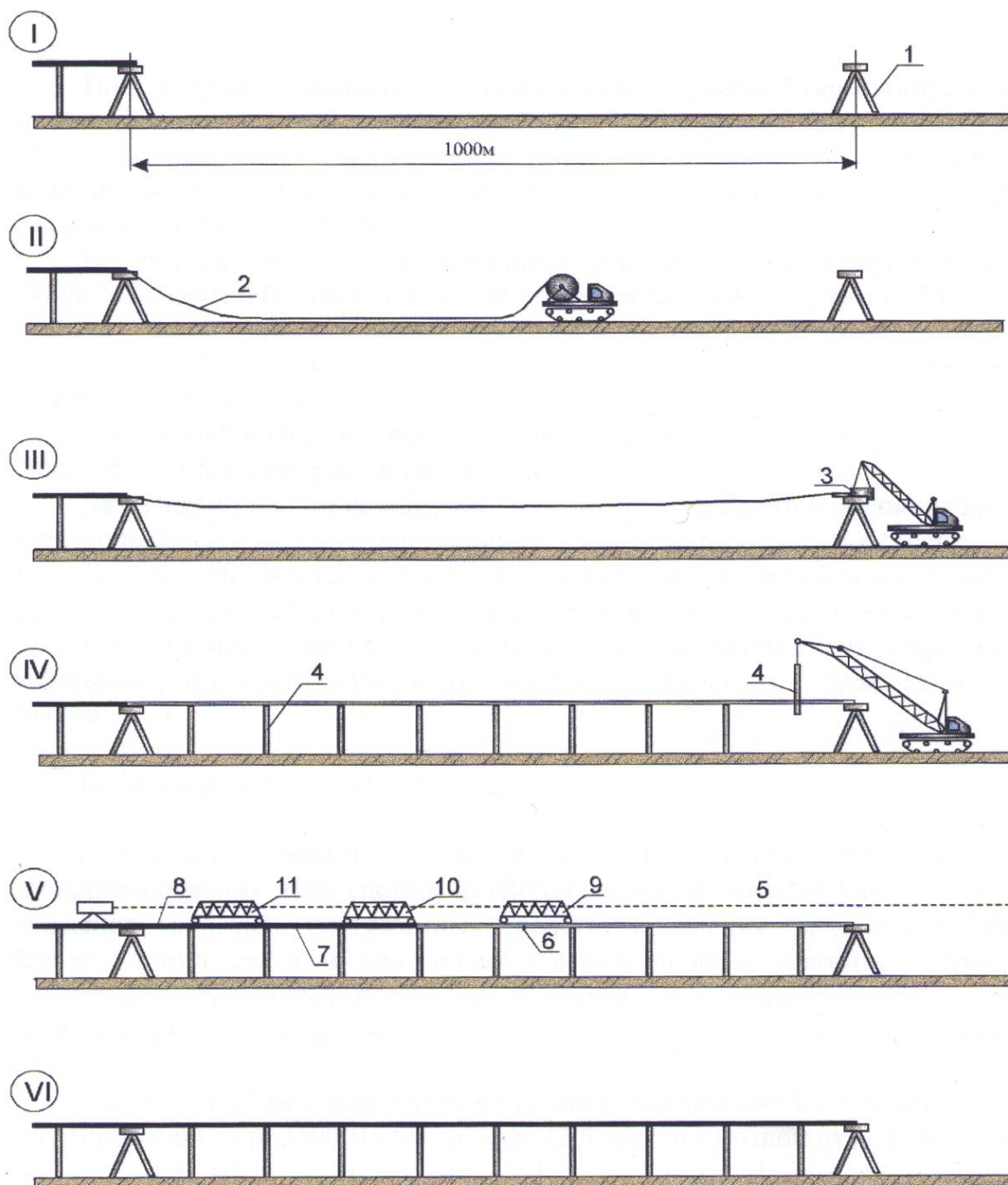


Рис. 11. Технология строительства трассы СТЮ:

1 - анкерная опора; 2 - канат (элемент струны); 3 - механизм натяжения каната; 4 - промежуточная опора; 5 - визирная линия; 6 - поперечная планка; 7 - корпус рельса; 8 - головка рельса; 9, 10, 11 - технологические платформы для установки, соответственно: поперечных планок, корпуса рельса и головки рельса;

I - строительство анкерной опоры; II - раскладка канатов струны вдоль трассы; III - натяжение и анкеровка струны; IV - установка промежуточных опор; V - монтаж элементов рельса и путевой структуры; VI - готовый участок трассы.

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

Шесть строительных отрядов (по одному в начале и в конце трассы и четыре отряда – через 300...500 км по длине трассы, идущие навстречу друг другу) обеспечат строительство всей магистрали в течение 2 лет.

### **1.11. Значение СТЮ для Красноярского края**

Красноярский край – один из старейших горно-добывающих регионов России. Его минерально-сырьевая база (МСБ) включает свыше 1300 месторождений и перспективных проявлений более чем 80 видов полезных ископаемых. По запасам и добыче многих полезных ископаемых край занимает передовые позиции в России (рис.12). Главные из них – это уголь, алюминий, медь, никель, кобальт, свинец, сурьма, золото, платиноиды, неметаллические полезные ископаемые и очень важные в перспективе нефть и газ.

В стоимостном выражении в крае находится почти половина российских запасов редких и благородных металлов, 10% топливно-энергетического сырья, 7% черных и цветных металлов.

По приблизительным оценкам стоимость балансовых запасов полезных ископаемых Красноярского края составляет 2,3 трлн. долларов США.

Перспективы развития экономики края во многом связываются с развитием МСБ, инвестированием средств в развитие действующих и освоение новых, перспективных объектов. Между тем, объем добычи в денежном выражении в 2000 году составил всего 0,01% от стоимости балансовых запасов, т.е. потенциал МСБ края используется далеко не полностью. Такое положение – следствие целого ряда причин, одной из которых является неразвитость транспортной инфраструктуры края. Вместе с тем, географически и экономически транспорт является одним из ключевых элементов, влияющих на экономическое развитие Красноярского края. С территории края в больших количествах вывозятся уголь, железная руда, электроэнергия, цветные металлы, лесные материалы, резинотехнические изделия, а ввозятся нефть и нефтепродукты, черные металлы, машины и оборудование, продовольствие.



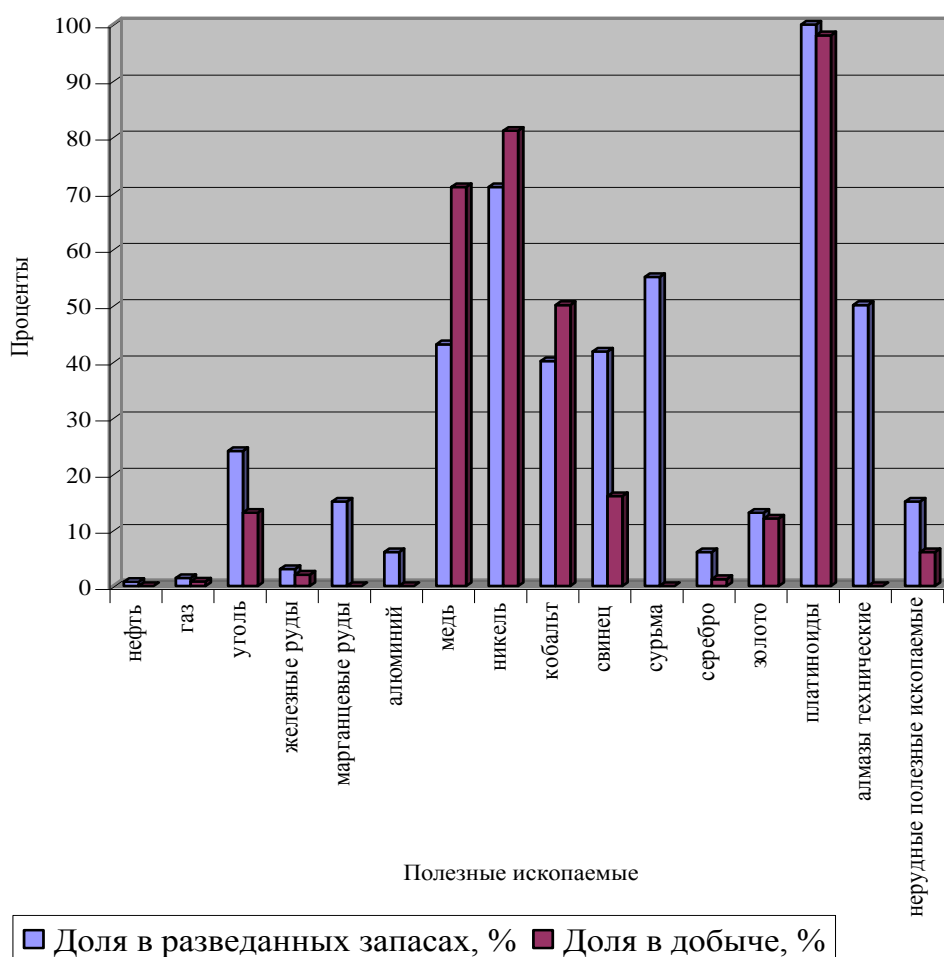


Рис. 12. Доля Красноярского края в разведанных запасах и добыче полезных ископаемых России

На сегодня в крае представлены все виды транспорта. Основные грузовые и пассажирские потоки обслуживаются речным, железнодорожным и автомобильным транспортом. Существует также разветвленная сеть авиалиний в пределах края, в центр России и на Восток.

С севером края сообщение осуществляется лишь с помощью речного и авиационного транспорта.

С точки зрения экономики огромные расстояния транспортных перевозок ставят сегодня край в неблагоприятное положение по сравнению с другими регионами (расстояние в 4656 км по железной дороге от Красноярска до С.-Петербурга и в 5293 км до Владивостока).

Кратчайшим путем до ближайшей границы является водный: 4000 от Красноярска до Мурманска, из которых 2000 км приходится на реку

Енисей. Большие расстояния ведут к удорожанию транспортировки экспортно-импортных грузов.

Северная часть региона зависит от регулярного обслуживания морским флотом по Северному морскому пути, который обеспечивает значительную часть северного завоза и вывоза продукции цветной металлургии из Норильска и лесного комплекса. В настоящее время всё большее значение приобретает необходимость круглогодичного его использования для перевозок из Атлантического в Тихий океан.

Неразвитость транспортной инфраструктуры - одна из проблем, сдерживающих развитие горно-добывающей промышленности в крае. Большая часть месторождений расположена в местностях, где отсутствуют дороги. Затраты на их создание зачастую не под силу предприятию-недропользователю, поэтому остаются невостребованными объекты недр, которые, будучи расположены в освоенной местности, стали бы предметами ожесточённо конкуренции, а значит и значительного притока инвестиций. Большое значение для частичного решения данной проблемы имело бы принятие решения о проведении антимонопольной транспортной политики (установление льготных и транспортных тарифов в Арктической зоне и на Дальнем Севере; введение дифференцированных региональных цен на природный газ, используемый как энергетическое топливо, с учётом транспортной составляющей).

Вместе с тем, попытка решить все транспортные проблемы края ориентируясь только на развитие традиционных видов транспорта в суровых условиях Сибири и Крайнего севера, не могут быть достаточно эффективны.

Всё современное развитие транспорта идёт уже много лет, в основном, по направлению увеличения скорости и вместительности (грузоподъёмности) транспортных средств и базируется на известных способах транспортировки (железнодорожный, воздушный, автомобильный, водный транспорт). Такой подход ведёт к необходимости увеличения мощности двигательных установок, дополнительных огромных затрат на модернизацию взлётно-посадочных полос, железнодорожных путей и её инфраструктуры, расширению и модернизацию шоссежных дорог и т.д., что в конечном счёте, как правило, вступает в конфликт с экономической целесообразностью их широкого использования.

СТЮ заявляет о себе как принципиально новая транспортная система уже на стадии разработки и проектирования, позволяющая оптимизировать её путевую структуру и транспортные модули к различным условиям эксплуатации трассы в зависимости от её назначения и применения.

Очевидно, что внедрение СТЮ в систему транспортных перевозок Красноярского края будет идти постепенно со строительством отдельных локальных трасс. В последующем, по мере развития сети СТЮ, они будут объединяться в общие системы благодаря заранее рассчитанной и принятой как стандарт единой транспортной ширине колеи.

Предложенное в данном проекте строительство трассы СТЮ «Красноярск – Норильск», протяжённостью 1800 км направлением Север-Юг вдоль реки Енисей, будет иметь для экономики Красноярского края большое значение, прежде всего потому, что будет всесезонной скоростной трассой, связывающей север и юг края. Следует учесть также и то, что предложенная трасса по своим конструктивным и технологическим особенностям может обеспечить пропускную способность грузов на уровне 200 млн. т в год, а пассажиров – минимум 50 млн. в год.

Главным её назначением, естественно, будет перевозка грузов.

Примерные расчёты показывают, что заявленная провозная способность трассы (20 млн. т грузов и 2 млн. пассажиров в год) будет достигнута после окончания строительства трассы (через 3...5 лет).

Уже сегодня, изучая возможные объёмы перевозок грузов в крае с учётом разрабатываемых новых месторождений полезных ископаемых можно утверждать, что необходимые транспортные потоки могут быть обеспечены в полном объеме к концу строительства трассы.

Прежде всего, СТЮ будет, очевидно, альтернативой перевозок грузов Норильского комбината Северным морским путём, т.к. со строительством СТЮ возможна доставка грузов до Калининградского или Санкт-Петербургского морских портов, используя СТЮ и уже существующую сеть железных дорог. Кроме того, продолжая торговать металлом на бирже Роттердама, поставки металла, например, в Японию и Китай и другие страны Юго-Восточной Азии непосредственно можно было бы осуществлять со складов Норильска или других складов на территории Красноярского Края. Это, несомненно, повысило бы роль продавца, как непосредственного агента продаж, снизило бы себестоимость перевозок, в том числе, и за счет сокращения количества перевалки грузов, повысило бы конкурентноспособность товарного металла.

Трасса может с успехом использоваться круглогодично для обеспечения «северного завоза», с которым проблемы в последнее время возникают постоянно, так как приходится в короткие сроки концентрировать финансовые, материальные и транспортные ресурсы, а это, как показывает практика, не всегда удаётся.

Трасса СТЮ по возможности объёмов перевозок сравнима с объёмами перевозок железнодорожным транспортом Красноярского края в 1998 году (табл. 4).

Таблица 4

Объёмы перевозок грузов и грузооборот предприятий транспорта  
за 1997-1998 год

	1997	1998	% к 1997
Перевозки грузов всеми видами транспорта, млн. тонн	61,2	60,2	98,3
Железнодорожным транспортом, млн. тонн	42,6	37,7	88,5
Автомобильным транспортом, млн. тонн	14,6	8,7	59,6
Внутренним водным, млн. тонн	4,0	3,7	92,5
Грузооборот, всего, млрд. т·км	35,2	47,6	135,2
Железнодорожного, млрд. т·км	32,4	39,7	122,5
Автомобильного, млрд. т·км	0,5	0,3	60
Внутреннего водного, млрд. т·км	2,3	2,2	95,6

Общий планируемый объём перевозок грузов по трассе СТЮ (20 млн. тонн в год) составит 33,2% от объёма перевозок грузов всеми видами транспорта края в 1998 г., а по грузообороту (36 млрд. т · км), учитывая большое плечо перевозок (1800 км), трасса СТЮ превысит грузооборот 1997 г. всех предприятий транспорта Красноярского края.

Естественно, что дороги такой провозной способности не проектируются и не строятся под существующие объёмы перевозок грузов, а должны учитывать возможное развитие промышленности района на перспективу, как минимум на 20...30 лет. Это, в свою очередь, связано с общим инвестиционным процессом в регионе, степенью изученности края с точки зрения роста добычи полезных ископаемых, их конкурентоспособности на рынке. В этом смысле, Красноярский край имеет значительные перспективы [17].

Только по величине прогнозов запасов нефти (8,2 млрд. тонн) Красноярский край занимает второе место в России. Край относится к наиболее угленасыщенным территориям страны. В его пределах сосредоточено более 45% всех кондиционных ресурсов и 26% разведанных запасов страны. Однако в настоящее время доля Красноярского края в уже разведанных запасах невысока и составляет около 1%.

Запасы Красноярского края в полезных ископаемых металлов характеризуются большим разнообразием и значительным ресурсным потенциалом. По запасным и прогнозным ресурсам отдельным их видов

(медь, кобальт, сурьма, золото, платиноиды) край занимает ведущее место не только в России, но и в мире. Инвестиционный потенциал сырья металлов оценивается в 1,7 млрд. USD. Всё это даёт основание считать, что проектная мощность трассы СТЮ будет реально обеспечена грузопотоками как в направлении Север-Юг, так и Юг-Север.

Кроме того, важно и то, что потенциальные инвесторы, зная о строительстве такой дороги, будут более заинтересованы рассматривать и возможности инвестирования в добывающие и перерабатывающие отрасли промышленности, что послужит стимулом к более интенсивному развитию края.

Важное значение трасса будет иметь для социально-экономического развития Северных территорий: увеличится количество рабочих мест, возрастут доходы населения, повысится уровень жизни. Можно с уверенностью утверждать, что строительство трассы СТЮ «Красноярск – Норильск» протяжённостью 1800 км позволит приступить к комплексному решению социально-экономических проблем Красноярского края.

### 1.12. Техничко-экономические показатели

Техничко-экономические показатели строительства и эксплуатации двухпутной трассы СТЮ "Красноярск – Лесосибирск - Игарка – Дудинка - Норильск" протяжённостью 1800 км представлены в табл. 5-10 и расчётах 1-14.

Таблица 5

Стоимость грузопассажирской двухпутной транспортной линии СТЮ

Наименование элементов трассы	Кол-во (объём работ)	Стоимость ед. работ, тыс. USD	Общая стоимость, тыс. USD
1. Транспортная линия, всего, в том числе:	1800 км	915	1.647.000
1.1. Путьевая структура	1800 км	420	756.000
1.2. Фундаменты и опоры	1800 км	480	864.000
1.3. Система технического контроля за состоянием опор и путьевой структуры	1800 км	5	9.000
1.4. Радиорелейная система управления движением транспортного потока	1800 км	10	18.000
2. Стоимость инфраструктуры, всего, в том числе:	1800 км	158,6	285.500
2.1. Вокзалы	5 шт.	4000	20.000
2.2. Станции	6 шт.	1000	6.000
2.3. Платформы	39 шт.	500	19.500
2.4. Грузовые терминалы	9 шт.	20000	180.000

Наименование элементов трассы	Кол-во (объём работ)	Стоимость ед. работ, тыс. USD	Общая стоимость, тыс. USD
2.5. Депо и ремонтные мастерские	6 шт.	10000	60.000
3. Подвижной состав, всего, в том числе:	4150 шт.	-	70.025
3.1. Грузовые автолёты	3800 шт.	15	57.000
3.2. Пассажирские автолёты	105 шт.	70	7.350
3.3. Грузовые автолёты аварийного резерва	165 шт.	15	2.475
3.4. Пассажирские автолёты аварийного резерва	20 шт.	70	1.400
3.5. Автолёты для аварийного обслуживания трассы	30 шт.	30	900
3.6. Автолёты технического контроля за состоянием трассы	30 шт.	30	900
4. Удорожание трассы на сложных участках (переходы через реки, озёра и др.)	30 км	500	15.000
5. Инженерно-изыскательские работы	1800 км	26,7	48.000
6. Проектно-конструкторские работы по путевой структуре, подвижному составу, инфраструктуре и системам управления	-	-	152.000
7. Прочие и непредвиденные расходы	-	-	182.475
Итого:	-	-	2.400.000

Таблица 6

Количество обслуживающего персонала трассы СТЮ и годовые издержки  
по заработной плате

Обслуживающий персонал трассы	Кол-во объек- тов на трассе, шт.	Кол-во обслуживающего персонала, чел.		Средне- месячная зарплатная плата, USD	Годовая зарплатная плата персонала, млн. USD*	
		на один объект	всего		грузовые перевозки	пасс. перевозки
1. Грузовых терминалов	9	100	900	500	5,4	-
2. Депо и ремонт- ные мастерские	6	120	720	500	3,72	0,62
3. Вокзалов	5	70	350	500	-	2,1
4. Станций	6	15	90	500	-	0,5
5. Платформ	39	5	195	500	-	1,2
6. Бригады контро- ля состояния трас- сы и её ремонта	18	15	270	500	1,4	0,23
7. Прочие рабочие и работники	-	-	126	500	0,7	0,1
Всего:	-	-	2651	-	11,22	4,75
Итого:	-	-	2651	-	16,0	

\* рассчитано с учётом доли затрат на ремонт и ТО грузовых и пассажирских автолётов  
в годовых эксплуатационных издержках по ремонту автолётов.

Таблица 7

## Годовые суммы амортизационных отчислений

Наименование объектов	Балансовая стоимость объектов трассы, включая прочие затраты *, млн. USD	Срок службы, лет	Годовая норма амортизационных отчислений, %	Годовая сумма амортизационных отчислений, млн. USD
1. Транспортная линия, в том числе:				
• грузовые перевозки	1714,2	100	1	17,1
• пассажирские перевозки	263,0	100	1	2,6
2. Объекты инфраструктуры, в том числе:				
• грузовые перевозки	294,3	75	1,3	3,8
• пассажирские перевозки	45,1	75	1,3	0,6
3. Автолёты, в том числе:				
• грузовые перевозки	72,3	8	12,5	9,0
• пассажирские перевозки	11,1	8	12,5	1,4
Всего:				
Грузовые перевозки	2080,8			29,9
Пассажирские перевозки	319,2			4,6
Итого:	2400	-	-	34,5

\* Расчёт балансовой стоимости представлен в расчёте 1.

Таблица 8

## Годовые эксплуатационные издержки на техобслуживание и ремонт трассы и подвижного состава

Наименование	Стоимость, тыс. USD	Годовая норма затрат на ТО и ремонт, %	Годовая сумма затрат на ТО и ремонт, млн. USD
1. Транспортная линия:			
- по грузовым перевозкам	1589355	0,5	7,9
- по пассажирским перевозкам	57645	0,5	0,3
2. Инфраструктура:*			
- по грузовым перевозкам	231960	0,5	1,2
- по пассажирским перевозкам	53540	0,5	0,3



Наименование	Стоимость, тыс. USD	Годовая норма затрат на ТО и ремонт, %	Годовая сумма затрат на ТО и ремонт, млн. USD
3. Автолёты:			
- по грузовым перевозкам	60675	2	1,2
- по пассажирским перевозкам	9350	2	0,2
Всего:			
- по грузовым перевозкам			10,3
- по пассажирским перевозкам			0,8
Итого:	-	-	11,1

\* затраты по депо рассчитаны с учётом доли грузовых и транспортных автолётов в общем количестве эксплуатируемых автолётов.

Таблица 9

## Годовой расход топлива и ГСМ по подвижному составу

Тип автолёта	Средне- суточный пробег автолё- та с грузом, км	Текущий рас- ход топлива, л/100 км	Кол-во используе- мых автолётов в год, шт.	Коэффициент использования автолёта в году	Годовой рас- ход топлива на 1 автолёт, л	Всего, тыс. л в год
Грузовой	5400	6,25	3800	0,8	98550	374490
Пассажирский	5400	15,0	105	0,8	236520	24834,6
Всего:	-	-	-	-	-	399324,6

Таблица 10

## Годовые затраты на топливо и ГСМ по подвижному составу

Тип автолёта	Средне- суточный пробег автолё- та с грузом, км	Текущий рас- ход топлива, л/100 км	Кол-во используе- мых автолётов в год, шт.	Коэффициент использования автолёта в году	Цена 1 литра топлива, USD	Годовая стоимость топлива, млн. USD
Грузовой	5400	6,25	3800	0,8	0,25	93,6
Пассажирский	5400	15,0	105	0,8	0,25	6,2
Всего:	-	-	-	-	-	99,8

**Расчёт балансовой стоимости элементов трассы**

а) Балансовая стоимость путевой структуры:

- по грузовым перевозкам:

$$(1647000+15000+(48000\cdot 0,85)+(152000+182475)\cdot 0,82)\cdot 0,867=1714,2 \text{ млн. USD};$$

- по пассажирским перевозкам:

$$(1647000+15000+48000\cdot 0,85+(152000+182475)\cdot 0,82)\cdot 0,133=263,0 \text{ млн. USD}.$$

б) Балансовая стоимость инфраструктуры:

- по грузовым перевозкам:

$$(285500+48000\cdot 0,15+(152000+182475)\cdot 0,14)\cdot 0,867=294,3 \text{ млн. USD};$$

- по пассажирским перевозкам:

$$(285500+48000\cdot 0,15+(152000+182475)\cdot 0,14)\cdot 0,133=45,1 \text{ млн. USD}.$$

в) Балансовая стоимость автолётов:

- по грузовым перевозкам:

$$(70025+(152000+182475)\cdot 0,04)\cdot 0,867=72,3 \text{ млн. USD};$$

- по пассажирским перевозкам:

$$(70025+(152000+182475)\cdot 0,04)\cdot 0,133=11,1 \text{ млн. USD},$$

где 0,85; 0,15 – соответственно доли стоимости транспортной линии и инфраструктуры в их сумме;

0,82; 0,14; 0,04 – соответственно доли стоимости транспортной линии, инфраструктуры и подвижного состава в их общей стоимости;

0,867; 0,113 – соответственно доли стоимости грузовых и пассажирских модулей в общей стоимости модулей.

## Расчёт 2

**Расчёт налогов на заработную плату**

Ставка единого социального налога установлена в размере 35,6% от фонда оплаты труда работников, обслуживающих трассу.

а) по грузовым перевозкам:

$$11,22 \cdot 0,356 = 4,0 \text{ млн. USD/год}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$4,75 \cdot 0,356 = 1,7 \text{ млн. USD/год}$$

## Расчёт 3

**Годовые эксплуатационные издержки без административно-накладных расходов и затрат на маркетинг**

а) по грузовым перевозкам:

$$11,22 + 4,0 + 10,3 + 93,6 + 29,9 = 149,0 \text{ млн. USD/год}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$4,75 + 1,7 + 0,8 + 6,2 + 4,6 = 18,1 \text{ млн. USD/год}$$

## Расчёт 4

**Годовые затраты на маркетинг**

Сумма годовых затрат на маркетинг устанавливается на уровне 1% от годовых издержек.

а) по грузовым перевозкам:

$$149,0 \cdot 0,01 = 1,5 \text{ млн. USD/год};$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$18,1 \cdot 0,01 = 0,18 \text{ млн. USD/год.}$$

## Расчёт 5

**Годовые административно-накладные расходы**

Принимаются на уровне 1% от суммы годовых издержек и определены с учётом затрат на собственные нужды, почту, связь и т.д.

а) по грузовым перевозкам:

$$149,0 \cdot 0,01 = 1,5 \text{ млн. USD};$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$18,1 \cdot 0,01 = 0,18 \text{ млн. USD}.$$

## Расчёт 6

**Годовые эксплуатационные издержки  
без учёта годовой суммы роялти**

а) по грузовым перевозкам:

$$149,0 + 1,5 + 1,5 = 152,0 \text{ млн. USD}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$18,1 + 0,18 + 0,18 = 18,46 \text{ млн. USD}$$

## Расчёт 7

**Годовая сумма роялти**

Сумма роялти патентообладателю устанавливается на уровне 10% от суммы эксплуатационных издержек по грузовым и пассажирским перевозкам и определяется договором между собственником транспортной системы и патентообладателем:

$$\frac{(152,0 + 18,46) \text{ млн. USD} \cdot 10\%}{100\%} = 17,1 \text{ млн. USD}.$$

Из них:

а) по грузовым перевозкам:  $17,1 \cdot 0,867 = 14,8 \text{ млн. USD};$

б) по пассажирским перевозкам:  $17,1 \cdot 0,133 = 2,3 \text{ млн. USD}.$

## Расчёт 8

**Общие годовые эксплуатационные издержки**

а) По грузовым перевозкам:  $152,0+14,8=166,8$  млн. USD

б) По пассажирским перевозкам:  $18,46+2,3=20,8$  млн. USD

## Расчёт 9

**Годовые удельные эксплуатационные издержки  
(себестоимость перевозок)**

Годовые удельные эксплуатационные издержки (себестоимость перевозок) по транспортной системе:

а) по грузовым перевозкам в расчёте на 1 т·км:

$$\frac{166,8 \cdot 10^6 \text{ USD/год}}{20000000 \text{ т/год} \cdot 1800 \text{ км}} = 0,00463 \text{ USD/т} \cdot \text{км.}$$

б) по пассажирским перевозкам в расчёте на 1 пасс.·км:

$$\frac{20,8 \cdot 10^6 \text{ USD/год}}{2000000 \text{ пасс./год} \cdot 1800 \text{ км}} = 0,00577 \text{ USD/пасс.} \cdot \text{км}$$

## Расчёт 10

**Годовая балансовая прибыль от перевозок**

а) Тариф на перевозку грузов струнной транспортной системой установлен на уровне 0,019 USD на 1 т·км, что является конкурентоспособной ценой перевозки по сравнению с другими видами транспорта в крае. Тогда годовая прибыль от эксплуатации трассы по грузовым перевозкам:

$$(0,019 - 0,00463) \text{ USD/т} \cdot \text{км} \cdot 20 \text{ млн. т/год} \cdot 1800 \text{ км} = 517,3 \text{ млн. USD.}$$

Тогда стоимость провоза 1 т груза по всей трассе (1800 км) составит 34,2 USD.

б) Цена пассажирского билета установлена на уровне 0,01 USD на 1 пасс.·км, что является конкурентоспособной ценой перевозки по сравнению с другими видами транспорта в крае. Тогда годовая прибыль от эксплуатации трассы по пассажирским перевозкам составит:

$$(0,01-0,00577)\text{USD/пасс.}\cdot\text{км} \cdot 2 \text{ млн. пасс./год} \cdot 1800 \text{ км} = 15,2 \text{ млн. USD}$$

Тогда стоимость проезда 1 пассажира по всей трассе (1800 км) составит 18 USD.

Расчёт 11

### **Годовая чистая прибыль от перевозок**

Рассчитывается с учётом ставки налога на прибыль - 35% от балансовой прибыли и налога на имущество - 2% от балансовой стоимости имущества:

а) по грузовым перевозкам:

$$(1-0,35)\cdot 517,3 \text{ млн. USD} - 2080,8 \text{ млн. USD} \cdot 0,02 = 294,6 \text{ млн. USD}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$(1-0,35) \cdot 15,2 \text{ млн. USD} - 319,2 \text{ млн. USD} \cdot 0,02 = 3,5 \text{ млн. USD}$$

Расчёт 12

### **Удельные капитальные вложения на 1 км строительства транспортной системы**

$$K_{\text{уд}} = \frac{2400 \text{ млн. USD}}{1800 \text{ км}} = 1,33 \text{ млн. USD/км}$$

Расчёт 13

**Срок окупаемости капитальных вложений по чистой прибыли в строительство трассы при достижении её проектной мощности**

$$T_{\text{ок}} = \frac{2400 \text{ млн. USD}}{(294,6 + 3,5) \text{ млн. USD/год}} = 8,1 \text{ года}$$



### Рентабельность эксплуатации трассы по чистой прибыли

а) Общая:

$$R_o = \frac{(294,6 + 3,5) \text{ млн. USD/год}}{(166,8 + 20,8) \text{ млн. USD/год}} \cdot 100\% = 159,0\% ;$$

б) По грузовым перевозкам:

$$R_r = \frac{294,6 \text{ млн. USD/год}}{166,8 \text{ млн. USD/год}} \cdot 100\% = 176,6\% ;$$

в) По пассажирским перевозкам:

$$R_n = \frac{3,5 \text{ млн. USD}}{20,8 \text{ млн. USD}} \cdot 100\% = 16,8\% .$$

## 2. Этапы реализации программы СТЮ

В первую очередь должен быть завершен комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (3 млн. USD) по подбору, оптимизации и привязке к рельефу местности и условиям эксплуатации созданных ноу-хау, конструкторских, технологических, инженерных и других решений. Для этого разработана программа выполнения работ по транспортной линии и автолёту (по всем их элементам) с учётом заработной платы конструкторов и других работников, стоимости материалов и комплектующих, оборудования, затрат на привлечение сторонних специализированных организаций, в первую очередь из Красноярска.

Затем поэтапно необходимо построить опытный участок двухпутной трассы протяжённостью 8 км (12 млн. USD) и изготовить опытные образцы пассажирского и грузовых автолётов (2 млн. USD). При наличии соответствующего финансирования эта работа может быть выполнена в течение 2...3 лет.

Одновременно со строительством опытного участка могут быть начаты инженерно-изыскательские и проектно-конструкторские работы по трассе СТЮ «Красноярск – Норильск».

## Заключение

Коммуникации или транспорт как обмен (перевозка) материальных и людских ресурсов является неотъемлемым условием личного и общественного блага; это средство человеческого общения в территориальном и интеллектуальном пространстве; это образ жизни и одна из фундаментальных ценностей культуры, показатель уровня цивилизованности страны.

Неудовлетворительное состояние транспортной сети в крае ведёт к нарушению нормального функционирования экономики, спаду производства в смежных отраслях народного хозяйства, ограничению доступа к сырьевым ресурсам, сокращению рабочих мест, повышению стоимости товаров и услуг, снижению уровня жизни населения, ухудшению экологической ситуации, снижению обороноспособности страны, сдерживанию внешней торговли и туризма.

СТЮ заявляет о себе как принципиально новая транспортная система уже на стадии разработки и проектирования, позволяющая оптимизировать её путевую структуру и транспортные модули к различным условиям эксплуатации трассы в зависимости от её назначения и применения.

СТЮ предназначена для транспортировки разнообразных грузов и пассажиров в широком диапазоне скоростей, пригодная к применению как внутри поселений, так и на магистральных перевозках, работоспособная практически на любой местности и в любых климатических условиях. Заявленные эксплуатационные характеристики превосходят все известные виды массового транспорта и реально достижимы. По предполагаемым удельным капитальным вложениям (1,33 млн. USD/км) и эксплуатационным издержкам (0,00463 USD/т·км по грузовым перевозкам и 0,00577 USD/пасс·км по пассажирским) СТЮ близка к самому дешёвому из сравнимых видов транспорта – канатной дороге, значительно превосходя её по другим показателям. Цена пассажирского билета при проезде из Красноярска в Норильск составит 18 USD, а стоимость перевозки 1 т груза на это же расстояние (1800 км) – 34,2 USD.

Экономическая эффективность СТЮ определяется, прежде всего, низкими затратами на строительство (2,4 млрд. USD для трассы протяжённостью 1800 км) и содержание путевой структуры, что позволит собственникам трассы ежегодно получать прибыль в размере 298,1 млн. USD, а отчисления в бюджет Красноярского края – не менее 71,5 млн. USD в год.

Применение СТЮ в качестве транспортной магистрали «Красноярск – Норильск» поможет решить многие социальные

проблемы, например, проблему безработицы в крае, т.к. строительство и последующая эксплуатация трассы потребует создание новых рабочих мест (2651 человек на трассе и десятки тысяч – в добывающей и перерабатывающей отраслях).

Провозная способность трассы (20 млн. т грузов и 2 млн. пассажиров в год) составит порядка 33,2% от объёма перевозок грузов всеми видами транспорта края.

Наиболее актуально использование СТЮ для Северных областей России, Сибири и Дальнего Востока, где транспортная проблема не решается уже много десятков лет и где основной проблемой устройства традиционных железных и автомобильных дорог является вечная мерзлота, которая приводит к пучению грунтов в зимний период и их аттаиванию - в летний. Эти природные процессы быстро приводят в негодность построенные таким образом трассы, значительно увеличивают затраты на их эксплуатацию. СТЮ сможет с успехом заменить эти ненадёжные транспортные пути.

Очевидно, что внедрение СТЮ в систему транспортных перевозок Красноярского края будет идти постепенно со строительством отдельных локальных трасс. СТЮ будет использоваться вместе с уже существующими транспортными системами, дополняя их, особенно там, где использование традиционного транспорта в условиях Севера и вечной мерзлоты невозможно или экономически нецелесообразно. В последующем, по мере развития сети СТЮ, они будут объединяться в общие системы благодаря заранее рассчитанной и принятой как стандарт единой транспортной ширине колеи.

В любом случае, решение о применении СТЮ будет рассматриваться заказчиком (пользователем) с точки зрения её экономической эффективности по сравнению с альтернативными вариантами при прочих доказанных условиях, таких как: безопасность, возможность реализации, надёжность, капитальные затраты, окупаемость, себестоимость перевозок и др.

## Литература

1. Юницкий А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе.- Гомель, "Инфотрибо", 1995. - 337 с.
2. Юницкий А.Э. «Струнная транспортная система в вопросах, ответах и проектах», Москва, 2000 г.
3. Проект Центра ООН по населённым пунктам (Хабитат) FS-RUS-98-S01 "Устойчивое развитие населённых пунктов и улучшение их коммуникационной инфраструктуры с использованием струнной транспортной системы". - Найроби - Москва, 1998-2000 г.г.
4. Юницкий А.Э. Линейная транспортная система. Международная заявка на изобретение PCT/IB94/00065 от 08.04.94.
5. Юницкий А.Э. Линейная транспортная система. Патент Российской Федерации № 2080268. МПК В61В 5/02, В61В 13/00, E01В 25/22. Приоритет 08.04.94 г., зарегистрирован 27.05.97 г.
6. Юницкий А.Э., Савчук В.П., Савенков В.А., Варьвильская О.Н. Анализ колебаний пролётных строений струнной транспортной системы. / Тезисы докладов Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике "Механика-95", Минск, 1995, с. 253-254.
7. Юницкий А.Э., Савчук В.П., Савенков В.А., Варьвильская О.Н. К динамике струнной транспортной системы. / Тезисы докладов Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике "Механика-95", Минск, 1995, с. 253-254.
8. Юницкий А.Э. Высокоскоростной наземный транспорт СТС. / Тезисы докладов международной научно-практической конференции "Ресурсо- и энергосберегающие технологии на транспорте и строительном комплексе", Гомель, 1995, с. 69-70.
9. Юницкий А.Э. Создание струнной транспортной системы (СТС) "Париж - Москва". / Материалы международной конференции по развитию коммуникационной системы "Париж – Берлин – Варшава – Минск – Москва", Минск, 1998, с.81-84
10. Юницкий А.Э. Транспортное средство для струнных транспортных систем (2 варианта). Патент Российской Федерации № 45722 от 18.10.96 г. МКПО 12-03. Патентообладатель Юницкий А.Э.
11. Юницкий А.Э. Рельс для струнных транспортных систем. Патент Российской Федерации № 45523 от 18.10.96 г. МКПО 12-03, 25-01. Патентообладатель Юницкий А.Э.
12. Anatoly E. Yunitsky. Linear transport system. Letters patent Republic of South Africa № 95/2888, 07.04.1995. International classification B65G.
13. Юницкий А.Э. Транспорт грядущего века. Журнал "Логистика", № 2, 1999. с.10-11.

14. Постановление Администрации г. Сочи от 10.09.1997 №628 "О включении инвестиционной программы "Струнные транспортные системы А.Э.Юницкого в Федеральную целевую программу "Социально-экономическое развитие города-курорта Сочи на период до 2010 года". Сочи, 1997.
15. Юницкий А.Э. «Струнный транспорт Юницкого (СТЮ)» в монографии "Проект "Ноосферные транспортные системы Сибири и Дальнего Востока". – Новосибирск: Изд-во НГАСУ, 2000. – 962 с.", с.641-674.
16. Гузнер С.С., Харитонов В.Н., Вижина И.А., Новикова И.Я. «Сибирский Север в концепции федеральной программы экономического и социального развития Сибири», Регион: экономика и социология, №4, 1997 с.18-35.
17. Якимов А.М., Цыкин С.Р. «Проблемы и перспективы освоения минерально-сырьевых ресурсов Красноярского края», Минеральные ресурсы России, № 3, 2000, с. 7-10.
18. Гохберг М. «Сибирский федеральный округ (Восточно-Сибирский экономический район)», Экономист, №1, 2001, с.66-75.