

**Региональный общественный фонд  
содействия развитию линейной транспортной системы**

## **Предложение**

**Проектирование и строительство опытного участка  
Струнных Коммуникаций Юницкого  
протяжённостью 1 км в условиях вечной мерзлоты**



Москва, 2001

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Техническое описание . . . . .	3
2. Технология строительства . . . . .	5
3. Область применения . . . . .	6
4. Вариант двухпутной грузовой транспортной системы для перевозки руды, угля и пр. (на низких опорах) . . . . .	7
5. Вариант магистрального нефтепровода, совмещенного с технологической струнной трассой (на низких опорах) . . . . .	8
6. Вариант двухпутной грузопассажирской трассы (на высоких опорах) . . . . .	9
7. Вариант грузопассажирской однопутной трассы (с преодолением водной преграды) . . . . .	10
8. Пример грузопассажирской двухпутной низкоскоростной трассы (горный вариант) . . . . .	11
9. Технико-экономические и экологические характеристики СКЮ . . . . .	12
10. Предложения по проектированию и строительству опытного участка трассы СКЮ (испытательного полигона протяженностью 1 км в условиях вечной мерзлоты Красноярского края) . . . . .	15
11. Ориентировочная смета и календарный график выполнения проектно-изыскательских, проектно-конструкторских и строительно-монтажных работ по созданию опытного участка СКЮ (испытательного полигона протяженностью 1 км в условиях вечной мерзлоты) . . . . .	19
12. Компоновочная схема опытного участка трассы СКЮ (испытательного полигона) . . . . .	20

## 1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Струнные транспортные системы, в основу которых положено изобретение академика Российской Академии Естественных Наук А.Э.Юницкого «Струнные коммуникации Юницкого (СКЮ)», представляет собой размещенную на опорах предварительно-напряженную растянутую канатно-балочную конструкцию, расположенную на высоте от 5 до 50 м, в зависимости от рельефа местности, препятствий, транспортных коммуникаций и магистралей, водных преград, лесных массивов, застройки населенных пунктов и др.

Основным элементом путевой структуры являются струны из высокопрочной стальной проволоки диаметром до 5 мм каждая, собранной в пучки и размещенной с провесом внутри пустотелого рельса. Струны и рельсы предварительно натягиваются и жестко крепятся на анкерных опорах, расположенных через 1...5 км в зависимости от размеров преодолеваемых препятствий и технологии предварительного натяжения.

Между анкерными опорами устанавливаются поддерживающие путь промежуточные опоры через 24...500 м в зависимости от назначения трассы (грузовая, пассажирская или грузопассажирская), скорости движения специально оборудованных транспортных модулей (грузоподъемностью до 6 т или вместимостью до 30 пассажиров) и интенсивности грузо- или пассажиропотока.

Промежуточные или анкерные опоры изготавливаются из стальных труб диаметром от 80 до 2000 мм (в зависимости от усилий в элементах), поставляются к месту установки в готовом комплектном виде и монтируются на подготовленные основания.

Фундаменты анкерных и промежуточных опор в зависимости от нагрузок на них и конкретных инженерно-геологических условий могут выполняться:

- из железобетона (буронабивные или буроинъекционные сваи с предварительным обжатием основания, забивные сваи сплошного или полого сечения, столбчатые или плитные фундаменты на естественном основании, сплошные понтонного типа при слабых грунтах и др.);
- из металла (бурозабивные, бурозавинчивающиеся с коррозиостойким незамерзающим заполнителем;
- комбинированные (винтонабивные) и специального назначения для условий вечной мерзлоты.

Суммарные горизонтальные технологические (или аварийные) нагрузки на анкерные опоры (в зависимости от расстояния между поддерживающими опорами, количества путей на трассе, веса и назначения транспортных модулей и др.) могут достигать от 100 до 5000 т. Суммарные вертикальные нагрузки на анкерные и промежуточные опоры с учетом веса транспортных и технологических модулей – от 15 до 300 т. После монтажа трассы горизонтальные нагрузки испытывают только концевые опоры, т.е. первая и последняя анкерные опоры.

Транспортные модули представляют собой тележки с двумя двигателями. Их форма и размеры зависят от назначения и скорости движения. Обтекаемые формы имеют транспортные пассажирские модули, которые могут передвигаться от 100 до 200 км/час на местных пассажирских линиях и от 350 до 500 км/час на дальних скоростных линиях.

В связи с конструктивными особенностями Струнных Коммуникаций Юницкого приведенные затраты энергии на

перемещение единицы груза значительно ниже чем на других видах транспорта.

Приведенный расход металла на строительство несущей конструкции и путевой структуры с учётом опор – от 55 кг (однопутной) до 200 кг (двухпутной) на один погонный метр трассы, что примерно равно расходу металла только на изготовление рельсов магистрального железнодорожного пути.

Радиорелейная система управления транспортным потоком обеспечит заданные интервалы и скорость движения грузовых или пассажирских модулей и безаварийную эксплуатацию трассы.

## **2. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Скорость монтажа двухпутной транспортной линии (установка опор и монтаж путевой структуры) при заранее подготовленных основаниях – до 500 метров в сутки.

Доставка конструкции к месту установки и их монтаж осуществляется технологическими транспортными модулями по уже смонтированным участкам путевой структуры.

Наиболее рационально в условиях вечной мерзлоты производить строительство свайных фундаментов несущих конструкций в холодное время года, а монтаж путевой структуры в любое время года.

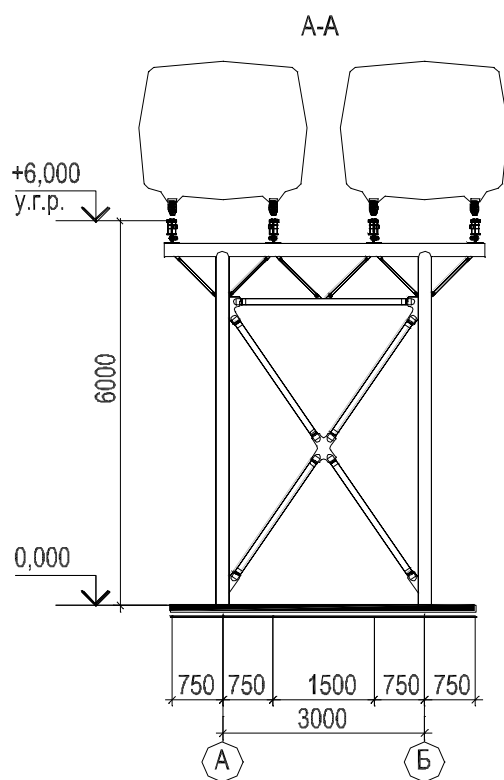
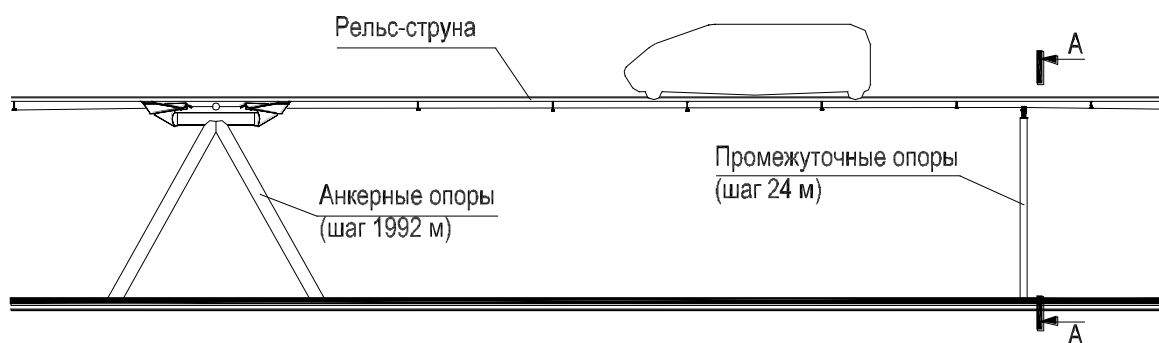
Конструкция предусматривает возможность её демонтажа в будущем (при промышленном варианте использования) в обратном порядке (за исключением оснований) и повторного её использования.

### 3. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

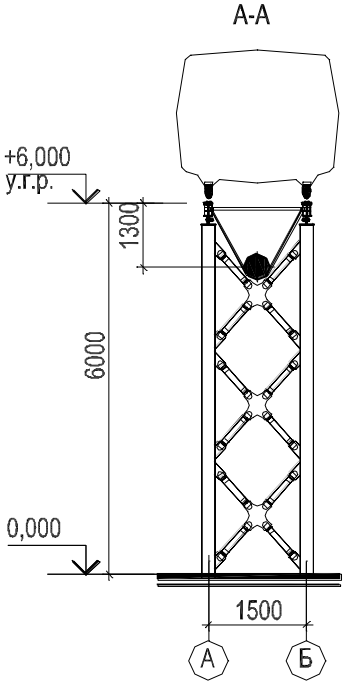
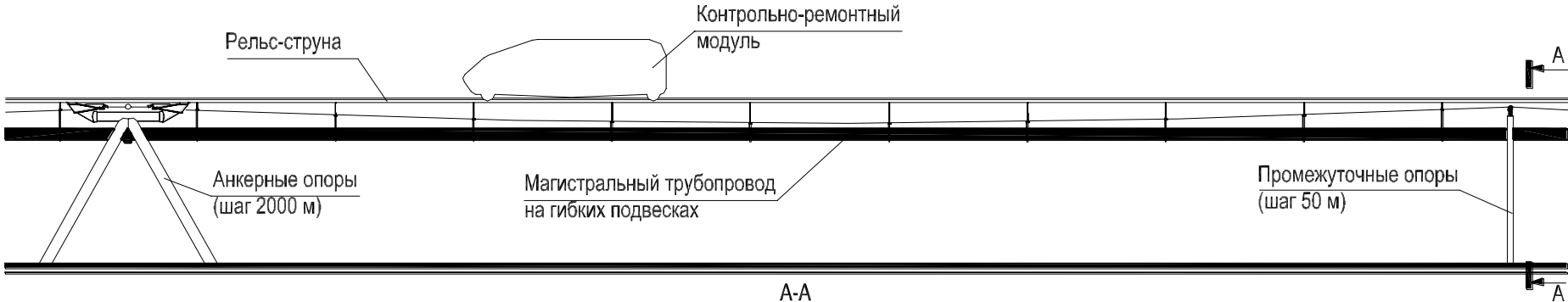
СКЮ могут строиться как технологические и специализированные трассы: вывоз мусора за пределы мегаполисов; доставка руды из карьеров на обогатительную фабрику; транспортировка угля к тепловой электростанции; транспортировка нефти от месторождения к нефтеперерабатывающему заводу; поставка в большом объёме – порядка 100 млн. т/год – высококачественной природной питьевой воды в густонаселённые районы мира на расстояние 5...10 тыс. км и т.п. Струнные дороги могут быть также грузовыми, пассажирскими (в том числе чисто туристического назначения) и грузопассажирскими магистралями.

Трассы СКЮ легко совмещаются с линиями электропередач, ветряными и солнечными электростанциями, линиями связи, в том числе оптоволоконными, поэтому струнные трассы станут и коммуникационными системами.

Вариант двухпутной грузовой транспортной системы  
для перевозки руды, угля и пр.  
(на низких опорах)

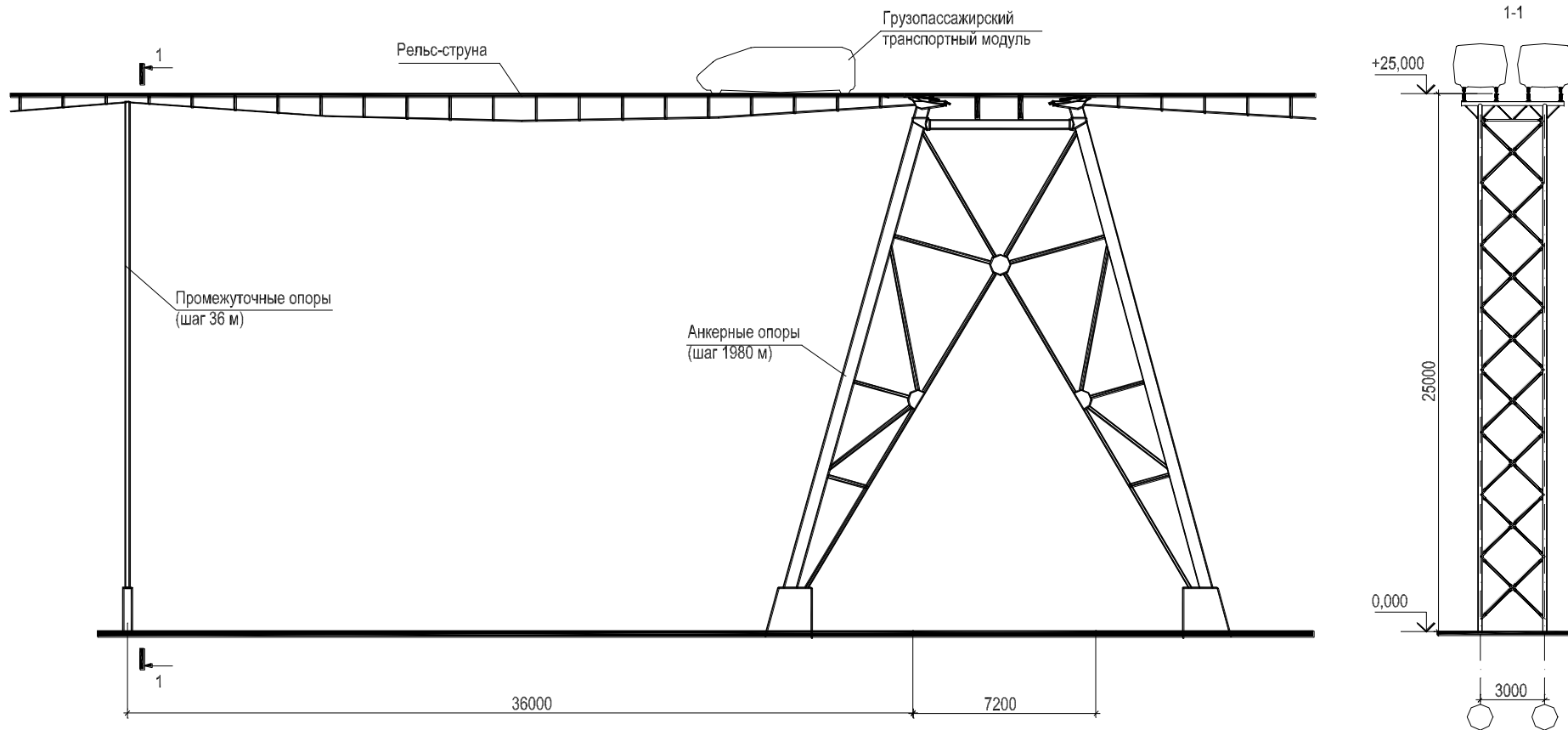


Вариант магистрального нефтепровода, совмещенного  
с технологической струнной трассой  
(на низких опорах)

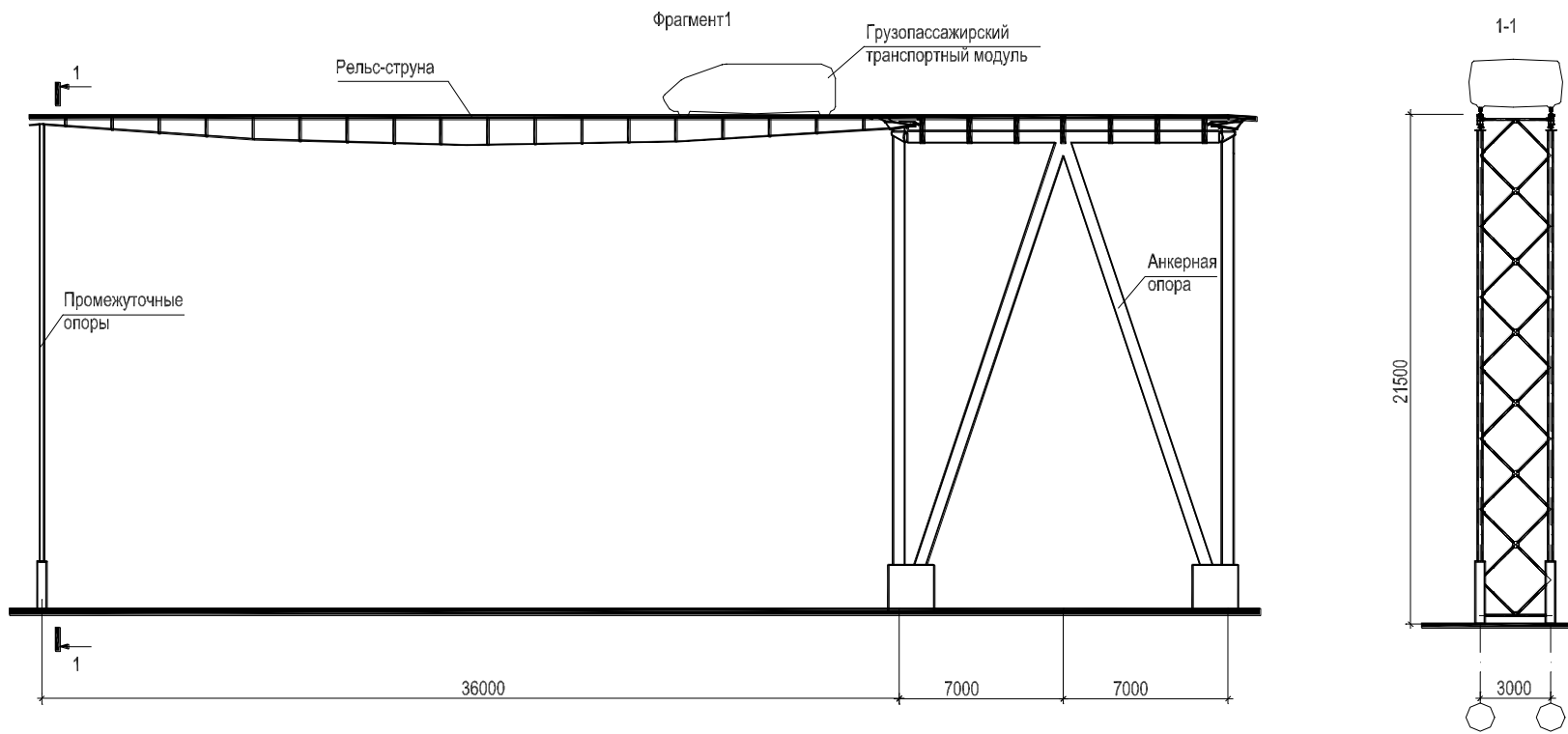
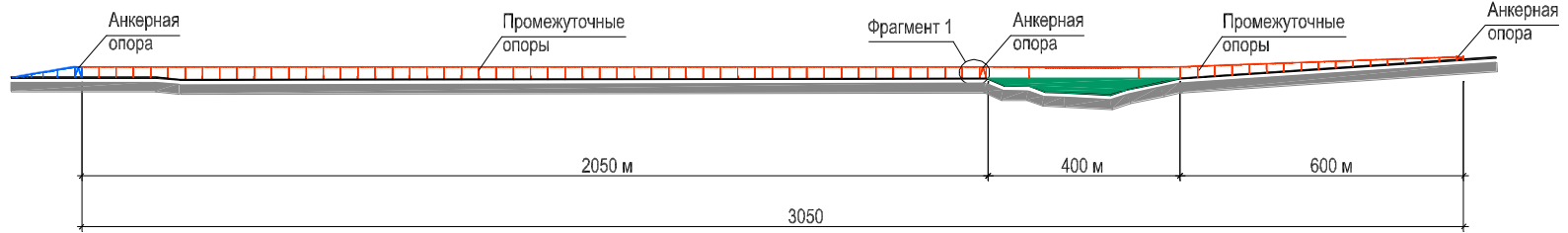




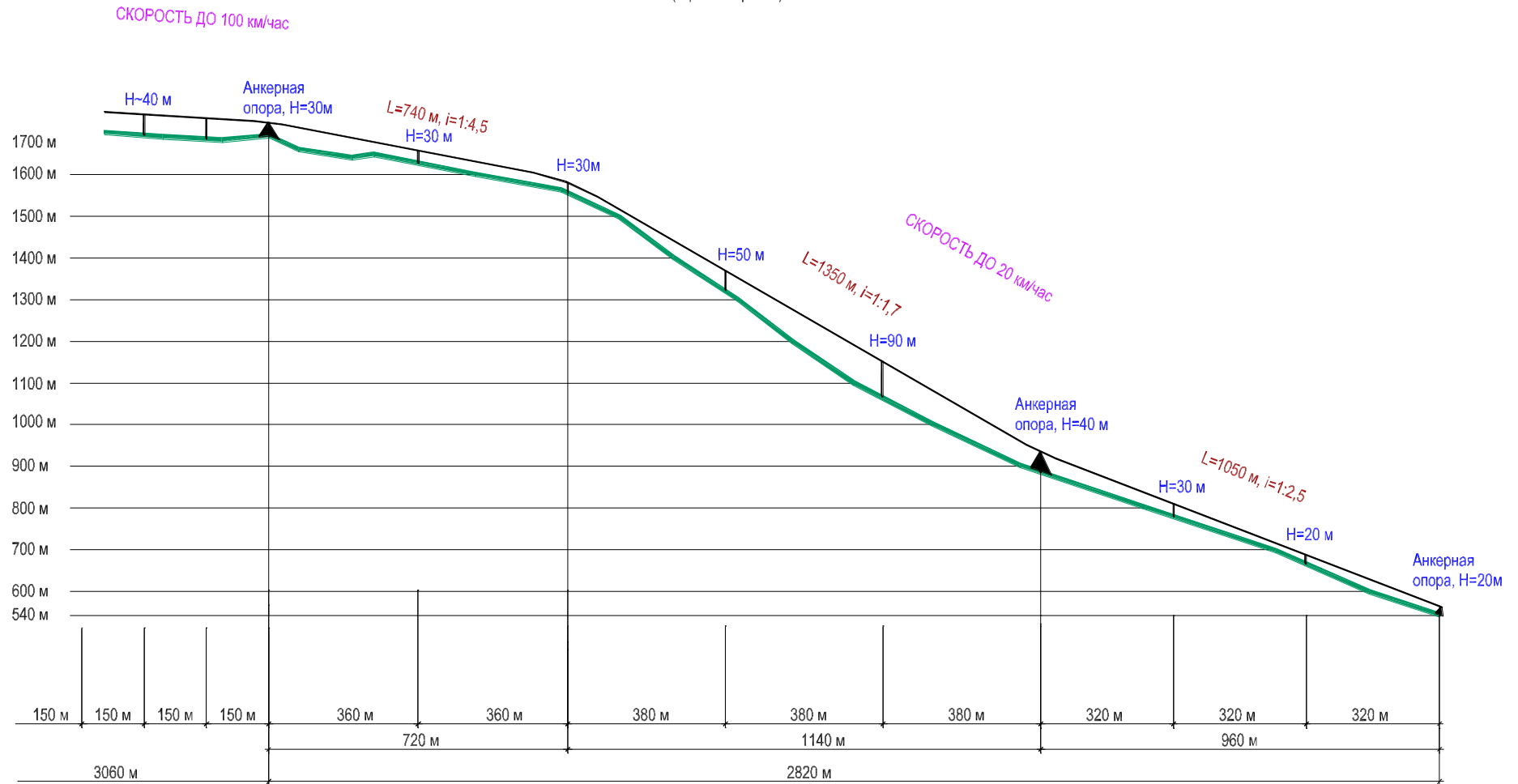
Вариант двухпутной грузопассажирской трассы  
(на высоких опорах)



Вариант грузопассажирской однопутной трассы  
(с преодолением водной преграды)



Пример грузопассажирской двухпутной  
низкоскоростной трассы  
(горный вариант)



## 9. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СКЮ

1. Для прокладки струнных трасс потребуется незначительное отчуждение земли (в 150...200 раз меньше, чем для автомобильных и железных дорог).

2. Отпадает необходимость в устройстве насыпей, выемок, тоннелей, вырубки лесов, сносе строений, поэтому СКЮ легко внедряема в городскую среду и реализуема в сложных природных условиях: в зоне вечной мерзлоты, в горах, в болотистой местности, пустыне, в зоне водных препятствий (реки, озёра, морские проливы, шельф океана и др.).

3. Повышается устойчивость коммуникационной системы к стихийным бедствиям (землетрясения, оползни, наводнение, ураганы), неблагоприятным климатическим условиям (туман, дождь, гололёд, снежные заносы, пыльные бури, сильная жара и холод и т.п.).

4. Благодаря низкой материалоемкости и высокой технологичности трассы СКЮ будут дешевле обычных (в 2...3 раза) и скоростных (в 8...10 раз) железных дорог и автобанов (в 3...4 раза), монорельсовых дорог (в 2...3 раза), поездов на магнитном подвесе (в 15...20 раз), поэтому проезд по СКЮ будет самым дешёвым – 5...8 USD/1000 пасс. · км и до 2...5 USD/1000 т · км.

Предельная пропускная способность двупутной трассы: до 500 тыс. пассажиров в сутки (около 200 млн. чел. в год) и до 500 тыс. тонн грузов в сутки (около 200 млн. т. грузов в год).

Ориентировочная стоимость 1 км трасс СКЮ в условиях вечной мерзлоты (при серийном производстве), тыс. USD

Элемент системы	Однопутная трасса		Двухпутная трасса	
	Низкоскоростная (до 100 км/ч)	Высокоскоростная (300 км/ч)	Низкоскоростная (до 100 км/ч)	Высокоскоростная (300 км/ч)
1. Фундаменты и опоры	80-200	120-240	120-240	200-300
2. Путевая структура	150-250	200-300	200-300	400-600
3. Подвижной состав	10-30	20-40	20-40	30-50
4. Инфраструктура	20-40	30-60	30-50	50-200
5. Прочие работы и непредвиденные затраты	40-60	40-70	50-80	60-90
Всего	300-580	410-710	420-720	740-1240

Примечание:

1. Стоимость определена без учёта НДС и других налогов.
2. Не учтено удорожание при прохождении особо сложных участков трасс.

## Ориентировочная стоимость подвижного состава, тыс. USD

Вид транспортного модуля	Стоимость единицы при поточном изготовлении
1. Грузовые модули грузоподъёмностью 5 т	5.0-12.0
2. Пассажирские модули вместимостью:	
- до 30 человек	30.0-34.0
- до 15 человек	22.0-27.0
- до 10 человек	13.0-16.0
3. Грузопассажирские и технологические модули для аварийного обслуживания трассы	20.0-25.0
4. Транспортный модуль для технического контроля за состоянием трассы	20.0-30.0

Стоимость строительства депо зависит от категории трассы, количества обслуживаемых модулей, вида используемого топлива и др. – 3...5 тыс. USD на одно машино-место.

Стоимостные характеристики определены по укрупнённым показателем и будут уточняться при рабочем проектировании после представления исходных данных (климатология, геодезия, геология, стоимостные показатели строительных материалов и индексы строительно-монтажных работ) в зоне строительства трассы.

## **10. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ОПЫТНОГО УЧАСТКА ТРАССЫ СКЮ**

**(испытательного полигона протяженностью 1 км в условиях  
вечной мерзлоты Красноярского края)**

Цель создания полигона - проведение ускоренных статических и динамических испытаний реального участка трассы СКЮ с последующим привлечением инвестиционных средств для создания разветвленной сети СКЮ в Красноярском крае, районах крайнего Севера и Дальнего Востока.

### Решаемые задачи:

- оптимизация элементов и параметров путевой структуры (усилия натяжения несущих и поддерживающих канатов, конструкции рельса-струны, анкерного крепления, напряженного состояния стоек, промежуточных опор и подвесок) в зависимости от высоты пути, длины пролёта и температуры окружающей среды (расчётного перепада температур за 100 лет);
- оптимизация конструкций распределенных (в рельсе-струне) и сосредоточенных (на промежуточных и анкерных опорах) демпферов, конфигурации рельса и головки рельса, ширины колеи;
- оценка величины потерь предварительных напряжений в несущих и поддерживающих канатах, рельсе, головке рельса и подвесках;
- оценка влияния многократной вибронагрузки на надежность узлов креплений элементов трассы, оценка сроков службы конструкции в целом и отдельных элементов;

- оценка собственных частот и форм колебаний путевой структуры, статических и динамических прогибов пути в зависимости от длины пролёта (расстояния между промежуточными опорами), натяжения канатов, жёсткости рельса, скорости движения модуля, массы и конструктивных особенностей модулей;
- отработка технологии возведения промежуточных и анкерных опор, натяжения и анкеровки несущих и поддерживающих канатов и рельса, формирования путевой структуры;
- испытания технологической оснастки;
- анализ результатов статических и динамических испытаний путевой структуры при движении транспортных модулей со скоростью до 100 км/час;
- подтверждение проектных параметров элементов системы управления СКЮ, систем диспетчерского управления, систем контроля, связи и обеспечения безопасности;
- создание и отработка методик контроля состояния путевой структуры и технологии аварийно-спасательных работ с имитацией аварий пассажирского и грузового модулей.

Использование результатов (для условий строительства в Красноярском крае);

- разработка рекомендаций по выбору материалов, основных параметров и конструктивных элементов для одно- и двухпутных трасс (несущих и поддерживающих канатов, рельса, головки рельса, перемычек, стоек, опор, подвесок);
- разработка рекомендаций по проектированию фундаментов и способам заделки опор;



- разработка общих рекомендаций по размещению, проектированию и технологии сборки путевой структуры СКЮ;
- подготовка материалов для поагрегатной сертификации и стандартизации;
- оптимизация конструкторских решений по колесу, подвеске колеса, тормозной системе, трансмиссии, шасси модулей, по системам управления и связи для серийных грузовых и пассажирских модулей;
- получение исходных данных для компьютерного моделирования движения модулей по трассе;
- разработка рекомендаций по предупреждению нештатных и предаварийных ситуаций при эксплуатации подвижного состава на транспортных линиях СКЮ;
- подготовка документации для передачи экспериментальных образцов транспортных модулей и элементов путевой структуры в серийное производство.

Технические характеристики и требования к опытному участку трассы СКЮ (испытательному полигону):

- расстояние между анкерными опорами - 1000 м;
- высота анкерных опор - 6 м;
- ширина опорной части рельса или головки рельса - 100 мм;
- ширина колеи - 3000 мм;
- расстояние между осями модулей в продольном направлении – 6 м;
- максимальная вертикальная нагрузка на колесо модулей – 2 тс. Общая масса модуля не должна превышать 2,5 тс, а с дополнительными грузами – 8 тс.
- конструкции трассы изготавливаются из проката черных металлов и железобетона.

- усилие натяжения канатов:
  - несущих (в совокупности) – 100...150 тс;
  - поддерживающих (в совокупности) – 75...100 тс;
  - рельса (корпуса и головки) – 10...50 тс;
  - в целом на анкерную опору – 370...600 тс.

По завершению ускоренных статических и динамических испытаний трассы СКЮ и анализа их результатов предполагается в дальнейшем увеличение (продление) протяженности полигона до 5...6 км с целью проведения последующих испытаний путевой структуры и пассажирских модулей на скоростях 300...350 км/час.

При выборе площадки для размещения полигона желательно предусмотреть возможность дальнейшего его развития и практического использования.

## 11. ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ СМЕТА И КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения проектно-изыскательских, проектно-конструкторских  
и строительно-монтажных работ по созданию опытного участка СКЮ  
(испытательного полигона протяженностью 1 км  
в условиях вечной мерзлоты)

Наименование работ	2001 г.												2002 г.						Общая стоимость, тыс.USD
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI			
Выбор участка для полигона, сбор исходных данных	5	5	5														15		
Разработка схемы транспортного развития Красноярского края		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					50		
Проектирование и изготовление пассажирского модуля		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	25	25				450		
Проектирование и изготовление грузового модуля		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20						200		
Проектирование и изготовление системы управления движением модулей по трассе			10	10	15	15	15	15	15	30	30	25	25				205		
Проектирование и строительство опытного участка протяженностью 1 км		50	80	80	80	80	100	130	150	150	150	150	150				1350		
Подготовка и проведение комплексных испытаний на полигоне									20	20	20	40	40	80	80	80	380		
<b>ИТОГО:</b>	<b>5</b>	<b>120</b>	<b>160</b>	<b>155</b>	<b>160</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>250</b>	<b>265</b>	<b>265</b>	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>2650</b>		
Затраты по полугодиям	440			1225						985						2650			
Затраты по годам	1665											985					2650		
Затраты нарастающим итогом	5	125	285	440	600	760	940	1150	1400	1665	1930	2170	2410	2490	2570	2650	2650		

12. Компонировочная схема опытного участка трассы СКЮ (испытательного полигона)

