

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ
по созданию опытного участка
струнной транспортной системы на территории Красноярского края

ТОМ I
Концепция построения струнной транспортной системы



Москва, 2001 г.

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

Утверждаю:

Президент РОФ –

Генеральный конструктор

Академик РАЕН

_____ Юницкий А. Э.

«_____» _____ 2001г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

по созданию опытного участка

струнной транспортной системы на территории Красноярского края

ТОМ I

Концепция построения струнной транспортной системы

Заместитель генерального конструктора, к.т.н.

Г.А. Савин

Начальник отдела перспективного планирования
и ТЭО проектов к.э.н.

Я.М. Лемеш

Начальник КО «Подвижной состав», к.т.н.

И.С. Степанов

Главный конструктор ПКБ СИРИУС

В.В. Воршев

Начальник конструкторского отдела
«Путевая структура», к.т.н.

И.П. Дубатовка

Начальник проектного отдела

А.Е. Шаметько

Главный дизайнер

В. С. Жаркевич

Москва, 2001 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Том I**Концепция построения струнной транспортной системы**

Список использованных сокращений	5
Введение	6
1. Состояние разработки	9
2. Путевая структура	16
2.1. Рельс-струна	16
2.2. Поддерживающий канат	16
2.3. Жесткость путевой структуры	17
3. Транспортные модули	19
3.1. Общая концепция конструктивного ряда грузовых и пассажирских транспортных модулей	19
3.2. Факторы, определяющие конструктивное исполнение транспортного модуля	20
3.2.1. Характеристики основного грузопотока	20
3.2.2. Местные условия	20
3.2.3. Дизайн и эргономика	21
3.3. Общая компоновка транспортных модулей	22
3.4. Общие технические требования к семейству транспортных модулей	30
3.5. Двигательная установка	34
3.6. Примеры выбора исполнения модулей (для конкретных условий)	38
3.7. Перспективные силовые установки на базе двигателей внутреннего сгорания	43
4. Информационно-управляющий комплекс	46
4.1. Принципиальное построение информационно-управляющего комплекса	46
4.2. Состав информационно-управляющего комплекса	48
4.3. Назначение основных составляющих информационно- управляющего комплекса	49
4.3.1. Бортовая информационно-управляющая система транспортного модуля	49
4.3.2. Система контроля и диагностики путевой структуры	50
4.3.3. Система связи	50
4.3.4. Система контроля трассы и внешних воздействий	51
4.3.5. Система управления путевой структурой	52
4.3.6. Система контроля и прогноза метеобстановки	52
4.3.7. Система навигации и определения местоположения модуля	52

4.4. Организационные аспекты	53
5. Технико-экономическое обоснование	55
5.1. Значение струнной транспортной системы для Красноярского края	55
5.2. Расчет стоимости грузопассажирской двухпутной транспортной линии	61
5.3. Расчет годовых эксплуатационных издержек	62
5.4. Сравнительные технико-экономические показатели трассы в зависимости от величины грузо- и пассажиропотоков	71
6. Этапность создания трассы струнной транспортной системы	74
Заключение	75
Список использованных источников	77
Протокол заседания НТС РОФ №03/01 от 01 августа 2001 г.	82

Том II

Стенд «Путевая структура»

1. Назначение стенда и решаемые задачи	3
2. Состав стенда	5
3. Конструкция путевой структуры	6
3.1. Общие сведения	6
3.2. Испытания отдельных элементов путевой структуры	18
4. Имитатор транспортного модуля	20
5. Программа проведения испытаний на стенде	21
5.1. Цель проведения испытаний	21
5.2. Программа проведения испытаний	22
5.3. Организация работ по программно-методическому обеспечению, обработке и анализу результатов	24
6. Измерительная и регистрирующая аппаратура	25
6.1. Рассмотренные варианты реализации системы	25
6.2. Аппаратурная реализация системы измерений стенда	25

Приложения к тому II

1. Техническое задание на создание стенда
2. Основные чертежи стенда
3. Сметная документация
4. Основные характеристики стенда «Колесо-рельс»
5. Результаты испытаний отдельных элементов путевой структуры

Том III

Опытный участок струнной транспортной системы

1. Назначение и состав технических средств	3
2. Путьевая структура	5
3. Транспортные модули	9
3.1. Пассажирский транспортный модуль	9
3.2. Грузовой транспортный модуль с электродвигателем	13
3.3. Грузовой транспортный модуль с двигателем внутреннего сгорания	16
3.3.1. Технические требования к экспериментальному грузовому модулю	16
3.3.2. Технические характеристики экспериментального грузового модуля	16
3.4. Описание агрегатов трансмиссии, ходовой части и тормозной системы транспортных модулей	21
3.5. Существующие аналоги пассажирских транспортных модулей	22
4. Программа проведения испытаний	27
4.1. Объекты испытаний. Цели проведения испытаний	27
4.2. Этапы испытаний	28
4.3. Программа испытаний	29
4.4. Организация работ по методическому, программно-математическому обеспечению, обработке и анализу результатов	29
5. Система контроля, управления, навигации и связи	31
5.1. Исходные данные для разработок системы контроля, управления, навигации и связи	31
5.2. Возможная кооперация при создании систем контроля, управления, навигации и связи	34
6. Определение стоимости строительства опытно-экспериментального участка СТС протяженностью 1 км в г. Красноярске	36
Выводы	47

Приложение к тому III

1. Основные требования к созданию опытного участка СТС
2. Программа статических и динамических испытаний на опытном участке СТС

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АФУ – антенно-фидерные устройства
БИУС – бортовая информационно-управляющая система
ГСМ – горюче-смазочные материалы
ДВС – двигатель внутреннего сгорания
ИУК – информационно-управляющий комплекс
КПД – коэффициент полезного действия
МКС – магистральная кабельная сеть
МСБ – минерально-сырьевая база
РЛД – роторно-лопастной двигатель
РОФ – Региональный общественный фонд содействия развитию линейной транспортной системы
СБИР – системный блок измерения и регистрации
СТС – струнная транспортная система
СУ – силовая установка
УФ – ультрафиолетовый участок спектра

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие технические предложения по струнной транспортной системе академика РАЕН А.Э.Юницкого разработаны по заказу Администрации Красноярского края на основании договора №13 от 30.01.01 между Региональным общественным фондом содействия развитию линейной транспортной системы (исполнитель) и Администрацией Красноярского края (заказчик).

Экономика территорий в значительной мере определяется степенью развития транспортной инфраструктуры. Так, например, в США, территория которых в 1,8 раза меньше территории России, создано 6 млн.км наземных магистралей (автомобильных и железнодорожных), а в России только около 1 млн.км.

Специфика современного момента заключается в бурной автомобилизации крупных городов, при этом средняя скорость передвижения на автомобиле по мегаполисам снижается до 10 км/час. Даже при наличии скоростного метро средняя скорость передвижения пассажира не превышает 25 км/час с учетом переходов по вестибюлям и эскалаторам.

Объективно, между метрополитеном, перевозящим до 50 тыс.пасс./час, и наземным транспортом существует ниша неохватываемого пассажиропотока в 10-25 тыс. пасс./час, для которой метрополитен недоиспользуется по своим возможностям, а городской наземный транспорт не способен перевезти этот поток пассажиров.

За рубежом для этой «ниши» за последние 20-25 лет созданы и эксплуатируются ряд новых транспортных систем, которым, в основном, присвоен статус легкорельсового транспорта.

В последние годы и в России этому вопросу уделяется много внимания. Основные направления работ в этом направлении сводятся к следующему:

- использование заброшенных, ведомственных и малодеятельных участков железных дорог для эксплуатации специально создаваемых рельсовых автобусов вместимостью до 160-180 пассажиров и стоимостью 0,5 млн.долл.;

- создание скоростных трамваев (до 80 км/час) с отчужденной трассой движения;

- создание эстакадного монорельсового транспорта (проектируемые участки в Москве и Санкт-Петербурге).

Применительно к городским и пригородным застройкам из перечисленных систем наиболее дешевым является создание трасс скоростных трамваев (примерно 0,5 млн.долл/км без учета стоимости дорогостоящего землеотвода под трассу). Эстакадный транспорт значительно дороже – по проектной документации стоимость создания эстакады в Москве 14-16 млн.долл/км при пассажиропотоке 3-5 тыс. пассажиров в час (метро - 70 млн.долл/км при пассажиропотоке ~50 тыс. пассажиров в час). Однако,

используя сцепку транспортных модулей, представляется возможным увеличить пассажиропоток эстакадного транспорта до 20-25 тыс.пасс/час и тем самым улучшить экономические показатели этого вида транспорта.

В этом случае транспортная «ниша» с пассажиропотоком 5-10 тыс.пасс/час могла бы быть заполнена новой транспортной системой – струнной транспортной системой (СТС) разработки «Регионального общественного фонда содействия развитию линейной транспортной системы» под руководством академика А.Э.Юницкого.

В некоторой степени СТС напоминает канатную подвесную дорогу, но в отличие от нее канат (или несколько канатов) натянут до высоких напряжений (порядка 10000 кгс/см^2), при этом прогиб каната под собственным весом при расстоянии между опорами 50-100 м не превышает 20 см и с помощью стоек переменной высоты или иным способом на канат сверху закрепляется прямой рельс, выполненный в виде трубы или спецпроката. При этом, в зависимости от веса транспортного модуля и расстояния между опорами, возможно применение вантовых опор, верхних и нижних растяжек для получения высокой жесткости конструкции. Натяжение канатов, рельсов, растяжек выбирается таким образом, чтобы конструкция была в постоянно растянутом состоянии во всем диапазоне температур эксплуатации (от $+50 \text{ }^\circ\text{C}$ летом до $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ зимой) и при нагрузке от транспортного модуля. Причем при любых проектных нагрузках напряжения растяжения в путевой структуре изменяются от номинала не более чем на $\pm 10\%$, а прогибы рельсов - не более чем на нескольких мм. Связанные между собой рельсы и канаты закрепляются на анкерных и промежуточных опорах. Анкерные опоры устанавливаются друг от друга на расстояниях 1-3 км и воспринимают горизонтальные нагрузки от натяжения рельсов с канатами и вертикальные нагрузки, промежуточные опоры воспринимают только вертикальные нагрузки.

Эффективность СТС в значительной степени определяется конструктивным совершенством транспортных модулей. Снижение веса конструкции, ходовой части, силовой установки позволяет уменьшить затраты на путевую структуру, уменьшить шум при снижении нагрузок на оси, повысить рентабельность и сократить сроки окупаемости затрат на создание системы. Поэтому при создании транспортных модулей предполагается применить передовые транспортные (в т.ч. авиационные) технологии.

СТС имеет несомненные преимущества перед скоростным трамваем, т.к. не требует значительного отчуждения земли под трассы: под анкерные и промежуточные опоры требуется всего 0,1 га земли на один километр транспортной линии. СТС имеет несомненные преимущества (при пассажиропотоках 5-10 тыс.пасс./час) перед эстакадным транспортом вследствие меньшей стоимости строительства трассы: 1 - 1,5 млн.долл./км на равнине и 1,5 – 2,5 млн.долл/км в горах (эстакадный транспорт – 14-16 млн.долл/км).

В целом, СТС является весомым дополнением к другим существующим и разрабатываемым транспортным системам и хорошо приспособлена к развязке узких транспортных мест, особенно в условиях городской застройки и в неосвоенных территориях. При этом на транспортных модулях могут применяться как электродвигатели, так и двигатели внутреннего сгорания. При строительстве протяженных грузопассажирских трасс СТС в 2-3 раза оказывается дешевле железнодорожного транспорта при одинаковых грузопотоках имея ряд других преимуществ.

Настоящие технические предложения изложены в 3-х томах и двух приложениях.

В первом томе изложена концепция построения струнной транспортной системы применительно к решению разнообразных задач, основное внимание уделено построению протяженных трасс, в частности, рассмотрена возможность создания трассы Красноярск-Норильск, которая могла бы сыграть важную роль в росте экономики Красноярского края.

Во втором томе представлено описание испытательного стенда «Путевая структура», сборка которого осуществляется в настоящее время в г. Озеры Московской обл.. Стенд необходим для экспериментальной проверки новых принципиальных технических решений и для отработки технологии изготовления и сборки путевой структуры. Стенд оснащается имитатором транспортного модуля – автомобилем ЗИЛ-131 с заменой резиновых колес на металлические. Длина стенда 150 м, высота 15м. Стенд сооружается за счет средств Администрации Красноярского края в соответствии с договором №13 от 30.01.01 и дополнительных источников финансирования.

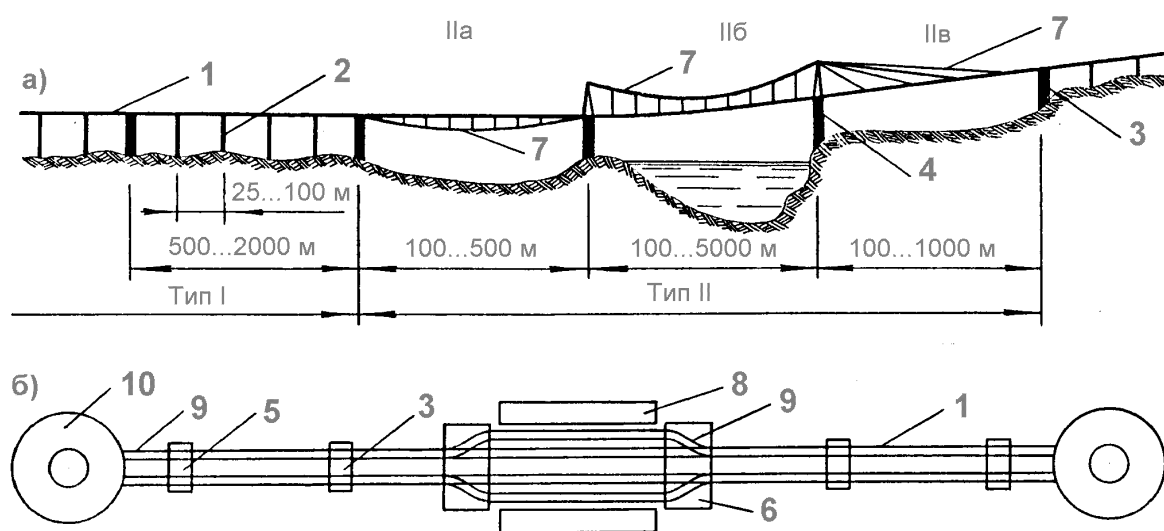
В приложении к тому 2 представлены основные чертежи стенда «Путевая структура» и основные характеристики другого стенда «Колесо-рельс», предназначенного для отработки динамики ходовой части транспортных модулей. Представлена проектно-сметная документация на изготовление стенда «Путевая структура» для обоснования затрат.

В третьем томе приведены предварительные оценки проектных параметров и финансовых затрат на создание опытно-экспериментального участка СТС длиной 1 км. На основании переговоров с представителями Администрации края и мэрии Красноярска был выбран участок на трассе «Парк Культуры – Остров Отдыха». Выбор участка был обусловлен тем, что, с одной стороны, в связи с необходимостью ремонта моста через Енисей, необходимо организовать большой пассажиропоток через Енисей, а, с другой стороны, в планах Администрации предусмотрено проведение дальнейшего благоустройства острова. На первом этапе трасса СТС будет предназначена для исследовательских целей, для отработки технологии строительства переправы через Енисей и проверки технических решений. На втором этапе трасса СТС может быть использована как экспериментальная для перевозки грузов и пассажиров.

1. Состояние разработки

Струнная транспортная система (СТС) представляет собой струнный рельсовый путь, по которому осуществляют движение транспортные модули. Отличительной особенностью пути являются струны, находящиеся в теле рельса и натянутые до суммарного усилия 150-250 тс на один рельс. Струны жестко прикреплены к анкерным опорам, установленным через 1000...3000 м, а путевая структура поддерживается промежуточными опорами, размещенными через 25...100 м. Струны размещены в рельсе с прогибом. Благодаря этому головка рельса, по которой движется колесо модуля, в статическом состоянии не имеет прогибов и стыков по всей своей длине. Имея очень высокую ровность и жесткость путевой структуры, СТС позволит в перспективе достичь скоростей движения в 300 км/час и выше.

Линейная схема трассы показана на рис 1.1. 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 каната (по типу висячих мостов).



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 переводом; 7 - поддерживающий канат; 8 - промежуточная станция; 9 - участок трассы, выполненный из обычных рельсов (типа железнодорожных); 10 - кольцевой вокзал.

Рис. 1.1

Учитывая, что СТС 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 трассы должны быть 3000 - 10000 м (в зависимости от скорости движения).

К настоящему времени достаточно глубоко проработаны принципиальные решения не только основных элементов системы, но практически всех ее составляющих, от станционных комплексов и конструкции стрелочных переводов разного назначения, до отдельных узлов и деталей, например, анкерных устройств. Многие из этих решений оригинальны, что подтверждается поданными на них заявками на изобретения. Все технические решения выполнены с соблюдением основного принципа – применения только доступных материалов и конструктивных схем, поддающихся известным и проверенным методам расчета.

Получена организационная поддержка проекта со стороны Министерства транспорта РФ в лице первого заместителя Насонова А.П. и Министерства транспорта Московской области в лице Министра Кацыва П.Д. Запланировано провести Минтрансом РФ выездное заседание научно-технического совета Министерства после завершения строительства испытательного стенда в г.Озеры (ориентировочно в сентябре 2001 г.). Предполагается финансовая поддержка проекта по линии Минтранса на проведение НИР и ОКР в 2002 году. На сегодняшний день проведены исследования математической динамической модели СТС, испытаны масштабные модели высокоскоростного пассажирского модуля в аэродинамической трубе, построена действующая 100 метровая модель СТС в масштабе один к пяти.

Разработана математическая модель путевой структуры СТС, установленной на опорах и имеющей натяжные элементы («ноу-хау», находящиеся в стадии оформления заявок на патенты), которые повышают жесткость транспортной системы примерно в 10 раз. Это позволит получить требуемую для высокоскоростного движения ровность пути (прогиб до 10 мм на пролете 50 м под нагрузкой 10 тонн) при натяжении канатов в 10...30 раз меньшем, чем если не использовать «ноу-хау». Например, без использования «ноу-хау» указанную жесткость путевой структуры можно получить при натяжении канатов, приходящихся на один рельс, до величины 6250 тонн. При использовании «ноу-хау» требуемое усилие натяжения снижается до 250 тонн. Поэтому стоимость двухпутных трасс будет снижена примерно в 10 раз – с 8...10 млн. USD/км до 0,8...1,0 млн. USD/км.

По этой математической модели группа математиков из г.Воронежа осуществляет статический и динамический расчет СТС аналитическими методами с выведением соответствующих (достаточно сложных)

математических зависимостей. Осуществлен расчет трехпролетной СТС с определением статических и динамических прогибов, напряжений в несущих канатах и рельсах, собственных и вынужденных частот колебаний, резонансных частот при различных температурах окружающей среды. Эта работа близка к завершению и будет в дальнейшем издана в виде отдельной научной монографии. Параллельно конструкторы освоили расчеты путевой структуры с помощью компьютерных программ – методом конечных элементов. Были выполнены расчеты всех элементов путевой структуры и опор для стенда «Путевая структура» в г.Озеры, показавшие хорошее совпадение с аналитическими методами выполнения этих же расчетов и расчетами, выполненными в предыдущие годы автором СТС. Сложность расчета СТС сопоставима со сложностью расчетов современных висячих и вантовых мостов.

Продолжается работа по оптимизации различных вариантов СТС в зависимости от длины пролетов, высоты опор, веса транспортного модуля, различных значений максимального многолетнего перепада температур, скоростей бокового ветра. Это позволит создать типовые решения, имеющие минимальную материалоемкость и, соответственно, стоимость, которые будут использоваться при проектировании конкретных трасс СТС в различных регионах мира. Это позволит также получить достоверные технико-экономические характеристики транспортной системы, что обеспечит объективное сравнение с другими конкурирующими транспортными системами.

Разработано семейство транспортных модулей различного назначения.

СТС предполагает использование для транспортных модулей двухребордных колес. Такие колеса применяются при перемещении подъемных кранов различных типов, однако сведений о качении двухребордного колеса по металлическому рельсу с высокой скоростью в технической литературе нет.

Некоторые вопросы могут быть решены расчетным путем и компьютерным моделированием, но окончательные ответы можно получить только натурным экспериментом. Изготавливается испытательный стенд, имитирующий качение колеса по рельсу со скоростью до 500 км/час (стенд с беговым барабаном). Такой испытательный стенд позволит решить большое количество задач при минимальных затратах. Проведено расчетное исследование контактных напряжений в паре «колесо – рельс» при различных формах и нагрузках этой пары, всего исследовано 275 вариантов. Оптимизация позволила снизить контактные напряжения до 50...80 кгс/мм² (против 100...120 кгс/мм² в железнодорожном транспорте).

Для экспериментальной проверки опытного участка путевой структуры, определения особенностей качения двухребордного металлического колеса по рельсу при реальных нормальных и касательных нагрузках требуется проведение испытаний. С этой целью был приобретен

трехосный автомобиль повышенной проходимости ЗИЛ-131. Чтобы обеспечить возможность его движения по струнной транспортной системе потребовалось проектирование и изготовление металлических колес с соответствующим профилем опорной части. Работа по изготовлению колес завершена, автомобиль к испытаниям подготовлен.

Разработана техническая документация на изготовление и монтаж стенда «Путевая структура» для статических и динамических натурных испытаний путевой структуры; проработаны компоновочные конструктивные схемы пассажирских, грузовых и грузопассажирских трасс для различных климатических зон и назначения; разработаны методики и проведены предварительные натурные испытания элементов путевой структуры (анкеров, рельса с заполнителем, подбор состава заполнителя, заделке канатов). Работы выполнены в г.Минске на научно-производственной базе Белорусской политехнической академии. Разработан демонстрационный стенд-макет в масштабе 1:10; разработаны варианты конструкций обода и диска колеса с головкой рельса в сборе для стенда «рельс-колесо»; выполнены статические и динамические инженерные расчеты на ПЭВМ элементов и узлов путевой структуры с различными конструктивными параметрами (пролеты, высота опор, усилия натяжения несущих и поддерживающих канатов, нормируемая «жесткость» пути и др.).

На данном этапе имеются комплекты рабочих чертежей:

1) Стенд «Путевая структура»

09/01-1- КЖО (листов 12) – сваи и ростверки;

09/01-1- КЖОИ (листов 8) – сваи и ростверки, изделия;

09/01-1- К М (листов 19) – анкерные и промежуточные опоры;

09/01-1- КЖО (листов 60) – путевая структура (компоновочная схема, узлы);

09/01-1- КЖО (листов 61) – путевая структура, детали.

Выпущен комплект рабочей документации на стенд (стенд имеет более 10000 деталей). Заканчивается монтаж стенда в г. Озёры Московской области.

2) Стенд «рельс-колесо»

04-КМД (листов 10) - конструкции металлические, детализировка.

Выполнены инженерные расчеты на ПЭВМ:

- расчет контактных напряжений;
- выбор формы рельса (4 варианта);
- расчет монолитных ростверков;
- расчет анкерных опор (5 вариантов);
- расчет узлов путевой структуры (7 вариантов);
- выбор компоновочной схемы стенда (6 вариантов);
- расчет вариантов компоновочных схем путевой структуры для трасс различного назначения (21 вариант).

Проведены экспериментальные исследования:

- испытания по несущей способности сборно-разборных анкерных устройств для заделки несущих (К7 – диаметром 15 мм) и поддерживающих (К19 – диаметром 27 мм) канатов;
- испытание взаимодействия композиционного раствора – заполнителя с рельсом–трубой диаметром 102 мм (определение контактных напряжений);
- испытание натурального фрагмента (L=4м) путевой структуры с натянутыми в рельсе–трубе канатами К7 – диаметром 15 (9 канатов) и инъецированным композиционным заполнителем, на вертикальные нагрузки;
- испытание анкеровки поддерживающих и несущих канатов на выдергивание из наполненного заполнителем рельса при отсутствии анкерных устройств.

Разработана «Концепция создания комплекса управления, контроля и связи струнной транспортной системы», которая сформулировала основные принципы создания комплекса, состав комплекса, назначение и задачи, решаемые каждой составной частью. Сформулированы пути реализации разработанной концепции.

Для практической реализации указанной концепции проработаны:

Техническое задание на разработку системы связи и управления движением транспортных модулей;

Техническое задание на разработку информационно-управляющей системы грузового модуля на стенде «Путевая структура»;

Технические требования «Навигационный комплекс Струнной транспортной системы»;

Исходные данные на разработку Навигационного комплекса Струнной транспортной системы;

Техническое задание на разработку аванпроекта Навигационного комплекса Струнной транспортной системы;

Техническое задание на опытно-конструкторскую работу «Разработка бортовой информационно-управляющей системы»;

Инженерная записка «Система управления и контроля Струнной транспортной системы для транспортировки угля»;

Техническое задание на системы стенда «Колесо-рельс» для определения характеристик взаимодействия колеса с рельсом струнной транспортной системы;

Технические требования на разработку и изготовление системы измерений стенда «Путевая структура»;

Комплекс измеряемых параметров для стенда «Колесо-рельс»;

Комплекс измеряемых параметров для стенда «Путевая структура» протяженностью 0.15 км (ПС-0.15);

Методика проведения измерений на стенде ПС-0.15;

Проработано аппаратное обеспечение для стендов «Колесо-рельс» и «Путевая структура» (ПС-0.15).

Разработаны варианты обеспечения связью на стенде ПС-0.15.

Разработаны варианты построения системы измерений на стенде ПС-0.15.

Прорабатывался вопрос создания кооперации для разработки, экспериментальной отработки и изготовления составных элементов системы управления, контроля и связи СТС. Проработки проводились со следующими организациями:

ВНИИТИ МПС России (г. Коломна), НИИ ФИ, НПО ИТ, ОКБ МЭИ, РНИИ КП, МКБ «КОМПАС», МФТИ, «ИнформСистмПрибор-М», «Интрон-Плюс», «Алтес», ВНИИ ЖТ, НПИЦ «Арктур», МЭИ, МАИ, МИИТ, «ЭКА», ВНИИ АС, ВНИИ ТС, НИИ-4, «ДЭН», «ДЕКА» НТФ, НАТИ, «Глимар», «ПромАвтоКонтракт», «Управление надзора за радиоисточниками», «ИВТ», «ГАЗ», ГосНИИАС, «Навигатор XXI» - инвестиционный центр, Лианозовский электромеханический завод, «ИНКАР», Автозавод г. Серпухов.

СТС предназначена для комфортной и безопасной перевозки пассажиров и оптимальной перевозки грузов. В комплексной системе создания транспортных объектов СТС должны быть учтены, наряду с конструктивно-функциональными аспектами, и факторы взаимосвязи «человек-машина-среда», включающие: оптимальные комфортные условия эксплуатации транспортных объектов пассажирами, оптимальные санитарно-гигиенические и климатические условия пребывания пассажиров и обслуживающего персонала СТС, удобство эксплуатации и ремонта, а также современный внешний вид как транспортных модулей так и транспортной системы в целом.

С этой целью разработано эскизное дизайн-предложение грузового модуля для перевозки автомобилей и изготовлена действующая модель модуля в М 1:15.

Разработан эскизный дизайн-проект пассажирского скоростного модуля (двухкорпусной). Изготовлен макет двухкорпусного модуля в М 1:20. Спроектирована и изготовлена в М 1:5 модель модуля для проведения аэродинамических исследований.

По результатам проведенных в С.-Петербурге аэродинамических исследований проведена доработка пассажирского модуля и изготовлены две модели (двухкорпусная и трехкорпусная) в М 1:5 для аэродинамических испытаний. Их продувка показала хорошие аэродинамические характеристики моделей – $C_x=0,075\dots 0,085$.

Разработана и изготовлена действующая модель двухкорпусного модуля М 1:5 с проработанным дизайном интерьера (в изготовлении модели принимали участие специалисты МАИ). После демонстрационных

испытаний система управления движением модуля была значительно усовершенствована специалистами дизайн-центра.

Разработана и изготовлена действующая модель трехкорпусного модуля М 1:5 с проработанным дизайном интерьера (класс люкс).

Разработан дизайн-проект однокорпусного скоростного пассажирского модуля с улучшенной аэродинамикой, включающий два варианта компоновки пассажирского салона. Вариант 1 – санитарно-гигиеническая зона находится спереди пассажирского салона. Вариант 2 – санитарно-гигиеническая зона сзади салона.

Проработана эргономика салона, включающая зону размещения пассажиров, санитарно-гигиеническую зону, зону входа и выхода пассажиров. Изготовлен эргономический посадочный макет модуля в М 1:1.

Изготовлено два варианта однокорпусного модуля в М 1:5 для проведения аэродинамических испытаний.

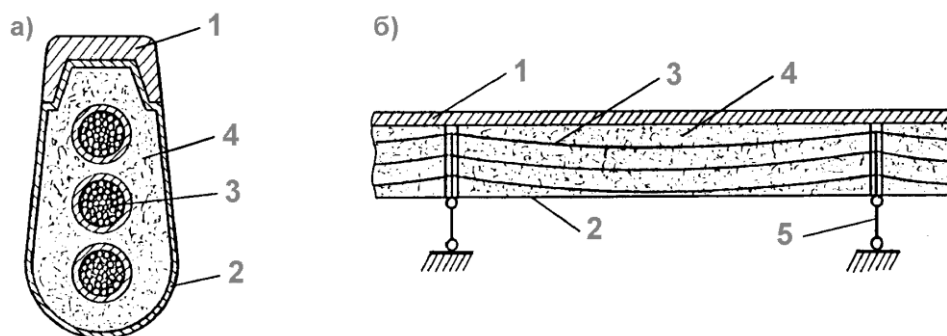
Состояние разработок по струнной транспортной системе в целом и по отдельным её составляющим позволяет приступить к опытно-конструкторским разработкам трасс СТС различного назначения, но приоритетной целесообразно считать трассу длиной около 1 км с переправой через реку шириной в несколько сотен метров (р. Енисей).

2. Путевая структура

В зависимости от длины пролёта (см. рис. 1.1) путевая структура СТС подразделяется на два характерных типа: I - обычной конструкции (пролёт до 100 м); II - с дополнительной поддерживающей канатной конструкцией (пролёт более 100 м) с размещением каната: а) снизу; б) сверху - с параболическим прогибом; в) сверху - в виде вант.

2.1. Рельс-струна

Один из вариантов конструкции рельса-струны представлен на рис.2.1.



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

Рис. 2.1

Каждый рельс имеет три струны, которые набраны из стальных проволок диаметром 1...3 мм и натянуты до суммарного усилия 250 тс для одного рельса или соответственно - 500 тс для путевой структуры и 1000 тс для двухпутной трассы. В промежутке между 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.

2.2. Поддерживающий канат

Поддерживающий канат, как и струна в рельсе, набран из проволок, изготовленных из высокопрочной стали. Проволоки помещены в защитный кожух, имеющий гидроизоляцию. Свободный объём каната заполнен антикоррозионным наполнителем. Чем длиннее пролет, тем больше диаметр каната. Например, канат диаметром 100 мм, благодаря низкой материалоемкости путевой структуры и малого её веса, обеспечит

поддержание пролета СТС длиной в 1000...1500 метров, т.е. позволит перекрыть крупную реку одним пролётом.

2.3. Жёсткость путевой структуры

Путевая структура СТС имеет низкую материалоемкость - около 100 кг/м, и, в то же время, - высокие усилия натяжения струн. Поэтому она характеризуется малыми прогибами элементов конструкции как под действием собственного веса (см. табл. 2.1), так и движущихся модулей.

Таблица 2.1

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

Прогибы, показанные в табл. 2.1, характеризуют строительную высоту пролётов СТС, их ажурность и эстетическое восприятие. В любом случае конструкция СТС будет значительно ажурнее мостовых сооружений, путепроводов, виадуков и других подобных сооружений на автомобильных и железных дорогах, а также - балок монорельсовых дорог.

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 20...25 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 СТС, так и на движущиеся модули. Максимальные статические прогибы, например, под

действием веса неподвижного пассажирского модуля (5000 кгс), размещённого в середине пролёта, будут в пределах: $1/800$ для рельса и $1/2400$ - для пролёта с поддерживающим канатом. Динамические прогибы конструкции при скоростях движения модуля свыше 200 км/час будут значительно ниже указанных значений (в пределах $1/10000 \dots 1/2000$, или в абсолютном выражении - в пределах 5...15 мм). Приведенные цифры свидетельствуют о том, что СТС 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.

Исследованы и определены конструктивные особенности путевой структуры и режимы движения модулей, при которых отсутствуют резонансные явления в рельсе-струне. Более того - колебания пути будут возникать и оставаться позади движущегося модуля, гаснуть за 0,1...0,5 сек., а следующий за ним модуль будет двигаться по невозмущенному, идеально ровному полотну.

Изменение температурных деформаций рельса-струны компенсируется изменением температурных напряжений и, вследствие этого, изменением относительного прогиба пролета при неизменном расстоянии между опорами, что не окажет существенного влияния на ровность путевой структуры. Струна при этом не будет иметь деформационных швов по длине, а ее 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 °С (зимой) до $+50$ °С (летом) приведет к изменению относительного прогиба пролёта в пределах $1/10000$, что практически не отразится на ровности пути. При этом напряжения растяжения в струне увеличатся зимой примерно на 1200 кгс/см², а летом, наоборот, уменьшатся на те же 1200 кгс/см². При меньшем перепаде температур напряженно-деформированное состояние рельса-струны будет изменяться в меньшей степени.

Учитывая низкую парусность конструкции СТС и модулей, относительный прогиб путевой структуры СТС под действием бокового ветра, имеющего скорость 100 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 СТС при отрицательных температурах воздуха. Однако, учитывая малые поперечные размеры рельса-струны, обтекаемость, наличие высокочастотных и низкочастотных колебаний и др. факторов, затрудняющих образование наледи, ее можно вообще избежать. В наиболее опасные зимние периоды времени по трассе периодически будут проходить специальные модули, оснащенные, например, газотурбинными двигателями, которые горячей струей воздуха будут растапливать и сдвигать образовавшуюся плёнку льда.

3. Транспортные модули

3.1. Общая концепция конструктивного ряда грузовых и пассажирских транспортных модулей

Основные принципы, положенные в основу конструктивного ряда транспортных модулей:

- приспособленность к различным условиям эксплуатации;
- минимальные эксплуатационные затраты;
- экономичность при изготовлении;
- конструктивная преемственность между разными типами модулей;
- использование опыта автомобильного, авиационного и железнодорожного транспорта;
- применение прогрессивных конструкционных материалов и технологий, освоенных современной промышленностью.

Конструктивный ряд транспортных модулей строится по блочно-агрегатному принципу, т.е. разрабатывается, например, агрегат «двигательная установка» (собственно двигатель с коробкой передач). Этот агрегат, состоящий из множества узлов и деталей, устанавливается, в свою очередь, в более крупный блок, который содержит раму, колеса с подвеской и тормозами, возможно – кузов или кабину водителя и т.п. Этот тяговый блок может использоваться для приведения в движение, например, грузового модуля для перевозки угля. Такой модуль должен иметь самосвальную кузов с соответствующими механизмами, опорные колеса с подвеской и, возможно, с тормозами. Однако в принципе тот же тяговый блок можно соединить с одним или двумя пассажирскими блоками, тогда сформируется иной модуль. Имея ограниченный набор блоков различного назначения с разными техническими характеристиками, можно создавать весьма широкую гамму транспортных модулей для разных условий применения.

Основные параметры модуля:

- характер перевозимого груза;
- грузоподъемность или пассажироместимость;
- целесообразная крейсерская скорость;
- вид основного двигателя;
- разгонная и тормозная динамика;
- тип управления – автоматическое или с помощью водителя.

3.2. Факторы, определяющие конструктивное исполнение транспортного модуля

3.2.1. Характеристики основного грузопотока

Очевидно, что на грузовом автомобиле-цистерне нельзя перевозить сколько-нибудь значительное количество пассажиров, а на автобусе – каменный уголь. От основного грузопотока, предполагаемого к перевозкам по конкретной струнной трассе, зависят основные технические характеристики модулей, которые будут оптимальными именно для этой трассы.

Протяженность трассы в значительной мере определяет максимальную и крейсерскую скорость движущихся по ней модулей, а количество остановочных пунктов и расстояние между ними – требуемую разгонную и тормозную динамику, т.е. мощность двигателя и тип трансмиссии. В свою очередь, максимальная скорость предъявляет требования к аэродинамике модуля. Естественно, что набор функциональных блоков, из которых набирается модуль, определяется характером перевозимого груза и способами погрузки-выгрузки.

3.2.2. Местные условия

Значительное влияние на общую компоновку модуля оказывают местные условия:

- климат (выбор конструкционных и эксплуатационных материалов, обеспечение комфортных условий для пассажиров и водителя, если он имеется, наличие отопителя или кондиционера, термоизоляция кузова, вероятность обледенения рельсов);
- рельеф трассы, наличие подъемов, закруглений пути в плане – сказываются на требованиях к двигательной установке и трансмиссии, к тормозной системе, к системам, обеспечивающим движение на закруглениях пути;
- наличие или, напротив, отсутствие электросети определяет выбор вида двигателя – электродвигатель или дизель;
- наличие в регионе других транспортных систем влияет на способы погрузки-выгрузки модуля, рациональную грузоподъемность или пассажироместимость модуля;
- населенность региона определяет требования к внешнему шуму модулей, к загрязнению окружающей среды вредными выбросами, к высоте расположения путевой структуры, к допустимым скоростям движения;
- если в регионе, где строится струнная транспортная система, имеется подходящая производственная база, то модули целесообразно

изготавливать в этом регионе, но характер имеющегося производства может существенно повлиять на конструкцию модуля.

3.2.3. Дизайн и эргономика

При дизайнерской разработке внешнего вида модуля учитывается деление поверхности модуля на отдельные участки: проёмы входных дверей, окон, диффузоры и патрубки для забора воздуха и выхода отработанных газов и т. п.

Требования аэродинамики оказывают определяющее влияние на внешний вид модулей, на конструирование составляющих элементов и узлов, таких как стыковочный узел, обтекатели колёс, оконные проёмы. Для скоростей, превышающих 300 км/час, необходима аэроакустическая оптимизация выступающих элементов формы.

Основным источником аэроакустического и структурного шума, а также узлами аэродинамического сопротивления являются ходовые колёса. Прогрессивным решением в организации формы колёсного блока модуля является размещение колёсного оборудования (колесо, подвеска и т.д.) в герметичном объёме с поддержанием избыточного давления воздуха с тем, чтобы предотвратить подсос воздуха и пыли.

Особые требования по аэродинамике предъявляются к форме хвостовой части, в конструкции которой должны быть обеспечены требования по размещению основных функциональных узлов (энергоустановка, ходовые колёса, климатическая установка и т. д.) и, вместе с тем, необходимо обеспечить плавный сход воздушного потока без срывов и завихрений.

Внешний вид пассажирского модуля в определяющей степени зависит от удобства размещения пассажиров в салоне и обеспечения им безопасных и комфортабельных условий пребывания.

Основные компоновочные решения салонов зависят от назначения модулей. Так, например, туристский или второй класс представляет собой планировку максимальной вместимости. Для увеличения вместимости зон размещения ручной клади, кресла представляют собой диванную подушку на П-образной опоре с двумя автономными спинками и общим разделительным подлокотником. Пространство под креслом может быть использовано для размещения багажа (ориентировочная ёмкость – 300x300x900 мм). Для обеспечения минимального шага размещения кресел принята компоновка «в затылок» с постоянным (компромиссным) углом спинок по отношению к вертикали. Центральные ряды кресел сдвинуты вперед по отношению к боковым для улучшения обзорности. Учитывая особенности данной категории пассажиров (значительный объем перевозимой ими ручной клади), в интерьере модуля необходимо выделить объёмы для размещения багажа. Так под багажные секции необходимо зарезервировать место в специальных

блоках (отсеках) в зоне входа и выхода. Здесь может быть размещен багаж с габаритами, не позволяющими разместить его в салоне под креслами.

«Деловой» или первый класс отличается от туристского более комфортными условиями для пассажиров, в салоне размещается меньшее количество пассажиров. При этом появляется возможность установки комфортабельных откидывающихся кресел с широкими сиденьями, позволяющими располагаться пассажирам в положении сидя и лежа. Кресла оборудованы двумя подлокотниками. Поскольку наличие крупногабаритного багажа здесь маловероятно, можно уменьшить размеры багажного отделения, или использовать багажное отделение для других целей.

Наличие секций с купе 2х2м и 1х1м со встречной посадкой пассажиров делает пассажирский модуль пригодным для комфортного размещения малых групп пассажиров (2-4 пассажира). Дополнительное преимущество – возможность создания специализированных купе с нестандартной планировкой.

В салонах основным пластическим мотивом является пластика стены, мягко переходящая в объем потолка. В основе образного решения салонов лежат принципы, которые основаны на разумном сочетании элементов новизны и традиций, на сопоставлении элементов современной технологии и информатики элементов спокойного бытового звучания. Простота и малая расчлененность поверхностей диктуют необходимость применения современных технологий и высокого качества исполнения.

3.3. Общая компоновка транспортных модулей

Модуль может быть единичным, имеющим, например, четыре колеса, и сочлененным, состоящим из двух–трех конструктивных элементов, соединенных между собой подвижно (подобно автопоезду с седельным тягачом и полуприцепом). Общая конструктивная схема модуля определяется, прежде всего, разумным компромиссом между его грузоподъемностью и допустимой нагрузкой на путевую структуру.

Скоростной пассажирский модуль может быть однокорпусным, двухкорпусным и трехкорпусным. Общая компоновка однокорпусного высокоскоростного пассажирского транспортного модуля (350 км/час, 22-24 пассажира) приведена на рис. 3.1.

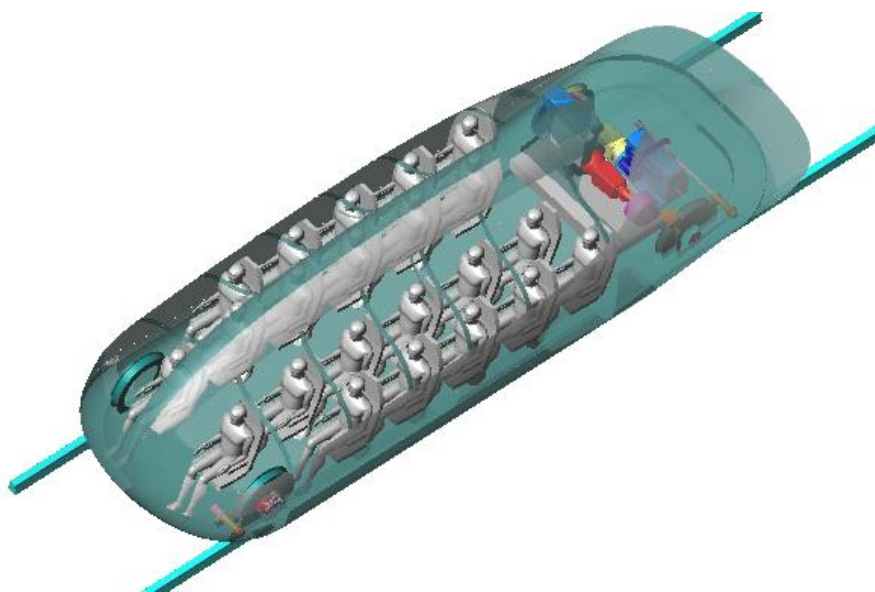


Рис. 3.1

Однокорпусный транспортный модуль имеет обтекаемый корпус с весьма низким аэродинамическим сопротивлением, что обеспечивает малые энергетические затраты при движении с большой скоростью. Основные агрегаты (двигатель, трансмиссия, система кондиционирования воздуха и т.п.) расположены в задней, хвостовой части, позади задних ведущих колес. Пассажи́рское помеще́ние модуля, в зависимости от конкретного назначения, может быть организовано по-разному: многоместный салон с комфортабельными креслами, офисный кабинет, семейная гостиная и т.п. Предусматривается туалет, видео- аудиосистемы, возможно размещение других специальных помещений.

Двухкорпусный модуль, как следует из названия, имеет два удлиненных корпуса, соединенных между собой одной-двумя перемычками, профиль которых напоминает профиль самолетного крыла. Каждый из полумодулей опирается на два колеса, катящиеся по одному рельсу («велосипедная» схема). Перемычки, соединяющие между собой полумодули, могут выполнять определенные аэродинамические функции, например, на их основе может быть организован аэротормоз.

Трехкорпусный модуль может быть назван так довольно условно, поскольку имеет только один собственно корпус, в котором располагаются пассажиры (или иная полезная нагрузка) и который имеет значительный объем. Справа и слева от него симметрично располагаются узкие обтекаемые гондолы, в которых размещаются колеса, двигатели и другие агрегаты. Такая компоновка позволяет при одних и тех же боковых гондолах иметь сменные центральные корпуса различного назначения, погрузка-разгрузка модуля может выполняться весьма быстро путем замены центрального корпуса.

Пассажирские модули для коротких маршрутов, экскурсионные, городские и подобные им не требуют особых аэродинамических качеств, и их компоновка и внешние формы определяются удобством размещения пассажиров, удобством входа-выхода, эстетическими соображениями.

Грузовые модули, в зависимости от характера перевозимого груза и крейсерской скорости, также могут иметь различную компоновку. Однокорпусный высокоскоростной грузовой транспортный модуль для перевозки контейнеров (350 км/час, грузоподъемность 10 тонн) изображен на рис. 3.2.

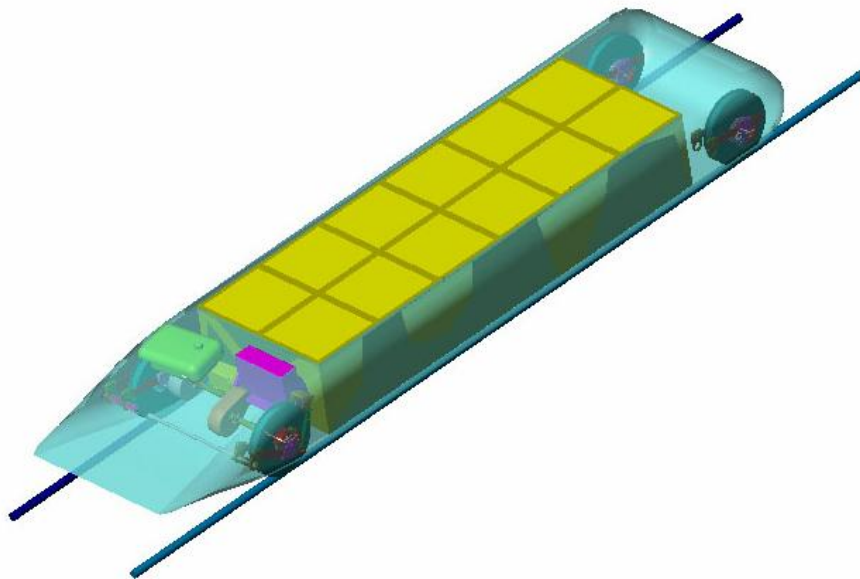


Рис. 3.2

Грузовой модуль универсального назначения целесообразно выполнять однокорпусным, с большим грузовым отсеком в средней части. В этот отсек помещаются контейнеры, имеющие одинаковую высоту (например – 1м) и боковые стороны, размер которых кратен этой величине. Днище в грузовом отсеке не предусматривается, контейнеры опираются на соответствующие выступы в боковых стенках отсека. Сверху отсек также не перекрывается, а при одинаковой высоте всех контейнеров обеспечивается удовлетворительное обтекание модуля воздухом при средних скоростях движения (до 100 – 150 км/ч).

Грузовой модуль для перевозки жидких грузов (350 км/час, 10 тонн) изображен на рис. 3.3.

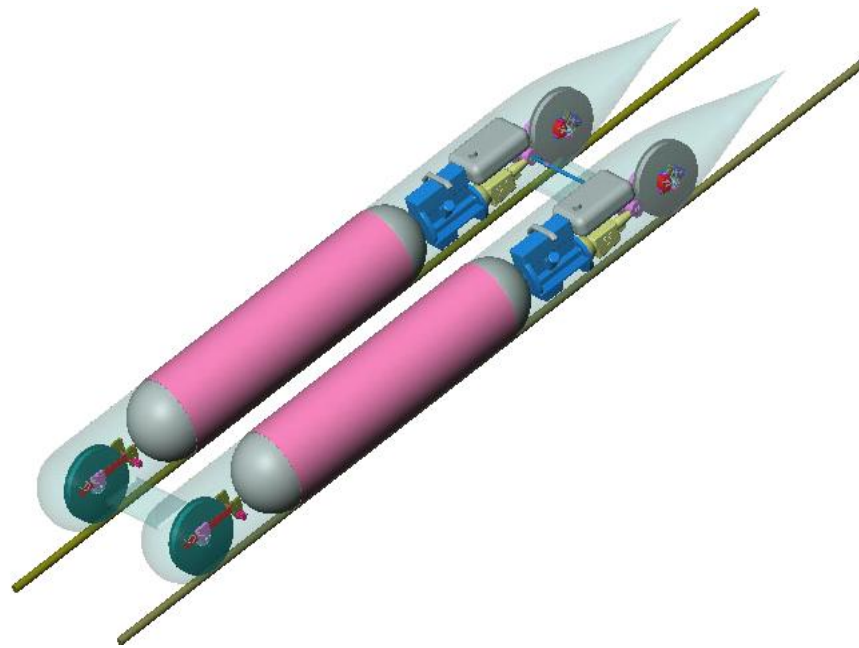


Рис. 3.3

Модуль для перевозки жидких грузов может иметь два корпуса, практически две цистерны круглого поперечного сечения, которые одновременно являются силовыми элементами несущей системы. К передним и задним частям этих цистерн примыкают конструктивные блоки, в которых размещаются колеса с подвесками, двигатели, агрегаты трансмиссии и другие устройства.

Грузовые модули с самосвальными кузовами для перевозки сыпучих грузов могут быть единичными (при грузоподъемности до 5...8 т) или сочлененными (до 25...40 т).

Компоновка единичного модуля-самосвала подобна компоновке грузового автомобиля, но без кабины. Ведущими удобно делать колеса, находящиеся непосредственно около силового агрегата.

Грузовые модули полной массой 12...40 т целесообразно делать сочлененными. Кузов располагается в средней части модуля и опирается концами на несущие тележки, которые шарнирно крепятся к кузову. Одна из двух тележек (или каждая) имеет силовой агрегат и является тяговой, причем ведущими могут быть не все колеса этой тележки. Тележки унифицированы между собой по основным конструктивным признакам. Кузова могут быть различными: самосвальными, цистернами, платформами для перевозки крупногабаритных грузов или стандартных морских контейнеров и т.п.

Возможна и иная компоновочная схема грузового сочлененного модуля: агрегатный блок, имеющий двигатель, трансмиссию и,

соответственно, ведущие колеса, располагается в средней части модуля. На него шарнирно опираются концы двух грузовых кузовов. Другие концы грузовых кузовов, передний и задний, имеют поддерживающие колеса. Таким образом, образуется сочлененный модуль из трех блоков, шарнирно соединенных между собой.

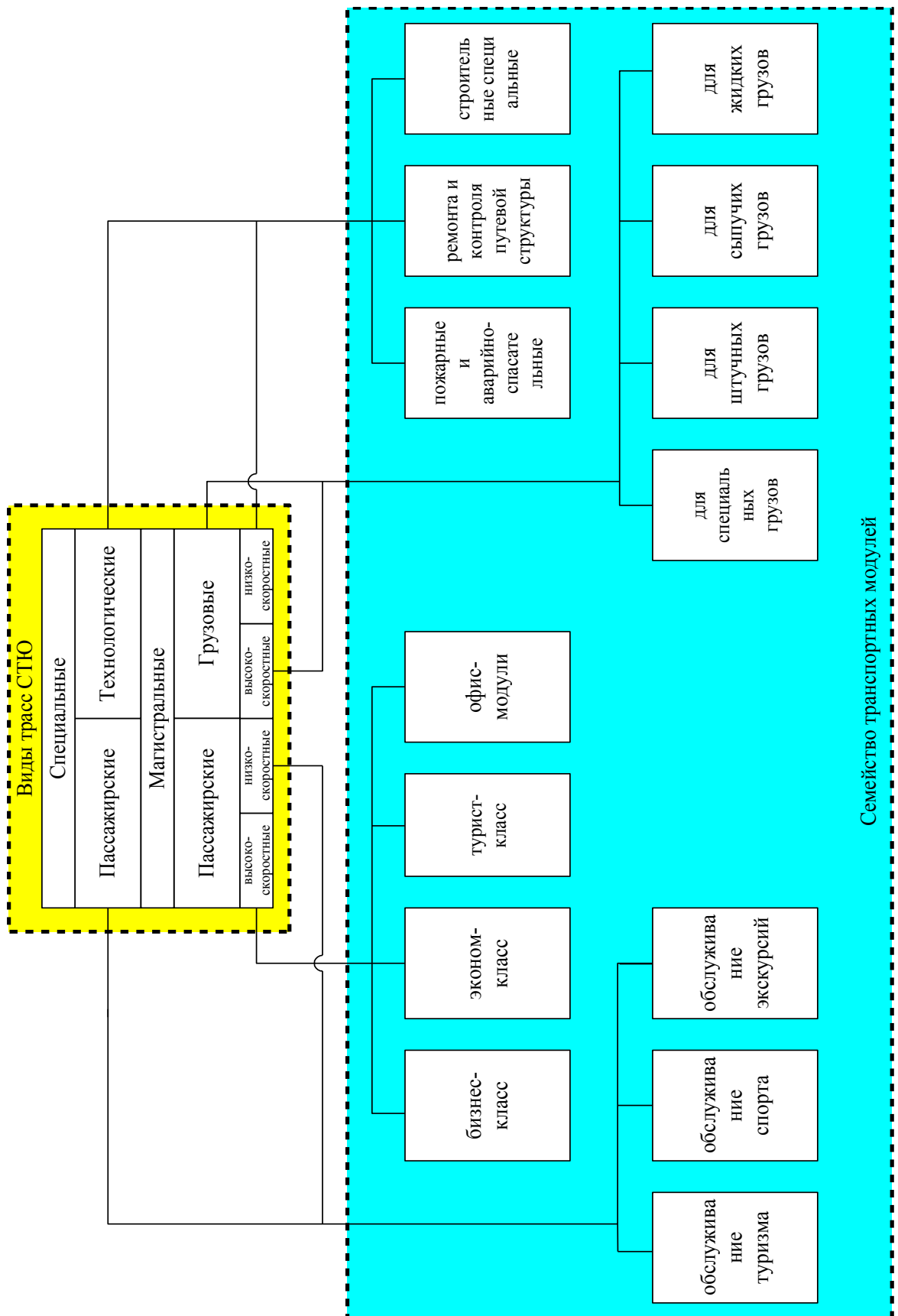
Подобная компоновочная схема целесообразна и для пассажирского модуля при скоростях до 200 км/ч. В этом случае получается как бы гибкий вагон. Передний и задний пассажирские блоки в этом случае могут иметь очень низкий уровень пола, потому что под полом не размещаются никакие механизмы, они сосредоточены в основном в агрегатном блоке. Агрегатный блок не только является приводным и опорным для обращенных к нему пассажирских блоков, в нем имеется также широкий проход, объединяющий в единое целое все внутреннее пространство модуля.

В общем случае сочлененные модули в силу особенностей их аэродинамики целесообразно использовать при скоростях движений до 150...200 км/ч. При необходимости транспортирования грузов с высокими скоростями формы корпусов грузовых модулей должны быть подобными формам скоростных пассажирских модулей.

В конструктивном ряду транспортных модулей предусматриваются модули специального назначения – ремонтно-спасательные, технологические, пожарные и т.п.



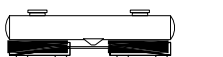

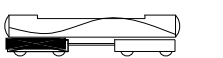

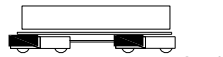







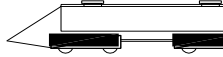



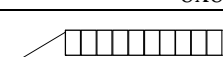

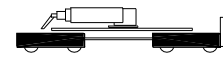



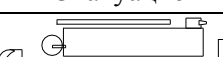

Содержание семейства транспортных модулей и их классификация представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1



Семейство грузовых транспортных модулей представлено в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Тип модуля	Схема модуля, колесная формула	Тип управления	Полная масса, тонн	Максимальная скорость, км/ч	Вместимость или грузоподъемность	Характер груза	Примечания	
Грузовой	 6x4	 ручной автомат	5,5	180	3 т	промыш- ленные грузы	Местные перевозки	
	 8x8	 автомат						10
	 8x4	 автомат	10	100	6 т	насыпные грузы		
	 8x4	 автомат	10	100	6 т	нефть		
	 8x8	 ручной	12-40	100	7-24 т	контей- нерные перевозки		
	 8x8	 ручной	12-40	100	7-24 т	насыпные грузы		
	 8x8	 ручной	12-40	100	7-24 т	контей- нерные перевозки		
	 8x8	 автомат	12-40	350	7-24 т	нефть		Длиительные международные и
	 8x8	 автомат	12-40	350	7-24 т	насыпные грузы		
	 8x8	 автомат	12-40	350	7-24 т	контей- нерные перевозки		
Специальный	 Техническая помощь (8x8)	 ручной	12-40	100	6-8 чел	ремонтная служба	Спасательные работы	
	 Эвакуационный (8x8)	 ручной	12-40	100	6-8 чел	перевозка модулей		
	 Пожарный (8x8)	 ручной	12-40	100	10-15 чел	средства пожаро- тушения		

Семейство пассажирских транспортных модулей представлено в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Тип модуля	Схема модуля, колесная формула.	Тип управления	Полная масса, тонн	Максимальная скорость, км/ч	Вместимость, чел.	Примечания
Скоростной пассажирский	 Индивидуального пользования	автомат	3,5	500	1-4	Международные и междугородные перевозки
	 Бизнес класс	автомат	5	500	4-10	
	 Рейсовые	автомат	8	500	12-25	
	 Рейсовые	автомат		100-200	12-25	Местные линии
	 Рейсовые	автомат	8	500	12-25	Международные и междугородные перевозки
	 Рейсовые			100-200	12-25	Местные линии
	 Индивидуального пользования	автомат	3,5	500	1-4	Международные и междугородные перевозки
	 Бизнес класс	автомат	5	500	4-10	
	 Рейсовые	автомат	8	500	12-25	
	 Рейсовые	автомат		100-200	12-25	Местные линии
Пассажирский	 6x4	ручной	5,5	180	50	Городские, пригородные и экскурсионные перевозки
		автомат				
	 8x8	ручной	7,7	120	145	Городские перевозки
		автомат				
	 8x8	ручной	8,8	180	115	Пригородные перевозки
		автомат				

3.4. Общие технические требования к семейству транспортных модулей

Общая концепция семейства транспортных модулей для струнной транспортной системы позволила создать Техническое задание на их семейство. Ниже приводится сокращенное изложение этого технического документа (нумерация пунктов локальная, для данного раздела).

Техническое задание на разработку семейства транспортных модулей для СТС

Общие положения

Струнная транспортная система (СТС) представляет собой размещенную на опорах предварительно напряженную растянутую канатно-балочную конструкцию, по которой движутся транспортные модули.

Транспортный модуль – единичное транспортное средство, имеющее двухребордные колеса, предназначенный для движения по путевой структуре СТС.

Семейство транспортных модулей – транспортные модули для перевозки пассажиров и различных грузов, унифицированные между собой по конструктивным признакам.

Настоящее техническое задание отражает общие черты, присущие каждому из транспортных модулей семейства. Индивидуальные свойства отдельных разновидностей транспортных модулей, входящих в семейство, отражаются в частных технических заданиях (ЧТЗ).

1. Цель разработки и область применения

- 1.1. Семейство транспортных модулей различного назначения для использования на путевой структуре струнной транспортной системы.
- 1.2. Основанием для разработки семейства транспортных модулей является договор с заказчиком.
- 1.3. Целью разработки семейства транспортных модулей является обеспечение струнной транспортной системы подвижным составом.
- 1.4. Семейство транспортных модулей разрабатывается впервые, заменяемые изделия отсутствуют.
- 1.5. Климатические и иные условия эксплуатации каждого из типов транспортных модулей семейства определяются частными техническими заданиями.

2. Технические требования

- 2.1. Основные параметры и размеры модуля каждого типа зависят от нескольких основных факторов.
 - 2.1.1. Основное назначение транспортного модуля, определяемое характером перевозимого груза:
 - 2.1.1.1. Пассажирский вместимостью до 10 человек.
 - 2.1.1.2. Пассажирский вместимостью 10...20 человек.
 - 2.1.1.3. Пассажирский вместимостью 20...30 человек.
 - 2.1.1.4. Пассажирский вместимостью более 30 человек.
 - 2.1.1.5. Грузовой с универсальным кузовом.
 - 2.1.1.6. С самосвальным (саморазгружающимся) кузовом для сыпучих грузов.

- 2.1.1.7. Цистерна для перевозки жидкостей.
- 2.1.1.8. Специальный (аварийно-спасательный, специализированный для перевозки какого-либо конкретного груза, медицинский и т.п.).
- 2.1.1.9. Иного назначения.
- 2.1.2. По компоновочной схеме модуль может быть:
 - 2.1.2.1. Однокорпусный,
 - 2.1.2.2. Двухкорпусный,
 - 2.1.2.3. Трехкорпусный,
 - 2.1.2.4. С иной компоновочной схемой.
- 2.1.3. Крейсерская скорость, на которую рассчитан модуль при основном режиме движения.
 - 2.1.3.1. До 100 км/ч.
 - 2.1.3.2. Более 100 до 200 км/ч.
 - 2.1.3.3. Более 200 до 300 км/ч.
 - 2.1.3.4. Более 300 до 400 км/ч.
 - 2.1.3.5. Более 400 до 500 км/ч.
- 2.1.4. Тип двигателя, обеспечивающего основной режим движения.
 - 2.1.4.1. Поршневой двигатель внутреннего сгорания (может быть различного типа).
 - 2.1.4.2. Электрический двигатель.
- 2.1.5. Тип движителя, с помощью которого обеспечивается основной режим движения.
 - 2.1.5.1. Колесный.
 - 2.1.5.2. Линейный электродвигатель.
- 2.1.6. Для обеспечения неосновного режима движения – маневрирование, движение при отказе основного двигателя и т.п. – транспортный модуль может снабжаться дополнительным двигателем.
- 2.2. Дорожный просвет должен быть минимальным, но, в то же время, должно обеспечиваться беспрепятственное прохождение транспортным модулем стрелочных переводов.
- 2.3. Если частным техническим заданием не предусматривается иное, система управления транспортным модулем – автоматическая, состоящая из бортовой сети (на каждом модуле) и общей (диспетчерской) сети.
- 2.4. Для обеспечения необходимой надежности транспортного модуля основные системы управления должны дублироваться, может быть предусмотрена принудительная замена отдельных деталей и узлов модуля по достижении определенной наработки по пробегу, количеству моточасов или календарному сроку эксплуатации.
- 2.5. На случай остановки транспортного модуля на трассе СТС из-за отказа двигателя или иного агрегата, если при этом сохраняется возможность перемещения неисправного модуля способом буксировки, каждый модуль должен иметь в передней и задней частях стыковочные узлы для возможности присоединения следующего перед ним или позади него модуля. Соединение должно происходить автоматически при простом контакте модулей, без применения каких-либо дополнительных деталей или действий, даже при полном отказе бортовой и электрической сети неисправного модуля. Двигатель, трансмиссия и тормозная система транспортного модуля должна обеспечивать буксировку по крайней мере одного неисправного модуля, который может эксплуатироваться на данной трассе СТС до пункта, где может быть произведен необходимый ремонт.

- 2.6. Для выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных модулей необходимо предусмотреть на них места для применения универсальных домкратов и (или) иных подъемных устройств, выпускаемых промышленностью.
- 2.7. Специальные грузоподъемные устройства или приспособления к универсальному грузоподъемному оборудованию, необходимые для выполнения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту модулей, должны разрабатываться одновременно с разработкой каждого из типов модулей, при этом должна быть предусмотрена максимальная унификация этих устройств и приспособлений.
- 2.8. Конструкция агрегатов транспортного модуля по доступности к ним и элементам крепления должна быть ориентирована на агрегатный (поузловой) метод ремонта.
- 2.9. Конструкция модулей, входящих в семейство, должна быть максимально унифицированной по агрегатам и узлам, насколько это допускается назначением каждого из модулей. Нормализованные детали и комплектующие изделия (подшипники, уплотнительные кузовные профили, манжетные уплотнения, крепежные детали и т.п.), а также материалы, должны выбираться, как правило, из числа выпускаемых промышленностью.
- 2.10. Безопасность конструкции и охрана окружающей среды должны обеспечиваться следующим:
 - 2.10.1. Система диспетчерского управления и навигации должна обеспечивать такое взаимное положение движущихся по трассе СТС модулей, чтобы расстояние между ними, с учетом их скорости, обеспечивало замедление или остановку каждого даже в случае аварийной остановки находящегося впереди модуля.
 - 2.10.2. Каждый транспортный модуль должен иметь следующие тормозные системы:
 - 2.10.2.1. Рабочую тормозную систему для регулирования скорости движения модуля с требуемым замедлением вплоть до полной остановки в любых эксплуатационных условиях;
 - 2.10.2.2. Стояночную тормозную систему для удержания модуля в неподвижном положении на уклоне или подъеме при отсутствии постоянного управляющего воздействия;
 - 2.10.2.3. Запасную тормозную систему, предназначенную для снижения скорости движения и остановки модуля при выходе из строя рабочей тормозной системы;
 - 2.10.2.4. Вспомогательную тормозную систему (если предполагается использование модуля на трассе СТС со значительными уклонами), обеспечивающую поддержание постоянной скорости движения модуля на затяжных спусках при одновременном снижении нагрузки на рабочую тормозную систему.
 - 2.10.3. Рабочая тормозная система должна работать в двух режимах: экстренное (аварийное) торможение с максимальной эффективностью для возможно быстрой остановки модуля, и служебное – торможение с умеренной интенсивностью.
 - 2.10.4. Рабочая, стояночная, запасная и вспомогательная тормозные системы могут иметь общие элементы.
 - 2.10.5. Тормозная система транспортного модуля должна обеспечивать замедление и остановку его при появлении препятствия на трассе (например, остановившегося впереди модуля) в автономном режиме

- управления, даже при нарушении связи с общей диспетчерской системой.
- 2.10.6. Элементы и устройства, обеспечивающие пассивную безопасность пассажирских транспортных модулей, оговариваются в частных технических заданиях.
- 2.10.7. Как правило, система пассивной безопасности пассажирских модулей должна содержать, наряду с другими, устройства для эвакуации пассажиров в случае аварийной остановки модуля на трассе и возникновении опасности для их здоровья и жизни. Должна быть предусмотрена возможность использования этих устройств самостоятельно пассажирами, независимо от исправности каких-либо других бортовых систем модуля или системы диспетчерского управления.
- 2.10.8. Каждый транспортный модуль должен быть оснащен бортовой системой пожаротушения, приводимой в действие с помощью системы диспетчерского управления, а также автоматически.
- 2.11. Эстетические и эргономические показатели.
- 2.11.1. Внешний вид транспортных модулей должен соответствовать современным и перспективным представлениям о высокоскоростных транспортных средствах; интерьер пассажирских транспортных модулей должен быть разработан с учетом достижения наивысшего возможного из условий общей компоновки комфорта.
- 2.11.2. В пассажирских модулях должна быть обеспечена удобная посадка, а также удобный вход–выход, людей любого уровня репрезентативности в пределах 95%-ного (при определении геометрических размеров салона пользоваться шаблонами и манекенами 95% уровня репрезентативности).
- 2.12. Конструкция модулей и их агрегатов проверяется на патентную чистоту по ведущим промышленно развитым странам и странам возможного экспорта.
- 2.13. Составные части изделий – конструкционные и отделочные материалы, краски, эксплуатационные материалы, покупные комплектующие изделия – должны отвечать требованиям экологической чистоты и в необходимых случаях иметь сертификаты соответствия.
- 2.14. Транспортирование транспортных модулей в сборе может осуществляться своим ходом или любым видом транспорта, условия упаковки в последних случаях оговариваются особо.
- 2.15. Хранение транспортных модулей может производиться на открытых площадках или в помещениях.

3. Стадии и этапы разработки

- 3.1. Стадии и этапы разработки семейства транспортных модулей для струнной транспортной системы определяются частными техническими заданиями (ЧТЗ) на каждый из типов модулей. Если в этих ЧТЗ не оговорено иное, предусматриваются следующие стадии и этапы разработки:
- 3.1.1. Эскизный проект с разработкой и изготовлением макета. В эскизный проект пассажирского модуля входит посадочный макет.
- 3.1.2. Технический проект.
- 3.1.3. Разработка рабочей документации опытных образцов.

3.5. Двигательная установка

Выше указывалось, что в качестве двигательной установки, в зависимости от предполагаемых условий эксплуатации, может использоваться поршневой двигатель внутреннего сгорания или электрический двигатель (постоянного или переменного тока).

С учетом использования относительно недорогих вариантов, в первую очередь следует ориентироваться на дизельный двигатель автомобильного или тракторного типа, или на электрический двигатель в исполнении для городского электрического транспорта (для троллейбуса и трамвая).

Характеристики дизельных двигателей, целесообразных к применению на транспортных модулях СТС, приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Параметр Модель	Рабочий объем, V_h (л)	Мощность/ обороты N_e/n_N (кВт / $\frac{\text{об.}}{\text{мин}}$)	Момент/ обороты M_e/n_M (кгм / $\frac{\text{об.}}{\text{мин}}$)	Масса (кг)	Удельный вес (кг/лс)	Габариты (мм)		
						Длина	Ширина	Высота
ЗИЛ-6454	9,6	200/2800	58/1800	650	3,25	нд		
КамАЗ- 740.11	10.9	240/2200	85/1400	720	3	1103	908	965
ЯМЗ-238М2	14.9	240/2100	90/1450	1390	5,79	1088	1096	1190
ЯМЗ- 240ПМ2	22.3	420/2100	152/1600	1790	4,26	1859	1096	1190
ЯМЗ-850	25.8	525/1900	250/1500	2050	3,9	1680	1230	1298
В2 450 АВ	нд	440/1600	220/-	1350	3,38	1818	1036	1071
Д-46053	11.2	250/2000	102/1200	1150	4,6	1479	1179	612
Катерпиллар 3116	6.6	203/2600	68/1560	543	2.7	1086	674	927

Таблица 3.4 (продолжение)

6ЧН 15/16	17	500/2000	нд	900	1,8	920 1380 570
Toyota 1HD-FTE	4.2	205/3400	44/1800	337	1.6	960 620 770
Detroit Diesel Series 40	8,7	330/2000	145/1200	671	2,03	1146 833 1041
Detroit Diesel Series 50	8.5	250/2100	142/1200	993	4	1130 864 1219
Detroit Diesel Series 60	14	500/2100	210/1200	1166	2.33	1453 889 1377
Detroit Diesel 6V-53TA M.U.I.	нд	237/2200	81/1400	769	3.24	971 927 1058
Detroit Diesel 4.2L TD	4.2	180/3200	45/1800	310	1.72	952 572 713
Detroit Diesel D706LTE	4,2	126/3000	48/1400	373	2.96	918 545 685
12B-55	38,2	521/2000	нд	990	1,9	Нд
3ТД	нд	600/2600	165/2050	850	1,4	1182 955 581
Д-260.7	7.1	250/2100	98/1400	750	3	нд
Д-265	7.1	210/2100	78/130	800	3.81	1380 130 650

Характеристики электродвигателей переменного тока приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Двигатель	Мощность номинальная, кВт	Режим работы номинальный	Напряжение номинальное, В	Частота вращения номинальная, об/мин	Частота вращения максимальная, об/мин	Номинальная степень возбуждения последовательной обмотки, %	Возбуждение	Масса, кг
ДК-213 Д2 по ТУ 16-515.218-77 предназначен для путевых машин типа УМ и УТМ-1	110	S2	550	1700	3900	50	Последовательное	680
ДК-263 ВМ по ТУ16-97 ИРАК.65241 1.005ТУ Предназначен для путевых машин типа ПРСМ-4 и ПРСМ-5	52	S2 (S1 с принудительной вентиляцией)	230	1270	3600	100	Последовательное	480

Характеристики электродвигателей постоянного тока представлены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Двигатель	Мощность номинальная, кВт	Режим работы номинальный	Напряжение номинальное, В	Частота вращения номинальная, об/мин	Частота вращения максимальная, об/мин	Ток якоря, А	Способ охлаждения	Возбуждение	Масса, кг
ДК-812 по ГОСТ 24754-81 предназначен для тягового электропривода рудничных контактных электровозов типа К-14 (аналог ДТН-45/27Б и серии DE "Siemens")	45/35	S2/S1	250	1300/ 1480	4000	210/1 62	Самовентиляция	Последовательное	460
ДК-813 (аналог ДРТ-13М)	14,6/ 13/ 10,5	S2/S1	145/1 30/11 0	720/6 20/ 510	1850	нд	Естественное	Последовательное	440
ДК-816 (аналог ДТН-33/20Б и серии DE "Siemens") предназначен для тягового электропривода рудничных контактных электровозов К-7 и К-10 .	33/20	S2/S1	250	1050/ 3000	1310/ 3000	нд	Самовентиляция	Последовательное	430

Таблица 3.6 (продолжение)

ДК 820 по ТУ 16-99 ИРАК.52751 2.014 ТУ выполнен с полым валом предназначе н для привода вращателя	80	S1	440	нд	1150	нд	Само- венти- ляция и при- нуди- тель- ная венти- ляция	770
ДК 821 предназначе н для привода лебедки буровой установки БАЭ1200								780

3.6. Пример выбора исполнения модуля (для конкретных условий)

В данном разделе приводится описание грузового модуля, скомпонованного с использованием блочного принципа для конкретных условий применения.

Грузовой транспортный модуль для перевозки угля и других сыпучих грузов в условиях Красноярского края является частью семейства транспортных модулей. В зависимости от требуемой грузоподъемности, компоновка грузового модуля может быть различной.

В основу концепции семейства грузовых транспортных модулей, как указывалось, положен принцип унификации модулей внутри семейства по общей компоновке, двигательным установкам, трансмиссии, подвеске, тормозным системам, системам обеспечения безопасности, технологическим решениям. Грузовой модуль, в зависимости от его назначения и грузоподъемности, набирается из отдельных унифицированных блоков: одного или нескольких агрегатных, одного или нескольких поддерживающих, одного или нескольких грузовых кузовов.

Агрегатный блок служит для размещения двигательной установки, трансмиссии, систем управления. Он является ведущим, на него через седельное устройство автомобильного типа опирается один или два грузовых кузова.

Поддерживающий блок имеет два колеса или четырехколесную тележку и служит для поддержания грузового кузова через специальный

шарнир. В необходимых случаях колеса поддерживающего блока снабжаются тормозными механизмами.

Грузовой кузов опирается своими концами на агрегатный и поддерживающий блоки, но может опираться на два агрегатных блока, а в некоторых случаях и на два поддерживающих.

Общей силовой рамы, как правило, транспортный модуль не имеет, ее функции выполняют несущие корпуса грузовых блоков.

Из описанных блоков, как из деталей детского конструктора, собирается транспортный модуль. Например, при грузоподъемности до 10...15 т, модуль состоит из агрегатного блока, опирающегося на него одним концом грузового блока, и двухколесного поддерживающего блока, на который опирается другой конец грузового блока. При большей грузоподъемности, для уменьшения нагрузки на колесо, может быть использован четырехколесный поддерживающий блок. Если трасса для грузовых перевозок имеет значительные подъемы, концы грузового блока могут опираться каждый на свой агрегатный блок. Таким образом, блочная компоновка позволяет удовлетворить самые разные требования по грузоперевозкам при ограниченной номенклатуре конструктивных элементов.

Ниже описан грузовой транспортный модуль грузоподъемностью 20 т для перевозки угля на трассе длиной около 20 км.

Агрегатный блок располагается в середине модуля, он имеет небольшую длину, и служит в основном для размещения двигательной установки. На раму агрегатного блока через опорно-сцепные устройства от автомобиля КамАЗ опираются обращенные к середине модуля концы двух одинаковых грузовых блоков с самосвальными кузовами. Передний и задний концы грузовых блоков имеют специальные шарнирные устройства с одной степенью свободы, которые связывают грузовые блоки с двухколесными опорными блоками. Шарниры позволяют грузовому блоку опрокидываться вокруг горизонтальной оси. Корпус грузового блока – несущий, он связывает агрегатный блок с поддерживающими блоками.

В качестве двигательной установки может использоваться или дизельный двигатель с автоматической коробкой передач, или электрические двигатели. Все четыре колеса агрегатного блока – ведущие. Трансмиссия состоит из ряда редукторов, соединенных карданными передачами. Для возможности движения модуля по закруглениям пути с малыми радиусами, мощность от коробки передач к колесам правого и левого борта подводится через дифференциал.

Подвеска всех колес модуля независимая, с пневматическими упругими элементами регулируемой жесткости в зависимости от загрузки модуля. Это позволяет иметь малую массу неподрессоренных частей и снижает динамические нагрузки на путь и на элементы самого модуля. Кинематическая схема подвески оригинальная, позволяющая двухребордным

колесам свободно приспосабливаться к изменениям рельсовой колеи. Передние и задние колеса модуля, расположенные на опорных блоках, поворотные, они «отслеживают» поворот рельса на закруглениях пути.

Тормозная система модуля выполняется по-разному в зависимости от того, какая двигательная установка используется. При дизельном двигателе, как это предусматривается «автомобильным» стандартом, каждый транспортный модуль должен иметь следующие тормозные системы:

- рабочую тормозную систему для регулирования скорости движения модуля с требуемым замедлением вплоть до полной остановки в любых эксплуатационных условиях;
- стояночную тормозную систему для удержания модуля в неподвижном положении на уклоне или подъеме при отсутствии постоянного управляющего воздействия;
- запасную тормозную систему, предназначенную для снижения скорости движения и остановки модуля при выходе из строя рабочей тормозной системы;
- вспомогательную тормозную систему (если предполагается использование модуля на трассе СТС со значительными уклонами), обеспечивающую поддержание постоянной скорости движения модуля на затяжных спусках при одновременном снижении нагрузки на рабочую тормозную систему.

При электрическом двигателе торможение производится в три этапа: при относительно высокой скорости движения двигатель работает в режиме генератора и отдает энергию в сеть (режим рекуперации); при уменьшении скорости энергия гасится в реостатах; при малой скорости включаются фрикционные тормоза, подобные тем, которые используются при дизельном двигателе, эти же фрикционные тормоза обеспечивают и стояночный режим.

Управление транспортным модулем при его движении по трассе – автоматическое, обеспечивается совместной работой бортовой системы и системы диспетчерского управления и навигации. Система диспетчерского управления и навигации должна обеспечивать такое взаимное положение движущихся по трассе СТС модулей, чтобы расстояние между ними, с учетом их скорости, обеспечивало замедление или остановку каждого модуля даже в случае аварийной остановки находящегося впереди модуля. Кроме того, каждый модуль имеет упрощенный пост ручного управления для перемещений модуля с малой скоростью при маневрировании, в депо, в зоне ремонта и в подобных ситуациях. Система управления подробно описана в соответствующих разделах.

Энергоснабжение при электрическом двигателе осуществляется от контактного провода, расположенного между рельсами. Электробезопасность обеспечивается тем, что трасса располагается на достаточно большой высоте над землей, а в зонах погрузки и разгрузки

контактный провод отсутствует, движение модуля обеспечивается аккумуляторными батареями.

Опрокидывание самосвальных кузовов при разгрузке производится вокруг продольной оси обычными гидроцилиндрами, возможна разработка механической системы опрокидывания при взаимодействии с неподвижным устройством в зоне разгрузки.

В грузовом транспортной модуле использованы конструкторские решения и некоторые детали, характерные для автомобилей и проверенные эксплуатацией на автомобильном транспорте.

Краткая техническая характеристика грузового транспортного модуля струнной транспортной системы для перевозки угля и других сыпучих грузов представлена в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Параметры	с дизельным приводом	с электрическим приводом	
		с двумя двигателями	с одним двигателем
Грузоподъемность, т	20		
Полная масса, т	30		
Максимальная мощность двигателя, кВт	150	50	115
Максимальная скорость, км/ч	110	93	100
Крейсерская скорость, км/ч	80	80	80
Время, необходимое для разгона модуля до скорости 80 км/ч, с	101	187	125
Длина пути, пройденного модулем при разгоне до скорости 80 км/ч, м	1468	3115	1926
Расход топлива при равномерном движении со скоростью 80 км/ч, л/100 км	23,3	---	---
Передаточное число главной передачи	2,45	1,795	2,4
Радиус поворота модуля по внутреннему рельсу, м	20	20	20
Радиус качения колеса, м	0,3	0,3	0,3
Полезный объем кузова, м ³	8,5x2		
Расчетная плотность перевозимого материала, кг/м ³	1400		

На рис. 3.4. изображена основная компоновка низкоскоростного (до 100 км/час) грузового транспортного модуля грузоподъемностью 20 тонн.

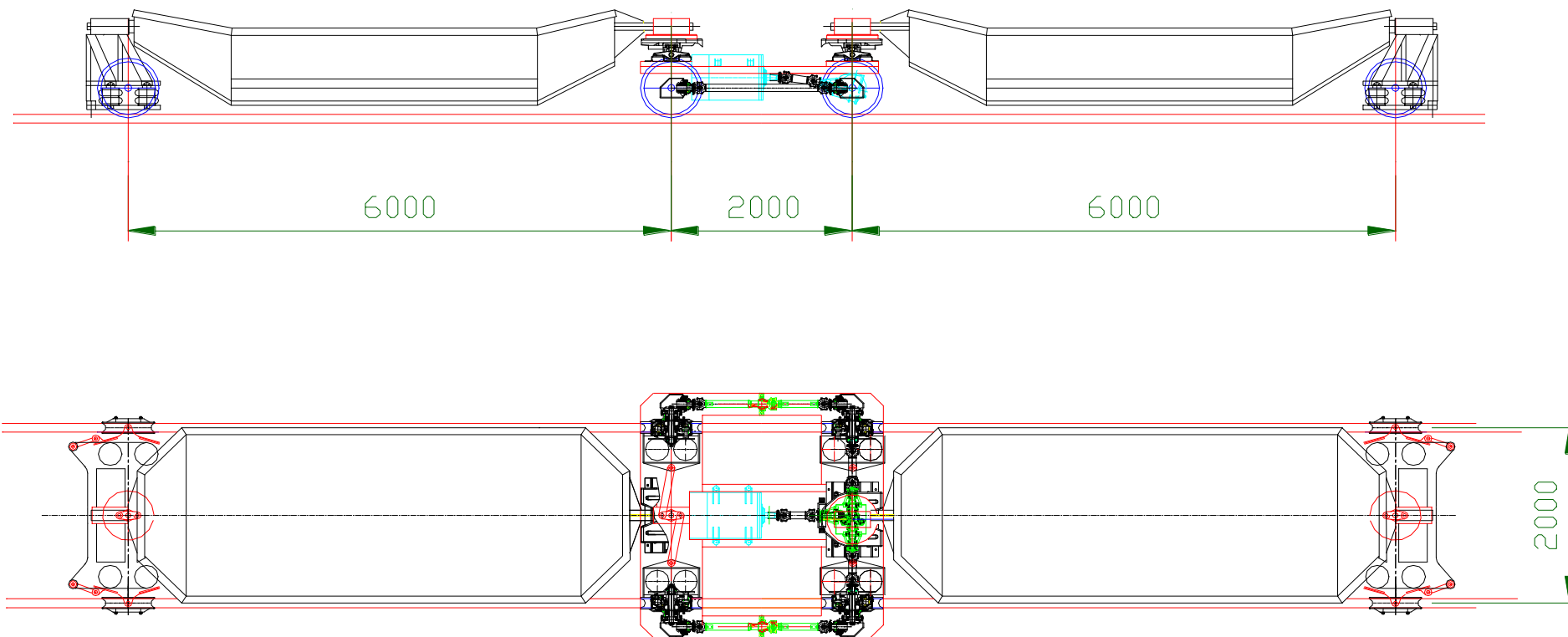


Рис. 3.4

3.7. Перспективные силовые установки на базе двигателей внутреннего сгорания

В настоящем разделе представлены материалы предварительных проектных проработок силовых установок транспортных модулей на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и вариаторов.

Перспективные силовые установки на базе ДВС должны соответствовать следующим требованиям:

- экологическая чистота продуктов сгорания, удовлетворяющая современным и перспективным международным нормам;
- экономичность, КПД не менее 50%;
- большой ресурс – не менее 10 тыс. часов с доведением до 100 тыс. часов;
- низкий удельный вес силовой установки (СУ) - не более 0.2 кг/л.с.;
- простота эксплуатации (расчет на «дурака»);
- простота конструкции и низкая стоимость СУ;
- бесступенчатое регулирование выходных оборотов СУ.

Основой такой СУ является ДВС и вариатор.

Наиболее перспективными типами ДВС являются роторно-лопастные, но их развитию уделялось недостаточно внимания, так как последние десятилетия, начиная с 50-х годов, специалисты многих стран безуспешно пытались решить проблему гребневых уплотнений двигателя Ванкеля и продолжают работы по решению проблемы «косой» шайбы аксиально-поршневых двигателей. Но даже если последняя проблема будет решена, наличие системы газораспределения усложняет аксиально-поршневой двигатель по сравнению с роторно-лопастным двигателем (РЛД).

Развитие РЛД сдерживалось по ряду причин:

- невозможность качественного смесеобразования и полного сгорания смеси в «клиновидной» камере между лопастями;
- чрезвычайно жесткие требования к топливной аппаратуре в дизельном варианте из-за высокой частоты подачи топлива (до 300-400 циклов в сек.) и малого временного интервала подачи;
- несовершенство конструкции лопастей, требующих охлаждения;
- несовершенство конструкции уплотнений, работающих при высоких температурах в условиях «сухого» трения;
- несовершенство конструкции механизма качания лопастей, несущего основную силовую нагрузку при работе двигателя;
- чрезвычайно большие инерционно-вращательные нагрузки из-за неравномерного вращения лопастей, что резко снижает допустимое число оборотов.

Варианты решения изложенных проблем предварительно проработаны, при этом основополагающим является решение об использовании продуктов сгорания в качестве «пружины» между колеблющимися относительно друг друга лопастями для уравновешивания инерционно-вращательных нагрузок.

Вопросы экологической чистоты продуктов сгорания ДВС достаточно хорошо исследованы, но не внедрены. Американский путь развития, связанный с перестройкой нефтеперерабатывающей промышленности с целью полного перехода на неэтилированный бензин и создание катализаторов на основе напыления родия и платины с общим объемом затрат ~20 млрд. долларов, неприемлем. В проработках предлагается (и обеспечивается конструкцией) использовать известные способы – работа на бедных смесях, добавление к горючей смеси продуктов сгорания, добавление воздуха в продукты сгорания в процессе их расширения, впрыск катализатора («ноу-хау») в камеру сгорания (в частном случае воды). Эти мероприятия должны улучшить экологию выхлопа.

В проработках показана большая перспективность коловратных объемных машин. Введение между ротором и статором промежуточного цилиндрического элемента позволяет изменять их производительность и создать при использовании освоенного промышленностью давления 500-600 кг/см² компактные гидropередачи от двигателя к движителю с высоким КПД.

Для улучшения компактности ДВС и гидropередач предлагается использовать новый тип уплотнений – биметаллические пластины и опоры вращения и скольжения жидкостного трения высокой несущей способности.

Основное внимание уделено новым техническим решениям по созданию новых типов ДВС, по которым представлены предварительные проработки, показывающие принципиальную возможность удовлетворения требований к СУ, изложенных в начале раздела.

Применение вариаторов снижает расход топлива транспортных средств на 20% и может уменьшить количество вредных выбросов из ДВС. В любом вариаторе осуществляется формирование контура зацепления переменного радиуса, причем точка зацепления двух колес неподвижна относительно корпуса и усилие зацепления передается на корпус. В настоящих проработках предлагается формировать зубчатый контур переменного регулируемого радиуса путем обкатки этого контура шестерней постоянного радиуса с фиксацией точки зацепления с помощью червячных пар или тормозных муфт.

По всем новым техническим решениям проведены предварительные проектно-конструкторские проработки с целью определения трудоемкости реализации предложений. Проработки проводились с учетом конструкторских постулатов проектирования подобных устройств (необходимость смазки, охлаждения и удаления продуктов износа движущихся контактирующих деталей, недопустимость попадания масла с шестерен на подшипники, необходимость смазки медью поверхностей, контактирующих с раскаленными продуктами сгорания, с целью предотвращения науглеводороживания поверхностей и образования усталостных микротрещин, учет характера пульсации нагрузок, выбор технологической цепочки допусков размеров деталей с учетом деформации деталей под действием нагрузок и температур и т. п.).

Проработки показали возможность достаточно быстрой реализации предлагаемых новых технических решений.

Внедрение рассмотренных новых технических решений по силовым установкам транспортных модулей может повысить эффективность и рентабельность СТС на 20-30% (в варианте транспортных модулей с ДВС). Проработки выполнены на основе нескольких десятков патентов и «ноу-хау».

В настоящее время разработана конструкторская документация на изготовление стендового роторно-лопастного двигателя с расчетными параметрами:

- номинальная мощность – 200 л. с.
- вес (без навесных агрегатов) – 40 кг
- расход топлива <140 г/л. с. ч.

Начато изготовление двигателя в опытно-экспериментальном заводе Московского авиационного института (МАИ) с привлечением ряда других организаций.

По оптимистическим оценкам программа создания двигателя следующая:

- изготовление стендового образца – октябрь 2001 г.
- испытание на стенде МАИ – ноябрь-декабрь 2001 г. (стоимость изготовления и испытаний ~50 тыс. долл.)
- изготовление опытного образца (с сертификацией, но без подготовки производства) – стоимость ~3 млн. долл., срок – через 3 года с момента начала финансирования.

4. Информационно-управляющий комплекс

СТС должна иметь мощный, разветвленный информационно-управляющий комплекс (ИУК), позволяющий, во-первых, в любой момент времени иметь объективную и максимально полную информацию о состоянии и режиме работы каждой составной части СТС, каждой системы, агрегата и всей СТС в целом; во-вторых, на основании получаемых данных и заданного графика движения обеспечивать адаптивное, эффективное, безаварийное движение по трассам СТС.

Теоретически ИУК СТС является типичной системой автоматического управления и может исследоваться с помощью известных математических моделей. С этих позиций ничего нового, на первый взгляд, нет. Особенности начинают проявляться при приближении к конкретной реализации системы. Первая особенность состоит в том, что система управления объектом создается одновременно с самим объектом, поэтому особенно остро стоит задача комплексного исследования и оптимизации параметров основных объектов управления (транспортного модуля и путевой структуры) в процессе их создания. Вторая особенность – СТС чем-то похожа на другие существующие транспортные системы, но ни одну из них принципиально не повторяет, поэтому готовых решений и алгоритмов управления нет. Особые требования накладывает необходимость учета всех условий обеспечения надежности и безопасной эксплуатации СТС.

По данным статистики, причиной большинства нештатных ситуаций, сбоев в работе, аварий на любых видах транспорта, да и вообще при управлении любой сложной системой являются ошибки человека – оператора, диспетчера, водителя. Для исключения этого фактора, в качестве основного варианта управления движением по СТС, принят вариант автоматизированного, а, в ряде случаев, и полностью автоматического управления.

Исходя из особенностей СТС, задач, которые она должна выполнять, специалистами РОФ разработана собственная принципиальная концепция создания и функционирования ИУК СТС, в которой проработаны различные варианты построения систем управления, контроля, связи, диспетчирования движения по трассам СТС.

4.1. Принципиальное построение информационно-управляющего комплекса

Предполагается, что в общем случае ИУК должен быть унифицирован для всех типов функциональной направленности СТС, однако возможно, что окажется целесообразным применение отдельных частных решений построения системы, вызванных определенной спецификой конкретной

трассы СТС. Но при всех вариантах реализации основополагающим должен быть заложен принцип комплексной трехуровневой иерархической схемы управления:

- Информационно-аналитический центр – верхний (стратегический) уровень, обеспечивающий управление СТС в целом.
- Диспетчерский пункт – средний (операционный) уровень, обеспечивающий диспетчерское управление конкретной трассой или участком трассы СТС.
- Бортовая информационно-управляющая система транспортного модуля - нижний (тактический) уровень, обеспечивающий управление системами и агрегатами модуля.

Схема построения управляющего комплекса СТС приведена на рис. 4.1.

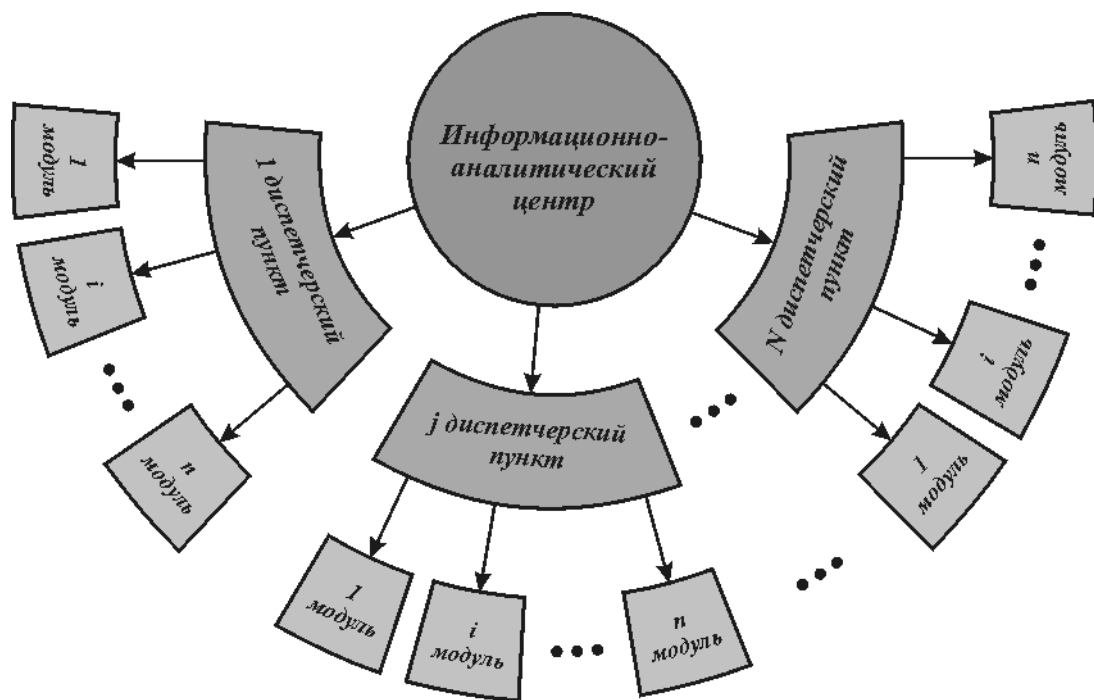


Рис. 4.1

Функциональное разделение задач управления по уровням предполагается следующее:

- **Информационно-аналитический центр** на основе анализа информации, полученной от нижестоящих уровней управления, вырабатывает решения по планированию использования конкретной трассы СТС, разрабатывает графики перевозок по трассам СТС с учетом плановых регламентных и ремонтно-восстановительных работ, принимает решения по ликвидации последствий аварий, парированию нештатных ситуаций,

влияющих на график движения, планирует модернизацию СТС и ее дальнейшее развитие.

- **Диспетчерский пункт**, получая с верхнего уровня управления график движения (или изменения графика) по контролируемому участку трассы, обеспечивает его выполнение с учетом конкретного состояния трассы, метеоусловий, состояния и количества транспортных модулей, контролирует местоположение и режимы движения каждого модуля. Для выполнения этих задач с диспетчерского пункта выдаются управляющие сигналы на элементы путевой структуры или инфраструктуры (разъезды, стрелки, терминалы, станции и т.п.), выдаются управляющие воздействия на бортовую информационно-управляющую систему каждого модуля в виде разовых команд или макрокоманд.
- **Бортовая информационно-управляющая система (БИУС)** модуля контролирует функционирование всех систем и агрегатов модуля, анализирует получаемую информацию и обеспечивает управление исполнительными механизмами систем и агрегатов.

Схема на рис. 4.1 демонстрирует наиболее общее распределение функций централизованного управления. При проектировании комплекса управления по этой схеме необходимо проработать степень децентрализации управления для сокращения объемов передаваемой информации с одного уровня на другой без снижения качества управления.

Кроме того, для обеспечения оптимального адаптивного управления движением, функции управления различных уровней могут меняться в зависимости от конкретной ситуации и делегироваться одним уровнем управления другому, например, в случае несанкционированного критического сближения модулей или обнаружения повреждений на трассе БИУС модуля может выдать команду на экстренное торможение, сообщив, конечно, об этом последующему модулю и диспетчеру; кроме того, в случае потери связи между диспетчерским пунктом и модулем функции управления модулем может взять на себя информационно-аналитический центр, используя резервные, аварийные каналы связи.

4.2. Состав информационно-управляющего комплекса

Структурная схема ИУК СТС приведена на рис. 4.2. В общем виде ИУК включает в себя следующие составляющие:

1. бортовая информационно-управляющая система модуля (БИУС);
2. система контроля и диагностики путевой структуры;
3. система связи;
4. система контроля трассы и внешних воздействий;
5. система управления путевой структурой;
6. система контроля и прогноза метеорологической обстановки;

7. система навигации и контроля местоположения модулей;
8. диспетчерский пункт;
9. информационно – аналитический комплекс.

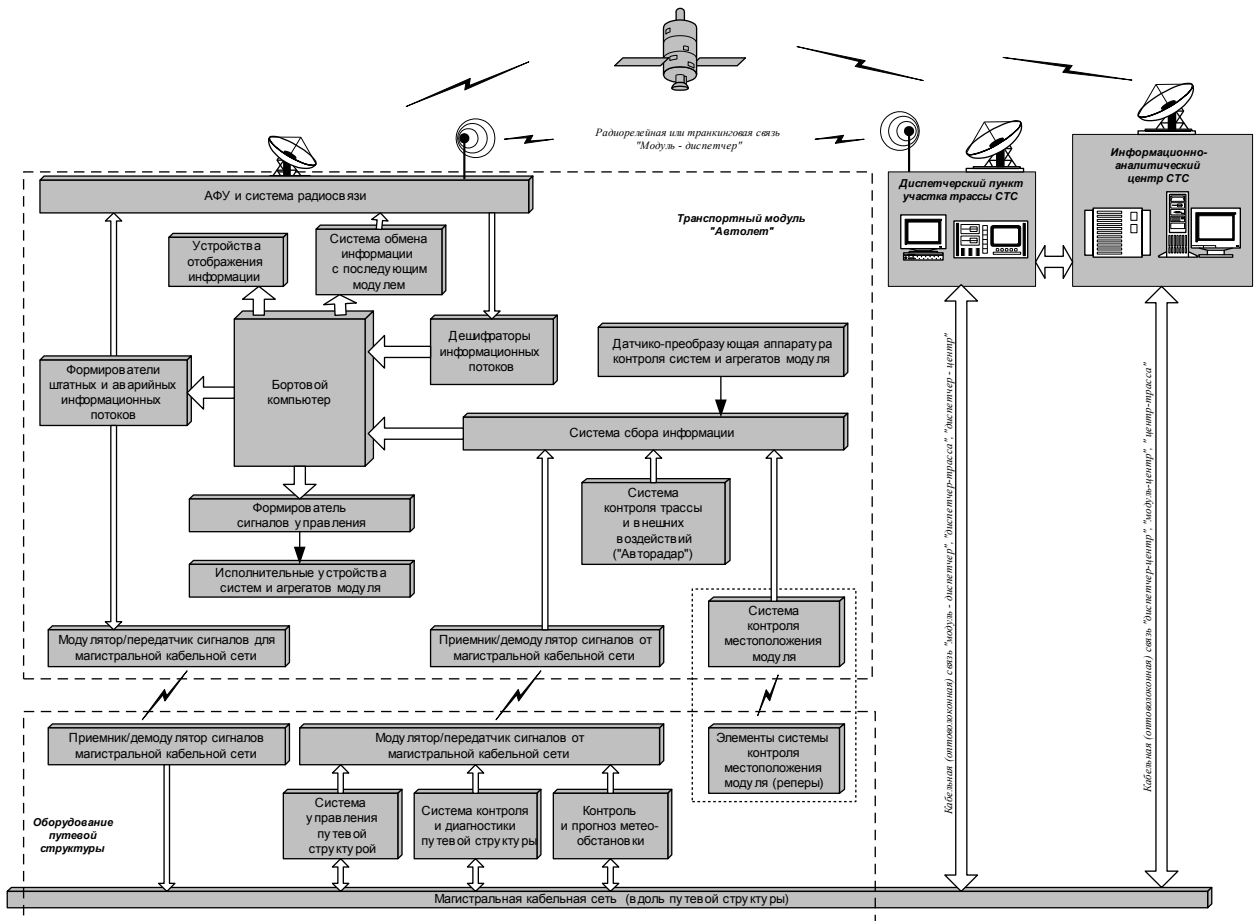


Рис. 4.2

4.3. Назначение основных составляющих информационно-управляющего комплекса

4.3.1. Бортовая информационно-управляющая система транспортного модуля

Бортовая информационно-управляющая система транспортного модуля (БИУС) состоит из следующих основных частей:

- бортовой компьютер, вычисляющий алгоритмы управления исполнительными механизмами систем и агрегатов модуля на основании данных, получаемых с верхних уровней управления и от системы сбора информации; формирующий информацию о параметрах движения, функционирования и местоположении модуля для передачи в каналы связи;

- система сбора информации, получающая данные от датчиков-преобразующей аппаратуры систем, узлов и агрегатов модуля, от систем путевой структуры, от навигационной системы, от системы контроля трассы и внешних воздействий, передающая получаемую информацию на бортовой компьютер;
- датчиков-преобразующая аппаратура, обеспечивающая получение данных об измеряемых физических параметрах и преобразование их для выдачи в систему сбора информации;
- формирователь сигналов управления, преобразующий команды управления с бортового компьютера в электрические сигналы для управления исполнительными устройствами систем и агрегатов модуля;
- исполнительные устройства – электромеханические, электрические, гидравлические устройства, обеспечивающие непосредственное управление системами и агрегатами модуля;
- система управления данными, включающая в себя формирователи выходных и дешифраторы входных информационных потоков, и представляющая собой шлюз между БИУС и сетью передачи данных;
- устройства отображения информации выполняют роль сервисных устройств для информации пассажиров в случае автоматического управления или используются в качестве монитора в случае ручного управления модулями специального назначения (технологические, спасательные и т.п.).

4.3.2. Система контроля и диагностики путевой структуры

Система контроля и диагностики путевой структуры располагается на путевой структуре и обеспечивает контроль целостности путевой структуры и ее состояние. Система состоит из следующих частей:

- датчики, расположенные на путевой структуре, опорах и элементах инфраструктуры;
- контроллеры путевой структуры, расположенные вдоль трассы, и транслирующие информацию о состоянии путевой структуры на диспетчерский пункт и на проходящий модуль;
- подсистема периодического контроля, установленная на специально оснащенных модулях.

4.3.3. Система связи

Система связи объединяет в общую информационную сеть все уровни управления СТС и включает в себя следующее:

- магистральная кабельная сеть (МКС), в т.ч. оптоволоконная, проложенная по путевой структуре вдоль трассы;
- наземные линии связи между МКС, диспетчерским пунктом и информационно-аналитическим центром;
- транкинговые или радиорелейные линии связи "модуль-модуль", "модуль-диспетчер";
- приемно-передающие устройства для обмена сигналами между движущимися модулями и МКС;
- приемно-передающие устройства и антенно-фидерные устройства (АФУ) радиосистем связи;
- спутниковые навигационные системы связи;
- система управления связью, обеспечивающая управление каналами связи и автоматически направляющая информацию по другому маршруту в сети, если на одном из путей произойдет отказ оборудования.

4.3.4. Система контроля трассы и внешних воздействий

Система контроля трассы и внешних воздействий представляет собой "авторадар" - установленную на модуле сканирующую систему наблюдения за участком трассы непосредственно перед движущимся модулем. Для получения достоверной информации сканирование производится в различных диапазонах – инфракрасном, видимом, ближнем УФ. Авторадар непрерывно в реальном масштабе времени предоставляет в БИУС модуля, на диспетчерский пункт информацию о механических воздействиях на путевую структуру и обстановке на трассе (преднамеренные и непреднамеренные воздействия на путевую структуру, деформации и обрывы, сильное обледенение, миграции птиц, нахождение больших масс крупных насекомых (саранча) и т.п.), а также информацию о стихийных бедствиях (наводнения, оползни, сходы лавин и др.).

Очень важно, что авторадар позволит определять расстояние до предыдущего модуля, что в комплексе с данными от системы навигационной системы повышает уровень безопасности СТС и уменьшает вероятность столкновения модулей в случае нештатных ситуаций.

4.3.5. Система управления путевой структурой

Система управления путевой структурой предназначена для создания в каждый момент времени конфигурации путевой структуры, обеспечивающей безаварийное движение модулей по запланированному маршруту. В состав системы управления входят исполнительные органы в виде стрелок, разъездов и т.п., элементы, контролирующие конфигурацию путевой структуры.

4.3.6. Система контроля и прогноза метеообстановки

Система контроля и прогноза метеообстановки обеспечивает оперативное получение метеорологических данных, выдачу краткосрочного прогноза в районе трассы. В состав метеоинформации входят: температура окружающего воздуха, атмосферное давление, относительная влажность, вид и интенсивность осадков, скорость и направление ветра, состояние атмосферы (туман, запыленность и т.п.).

4.3.7. Система навигации и определения местоположения модуля

Система навигации и определения местоположения модуля контролирует местоположение каждого модуля в любой момент времени, тем самым обеспечивая информацией диспетчерский пункт и БИУС для определения безопасных скоростей движения модулей и безопасных дистанций между ними.

Для СТС эта задача, с одной стороны, облегчается тем, что модули движутся в "одномерном пространстве" вдоль по заранее известной траектории, в основном, прямолинейной, с минимумом ответвлений и пересечений, с другой стороны, усложняется тем, что процессы движения в СТС быстропротекающие, поэтому движение надо контролировать в реальном времени, с большой точностью. Для обеспечения этого координатная привязка модуля осуществляется двумя различными, независимыми друг от друга методами.

Первый, основной метод заключается в получении информации о координатах модуля от реперов, устанавливаемых на путевой структуре и опорах. В промежутках между ними координаты модуля вычисляются, например, на основании данных от датчиков числа оборотов колес или двойным интегрированием ускорений, полученных от акселерометров, снимающих ускорение вдоль продольной оси модуля. В этом случае элементы системы располагаются как на подвижном составе, так и на путевой структуре. При этом реперы (ответчики местоположения) могут

быть как пассивными (в этом случае информация о положении модуля передается через его систему связи), так и активными. В последнем случае ответчик местоположения выдает в общую сеть информацию о том, какой модуль, в какой момент времени прошел через данный репер.

Второй метод основан на использовании навигационной информации от глобальных спутниковых систем указания местоположения NAVSTAR, ГЛОНАСС. В этом случае модули оснащаются приемниками GPS, с помощью которых их географическое положение может быть определено с точностью до метра.

Наилучший вариант реализации системы – комплексное использование как первого, так и второго метода определения координат.

4.4. Организационные аспекты

Информационно-управляющий комплекс представляет собой сложную разветвленную систему автоматического управления, характеризующуюся большим числом взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. Эти особенности – большое число элементов и взаимодействие между ними – сами по себе порождают определенные трудности при создании системы. Мировая практика показывает, что решение подобных вопросов невозможно без широкой кооперации с привлечением ведущих организаций и специалистов в данной и в смежных областях науки и техники.

Например, в настоящее время системы автоматизированного управления перевозками по железным дорогам создаются в Швеции, Великобритании, Германии, Франции и Японии. Подобная система, называемая Advanced Train Control System, была разработана в Канаде и США с участием следующих компаний: Amtrak, Burlington, Canadian National Railway Company, CP Rail, CSX Transportation, Norfolk and Western Railway Company, Southern Railway Company, Union Pacific. Эффект от каждой из этих систем был и экономический, и социальный; результатом их внедрения стало снижение эксплуатационных затрат, повышение эффективности использования ресурсов, безопасность.

На начальных стадиях создания ИУК СТС специалистами РОФ прорабатываются общесистемные вопросы, без углубления в конкретные аспекты функционирования отдельных систем и подсистем. На данном этапе представляют вопрос лишь те свойства элементов, которые определяют особенности взаимосвязи их с другими элементами или непосредственно влияют на свойства ИУК в целом. Более того, исследуется широкий круг проблем, мало связанный с рассмотрением свойств отдельных элементов: определение общей структуры системы, организация взаимодействия между системами, учет влияния внешней среды, определение оптимальных режимов функционирования и т.д.

Нельзя не учитывать также и то, что СТС – принципиально новая транспортная система, только что родившаяся. Ей предстоит нелегкий путь становления и развития, завоевания своей ниши и дальнейшее мирное сосуществование с такими гигантами транспортных перевозок, как метрополитен, железнодорожный и автомобильный транспорт. В этих условиях многократно возрастает цена ошибки при проектировании и экспериментальной отработке составных частей СТС. Любая серьезная ошибка может не только затормозить развитие СТС, но и полностью опорочить саму идею. Поэтому один из наших постулатов – получение полной и достоверной технической информации на всех этапах создания СТС, создание современных автоматизированных измерительных средств для стендовой отработки транспортных модулей и путевой структуры. Отработка элементов систем измерения и управления в составе динамических стендов является необходимым этапом и для создания собственно ИУК СТС, т.к. невозможно обеспечить заданное качество функционирования системы управления без проведения большого объема предварительных исследований и испытаний. Именно при стендовых испытаниях происходит исследование свойств реального, натурального оборудования в достаточно хорошо контролируемых внешних условиях с сохранением наиболее важных связей этого оборудования с другими частями СТС. Результаты стендовой отработки, в свою очередь, должны лечь в основу измерительно-управляющих систем реальных транспортных модулей и трасс СТС.

Такой комплексный подход обеспечит, на наш взгляд, преемственность этапов развития и минимизацию ошибок при создании серийных образцов составных частей СТС.

Параллельно со стендовой отработкой будут проводиться интенсивные теоретические и организационные работы: разработка алгоритмов оптимального управления модулями СТС, расчет областей допустимых значений скоростей и интервалов движения в различных режимах в соответствии с требованиями безопасности, определение требований к точности систем управления, пропускной способности каналов связи, решение вопросов навигации, получения оперативной метеоинформации и ее учет и др. При создании развитой сети трасс СТС актуальными станут вопросы диспетчеризации движения, управления инфраструктурой. Все перечисленные вопросы требуют создания устойчивой эффективной кооперации и сотрудничества с организациями, имеющими подобный опыт в соприкасающихся областях науки и техники.

Для разработки отдельных систем были проработаны вопросы создания кооперации с ведущими организациями в области датчиковой аппаратуры; систем сбора и обработки информации; спутниковой навигации; систем контроля целостности пути (дефектоскопии); бортовых авиационных, космических, автомобильных, железнодорожных систем управления и т.д., а также выбраны направления реализации разработанной концепции ИУК СТС.

5. Технико-экономическое обоснование

5.1. Значение струнной транспортной системы 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. 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. Доля Красноярского края в разведанных запасах и добыче полезных ископаемых России приведена на рис. 5.1.

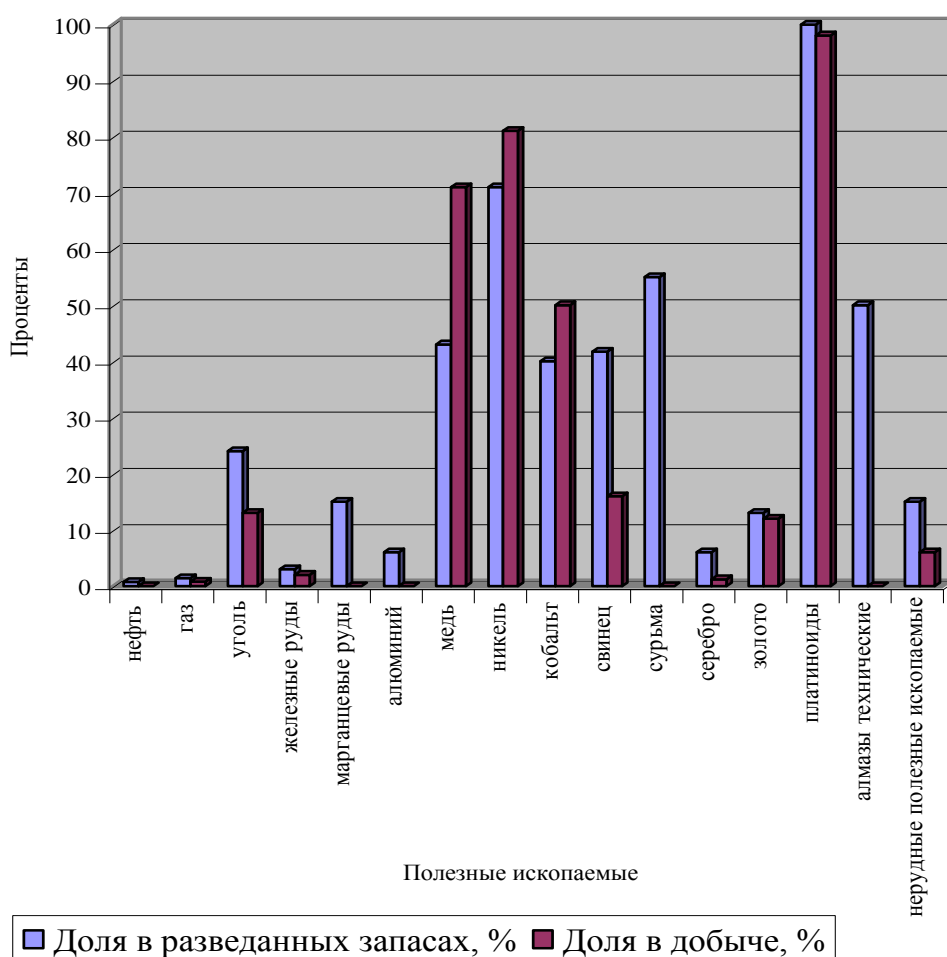


Рис. 5.1

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 не востребованными объекты недр, которые, будучи расположены в освоенной местности, стали бы предметами ожесточённой 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.

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

Предложенное в данном проекте строительство трассы СТС «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, СТС будет, очевидно, альтернативой перевозок грузов Норильского комбината Северным морским путём, т.к. со строительством СТС возможна доставка грузов до Калининградского или Санкт-Петербургского морских портов, используя СТС 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 конкурентоспособность 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 СТС по возможности объёмов перевозок сравнима с объёмами перевозок железнодорожным транспортом Красноярского края в 1998 году. Объёмы перевозок грузов и грузооборот предприятий транспорта за 1997-1998 год приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

	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 СТС (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 СТС 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.

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 СТС 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 СТС «Красноярск – Норильск» протяжённостью 1800 км позволит приступить к комплексному решению социально-экономических проблем Красноярского края.

Схема прохождения трассы СТС "Красноярск – Норильск" показана на рис. 5.2.

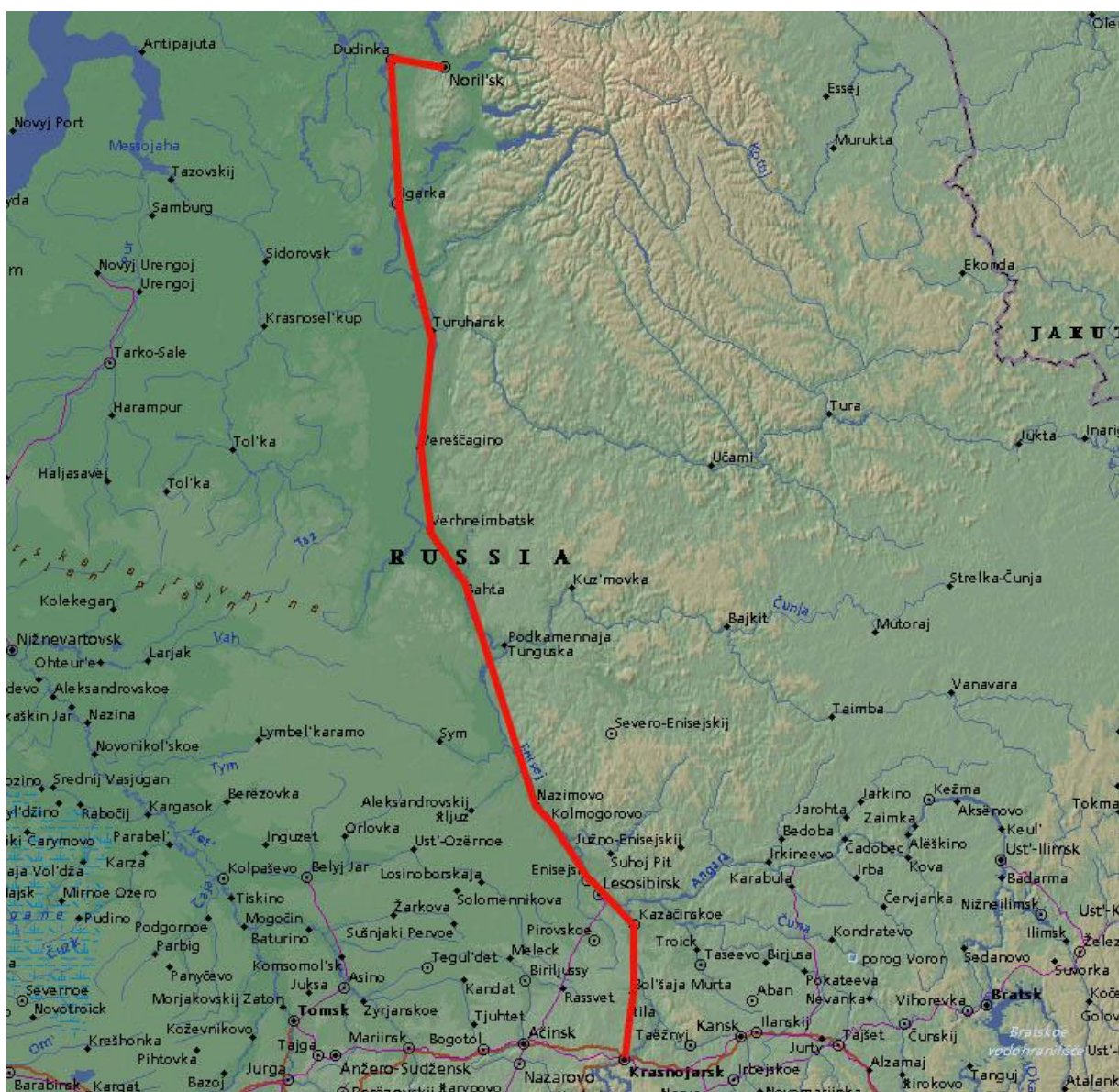


Рис. 5.2

Для данной трассы 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 каната (по типу висячих и вантовых мостов).

Учитывая, что СТС 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 модулей (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 пройдет в условиях вечной мерзлоты.

5.2. Расчёт стоимости грузопассажирской двухпутной транспортной линии

Технико-экономические показатели строительства и эксплуатации двухпутной трассы СТС "Красноярск – Лесосибирск - Игарка – Дудинка - Норильск" протяжённостью 1800 км представлены в таблицах 5.2.–5.7. и расчётах 5.1.-5.14. В табл. 5.2. приведена стоимость грузопассажирской двухпутной транспортной линии СТС.

Таблица 5.2

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. Путевая структура	1800 км	420	756.000
1.2. Фундаменты и опоры	1800 км	480	864.000

Таблица 5.2. (продолжение)

1.3. Система технического контроля за состоянием опор и путевой 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
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 модули	3800 шт.	15	57.000
3.2. Пассажирские модули	105 шт.	70	7.350
3.3. Грузовые модули аварийного резерва	165 шт.	15	2.475
3.4. Пассажирские модули аварийного резерва	20 шт.	70	1.400
3.5. Модули для аварийного обслуживания трассы	30 шт.	30	900
3.6. Модули 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

5.3. Расчёт годовых эксплуатационных издержек

Количество обслуживающего персонала трассы СТС и годовые издержки по заработной плате представлены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Обслуживающий персонал трассы	Кол-во объектов на трассе, шт.	Кол-во обслуживающего персонала, чел.		Средне-месячная заработная плата, USD	Годовая заработная плата персонала, млн. USD*	
		на один объект	всего		грузовые перевозки	пасс. перевозки
1. Грузовых терминалов	9	100	900	500	5,4	-

Таблица 5.3. (продолжение)

2. Депо и ремонтные 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 контроля состояния трассы 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 модулей в годовых эксплуатационных издержках по ремонту модулей.

В табл. 5.4. приведены годовые суммы амортизационных отчислений по трассе.

Таблица 5.4

Наименование объектов	Баланс. 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. Модули, 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.

Годовые эксплуатационные издержки на техобслуживание и ремонт трассы и подвижного состава приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5

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
3. Модули:			
- 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 модулей в общем количестве эксплуатируемых модулей.

Годовой расход топлива и ГСМ по подвижному составу и годовые затраты на топливо и ГСМ представлены соответственно в табл. 5.6. и 5.7.

Таблица 5.6

Тип модуля	Средне-суточный пробег автолётта с грузом, км	Текущий расход топлива, л/100 км	Кол-во используемых модулей в год, шт.	Коэффициент использования модулей в году	Годовой расход топлива на 1 модуль, 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 5.7

Тип модуля	Средне-суточный пробег автотрассы с грузом, км	Текущий расход топлива, л/100 км	Кол-во используемых модулей в год, шт.	Коэффициент использования модулей 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 5.1

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 модулей:

- 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 5.2

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 5.3

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 5.4

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 5.5

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 5.6

**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 5.7

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:

$$\frac{(52,0 + 18,46) \text{ млн. USD} \cdot 10\%}{100\%} = 17,1 \text{ млн. USD.}$$

Из них:

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

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

Расчёт 5.8

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 5.9

**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:

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

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

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

Расчёт 5.10

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:

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

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:

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

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

Расчёт 5.11

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 5.12

**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 5.13

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

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

Расчёт 5.14

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:

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

5.4. Сравнительные технико-экономические показатели трассы в зависимости от величины грузо- и пассажиропотоков

Технико-экономические показатели эксплуатации трассы «Красноярск – Лесосибирск – Игарка – Дудинка - Норильск» в зависимости от изменения грузо- и пассажиропотоков представлены в таблице 5.8 (тариф на перевозку 1 тонны груза установлен на уровне 1,9 USD на 100 т·км, а цена пассажирского билета - в размере 1 USD на 100 пасс.·км).

Таблица 5.8

Показатели	Грузо/пассажиропоток, млн. т / млн. пассажиров в год								
	5/0,5	6/0,65	8/0,8	10/1	12,5/ 1,25	15/1,5	17,5/ 1,75	20/2	25/2,5
Себестоимость:									
- грузовых перевозок, USD/т·100км	1,852	1,425	1,158	0,926	0,741	0,617	0,529	0,463	0,370
- пассажирских перевозок, USD/пасс.·100км	2,282	1,757	1,426	1,141	0,913	0,761	0,652	0,570	0,456
Годовая чистая прибыль от:									
- грузовых перевозок, млн. USD	-38,79	-16,56	27,90	72,36	127,94	183,51	239,09	294,66	405,81
- пассажирских перевозок, млн. USD	-13,92	-12,17	-10,41	-8,07	-5,15	-2,22	0,70	3,63	9,48
Рентабельность общая, %	-28,15	-15,34	9,35	34,35	65,59	96,84	128,09	159,33	221,79
Рентабельность грузовых перевозок, %	-23,27	-9,93	16,74	43,41	76,75	110,10	143,44	176,78	243,46
Рентабельность пассажирских перевозок, %	-67,72	-59,18	-50,63	-39,23	-24,99	-10,75	3,50	17,74	46,12
Срок окупаемости проекта, лет	-	-	137,1	37,32	19,54	13,24	10,01	8,05	5,78

Из таблицы 5.8 видно, что для достижения положительной общей рентабельности достаточно перевести по трассе (1800 км) 8 млн. т грузов и 0,8 млн. пассажиров в год.

На рис. 5.3 приведена зависимость себестоимости перевозок от величины грузо- и пассажиропотоков.

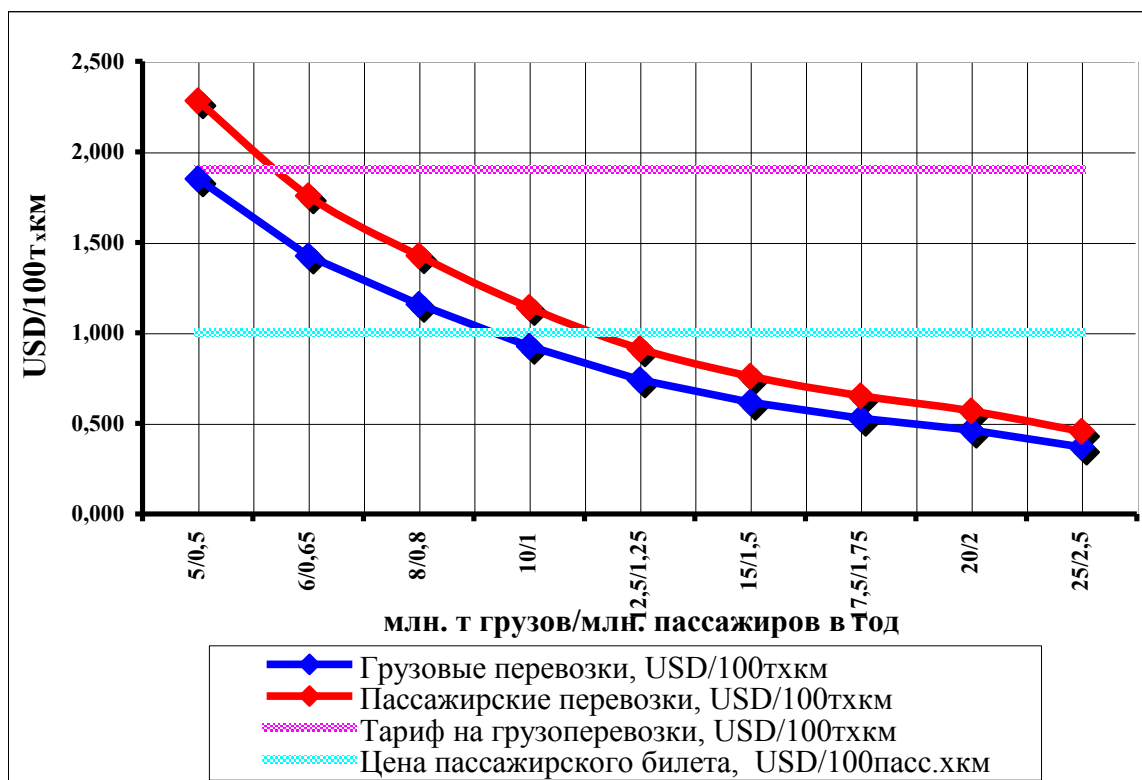


Рис. 5.3

Изменение рентабельности эксплуатации трассы от величины грузо- и пассажиропотоков приведено на рис. 5.4.

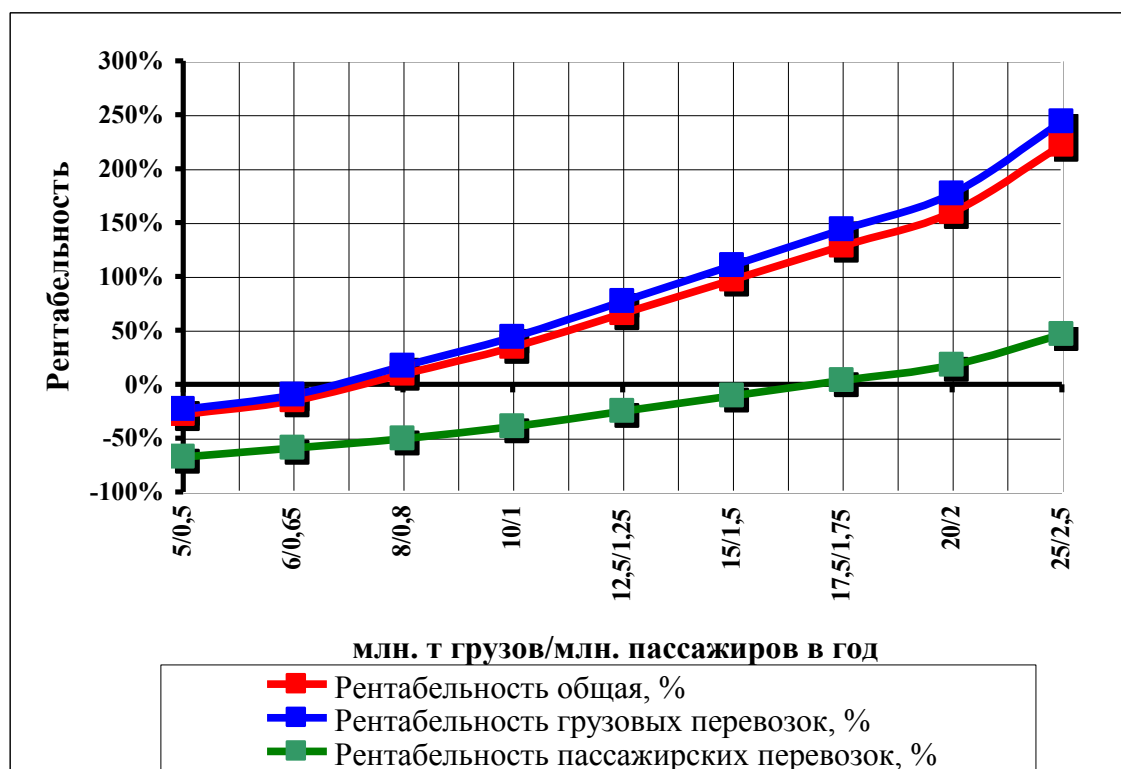


Рис 5.4

Зависимость срока окупаемости капитальных вложений в строительство трассы СТС протяжённостью 1800 км от величины грузо- и пассажиропотоков представлена на рис. 5.5.

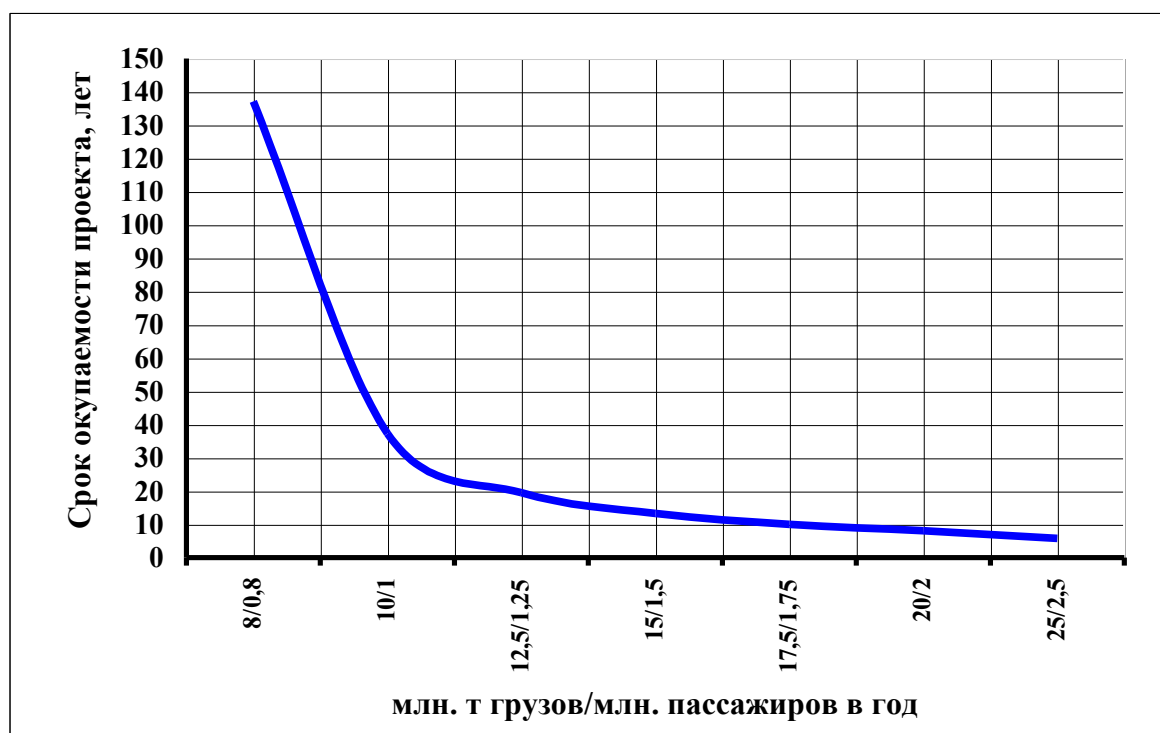


Рис. 5.5

6. Этапность создания трассы струнной транспортной системы

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 модулю (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 модулей (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 СТС «Красноярск – Норильск».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа передового отечественного и зарубежного опыта создания и эксплуатации транспортных систем, анализа существующих и прогнозируемых транспортных проблем, используя нетрадиционные связи известных технических решений и разработки новых технических решений, защищенных патентами и заявками на изобретения, а также используя «ноу-хау» в «Региональном общественном фонде содействия развитию линейной транспортной системы» под руководством академика РАЕН А. Э. Юницкого разработана концепция создания новой транспортной системы, не имеющей аналогов в мире – струнной транспортной системы (СТС).

Возможность быстрой реализации СТС подтверждена расчетами и проектными проработками, модельными экспериментами, аэродинамическими продувками, прочностными испытаниями натуральных элементов путевой структуры СТС. Изготовлен полноразмерный участок СТС длиной 150 м – стенд «Путевая структура» в г. Озёры Московской обл.

На этом стенде будут проверены основные конструкторские решения, усовершенствованы методики статических и динамических прочностных расчетов новых типов конструкций, отработана технология изготовления и монтажа металлоконструкций.

В настоящих «Технических предложениях» показана большая экономическая перспектива для Красноярского края строительства протяженной трассы СТС «Красноярск – Лесосибирск – Игарка – Дудинка – Норильск» протяженностью 1800 км при прогнозируемой стоимости 2.4 млрд. долл., что в несколько раз дешевле и меньше по срокам строительства, чем железнодорожная магистраль.

Однако до начала создания такой трассы необходимо в специфических климатических условиях Красноярского края (низкие температуры при незамерзающем Енисее – иней, наледь и др.) создать опытно-экспериментальный участок СТС длиной ~1 км в наиболее сложных условиях – транспортирование пассажиро- и грузопотоков через Енисей с возможностью после отработки технических решений ввода этого участка в опытную эксплуатацию. На этапе создания СТС длиной 1 км, в частности, предполагается отработать кооперацию местных организаций – участников создания трассы.

Рекомендации по методам проектирования, конструирования, изготовления и монтажа СТС будут получены по результатам экспериментальных работ на стенде «Путевая структура», а также на стенде «Рельс-колесо», который монтируется в г. Озёры.

По результатам предварительных переговоров с представителями Администрации Красноярского края и Мэрии г. Красноярска в качестве такого опытно-экспериментального участка рекомендована трасса «Парк

культуры – о. Отдыха», но, в принципе, требуются дополнительные исследования по оптимизации трассы.

Предлагаемая к созданию струнно-транспортная система логически дополняет существующие транспортные системы (в особенности в городах и пригородах) и является хорошей альтернативой другим транспортным системам при создании дополнительных к существующим транспортным сетям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

При проектировании путевой структуры для струнной транспортной системы использованы строительные нормы и правила [1, 2, 3, 4, и др.], литература по методике проектирования, строительства и надежности металлических и железобетонных конструкций, вантовых и висячих мостов [5..13]. Новая комбинация известных и разработанных технических решений и, соответственно, новые связи между этими элементами, обеспечили новой транспортной системе уникальные свойства [14..20], которые позволили использовать её для решения широкого круга задач.

Основополагающая концепция построения струнной транспортной системы изложена в монографии [21]. Основные результаты работ по СТС рассматривались на различных (в т. ч. международном) уровнях и нашли отражение в ряде международных и отечественных проектов и постановлений [22,23,24,25,26].

При проектировании грузовых и пассажирских транспортных модулей для струнной транспортной системы, а также при разработке имитатора грузового модуля и испытательного стенда для исследований пары «колесо-рельс», использованы Государственные стандарты и руководящие документы Министерства путей сообщения [27,28,32], инструкции по эксплуатации автомобильного и рельсового подвижного состава с различными двигателями [29,30,38], литература по методике расчетов эксплуатационных свойств транспортных средств [31,35,39,40], специальные исследования, посвященные отдельным системам подвижного состава применительно к транспортным модулям СТС [41,43], работы по эргономике и дизайну промышленных изделий и транспортных средств [36,37], сведения о современных конструкционных материалах [33,34].

При проектных проработках перспективных силовых установок для транспортных модулей СТС учитывался современный уровень двигателестроения [45], достижения в области улучшения экологии выхлопа [46], новые технические решения, защищенные патентами по новым типам двигателей внутреннего сгорания [47, 48 и др.], по гидравлическим [49] и зубчатым вариаторам [50], ряд других патентов и «ноу-хау».

Информационно-управляющий комплекс СТС – система, не имеющая аналогов в мировой и отечественной транспортной области, поэтому многое необходимо создать вновь. Многие системы должны быть разработаны и изготовлены исключительно для нужд СТС (поэтому в прямом виде первоисточников на эту тему пока не существует), основываясь, конечно, на накопленном опыте создания подобных систем в космической, авиационной, железнодорожной, автомобильной и других отраслях.

Проект информационно-управляющего комплекса СТС был выполнен с учетом требований и положений Государственных стандартов на

автоматизированные системы управления [51, 52, 53, 54, 55], комплексные проектные решения систем управления, навигации, связи были приняты с учетом опыта создания подобных систем в других областях техники [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62], построение измерительной телеметрической системы определялось существующей датчиковой аппаратурой [63, 64], варианты практической реализации системы в целом прорабатывались с учетом предложений от организаций-разработчиков аппаратуры [65,66,67,68].

1. СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.
2. СНИП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.
3. СНИП 2.05.03-88 Мосты и трубы.
4. Г.Е. Гофштейн и др. Монтаж металлических и железобетонных конструкций, -М., Стройиздат, 2000.
5. Н.Н. Леонтьев и др. Основы строительной механики стержневых систем, -М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 1996.
6. А.В. Даршков и др. Строительная механика, -М., Высшая школа, 1986.
7. А.Ф. Смирнов и др. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений.-М., Стройиздат, 1984.
8. В.Д. Райзер. Теория надежности в строительном проектировании. -М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 1998.
9. В.Г. Аржаков и др. Металлические конструкции. -М., Высшая школа, 1999.
10. А.Л. Невзоров. Фундаменты на сезоннопромерзающих грунтах. -М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2000.
11. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах. НИИ-ОСП. -М., Стройиздат.1980.
12. М.Ф. Барштейн и др. Динамический расчет зданий и сооружений. -М.,Стройиздат, 1984.
13. В.К. Качурин и др. Проектирование висячих и вантовых мостов. -М., Транспорт, 1971.
14. А.Э. Юницкий и др. Анализ колебаний пролетных строений струнной транспортной системы. Тезисы докладов Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике «Механика-95»,-Минск, 1995.
15. А.Э. Юницкий и др. К динамике струнной транспортной системы. Тезисы докладов Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике «Механика-95», -Минск, 1995.
16. А. Э. Юницкий, патент РФ № 2080268, кл. В 61 В 5/02, 1994, «Линейная транспортная система».
17. А. Э. Юницкий, патент РФ № 45523 МКПО 12-03, 25-01. 1996, «Рельс для струнных транспортных систем».
18. А.Э. Юницкий. Высокоскоростной наземный транспорт СТС. Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Ресурсе- и энергосберегающие технологии на транспорте и строительном комплексе», Гомель, 1995.

19. А.Э. Юницкий. «Струнный транспорт Юницкого». Проект «Ноосферные транспортные системы Сибири и Дальнего Востока». -Новосибирск, издательство НГАВТ, 2000.
20. А.Э. Юницкий. Инновационный проект «Струнная транспортная система». Журнал «Конверсия в машиностроении», 2000.
21. Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе. – Гомель, «Ифотрибо», 1995. –337 с.
22. Проект центра ООН по населенным пунктам (Хабитат) FS-RUS-98-S01 «Устойчивое развитие населенных пунктов и улучшение их коммуникационной инфраструктуры с использованием струнной транспортной системы». – Найроби – Москва, 1998 г.
23. Иванов В. Н., Сторчевус В. К. Экология и автомобилизация. – Киев, «Будівельник», 1983-88 с..
24. 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
25. Anatoly E. Yunitsky. Linear transport system. Letters patent Republic of South Africa № 95/2888, 07.04.1995. International classification B65G.
26. 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.
27. Инструкция по формированию, ремонту и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Министерство путей сообщения РФ, главное управление локомотивного хозяйства. Издательство Центра внедрения новой техники и технологии, «Транспорт», МПС, 1995.
28. ГОСТ 8161-75 (СТ СЭВ 8161-75) Рельсы железнодорожные типа Р653.
29. Руководство по эксплуатации автомобиля ЗиЛ-131 и его модификации. М., «Машиностроение», 1981.
30. Вагон трамвайный. Модель 71-608К. Техническое описание. Инструкция по эксплуатации.
31. Аэродинамика автомобиля. Под редакцией В.Г. Гухо. М., «Машиностроение», 1987.
32. Магистральный тепловоз мощностью 2500 кВт (3400 л.с.) с электрической передачей переменного тока. Технические требования. Министерство путей сообщения РФ, 2000.
33. Васильев В.В., Протасов В.Д., Болотин В.В. и др. Композиционные материалы: Справочник. М., «Машиностроение», 1990.
34. Портной К.И., Салибеков С.Е., Светлов И.Л., Чубаров В.М. Структура и свойства композиционных материалов. М., «Машиностроение», 1979 г.

35. Чернышев А.В. Проектирование стендов для испытания и контроля бортовых систем летательных аппаратов. М., «Машиностроение», 1983.
36. Эргономика: принципы и рекомендации. Методическое руководство, ВНИИТЭ, 1983 г.
37. Таблицы Anthropometric Source Book, VI Anthropometry for Designers. NASA Reference Publication 1024, July 1978/ Human Engineering Guide To Equipment Design MC Graw – hill Book Company Inc. New York, Toronto, London.
38. Троллейбус пассажирский 201, инструкция по эксплуатации, АКСМ 201-000000.000 ИЭ, «БЕЛКОММУНМАШ», 1996.
39. Степанов И.С., Ндикумана Э. «Метод регистрации микропрофиля автомобильных дорог». Тезисы Международного научного симпозиума, посвященного 135-летию МГТУ МАМИ. М., 2000.
40. Степанов И.С., Дрель С.С., Марков Ю.С. «Крутильные колебания в трансмиссии автомобиля» НИИНАВТОПРОМ ЭИ «Конструкция автомобиля», №3, М., 1982.
41. Степанов И.С., Дербаремдикер А.Д., Мусарский Р.А., Юдкевич М.А. «Самонастраивающийся амортизатор с программированной демпфирующей характеристикой». Автомобильная промышленность, №1, 1985.
42. Степанов И.С., Сыромаха С.М. «Анализ резино-металлических конструкций виброизоляторов в автомобилях». Депонировано ЦНИИТЭИ-Автопром №1854-ап89, указатель ВИНТИ №9, 1989.
43. Степанов И.С., Иванов В.В. «Аналитическое исследование траектории центра колеса автомобиля» Межвузовский сборник научных трудов «Вопросы проектирования и исследования автомобилей», МАМИ, М., 1989.
45. Орлин А. С. и др., «Двигатели внутреннего сгорания», том 1, Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, Москва, 1951, с. 129-134.
46. Журнал «Изобретатель и рационализатор», №1, 1998, с.16.
47. Савин Г. А., Савин А. Г., Савин А. Г., «Роторно-лопастной двигатель внутреннего сгорания» (варианты), механизм качания лопастей и подшипниковая опора механизма качания лопастей», патент № 2159342 с приоритетом от 13.09.99.
48. Савин Г. А., «Объемная машина Савина», патент №2016239 с приоритетом от 11.03.92.
49. Савин Г. А., Савин А. Г., Савин А. Г., «Гидровариатор», патент № 2107858 с приоритетом от 18.03.97.
50. Савин Г. А., Савин А. Г., «Зубчатый вариатор», патент №2136988 с приоритетом от 19.12.97.
51. ГОСТ 24.103-84 Автоматизированные системы управления. Общие положения.

52. ГОСТ 24.204-80 Требования к содержанию документа «Описание постановки задачи» .
53. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Автоматизированные системы. Стадии создания.
54. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
55. ГОСТ 34.603-92 Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем.
56. Под ред. Харисова В.Н., Перова А.И., Болдина В.А. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. – М.: ИПРЖР, 1999.
57. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. - М.: "Картгеоцентр"- "Геодезиздат", 1999.
58. Гради Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование. Rational Санта-Клара, Калифорния. Перевод с англ. под редакцией И. Романовского и Ф. Андреева. - М.: "Бином", 1998.
59. Под ред. Альбрехта В.Г., Когана А.Я. Бесстыковой путь. - М.: Транспорт, 2000.
60. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998.
61. Калинин В.П. Метрополитены. - М.: Транспорт, 1988 г.
62. Гируцкий О.И., Есеновский-Ляшков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. - М.: Транспорт, 2000.
63. Под общ. ред. Ю.Н.Коптева. Датчики теплофизических и механических параметров. Справочник в трех томах. - М.: ИПРЖР, 1998.
64. Карцев Е.А., Карцева Е.В. Датчики и приборы для измерения неэлектрических величин. Московское научно-техническое общество приборостроителей и метрологов им. С.И.Вавилова. - М.: 1992.
65. ООО "ГЕО-СПЕКТРУМ". Предложения по разработке системы управления Струнной транспортной системой. – М., 2001.
66. НПФ "ИНФОТЕХ". Технические предложения по разработке и изготовлению системы измерений путевой структуры. 2001.
67. Измерительно-вычислительный комплекс МІС. Техническое описание и руководство по эксплуатации. 401250.001 РЭ. НПП "Мера". 2000.
68. ЗАО "Информ-Систем-Прибор-М". Технические предложения по разработке бортовой информационно-управляющей системы транспортного модуля. 2001.