

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

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

**ТОМ III
Опытный участок 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 III

Опытный участок 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 III

Опытный участок струнной транспортной системы

1. Назначение и состав технических средств	3
2. Путевая 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

Приложения к тому III

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

1. Назначение и состав транспортных средств

Корректное формирование транспортных сетей Красноярского края на базе СТС невозможно осуществить без экспериментальной проверки основных конструкторских и технологических решений на достаточно протяженном (~1 км) натурном участке трассы, находящимся в специфических климатических условиях Красноярского края. Кроме того, необходимо отработать взаимодействие между различными организациями и административными структурами края при изготовлении, транспортировке к месту сборки и при монтаже элементов СТС с учетом имеющихся в г. Красноярске производственных мощностей и технических средств.

В качестве опытно-экспериментального участка предлагается выбрать трассу «Центральный Парк культуры – о. Отдыха в г. Красноярске» (Рис. 1.1).

Путевая структуры трассы будет состоять из двух анкерных опор, установленных на о. Отдыха и на окраине Парка культуры, примыкающей к р. Енисей, из двух опор-пилонов, установленных на о. Отдыха и на о. Посадный и несколько промежуточных опор. На опорах с помощью вант и тросовых растяжек монтируется двухпутная рельсовая структура.

В качестве подвижного состава на экспериментальном этапе предлагается изготовить в экспериментальном исполнении 2 пассажирских модуля, 2 грузовых модуля и 1 транспортный модуль для технологических целей. На первоначальном исследовательском этапе достаточно будет изготовить 1 пассажирский и 1 грузовой модуль. В дальнейшем предлагается изготовить еще 3 модуля аварийного резерва.

В климатических условиях Красноярского края необходимо отработать конструктивные особенности элементов и узлов путевой структуры, особенности строительства фундаментов под анкерные и промежуточные опоры, особенности монтажа, натяжения несущих и поддерживающих канатов, монтажа рельсов и пр..

Необходимо также отработать системы контроля, связи, управления и диспетчеризации, подтвердить характеристики транспортных модулей, отработать мероприятия по выходу из аварийных ситуаций.

Важнейшей задачей на этом этапе создания СТС является определение фактической стоимости создания трассы и подготовка материалов для государственных органов стандартизации.

СХЕМА ДВУХПУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ОПЫТНОГО УЧАСТКА ТРАССЫ СТС (г. Красноярск)



Рис 1.1

2. Путьевая структура

Опытный участок двухпутной трассы СТС протяженностью 1 км, размещаемый в г. Красноярске, соединяет Центральный Парк Культуры и отдыха с островом Отдыха. Трасса состоит из 2-х анкерных опор: верхней, устанавливаемой в парке на отметке около 12 м над поверхностью воды р. Енисей и нижней, устанавливаемой на острове Отдыха на отметке около 3-х метров над поверхностью воды (рис. 1.1).

Для преодоления двухпутной трассой СТС русла р. Енисей предусматриваются опоры-пилон, устанавливаемые на противоположных берегах р. Енисей (одна – на о. Отдыха, другая – на о. Посадный), и разделяющие трассу на 3 составных участка.

Средний участок (пролет) над р. Енисей выполняется по типу висячих мостов без укладки балки жесткости и расположен над уровнем воды на высоте около 10-20 м для обеспечения прохода речных судов (рис. 2.1).

В крайних участках (пролетах) имеются промежуточные (поддерживающие) опоры, устанавливаемые через 25 метров (рис. 2.1).

Основное назначение анкерных опор – возможность крепления на них рельсов – струн и поддерживающих стальных канатов, а также для восприятия горизонтальных усилий, вызванных натяжением канатов и рельсов.

Суммарная горизонтальная технологическая (а также аварийная) нагрузка на анкерные опоры конкретной двухпутной трассы СТС составляет порядка 1000 тонн при расчетной скорости движения транспортных модулей – 150 км/час. К примеру: суммарная горизонтальная нагрузка на анкерные опоры испытательного стенда однопутной путьевой структуры в г. Озеры Московской области – 530 тонн.

Анкерные опоры, опоры-пилон и промежуточные (поддерживающие) опоры представляют собой металлические конструкции из стальных труб диаметром от 80 до 1000 мм в зависимости от усилий в элементах опор.

Вертикальные нагрузки на все опоры незначительные, состоящие из собственного веса опор, веса путьевой структуры и веса транспортных модулей. Их конструкции для этих нагрузок имеют достаточный запас прочности. При расчетах всех конструкций опор и путьевой структуры учитываются другие возможные нагрузки (ветровые, снеговые, обледенение и т. п.).

Анкерные опоры совмещаются с посадочными платформами, имеющими специальные лестничные марши для подъема на них.

Высота анкерных опор предусматривается в пределах от 5 до 10 м и будет учитываться при дальнейшем проектировании.

Изготавливать опоры предлагается на предприятиях местной промышленности и они будут доставляться в готовом комплектном виде. Сборочные элементы опор разработаны с учетом их доставки к месту монтажа обычным наземным автотранспортом и с учетом использования доступных подъемных механизмов для их разгрузки и монтажа. Так, например, при

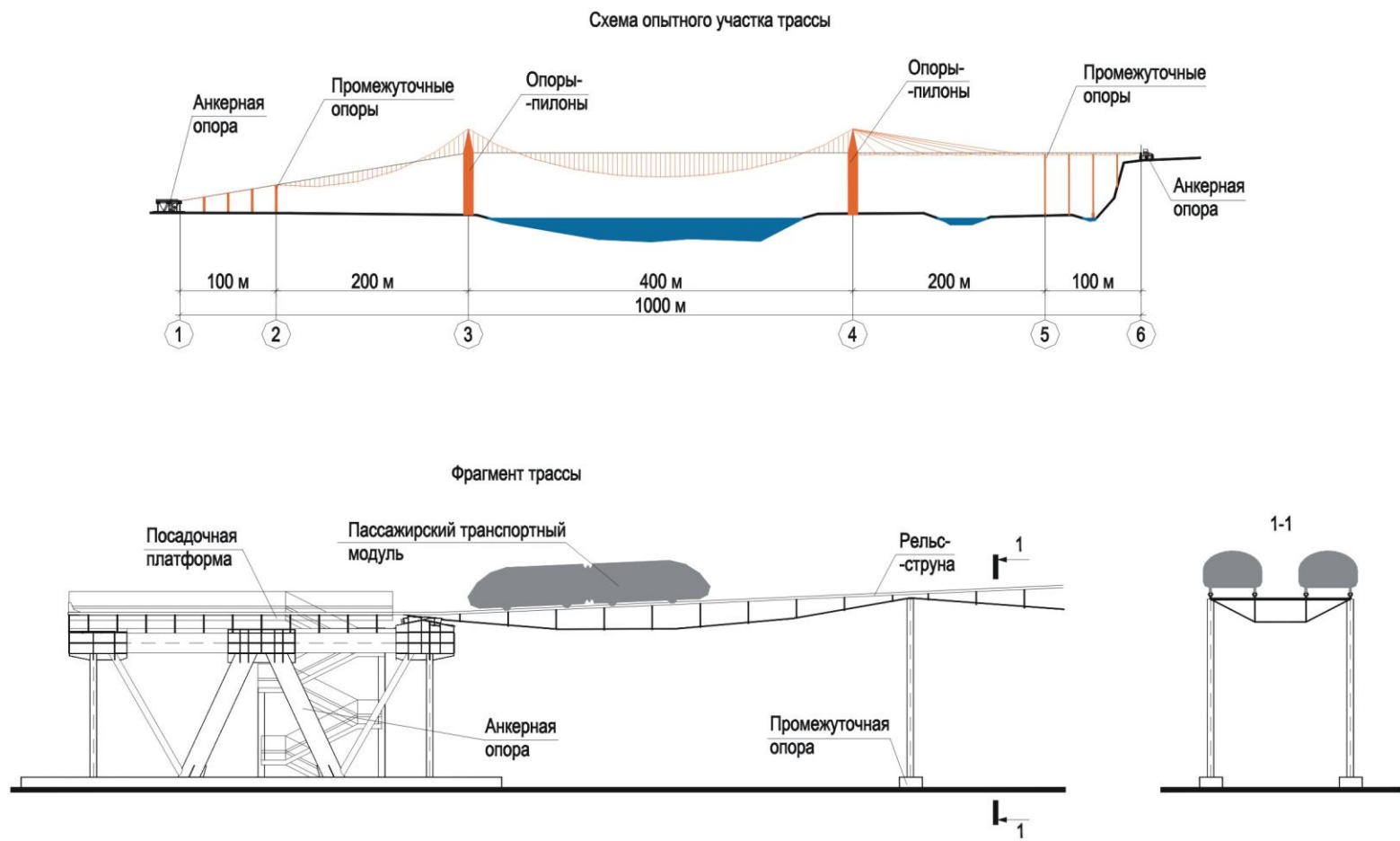


Рис 2.1

возведении испытательного стенда путевой структуры в г. Озеры Московской области для доставки опор использовались автомобили КАМАЗ с полуприцепом (при длине сборочных элементов анкерной опоры – 15 м, ширине – до 4 м, максимальном диаметре стальной трубы – 820 мм), а для монтажа анкерной опоры высотой 15 м с максимальным весом главного верхнего элемента анкерной опоры в 28 тонн использовался автокран отечественного производства МКТТ-63, а при монтаже промежуточных опор – автокран грузоподъемностью до 10 тонн.

Общий вес всех опор составляет ориентировочно около 120-140 тонн (в зависимости от высоты опор и расчетных усилий).

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

1. из железобетона (бурунабивные или буроинъекционные сваи с предварительным обжатием основания, забивные сваи сплошного или полного сечения, столбчатые или плитные фундаменты на естественном основании, сплошные понтонного типа при слабых грунтах и др.);

2. из металла (бурозавинчивающиеся с коррозостойким незамерзающим заполнителем);

3. комбинированные (винтонабивные) и специального назначения для конкретных местных метео- и гидроусловий.

4. другие.

На опытном участке двухпутной СТС предполагается выполнить фундаменты из железобетона (бурунабивные или буроинъекционные свайные фундаменты с предварительным обжатием основания). Их устройство предусматривается из местных материалов. По предварительным расчетам расход материалов на устройство фундаментов составит:

- арматура и закладные детали около 15-18 тонн;
- бетон марки 300 – 650-800 м³.

Основу опытного участка двухпутной трассы СТС протяженностью 1 км составляют струны из высокопрочной стальной проволоки диаметром 4-5 мм, собранные в пучки в виде канатов и размещенные с провесом внутри рельсов специальных полых профилей (круглого, прямоугольного или другого сечения).

Канаты и рельсы жестко крепятся на анкерные опоры и опоры-пилонны при помощи специально разработанных для СТС, испытанных и примененных при изготовлении стенда в г. Озеры устройств (анкеров).

Конструкция основного пути (струны-рельса) соединяется с предварительно натянутыми поддерживающими канатами (тросами) с помощью жестких стоек или подвесок (в зависимости от местонахождения конкретного участка трассы), что в целом создает пространственную путевую структуру, где элементы рельсов соединены периодически между собой для обеспечения ширины колеи пути (~2 м).

Для увеличения жесткости пути, а также его приближения к идеальной ровности, полости рельсов заполняются под давлением специальным

недорогостоящим заполнителем на основе цемента, выпускаемым отечественной промышленностью.

В конструкции СТС применяются стальные канаты отечественных производителей, выпуск которых может осуществлять любой близко расположенный проволококанатный завод. Необходимое общее количество канатов около 150 тонн.

Конструкция рельса-струны, анкерных креплений канатов, анкерных и поддерживающих опор и их фундаментов, а также технология их изготовления и монтажа не будут иметь принципиальных отличий от аналогичных решений, заложенных в испытательном стенде (опытном участке, протяженностью 150 м), построенном в г. Озеры. Поэтому полученные там результаты будут полностью использованы при проектировании и строительстве опытного участка трассы в г. Красноярске.

3. Транспортные модули

На основании проведенного анализа экологических, экономических и технологических особенностей, предъявляемым к струнной транспортной системе (СТС) протяженностью 1 км на территории г. Красноярска, и анализа эксплуатационных возможностей транспортных модулей предлагается для опытной проверки работоспособности СТС два образца транспортных модулей с электроприводом и с ДВС, унифицированных по блочному принципу.

Первый – пассажирский транспортный модуль для городских и пригородных поездок.

Второй – грузовой транспортный модуль для перевозки промышленных грузов.

3.1. Пассажирский транспортный модуль

Пассажирский модуль струнной транспортной системы для городских и пригородных перевозок с целью максимальной унификации строится по блочному принципу (см. рис. 3.1, 3.2). Каждая транспортная единица (модуль) состоит из трех блоков: агрегатного и двух пассажирских. Агрегатный блок располагается в середине модуля, он имеет небольшую длину, и служит в основном для размещения двигательной установки. На раму агрегатного блока опираются обращенные к середине модуля концы пассажирских блоков. Посредине агрегатного блока имеется достаточно широкий проход, соединяющий передний и задний пассажирские блоки

В качестве двигательной установки используется электрическая силовая установка - два электродвигателя типа ДК-259Е или ДК-213Д2, которые располагаются продольно, внизу, по бокам прохода агрегатного блока. Каждый из электродвигателей приводит колеса своего борта. Для пригородного модуля, на котором требуется более мощная силовая установка, еще два электродвигателя размещаются в концевых частях пассажирских блоков и приводят соответственно передние и задние колеса модуля, таким образом суммарная мощность силовой установки составляет около 200...220 кВт.

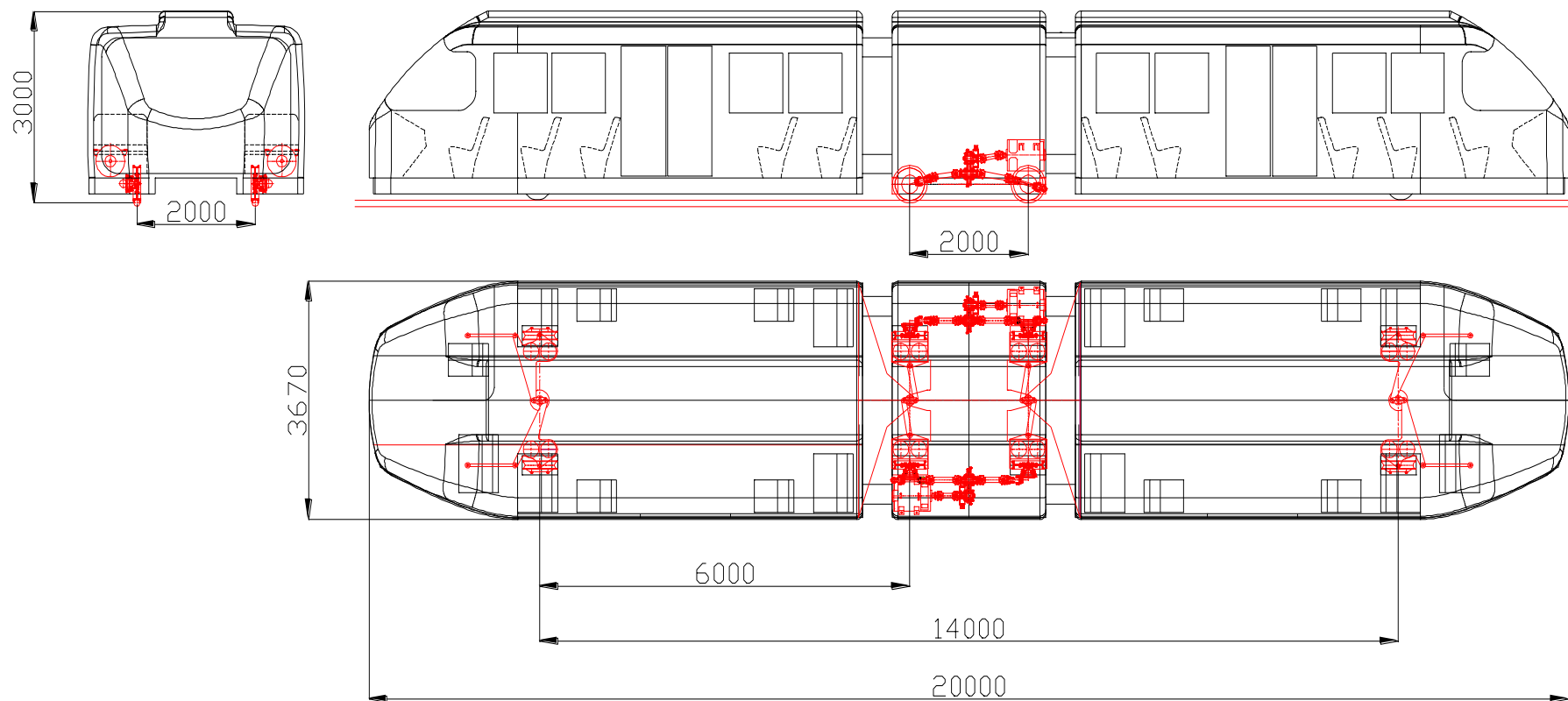
Электрическая схема силовой установки – оригинальная, но может быть заимствована от трамвая.

Над двигателем располагаются агрегаты охлаждения двигателя, установка кондиционирования воздуха и т.п.. С другой стороны прохода могут располагаться вспомогательные помещения: туалеты (в пригородном модуле), багажный отсек, при специальном заказе могут быть другие помещения.

Несущая система агрегатного блока представляет собой сварную раму, на которой закрепляются все агрегаты, а также шарниры, соединяющие агрегатный блок с пассажирскими блоками.

Пассажирские блоки городского и пригородного модулей имеют одинаковую конструкцию, но различаются количеством дверей, количеством

СХЕМА ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО МОДУЛЯ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ СТРУННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ (СТС) ДЛЯ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК



Двигатель

электрический
(2 двигателя по 50 кВт
или 1 двигатель 110 кВт)

Вместимость, чел:

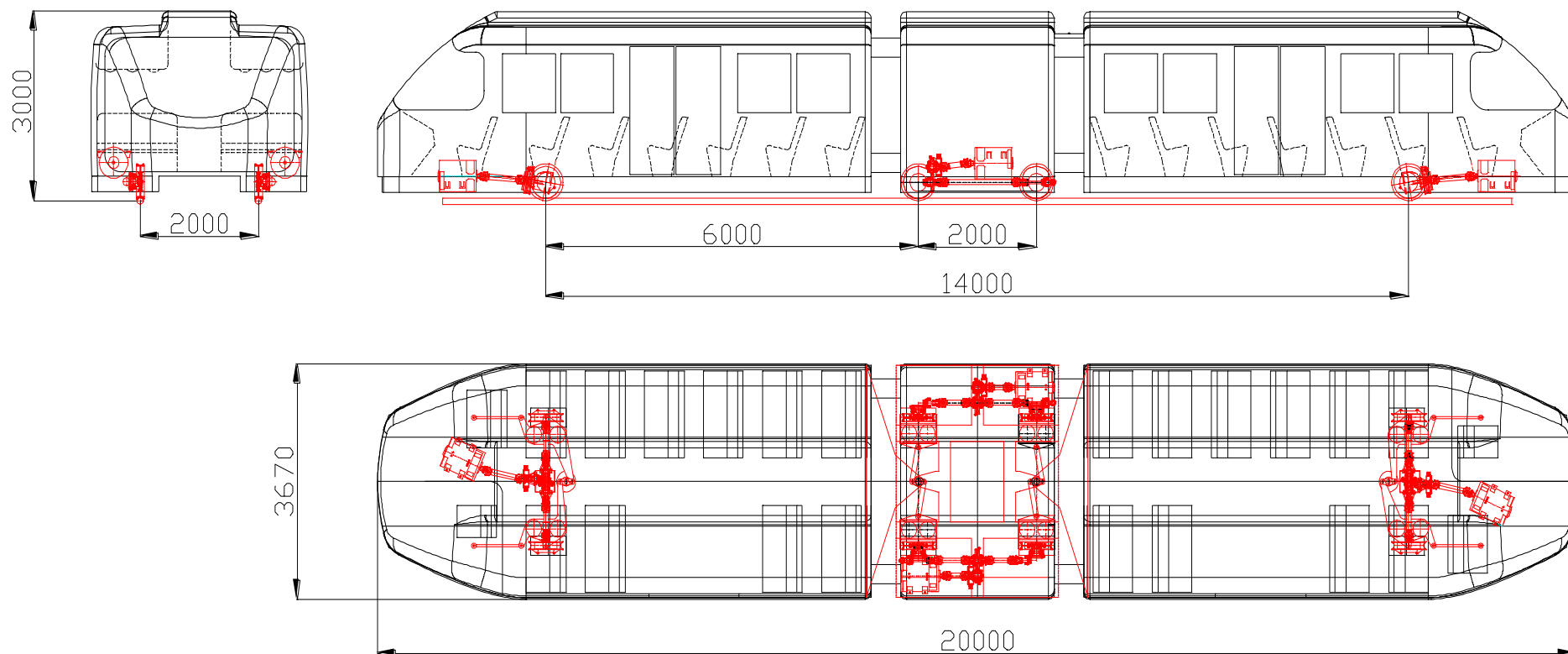
количество мест для сидения	25
номинальная	85
максимальная	145

Максимальная
скорость, км/ч

120

Рис. 3.1

СХЕМА ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО МОДУЛЯ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ СТРУННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ (СТС) ДЛЯ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК



Двигатель

электрический
(4 двигателя по 50 кВт
или 2 двигателя по 110 кВт)

Вместимость, чел:

количество мест для сидения
номинальная

60
80

Максимальная
скорость, км/ч

180

Рис. 3.2

и размещением сидений, наличием (у городского модуля) накопительных площадок, а у пригородного модуля – наличием багажных полок. Несущая система пассажирского блока состоит из продольных элементов (лонжеронов, стрингеров) и поперечных (шпангоутов). Она может быть выполнена сборной из алюминиевых профилей, связанных обшивкой из алюминиевого листа, или формованной заодно с обшивкой из композитных материалов на основе трехслойных панелей («сэндвич»). Конструктивно корпус пассажирского блока выполняется из поперечных секций, имеющих окна или дверные проемы. В зависимости от назначения модуля корпус набирается из различных комбинаций таких секций. Соединение секций между собой производится на шпангоутах. Концевые секции – передняя и задняя – собираются отдельно и также на шпангоутах соединяются со средней частью пассажирского блока. Внешние очертания концевых секций определяются соображениями аэродинамики и эстетики.

Высота пола пассажирского блока равна 170 мм от головки рельса при клиренсе (дорожном просвете) 100 мм. Такая низкая высота пола позволяет организовать станции без перронов, облегчает и ускоряет вход-выход пассажиров. Для использования инвалидных колясок могут быть предусмотрены выдвигающиеся из-под пола короткие пандусы. Высота пола агрегатного блока от головки рельса – 420 мм, поэтому между полом пассажирского блока и агрегатного организованы наклонные пандусы с перепадом высот 250 мм. Подвеска модуля – пневматическая, с регулируемой высотой, что позволяет на остановках опускать весь модуль на 100 мм, что еще более облегчает вход-выход пассажиров.

Комфортабельность модулей обеспечивается соответствием Правилам ЕЭК ООН, климатический комфорт создается установкой кондиционирования воздуха, плавность хода обеспечивается ровностью путевой структуры и пневматической подвеской с автоматическим регулированием. Как дополнительная сервисная услуга – модуль может сопровождать стюардесса.

Краткие технические характеристики пассажирских транспортных модулей СТС для городского и пригородного сообщений приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

ПАРАМЕТРЫ	Городской		Пригородный	
	двигатель 50 кВт	двигатель 110 кВт	двигатель 50 кВт	двигатель 110 кВт
Длина модуля, мм	19980			
Ширина, мм	3620			
Высота от головки рельса, мм	2920			

Таблица 3.1 (продолжение)

Высота пола пассажирской секции, мм				
- в движении	170			
- на остановке	80			
Вместимость:				
- количество мест для сидения	25		60	
- номинальная (4 чел/м ² , по ЕЭК ООН)	85		80	
- максимальная (8 чел/м ²)	145		----	
Масса снаряженного модуля, кг	7700		8800	
Силовая установка электрический двигатель:	ДК-259Е	ДК-213Д2	ДК-259Е	ДК-213Д2
- мощность, кВт	50	110	50	110
- количество, шт	2	1	4	2
Максимальная скорость, км/ч	120		180	
Радиус качения колеса, м	0,315			

3.2. Грузовой транспортный модуль с электродвигателем

Грузовой транспортный модуль предназначен для перевозки различных промышленных грузов (рис. 3.3).

Грузовой модуль в зависимости от его назначения и грузоподъемности набирается из отдельных унифицированных блоков:

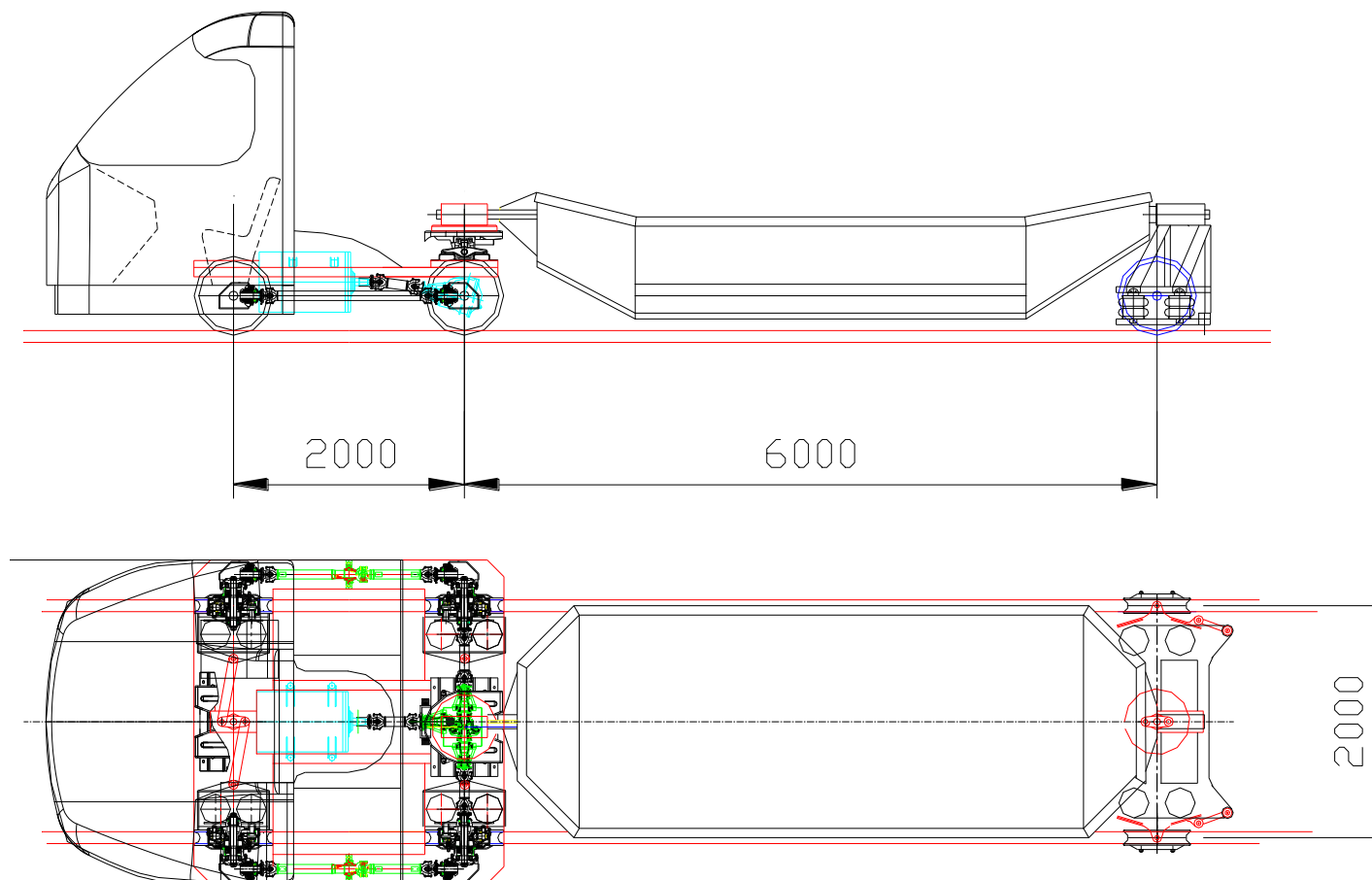
- агрегатного;
- грузового блока (кузов);
- поддерживающего.

Агрегатный блок предназначен для размещения двигательной установки, трансмиссии, систем управления, кроме того, он оборудуется опорно-сцепным устройством.

Грузовой блок (кузов) является емкостью для перевозимых промышленных грузов. Поддерживающий блок служит подвижной опорой грузового блока (кузова).

Общей силовой рамы грузовой транспортный модуль не имеет, ее функции выполняет несущий корпус грузового блока.

СХЕМА ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТНОГО МОДУЛЯ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ
СТРУННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ (СТС) ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГРУЗОВ



ДВИГАТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ
(2 ДВИГАТЕЛЯ ПО 50 КВТ
ИЛИ 1 ДВИГАТЕЛЬ 110 КВТ)

МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ, КМ/Ч 70
ПОЛНАЯ МАССА, Т 10
ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ, Т 6

Рис. 3.3

Блочная компоновка транспортного модуля позволяет удовлетворить самые разные требования по грузоперевозкам при ограниченной номенклатуре конструктивных блоков, изменяя их количество и местоположение в модуле.

При грузоподъемности 10 тонн, грузовой транспортный 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.

Агрегатный блок располагается впереди грузового модуля, он имеет небольшую длину, и служит для размещения кабины, двигательной установки, трансмиссии, опорно-сцепного устройства и т.д.

Задний конец грузового блока имеет специальное шарнирное устройство, которое связывает грузовой блок с двухколесным задним опорным блоком.

Корпус грузового блока – несущий, он связывает агрегатный блок с поддерживающим блоком.

В качестве силовой установки используются электрические двигатели типа ДК-259Е или ДК-213Д2. Электрическая схема силовой установки – оригинальная, но может быть заимствована от трамвая.

Пассивная безопасность обеспечивается встроенной системой пожаротушения, эвакуация персонала с высоко расположенной трассы предполагается с помощью спасательных рукавов. Краткие технические характеристики грузового транспортного модуля СТС приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

ПАРАМЕТРЫ	с одним двигателем	с двумя двигателями
Грузоподъемность, т	6	
Полная масса, т	10	
Силовая установка электрический двигатель:	ДК-213Д2	ДК-259Е
- мощность, кВт	110	50
- количество, шт	1	2
Максимальная мощность двигателя, кВт	110	50
Крейсерская скорость, км/ч	80	
Время, необходимое для разгона модуля до скорости 80 км/ч, с	125	187
Радиус качения колеса, м	0,315	
Полезный объем кузова, м ³	8,5	

3.3. Грузовой транспортный модуль с двигателем внутреннего сгорания

Экспериментальный грузовой транспортный модуль предназначен для проверки конструктивных решений по его агрегатам и системам и должен создаваться на базе готовых покупных агрегатов и соответствовать нижеизложенным требованиям.

3.3.1. Технические требования к экспериментальному грузовому модулю

Полная масса, т	10
Максимальная скорость на горизонтальном участке пути, не менее, км/ч	70
Двигатель – поршневой, дизельный, Д-245 (номинальная мощность 100 кВт (136 л.с.) при 2400 об/мин; крутящий момент 470 Н.м при 1300 об/мин).	
Трансмиссия – на базе автомобильных агрегатов (сцепления, ступенчатой коробки передач, раздаточной коробки, карданных валов и т.п.).	
Тормозная система – с барабанными тормозными механизмами и пневматическим приводом.	
Колеса двухребордные, для рельса круглого поперечного сечения диаметром 102 мм.	
Кузов самосвальный, с боковым опрокидыванием.	

3.3.2. Технические характеристики экспериментального грузового модуля:

Основные данные

1	Полезная нагрузка (включая аппаратуру), кг	6200
2	Количество мест в кабине	1
3	Грузоподъемность (без аппаратуры), кг	6000
4	Снаряженная масса, кг	6400
5	Допустимая полная масса, кг	12600
6	Допустимая нагрузка на ось полуприцепа, кг	4500
7	Допустимая нагрузка на сцепное устройство, кг	2500
8	База модуля, мм	2000
9	База полуприцепа, мм	6000
10	Габаритная длина модуля, мм	8000
11	Габаритная ширина модуля, мм	3000
13	Габаритная высота по кабине модуля, мм	2300
14	Колея опорных колес, мм	2000
15	Погрузочная высота, мм не более	1000
16	Максимальная скорость движения на высшей передаче на горизонтальном прямолинейном участке пути при полной массе, км/ч, не менее	100
17	Наименьший радиус поворота модуля, м	25

Двигатель

18	Производитель	ММЗ г. Минск (Беларусь)
19	Модель	Д245.9-596

Основные параметры двигателя:

20	Тип двигателя	Дизель жидкостного охлаждения, с турбонаддувом
21	Число тактов	4
22	Число цилиндров	4
23	Расположение цилиндров	рядное
24	Направление вращения коленчатого вала	правое
25	Номинальная мощность, л.с.	136
26	Частота вращения при номинальной мощности, мин ⁻¹	2400
27	Максимальный крутящий момент, кгс м	46,9
28	Частота вращения при максимальном значении крутящего момента, мин ⁻¹	1300
29	Минимальная устойчивая частота вращения на холостом ходу, мин ⁻¹ не более	800
30	Максимальная частота вращения холостого хода, ограничиваемая регулятором, мин ⁻¹ не более	2600
31	Удельный расход топлива по внешней скоростной характеристике, г/кВт ч:	
	минимальный	215
	при номинальной мощности	245
32	Требования по выбросам вредных веществ с отработавшими газами	Соответствие нормам Правил ЕЭК ООН №49-02-А (Евро-1)

Система питания двигателя

33	Топливный насос высокого давления (ТНВД)	«Мотопал», четырехплунжерный, золотникового типа, с подкачивающим насосом поршневого типа, привод шестеренчатый, механический, всережимный, центробежный, прямого действия, с устройством для корректировки по наддуву.
34	Форсунки	ФДМ-22, закрытого типа
35	Турбокомпрессор	ТКР-6.1 (регулируемый)
36	Воздушный фильтр	Масленно контактный и моноциклон

Система охлаждения

37	Система охлаждения двигателя	Закрытого типа с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости, с расширительным бачком, рассчитана на применение всесезонной охлаждающей жидкости ОЖ-40, ОЖ-65 ГОСТ 28084-89, ТОСОЛ А-40 ТУ 6-02-751-86 или воды.
38	Термостат	ТС-107-01 с температурой начала открытия клапана 80°С ТУ 37.003.1275-85

Смазочная система

39	Смазочная система	Комбинированная, под давлением смазываются: <ul style="list-style-type: none"> – подшипники коленчатого и распределительного валов; – втулки промежуточной шестерни и шестерни привода топливного насоса; – шатунный подшипник коленчатого вала пневмокомпрессора; – подшипник ротора турбокомпрессора; – механизм привода клапанов; – ТНВД. Все остальные трущиеся поверхности смазываются разбрызгиванием.
40	Система вентиляции картера	Открытая
Сцепление		
41	Тип	Одноступенчатое, сухое, с пружинным гасителем крутильных колебаний на ведомом диске.
42	Число пар трущихся поверхностей	2
43	Фрикционные накладки	Из асбестовой композиции
44	Привод сцепления	Гидравлический с пневматическим усилителем.
Коробка передач		
45	Тип	Механическая, с пятью передачами для движения вперед и одной для движения назад, с двумя синхронизаторами инерционного типа для включения второй и третьей, четвертой и пятой передач.
46	Передаточные числа:	
	1-ая передача	5,65
	2-ая передача	2,64
	3-ья передача	1,48
	4-ая передача	1,00
	5-ая передача	0,81
Карданная передача		
47	Карданные валы	5, открытого типа.

48	Карданные шарниры	10, на игольчатых подшипниках (с постоянным запасом смазочного материала – 8, с пополнением смазки – 2).
Главная передача		
49	Главная передача	Одноступенчатая, гипоидная
50	Передаточное число	3,273
51	Полуоси	Разгруженного типа
52	Дифференциал главной передачи	Шестеренчатый конический
53	Колесный редуктор	Оригинальный. Передаточное число 1,727.
Рама		
54	Рама тягача модуля	«Лестничного» типа, сварная, состоящая из лонжеронов и поперечин, с буксирным приспособлением в передней части и сцепным устройством в задней
Подвеска		
55	Подвеска колес	Независимая, пружинная или пневматическая
Колеса и ступицы.		
56	Колеса опорные и приводные	4 металлические, двухребордные, с оригинальным профилем качения.
58	Ступицы	Литые, снабжены роликовыми коническими подшипниками. Конструкция ступиц позволяет демонтировать колесо без демонтажа ступицы с цапфы.
Тормоза		
59	Рабочий	Барабанный с внутренними колодками, привод пневматический.
60	Стояночный	Барабанный с внутренними колодками, привод механический.
Электрооборудование		
61	Система электрооборудования	Однопроводная, минус соединен с «массой». Номинальное напряжение 12В. Для работы стартера – 24В.
62	Генератор	2022.3771 (14В, 90А) переменного тока с встроенным выпрямителем и выносным регулятором.

63	Аккумуляторные батареи	Две, 6СТ110 или две 6СТ190
64	Стартер	20.3708 мощностью 6,0 кВт (8,2 л. с.), 24В.

Кабина

65	Кабина	Цельнометаллическая, закрытая, одноместная, с теплоизоляцией.
66	Подвеска кабины	На четырех резиновых подушках.
67	Отопление кабины	Жидкостное, от системы охлаждения двигателя, с центробежным вентилятором. Ручка управления заслонкой канала отопителя расположена на щите кабины.
68	Вентиляция кабины	Через опускающиеся стекла, поворотные форточки дверей, вентиляционные люки в крыше.
69	Сидение	Сидение водителя регулируемое.
70	Стеклоочиститель	Пневматический, двухщеточный.
71	Устройство для обмыва стекла	Насос с педальным приводом, бачок и две форсунки.

Полуприцеп

72	Конструкция	Безрамный, с несущим кузовом.
73	Кузов	Цельнометаллический самосвальный кузов с продольной осью опрокидывания.
74	Привод опрокидывания	Гидравлический

Модуль может управляться автоматической системой или водителем, находящимся на нем. Управление модулем из кабины водителя с органами ручного управления предусматривается для отработки сложных экспериментов, требующих непосредственного участия оператора.

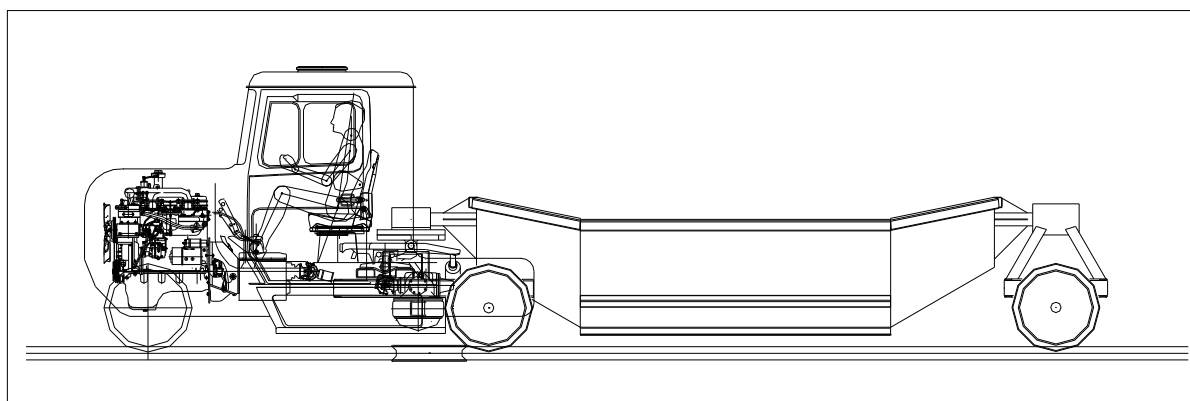


Рис 3.4 Внешний вид экспериментального грузового модуля.

3.4 Описание агрегатов трансмиссии, ходовой части и тормозной системы транспортных модулей

Трансмиссия транспортного модуля состоит из нескольких редукторов, соединенных карданными передачами. Для возможности движения модуля по закруглениям пути с малыми радиусами, привод ведущих колес правого и левого борта дифференциальный. Все четыре колеса агрегатного блока – ведущие.

Подвеска всех колес грузового модуля независимая, с пневматическими упругими элементами регулируемой жесткости в зависимости от загрузки. Это позволяет иметь малую массу неподрессоренных частей и снижает динамические нагрузки на путь и элементы самого модуля. Кинематическая схема подвески оригинальная, позволяющая двухребордным колесам свободно приспосабливаться к изменениям рельсовой колеи. Задние колеса модуля, расположенные на опорном блоке, поворотные, они «отслеживают» поворот рельса на закруглениях пути.

Тормозная система модуля – оригинальная.

Торможение грузового модуля производится в три этапа: при относительно высокой скорости 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 автомобильного типа, которые обеспечивают и стояночный режим.

В состав фрикционных тормозов входят следующие тормозные системы:

- рабочая тормозная система для регулирования скорости движения модуля с требуемым замедлением вплоть до полной остановки в любых эксплуатационных условиях;
- стояночная тормозная система для удержания модуля в неподвижном положении на уклоне или подъеме;
- запасная тормозная система, предназначенная для снижения скорости движения и остановки модуля при выходе из строя рабочей тормозной системы;
- вспомогательная тормозная система (если предполагается использование модуля на трассе СТС со значительными уклонами), обеспечивающая поддержание постоянной скорости движения модуля на затяжных спусках при одновременном снижении нагрузки на рабочую тормозную систему.

3.5. Существующие аналоги пассажирских транспортных модулей

С целью ускорения создания экспериментальных транспортных модулей был проведен анализ передового отечественного и зарубежного опыта создания троллейбусов и автобусов. В результате такого анализа выявилось, что наиболее близкие аналоги транспортных модулей СТС разработаны и выпускаются в республике Беларусь на производственном объединении «Белкоммунмаш», которое освоило передовые технологии изготовления относительно легких корпусов троллейбусов и трамваев с учетом передовых зарубежных технологий типа технологий немецкой фирмы «Neoplan». Суть этих технологий состоит в соединении предварительно растянутой оболочки с каркасом, что обеспечивает постоянно-напряженное состояние каркаса и оболочки, увеличивает жесткость и долговечность конструкции.

Новое поколение троллейбусов ПО «Белкоммунмаш» представлено моделью 333.

Внешний вид троллейбуса представлен на рис. 3.5, на рис 3.6 указаны основные размеры троллейбуса. Удачное сочетание формы и функции сделали этот троллейбус удобным для пассажиров и обслуживающего персонала. Применение тягового электродвигателя переменного тока и использование IGBT технологии для системы управления позволяет экономить до 40% электроэнергии. Низкий уровень пола и возможность наклона троллейбуса на остановках в сторону посадочной площадки сокращают время посадки и дают максимум комфорта пассажирам. Встроенный дизель-электрический агрегат расширяет возможности движения троллейбуса без подвесной контактной сети.

Основные технические характеристики :

Пассажировместимость, чел.	166
Количество мест для сидения	42
Масса снаряженного троллейбуса, кг	16640
Полная конструктивная масса, кг	28000
Номинальное напряжение (по ГОСТ 69620), В	550
Часовая мощность тягового электродвигателя, кВт	185
Номинальное напряжение цепей управления, В	24

По спецзаказу троллейбус может быть изготовлен в односекционном варианте. Для использования этой разработки на экспериментальной трассе в Красноярске необходима разработка нового токосъемного устройства и замена колес на металлические. Стоимость такого транспортного модуля для СТС составит 200-250 тыс. долл.



Рис 3.5

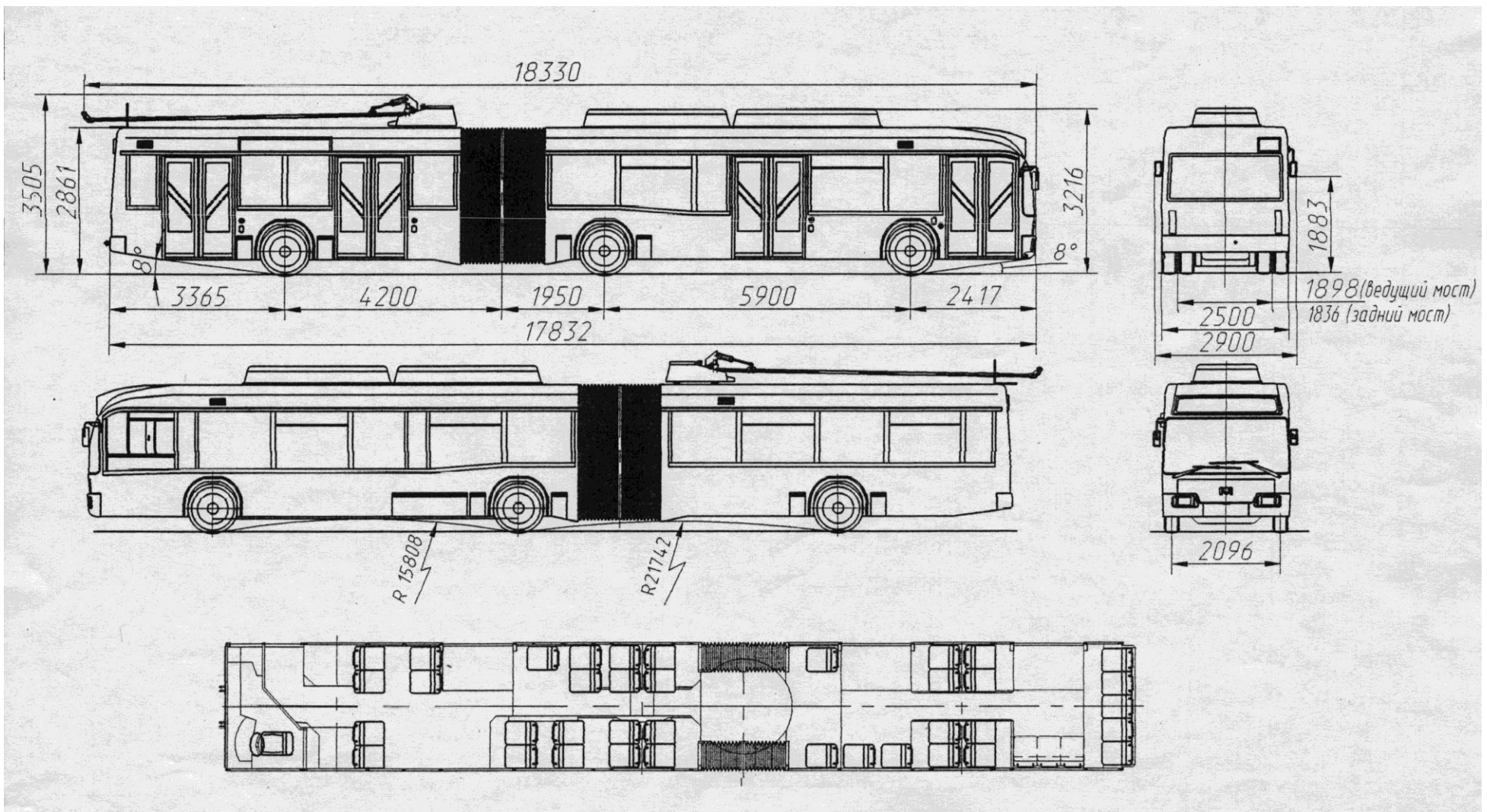


Рис. 3.6

В качестве другого аналога может быть рассмотрен трамвай нового поколения также разработки ПО «Белкоммунмаш». Внешний вид трамвая представлен на рис. 3.7.

Трамвайный вагон оборудован тиристорно-импульсной системой управления тяговыми тяговыми электродвигателями постоянного тока, позволяющей при движении экономить 30% электроэнергии. Трамвайные тележки выполнены с двойным подрессориванием типа МЕГИ, что обеспечивает снижение шума и повышает плавность хода трамвайного вагона. Комфортабельный интерьер обеспечивает удобства для пассажиров и позволяет производить автоматизированную уборку салона. Кабина водителя спроектирована с учетом современных требований эргономики.

Основные технические характеристики :

Конструкция	Четырехосный трамвайный вагон
Мощность тяговых электродвигателей	4×76 кВт
Система торможения	электродинамический тормоз, механический колодочный тормоз с электромеханическим приводом, рельсовый электромагнитный тормоз
Расчетная скорость, км/час	75
Ширина колеи, мм	1524
Диаметр колеса, мм	710
Пассажировместимость, чел.	211
Мест для сидения	30

Для использования этой разработки на экспериментальном участке также как и для предыдущего аналога, необходима разработка нового токосъемного устройства, замена колес и разработка новой подвески. Стоимость работ будет аналогична стоимости использования разработок по троллейбусу – 200-250 тыс. руб..

Возможен вариант изготовления экспериментальных модулей силами организаций Красноярского края с использованием опыта и комплектующих ПО «Белкоммунмаш».

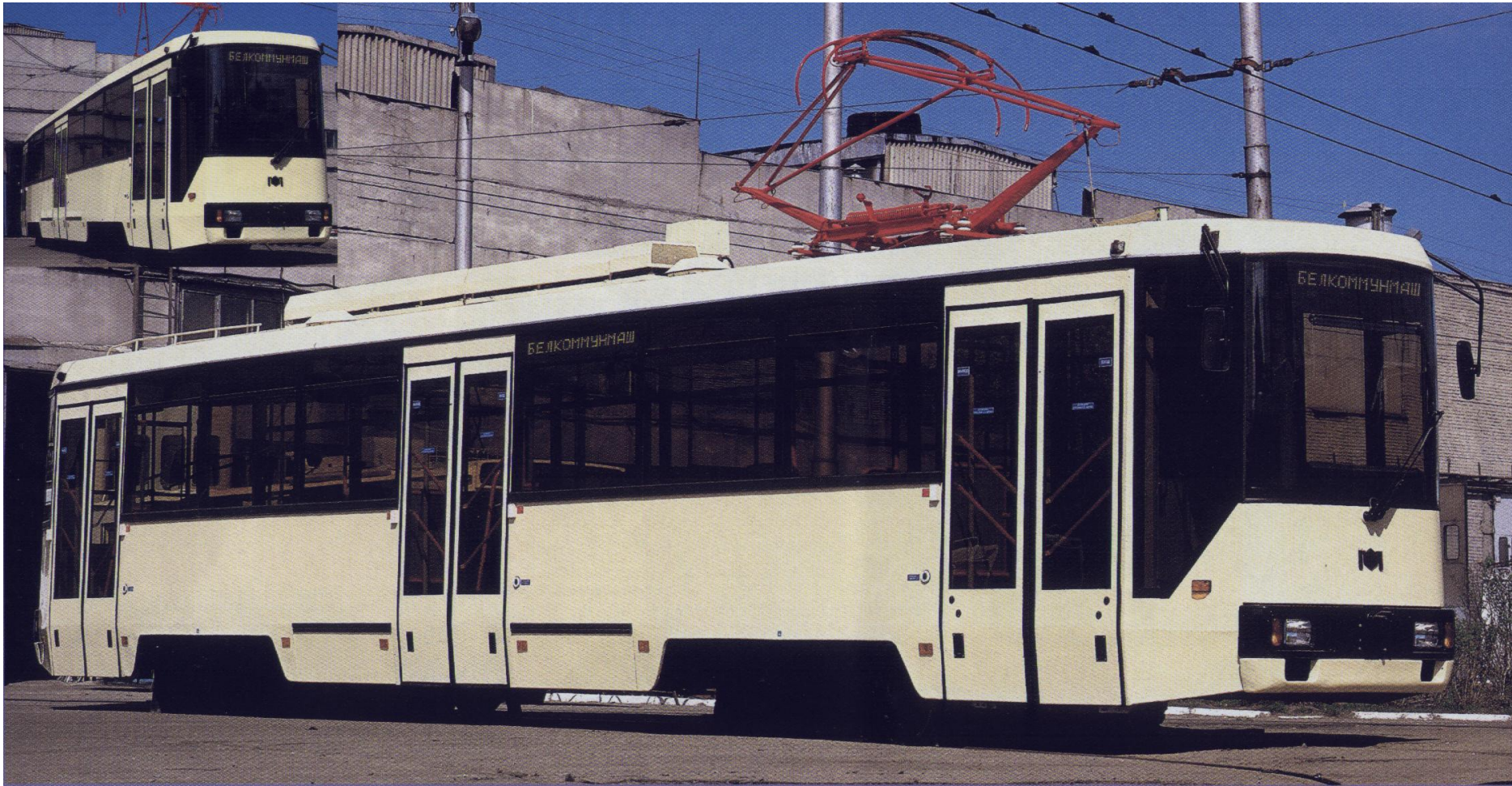


Рис. 3.7

4. Программа проведения испытаний

Объекты испытаний. Цели проведения испытаний

Исходя из целей и задач опытного участка трассы, а также в соответствии с принятой концепцией управления движением по СТС, объектами испытаний на опытном участке трассы протяженностью в 1 км являются:

- а) экспериментальный грузовой модуль;
- б) экспериментальный пассажирский модуль;
- б) путевая структура с системой контроля и диагностики;
- в) диспетчерский пункт;
- г) элементы системы связи;
- д) элементы системы навигации и контроля местоположения модулей;
- е) элементы информационно-аналитического комплекса.

Структурная схема системы контроля, управления и связи приведена на рис. 4.1.

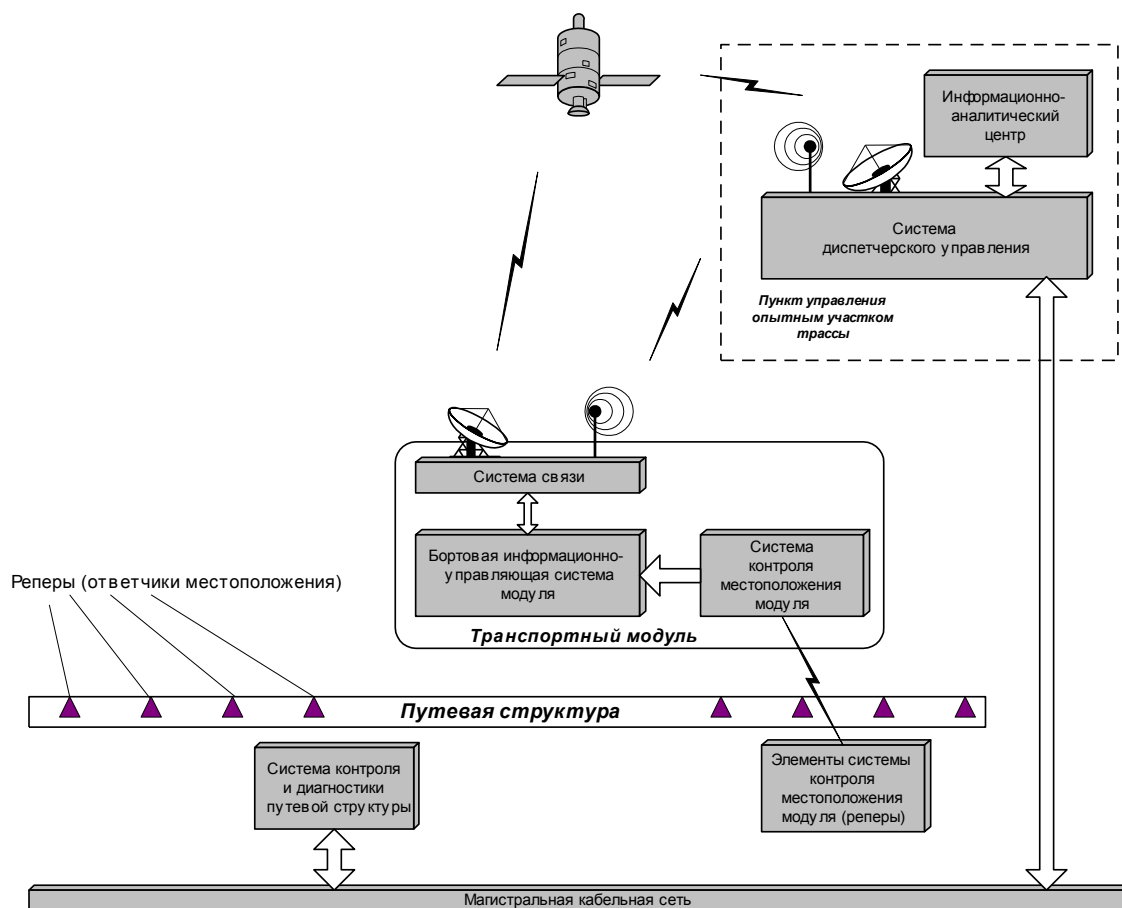


Рис. 4.1.

Цели испытаний:

Контроль правильности функционирования модулей. Отработка взаимодействия, взаимосвязей и устранение взаимовлияния бортовых систем, агрегатов и конструкций модулей.

Получение реальных технических характеристик модулей и комплектующих их систем, агрегатов и конструкции при скоростях движения до 150 км/ч;

Отработка парирования нештатных ситуаций, которые могут возникнуть при эксплуатации модулей.

Отработка методик и программного обеспечения модулей и комплектующих их систем, агрегатов и конструкции при штатном и нештатном функционировании.

Отработка реальных характеристик разгона и торможения модулей до скоростей 150 км/ч при ускорениях разгона и торможения от $0,5 \text{ м/с}^2$ до $3,0 \text{ м/с}^2$.

Получение реальных совместных динамических характеристик модулей и путевой структуры при разгоне и торможении до скоростей 150 км/ч.

Отработка реальных режимов движения модулей при постоянных скоростях от 20 км/час до 100 км/час.

Получение реальных совместных динамических характеристик модулей и путевой структуры при постоянных скоростях движения 20 км/час до 100 км/час.

Комплексная отработка системы контроля, управления, навигации и связи со всеми входящими в нее элементами, включая:

- программное обеспечение системы контроля, управления, навигации и связи;
- эксплуатационную документацию по всем составным частям СТС.

4.2. Этапы испытаний

4.2.1. Автономная отладка системы контроля и диагностики путевой структуры.

4.2.2. Автономная отладка элементов системы связи, установленных на опытной трассе, модулях и диспетчерском пункте.

4.2.3. Автономная отладка БИУС модулей.

4.2.4. Последовательная отработка режимов движения модулей, начиная с малых скоростей и до скорости 150 км/ч.

4.2.5. Отработка парирования нештатных ситуаций модулей, комплектующих их систем, агрегатов, путевой структуры и системы контроля, управления, навигации, связи.

4.3. Программа испытаний

4.3.1. Программа проведения испытаний определяется целями, задачами и намеченными этапами.

4.3.2. Последовательность проведения испытаний определяется следующими требованиями к готовности систем: сначала должна быть готова система контроля, далее система обмена информацией, система связи, система управления. После гарантийной готовности систем контроля, связи и управления, то есть систем, обслуживающих проведение испытаний, приступают непосредственно к испытаниям.

Испытания ведутся по принципу «от простого – к сложному», то есть в нашем случае – переход от малых ускорений и скоростей к максимальным.

4.3.3. При получении отклонений от расчетных (запланированных) процессов или замечаний по контролю и функционированию, испытания останавливаются для устранения замечаний или объяснения величин отклонений. После письменных заключений об устранении замечаний или объяснении причин отклонений дается заключение о возможности продолжения испытаний. Заключение утверждается Генеральным конструктором или лицом, им уполномоченным.

4.3.4. По каждому этапу работ выпускается отчет, утверждаемый Генеральным конструктором или лицом, им уполномоченным, только после чего дается разрешение на продолжение испытаний. В отчете должно быть приведено заключение по каждому агрегату и системе, в котором должны быть приведены гарантии безопасности продолжения работ.

4.4. Организация работ по методическому, программно-математическому обеспечению, обработке и анализу результатов

4.4.1. Методическое и программно-математическое обеспечение большой, сложной, не имеющей аналогов системы представляет собой комплексную научно-техническую проблему. Отсюда, организация работ, четкое распределение обязанностей и ответственности, повседневная координация работ по отдельным направлениям является залогом положительного результата.

4.4.2. Весь комплекс работ по методическому и программному обеспечению складывается из трех направлений:

- тестовая проверка аппаратно-программных средств систем, входящих в СТС, а также СТС;
- методическое и программное обеспечение функционирования составляющих вычислительной структуры СТС и вычислительной структуры СТС в целом;
- методическое и программное обеспечение решения прикладных целевых задач СТС, то есть управление работой модулей, управление движением и пр.

4.4.3. Распределение обязанностей по обеспечению выполнения п. 4.4.2 предлагается следующее:

- проверка программно-аппаратных средств и функционирование вычислительных структур систем, входящих в СТС, обеспечиваются разработчиками составляющих СТС;
- проверка аппаратно-программных средств и функционирование вычислительных структур СТС в целом обеспечивается силами РОФ.
- методическое и программное обеспечение решения прикладных задач обеспечивается силами РОФ.

4.4.4. Обработка и анализ информации делится на два этапа – оперативная и полная.

4.4.4.1. Оперативная обработка и анализ ведутся в реальном времени, что накладывает жесткие требования по надежности и достоверности получения результатов испытаний. Обработка и анализ проводятся автоматически аппаратурой диспетчерского пункта.

Задачами обработки и анализа являются:

- обеспечение правильности выполнения и отображения заданной циклограммы эксперимента;
- парирование нештатных ситуаций при их появлении;
- обеспечение безопасности работ, по результатам оперативного анализа дается заключение на дальнейшее ведение работ.

4.4.5. Полная обработка и анализ, как правило, проводятся в отложенном времени, при этом обрабатываются и сопоставляются все виды информации.

Задачами полной обработки и анализа являются:

- получение реальных технических характеристик систем, агрегатов и объектов в целом;
- определение реальных запасов прочности, устойчивости и т.п.;
- тенденции к улучшению (ухудшению) характеристик;
- обоснованность и правильность задания допусков на значения характеристик и величин.

Последние два пункта обеспечиваются проведением статистического анализа, результат которого дает возможность модернизации и оптимизации созданных конструкций, а также обеспечение лучших характеристик при создании следующих поколений аппаратуры.

5. Система контроля, управления, навигации и связи

5.1. Исходные данные для разработок системы контроля, управления, навигации и связи

5.1.1. В основу исходных данных для разработки системы контроля, управления, навигации и связи положен объем измерений, необходимый для информационного обеспечения функционирования как экспериментального, так и штатного модуля. За основу принят грузовой модуль. Грузовой модуль включает в себя более двадцати систем, агрегатов, элементов конструкции. В таблице 5.1 приведен перечень систем и агрегатов грузового и пассажирского модулей, требующих контроля и управления.

Таблица 5.1

№№ п/п	Системы и агрегаты	Грузовой модуль	Пассажирс кий модуль
1.	Двигатель основной	+	+
2.	Трансмиссия	+	+
3.	Ходовая часть	+	+
4.	Колеса	+	+
5.	Основная тормозная система	+	+
6.	Запасная тормозная система	+	+
7.	Аварийная тормозная система	+	+
8.	Топливная система	+	+
9.	Кузов	+	+
10.	Система штатного энергоснабжения	+	+
11.	Система аварийного энергоснабжения	+	+
12.	Грузовой отсек	+	
13.	Двери (люки)		+
14.	Кондиционирование салона (отопление и вентиляция)		+
15.	Пассажирское место		+
16.	Внутреннее освещение салона		+
17.	Голосовая связь пассажиров с диспетчером (проводником)		+

Таблица 5.1 (продолжение)

18.	Аудиовизуальное оповещение пассажиров о движении		+
19.	Система пожарной сигнализации и пожаротушения	+	+
20.	Аварийная сигнализация		+
21.	Системы аварийного спасения модуля		+
22.	Система эвакуации, индивидуального спасения		+
23.	Система контроля и прогноза метеоусловий	+	+
24.	Система оперативного контроля путевой структуры	+	+
25.	Багажный отсек		+
26.	Обеспечение психологического комфорта (музыка, видео, мультимедиа -экскурсии)		+
27.	Хранение продуктов (дорожное питание)		+
28.	Гигиеническая кабина, утилизация отходов		+
29.	Стеклоочистители		+
30.	Штатная система связи	+	+
31.	Аварийная система связи	+	+
32.	Система определения местоположения модуля	+	+
33.	Система контроля взаимного положения модулей	+	+
34.	Система стыковки и буксировки	+	+
35.	Бортовая информационно-управляющая система модуля	+	+
36.	Предстартовый контроль агрегатов	+	+

5.1.2 Анализ комплекса измерительных параметров дает возможность обобщить необходимое количество датчиковых входов в БИУС.

5.1.2.1. Число аналоговых параметров – до 150 шт.

Число температурных параметров – до 50 шт.

Число сигнальных параметров – до 100 шт.

Итого: до 300 параметров.

5.1.2.2. Возможная информативность по каждому датчиковому входу – число опросов в секунду – 1, 10, 20, 50, 100, 200.

Суммарная информативность по датчиковым входам – 400 изм/сек.

5.1.2.3. Число цифровых входов (цифровых потоков) до 10.

Смысловое их распределение следующее:

- ЦП 1 – от штатной системы радиосвязи (ШСРС);
- ЦП 2 – от аварийной системы связи (АСРС);
- ЦП 3 – от штатной системы проводной связи (ШСПС);
- ЦП 4 – от аварийной системы проводной связи (АСПС);
- ЦП 5 – от космической навигационной системы;

- ЦП 6 – от оперативного контроля путевой структуры;
- ЦП 7 – от системы взаимного положения модулей;
- ЦП 8 – от бортовых систем.

5.1.2.4. В бортовой информационно-управляющей системе должен быть предусмотрен резерв по цифровым входам: принимается дополнительно два входа.

5.1.2.5. Суммарная информативность по всем цифровым входам одновременно не должна превышать 8000 байт/сек.

5.1.3. Бортовая информационно-управляющая система выдает информацию:

- на исполнительные органы модуля;
- в систему связи с диспетчерским пунктом;
- в систему связи с последующим модулем.

5.1.4. Управляющая информация на исполнительные модули выдается на БИУС через приборы (платы) сопряжения БИУС с исполнительными органами.

5.1.4.1. Во внешние системы БИУС выдает информацию в виде цифровых потоков:

- ЦП 11 – от БИУС в ШСРС;
- ЦП 12 – от БИУС в АСРС;
- ЦП 13 – от БИУС в ШСПС;
- ЦП 14 – от БИУС в АСПС;
- ЦП 15 – от БИУС по системе связи в последующий модуль;
- ЦП 16 – резервный выход от БИУС.

5.1.5 Возможная информативность каждого цифрового потока (байт/сек): 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400.

5.1.6. Максимальные информативности цифровых потоков (байт/сек):

- ЦП 1 – 3200 (1600);
- ЦП 2 – 1600 (800);
- ЦП 3 – 6400;
- ЦП 4 – 3200;
- ЦП 5 – 800;
- ЦП 6 – 800;
- ЦП 7 – 400;
- ЦП 8 – 800;
- ЦП 9, ЦП 10 – дополнительно прорабатываются на этапе эскизного проектирования;
- ЦП 11 – 3200;
- ЦП 12 – 1600;
- ЦП 13 – 6400;
- ЦП 14 – 3200;
- ЦП 15 – 800;
- ЦП 16 – дополнительно прорабатывается на этапе эскизного проектирования.

5.1.7. Для пассажирского модуля объем измеряемой информации в 1,5 раза больше, чем для грузового модуля.

5.1.8. СТС планирует использование автоматической системы управления, т. е. отсутствие экипажа в пассажирском модуле. В связи с этим пассажирские трассы и модули должны дополнительно оборудоваться:

- системой голосовой дублированной связи «диспетчер-модуль» для информирования пассажиров в случае нештатных ситуаций;
- системой психологического комфорта (музыка, видео, мультимедиа-экскурсии, телефон с внешним миром и т. п.).

5.2. Возможная кооперация при создании систем контроля, управления, навигации и связи

5.2.1. Как указывалось в томе 1 настоящего отчета – система контроля, управления, навигации и связи – большая, сложная, многокомпонентная система, включающая в себя методическое, программное и аппаратное обеспечение. Все компоненты системы должны быть оптимальным образом увязаны между собой. Система должна быть открытой, т. е., с одной стороны, она должна позволять в случае необходимости вводить в свой состав новые составные части или исключить имеющиеся, с другой стороны, усовершенствовать и модернизировать существующие компоненты без доработок других составляющих. Такой подход требует создания комплексного, взаимосвязанного проекта системы в целом с последующим тщательным контролем технического содержания работ на всех этапах создания системы – начиная от проекта и кончая эксплуатацией собственно струнной транспортной системы.

Отсюда, естественное желание поручить работу такой организации, которая могла бы разработать и комплексно увязать между собой основные компоненты системы контроля, управления, навигации и связи.

В процессе работы были проведены работы с рядом организаций. Анализ взаимодействий и представленных ими материалов показал следующее:

1. Создание проекта системы в целом, увязывающее ее основные компоненты и практическая реализация системы может быть поручена:

- 3.1. ООО «ГЕО Спектрум»;
- 3.2. НИИ Космического Приборостроения;
- 3.3. Концерн ГФУП "СИСТЕМПРОМ"
- 3.4. ЗАО «ИнформСистемПрибор-М».

2. Отдельные компоненты системы прорабатываются с другими организациями, в частности:

- БИУС: НПЦ «Вертикаль», НПО Измерительной Техники, ООО «НПФ Инфотех», ОКБ МЭИ;
- система связи: ОКБ МЭИ, ОКБ МФТИ, НИИ Космического Приборостроения, МКБ «Компас», ЗАО «ПРИН»;
- система контроля состояния путевой структуры: ООО «ИНТРОН», НПО ИТ, МАИ;

– датчиковая и преобразующая аппаратура (данной проблемой занимаются десятки организаций), следует назвать: НИФИ, НПО ИТ, НПП «Сура», ЗИЛ и др.;

5.2.2. Для окончательного решения о кооперации для создания системы контроля, управления, навигации и связи принято решение о параллельной конкурсной разработке проекта системы организациями ООО «ГЕО Спектрум», НИИ КП, ЗАО «ИнформСистемПрибор-М» с последующим подключением, в случае необходимости, отдельных организаций для решения частных вопросов.

6. Определение стоимости проектирования и строительства опытно-экспериментального участка СТС протяжённостью 1 км в г. Красноярске

Технико-экономические показатели строительства и эксплуатации двухпутной грузопассажирской опытно-экспериментальной трассы СТС в г. Красноярске протяжённостью 1 км представлены в табл. 6.1...6.8 и расчётах 5.1-5.11.

Таблица 6.1

Стоимость 1 км двухпутной грузопассажирской опытно-экспериментальной транспортной линии СТС в г. Красноярске

Конструктивный элемент	Ориентировочная стоимость, тыс. USD/км
1. Путьевая структура, всего, из них:	745,0
1.1. Рельс-струна	470,0
1.2. Поддерживающие канаты (ванты)	215,0
1.3. Система электросъёма	40,0
1.4. Система аварийного электропитания	20,0
2. Опоры и фундаменты, всего, из них:	484,5
2.1. Промежуточные опоры – 13 шт. (высота до 15 м), всего	95,0
2.2. Анкерные опоры – 2 шт. (высота до 15 м), всего	157,5
2.3. Опоры-пилонны – 2 шт. (высота до 30 м), всего	182,0
2.4. Земляные работы	30
2.5. Площадки для аварийной остановки	20
3. Системы технического контроля, всего, из них:	40,0
3.1. Система контроля за состоянием опор и путевой структуры	10,0
3.2. Система контроля за движением транспортного потока	20,0
3.3. Система контроля метеоусловий и внешних воздействий	10,0
4. Радиорелейная система управления движением транспортного потока, всего, из них:	65,0
4.1. Система управлением движением транспортного потока	30,0
4.2. Система проводной и радио связи	20,0
4.3. Система обеспечения безопасности	15,0
ВСЕГО:	1334,5

Таблица 6.2

**Стоимость грузопассажирской двухпутной опытно-экспериментальной
трассы СТЮ в г. Красноярске протяжённостью 1 км**

Наименование элементов трассы	Кол-во (объём работ)	Стоимость ед. работ, тыс. USD	Общая стоимость, тыс. USD	Удельный вес элементов трассы в общих капитальных вложениях
1. Транспортная линия, всего, в том числе:	1 км	1 334,5	1 334,5	47,83%
1.1. Путевая структура	1 км	745,0	745,0	26,70%
1.2. Фундаменты и опоры	1 км	484,5	484,5	17,37%
1.3. Системы технического контроля	1 км	40,0	40,0	1,43%
1.4. Радиорелейная система управления движением транспортного потока	1 км	65,0	65,0	2,33%
2. Стоимость инфраструктуры, всего, в том числе:		240	400,0	14,34%
2.1. Платформы	2 шт.	80,0	160,0	5,73%
2.2. Грузовые терминалы	2 шт.	80,0	160,0	5,73%
2.4. Депо и ремонтные мастерские	1 шт.	80,0	80,0	2,87%
3. Подвижной состав, всего, в том числе:	8 шт.		450,0	16,13%
3.1. Грузовые модули	2 шт.	40,0	80,0	2,87%
3.2. Пассажирские модули	2 шт.	90,0	180,0	6,45%
3.3. Грузовые модули аварийного резерва	1 шт.	40,0	40,0	1,43%
3.4. Пассажирские модули аварийного резерва	1 шт.	90,0	90,0	3,23%
3.5. Модули для аварийного обслуживания трассы	1 шт.	30,0	30,0	1,08%
3.6. Модули технического контроля за состоянием трассы	1 шт.	30,0	30,0	1,08%
4. Инженерно-изыскательские работы	1 км	133,45	133,45	4,78%
5. Проектно-конструкторские работы по путевой структуре, подвижному составу, инфраструктуре и системам управления	-	-	218,45	7,83%
6. Прочие и непредвиденные расходы	-	-	253,64	9,09%
Итого:	-		2 790,04	100%

Таблица 6.3

Количество обслуживающего персонала трассы СТС и годовые издержки по заработной плате

Обслуживающий персонал трассы	Кол-во объектов на трассе, шт.	Кол-во обслуживающего персонала, чел.		Средне-месячная заработная плата, тыс. USD	Годовая заработная плата персонала, тыс. USD*	
		на один объект	всего		грузовые перевозки	пасс. перевозки
1. Грузовых терминалов	2	10	20	0,2	48	-
2. Депо и ремонтные мастерские	1	10	10	0,2	8	16
3. Платформ	2	10	20	0,2	-	48
4. Бригады контроля состояния трассы и её ремонта	2	10	20	0,2	16	32
5. Прочие рабочие и работники	-	-	5	-	76,0	104,0
Всего:	-	-	75	-	76,0	104,0
Итого:	-	-	75	-	180,0	

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

Таблица 6.4

Годовые суммы амортизационных отчислений

Наименование объектов	Балансовая стоимость объектов трассы, включая прочие затраты*, тыс. USD	Срок службы, лет	Годовая норма амортизационных отчислений, %	Годовая сумма амортизационных отчислений, тыс. USD
1. Транспортная линия, всего, в том числе:	1725,24			
• грузовые перевозки	569,33	100	1	5,69
• пассажирские перевозки	1155,91	100	1	11,56
2. Объекты инфраструктуры, всего, в том числе:	515,67			
• грузовые перевозки	170,17	75	1,3	2,21
• пассажирские перевозки	345,50	75	1,3	4,49

Таблица 6.4 (продолжение)

3. Модули, всего, в том числе:	547,25			
• грузовые перевозки	181,22	8	12,5	22,65
• пассажирские перевозки	367,92	8	12,5	45,99
Всего:				
Грузовые перевозки	920,71			30,56
Пассажирские перевозки	1869,33			62,04
Итого:	2790,04	-	-	92,60

*Расчёт балансовой стоимости представлен в расчёте 6.1.

Таблица 6.5

Годовые эксплуатационные издержки на техобслуживание
и ремонт трассы и подвижного состава

Наименование	Стоимость, тыс. USD	Годовая норма затрат на ТО и ремонт, %	Годовая сумма затрат на ТО и ремонт, тыс. USD
1. Транспортная линия:			
- по грузовым перевозкам	667,25	0,5	3,34
- по пассажирским перевозкам	667,25	0,5	3,34
2. Инфраструктура:			
- по грузовым перевозкам	186,40	0,5	0,93
- по пассажирским перевозкам	213,60	0,5	1,07
3. Модули:			
- по грузовым перевозкам	150,00	2	3,00
- по пассажирским перевозкам	300,00	2	6,00
Всего:			
- по грузовым перевозкам			7,27
- по пассажирским перевозкам			10,40
Итого:	-	-	17,67

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

Таблица 6.6

Годовой расход электроэнергии по подвижному составу

Тип модуля	Средне- суточный пробег модуля, км	Текущий рас- ход электро- энергии, кВт*ч/100 км	Кол-во использо- емых модулей в год, шт.	Коэффициент использования модулей в году	Годовой рас- ход электро- энергии на 1 модуль, кВт*ч	Всего, кВт*ч в год
Грузовой	48	43,11	2	0,833	6 292	12 583
Пассажирский	72	43,11	2	0,833	9 437	18 875
Всего:	-	-	-	-	-	31 458

Таблица 6.7

Годовые затраты на электроэнергию по подвижному составу

Тип модуля	Среднесуточный пробег модуля с грузом, км	Текущий расход электроэнергии, кВт*ч/100 км	Кол-во используемых модулей в год, шт.	Коэффициент использования модулей в году	Цена 1 кВт*ч, USD	Годовая стоимость электроэнергии, тыс. USD
Грузовой	48	43,11	2	0,833	0,1	1,26
Пассажирский	72	43,11	2	0,833	0,1	1,89
Всего:	-	-	-	-	-	3,15

Таблица 6.8

Годовой грузо- и пассажиропоток

Вид перевозок	Средняя скорость движения модуля, км/ч	Время, затрачиваемое на 1 рейс, мин.	Грузоподъёмность т / число посадочных мест 1 модуля	Коэффициент загрузки модуля	Время работы модуля в сутки, час	Кол-во используемых модулей в год, шт.	Коэффициент использования модулей в году	Годовой грузо / пассажиропоток, т / чел.
Грузовые перевозки	60	15	6	0,95	12	2	0,833	166 373
Пассажирские перевозки	60	15	125	0,8	18	2	0,833	4 378 248

Расчёт 6.1

Расчёт балансовой стоимости элементов трассы

а) Балансовая стоимость транспортной линии:

- по грузовым перевозкам:

$$(1334,5+133,45\cdot 0,77+(218,45+253,64)\cdot 0,61)\cdot 0,33=569,33 \text{ тыс. USD};$$

- по пассажирским перевозкам:

$$(1334,5+133,45\cdot 0,77+(218,45+253,64)\cdot 0,61)\cdot 0,67=1155,91 \text{ тыс. USD}.$$

б) Балансовая стоимость инфраструктуры:

- по грузовым перевозкам:

$$(400,00+133,45\cdot 0,23+(218,45+253,64)\cdot 0,18)\cdot 0,33=170,17 \text{ тыс. USD};$$

- по пассажирским перевозкам:

$$(400,00+133,45\cdot 0,23+(218,45+253,64)\cdot 0,18)\cdot 0,67=345,50 \text{ тыс. USD}.$$

в) Балансовая стоимость модулей:

- по грузовым перевозкам:

$$(450,00+(218,45+253,64)\cdot 0,21)\cdot 0,33=181,22 \text{ тыс. USD};$$

- по пассажирским перевозкам:

$$(450,00+(218,45+253,64)\cdot 0,21)\cdot 0,67=367,92 \text{ тыс. USD},$$

где 0,77; 0,23 – соответственно доли стоимости транспортной линии и инфраструктуры в их сумме;

0,61; 0,18; 0,21 – соответственно доли стоимости транспортной линии, инфраструктуры и подвижного состава в их общей стоимости;

0,33; 0,67 – соответственно доли стоимости грузовых и пассажирских модулей в общей стоимости модулей.

Расчёт 6.2

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:

$$76,00\cdot 0,356=27,06 \text{ тыс. USD/год}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$104,00\cdot 0,356=37,02 \text{ тыс. USD/год}$$

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

а) по грузовым перевозкам:

$$76,00+30,56+7,27+1,26+27,06=142,15 \text{ тыс. USD/год}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$104,00+62,04+10,40+1,89+37,02=215,35 \text{ тыс. USD/год}$$

Годовые затраты на маркетинг

Сумма годовых затрат на маркетинг устанавливается на уровне 0,5% от годовых издержек.

а) по грузовым перевозкам:

$$142,15 \cdot 0,005 = 0,71 \text{ тыс. USD/год;}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$215,35 \cdot 0,005 = 1,08 \text{ тыс. USD/год.}$$

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:

$$142,15 \cdot 0,01 = 1,42 \text{ тыс. USD;}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$215,35 \cdot 0,01 = 2,15 \text{ тыс. USD.}$$

Годовые эксплуатационные издержки

а) по грузовым перевозкам:

$$142,15 + 0,71 + 1,42 = 144,27 \text{ тыс. USD}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$215,35 + 1,08 + 2,15 = 218,59 \text{ тыс. USD}$$

Расчёт 6.7

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:

$$\frac{144\,270 \text{ USD/год}}{166\,373 \text{ т/год} \cdot 1 \text{ км}} = 0,867 \text{ USD/т} \cdot \text{км.}$$

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

$$\frac{218\,590 \text{ USD/год}}{4\,378\,248 \text{ пасс./год} \cdot 1 \text{ км}} = 0,05 \text{ USD/пасс.} \cdot \text{км}$$

Расчёт 6.8

Годовая балансовая прибыль от перевозок

а) Тариф на перевозку грузов струнной транспортной системой установлен на уровне 1,5 USD на 1 т·км, что является конкурентоспособной ценой аналогичной перевозки (с одного берега реки на другой берег) по сравнению с другими видами транспорта в крае. Тогда годовая прибыль от эксплуатации трассы по грузовым перевозкам:

$$(1,5 - 0,867) \text{ USD /т} \cdot \text{км} \cdot 166,373 \text{ тыс. т/год} \cdot 1 \text{ км} = 105,31 \text{ тыс. USD.}$$

Тогда стоимость провоза 1 т груза по всей трассе (1 км) составит 1,5 USD.

б) Цена пассажирского билета установлена на уровне 0,1 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:

$$(0,1-0,05)\text{USD/пасс.}\cdot\text{км} \cdot 4378,248 \text{ тыс. пасс./год} \cdot 1 \text{ км} = 219,0 \text{ тыс.USD}$$

Тогда стоимость проезда 1 пассажира по всей трассе (1 км) составит 0,1 USD.

Расчёт 6.9

Годовая чистая прибыль от перевозок

Рассчитывается с учётом ставки налога на прибыль - 35% от балансовой прибыли:

а) по грузовым перевозкам:

$$(1-0,35) \cdot 105,31 \text{ тыс. USD} = 68,4 \text{ тыс. USD}$$

б) по пассажирским перевозкам:

$$(1-0,35) \cdot 219,0 \text{ тыс. USD} = 142,35 \text{ тыс. USD}$$

Расчёт 6.10

Удельные капитальные вложения на 1 км строительства транспортной системы

$$K_{\text{уд}} = \frac{2266,0 \text{ тыс.USD}}{1 \text{ км}} = 2266,0 \text{ тыс. USD/км}$$

Расчёт 6.11

Рентабельность эксплуатации трассы по чистой прибыли

а) Общая:

$$R_o = \frac{(68,4 + 142,35) \text{ тыс. USD/год}}{(144,27 + 218,59) \text{ тыс. USD/год}} \cdot 100\% = 58\% ;$$

б) По грузовым перевозкам:

$$R_r = \frac{68,4 \text{ тыс. USD/год}}{144,27 \text{ тыс. USD/год}} \cdot 100\% = 47,4\% ;$$

в) По пассажирским перевозкам:

$$R_{п} = \frac{142,35 \text{ тыс.USD}}{218,59 \text{ тыс.USD}} \cdot 100\% = 65,1\% .$$

Технико-экономические показатели эксплуатации двухпутной грузопассажирской опытно-экспериментальной трассы СТЮ в г. Красноярске протяжённостью 1 км в зависимости от изменения грузо- и пассажиропотоков представлены в таблице 6.9 (тариф на перевозку 1 тонны груза установлен на уровне 1,5 USD на 1 т·км, а цена пассажирского билета - в размере 0,1 USD на 1 пасс·км). Зависимость технико-экономических показателей двухпутной грузопассажирской опытно-экспериментальной трассы СТС в г. Красноярске протяжённостью 1 км от величины грузо- и пассажиропотоков приведена в таблице 6.9.

Таблица 6.9

Показатели	Пассажиро/грузопоток, млн. пасс./млн. т в год				
	2,189/ 0,083	3,289/ 0,124	4,378/ 0,166	5,489/ 0,207	6,589/ 0,249
Себестоимость:					
- грузовых перевозок, USD/т·км	1,741	1,161	0,867	0,696	0,580
- пассажирских перевозок, USD/пасс·км	0,010	0,670	0,050	0,040	0,033
Годовая чистая прибыль от:					
- грузовых перевозок, тыс. USD	-14,01	29,56	68,40	116,71	160,29
- пассажирских перевозок, тыс. USD	0,54	77,54	142,35	231,54	308,54
Рентабельность общая, %	-3,71	29,53	58,00	96,03	129,92
Рентабельность грузовых перевозок, %	-9,69	20,46	47,40	80,76	110,92
Рентабельность пассажирских перевозок, %	0,25	35,55	65,10	106,15	141,45

Зависимость себестоимости грузовых и пассажирских перевозок по опытно-экспериментальной трассе в г. Красноярске протяженностью 1 км от величины грузо- и пассажиропотоков приведена на рис. 6.1.

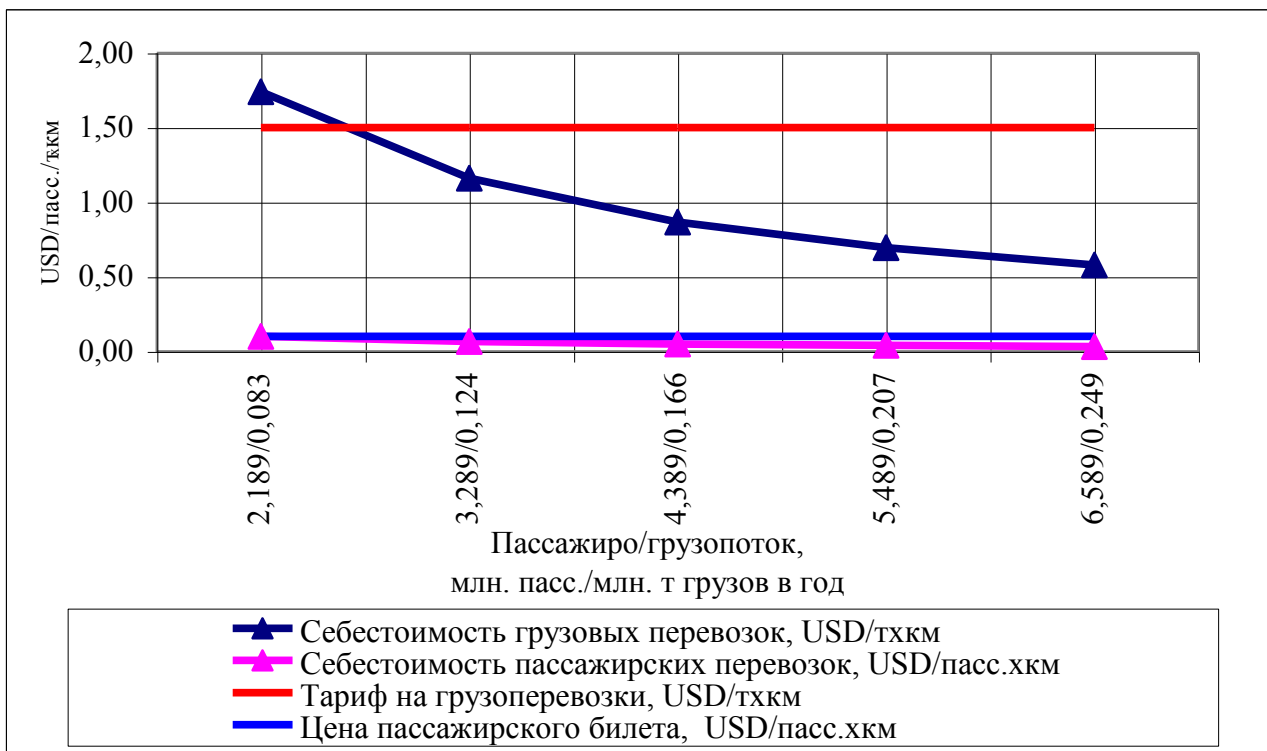


Рис. 6.1

Изменение рентабельности эксплуатации опытно-экспериментальной трассы в г. Красноярске протяженностью в 1 км от величины грузо- и пассажиропотоков приведена на рис. 6.2.

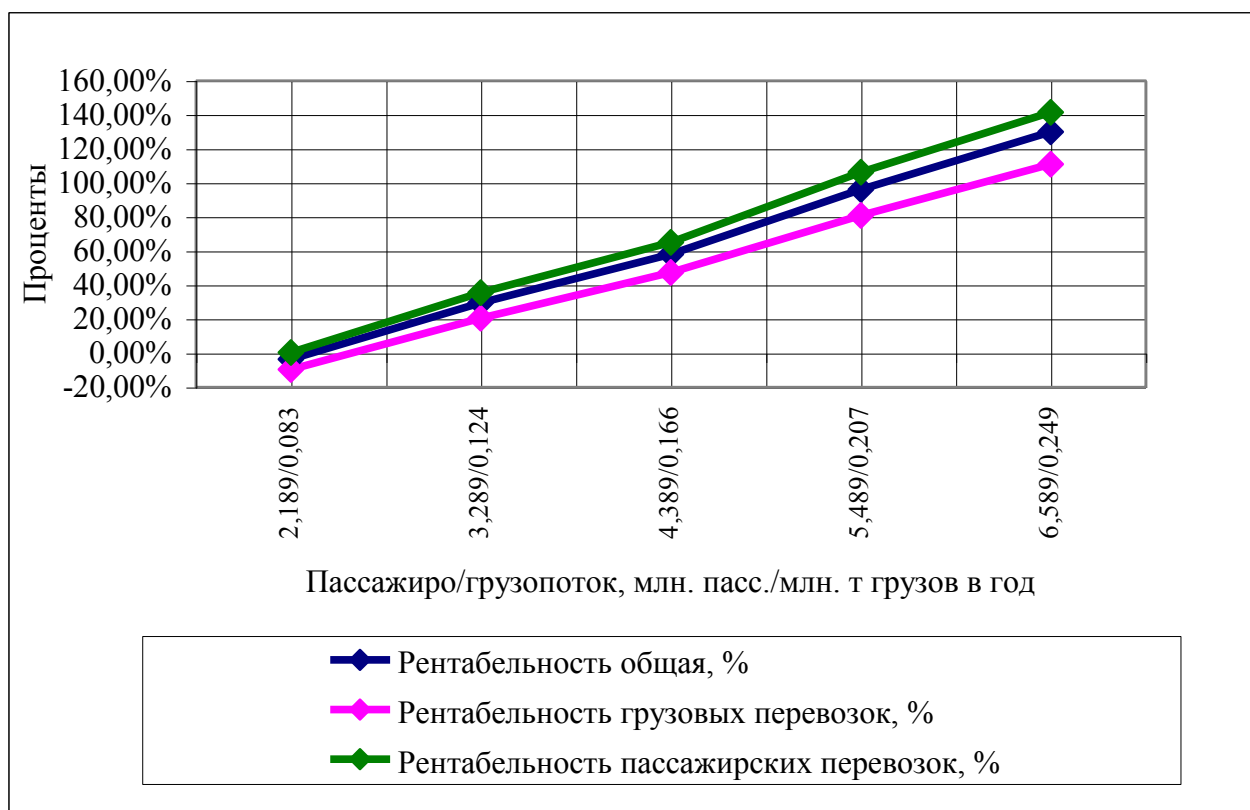


Рис. 6.2

Выводы

1. С целью формирования программы создания в Красноярском крае транспортных сетей на основе СТС проведены предварительные проектные проработки технического облика опытно-экспериментального участка СТС длиной 1 км в г. Красноярске по маршруту ЦПК и О – остров Отдыха.

2. Проектные проработки показали, что материалоемкость опытно-экспериментального участка СТС составит:

- бетон марки 300	-650-800 м ³
- арматура и закладные детали	-15-18 т
- вес опор (трубы от 80 до 1000 мм)	-180-240 т
- вес канатов	-230-250 т

Предполагается изготовление и монтаж участка СТС длиной 1 км осуществить силами местных организаций Красноярского края, применение импортных материалов не предполагается.

3. Стоимость создания трассы, инфраструктуры и подвижного состава (8 транспортных модулей) оценивается в 2.8 млн. долл., срок создания трассы - 1.5 года после начала финансирования, срок начала экспериментальной эксплуатации – 2.5 года после начала финансирования, при этом может быть обеспечен пассажиропоток – 1000 пасс/час с возможностью наращивания до 5000 пасс/час или грузопоток ~50 т/час с возможностью наращивания до 250 т/час.

4. Критическими звеньями в создании трассы являются финансирование и отсутствие нормативных документов применительно к СТС для проведения сертификации (при экспериментальной эксплуатации).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к тому III

Основные требования
к созданию опытного участка СТС

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель создания участка СТС протяженностью 1 км	3
2. Назначение и основные задачи опытного участка СТС протяженностью 1 км в Красноярске	3
3. Технические требования к опытному участку СТС протяженностью 1 км в г. Красноярске	4

1. Цель создания участка СТС протяженностью 1 км

Дальнейшая отработка технологических, экономических и других требований к характеристикам СТС на опытном участке СТС протяженностью 1 км применительно к конкретному земельному отводу в г. Красноярске, уточнение стоимости капитальных вложений, эксплуатационных затрат, оптимизации конструктивных решений и технологии строительства.

2. Назначение и основные задачи опытного участка СТС протяженностью 1 км в г. Красноярске

3.1. Отработка конструктивных особенностей элементов и узлов путевой структуры применительно к климатическим условиям края.

3.2. Отработка конструктивных особенностей фундаментов и их частей под анкерные и промежуточные опоры применительно к климатическим условиям края.

3.3. Отработка конструктивных особенностей анкерных и поддерживающих (промежуточных) опор.

3.4. Отработка технологии строительства фундаментов, монтажа анкерных и промежуточных опор, натяжения несущих и поддерживающих канатов, монтажа рельсов и элементов путевой структуры.

3.5. Определение стоимости строительства путевой структуры применительно к климатическим условиям края.

3.6. Отработка скоростных режимов движения транспортных модулей по путевой структуре, включая разгон и торможение, их оптимизация.

3.7. Проверка аэродинамических характеристик транспортных модулей пассажирских, грузовых, грузо-пассажирских, их устойчивости на путевой структуре.

3.8. Подтверждение конструктивных особенностей транспортных модулей, систем привода, управления, оптимизации профиля колеса, мощности двигателей и т.д.

3.9. Определение требований к техническим системам контроля за состоянием путевой структуры и подвижного состава.

3.10. Оптимизация систем связи и диспетчеризация.

3.11. Проведение дальнейших статистических и динамических испытаний и оптимизация всех конструктивных, технических, технологических, компоновочных, дизайнерских, экологических, экономических параметров.

3.12. Подготовка материалов для государственных органов стандартизации.

3.13. Подготовка материалов для разработки строительных норм и правил (СНиПов) на строительство СТС.

3. Технические требования к СТС опытного участка протяженностью 1 км в г. Красноярске

3.1. Расстояние между анкерными опорами – 1 км. Установить первую в Центральном парке Культуры и отдыха г. Красноярска, вторую - на острове Отдыха.

3.2. Предусмотреть преодоление водной преграды (р. Енисей) без установки промежуточных опор в акватории водной преграды.

3.3. Обеспечить высоту в чистоте от поверхности воды до низа конструкции СТС не менее 10м для обеспечения прохода судов.

3.4. На сухопутных береговых участках СТС предусмотреть промежуточные (поддерживающие) опоры на расстоянии от 25 до 40м.

3.5. Предусмотреть установку анкерных опор высотой от 5 до 10м.

3.6. Оборудовать анкерные опоры пассажирскими посадочными платформами и лестничными маршами для подъема на них.

3.7. Усилия натяжения канатов определить проектом. Расчеты конструкций вести для температуры окружающей среды от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$ и относительно влажности воздуха – 100%.

3.8. Предусмотреть применение отечественных материалов, в т.ч. производимых предприятиями местной промышленности.

3.9. Количество путей – 2.

3.10. Ширина колеи пути – 2 м.

3.11. Расстояние между крайними рельсами путей определить проектом.

3.12. Максимальная скорость передвижения транспортных модулей – 100км/ч.

3.13. Количество транспортных модулей – 3 с наращиванием до 8.

3.14. Тип транспортного модуля определить проектом.

3.15. При возведении участка СТС предусмотреть возможность привлечения технического потенциала и трудовых ресурсов местных строительно-монтажных организаций.

3.16. При рабочем проектировании разработать технологические оснастки, приспособления и механизмы для возведения СТС.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
к тому III

Программа статических и динамических испытаний

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель проведения испытаний. Виды испытаний	3
2. Задачи измерений при статических испытаниях	3
3. Задачи измерений при динамических испытаниях	3
4. Технологические особенности системы измерений	4
5. Предложения по программе проведения испытаний	5
6. Предварительный вариант реализации датчиковой аппаратуры	8

1. Цель проведения испытаний. Виды испытаний

Целью проведения испытаний является экспериментальное подтверждение результатов расчетов конструкции путевой структуры СТС, а также отработка программ и методик измерений при испытаниях путевой структуры.

Для получения объективной оценки опытного участка трассы предполагается проведение двух видов испытаний – статические и динамические.

2. Задачи измерений при статических испытаниях

Измерения при статических испытаниях выполняются с целью получения достоверной информации о точности установки элементов путевой структуры, о воздействии на путевую структуру транспортного средства (модуля) и протекании процессов релаксации. Задачами измерений при проведении статических испытаний являются:

- определение статического состояния путевой структуры в исходном положении без нагрузок;
- экспериментальное определение прогибов путевой структуры при статическом приложении нагрузки (имитатора транспортного модуля);
- контроль изменения положения опор в процессе эксплуатации;
- контроль смещения фундаментов опор.

На первом этапе исследований на трассе предполагается проводить статические измерения:

- 1) Прогибы путевой структуры.
- 2) Положения анкерных и промежуточных опор (измерение углов отклонения от вертикали).
- 3) Изменения геометрии элементов конструкции (изгиб или скручивание опор, изменение ширины колеи).
- 4) Положение фундаментов анкерных и промежуточных опор.

3. Задачи измерений при динамических испытаниях

Динамические измерения выполняются с целью получения достоверной информации в реальном масштабе времени о реакции путевой структуры на ударные воздействия, что позволит получить форму и амплитуду собственных колебаний путевой структуры. На опытном участке трассы предполагается проводить измерения частоты колебаний с использованием виброакселерометров.

Измерения выполняются в диапазоне 0 ... 30 Гц и в диапазоне 1 ... 125 Гц.

4. Технологические особенности системы измерений

4.1. Технологические особенности измерительной системы статических измерений

4.1.1. Измерение прогибов

Датчики измерения прогибов устанавливаются в представительных местах, наиболее полно характеризующих поведение путевой структуры при нагружении и релаксации. Для обеспечения начала отсчета необходимо построение базы.

База может быть выполнена в двух вариантах:

- a) В виде отдельного независимого натянутого троса или ненапрянутого уголка, проложенного в непосредственной близости от объекта измерений. Подобное построение базы подходит при использовании датчиков линейных перемещений с входом стержневого типа.
- b) В виде швеллера (или другой конструкции), уложенного на уровне земли или на небольшой высоте. Такое построение базы целесообразно использовать в случае использования датчиков с тросовым приводом чувствительного элемента.

Возможны два варианта установки датчиков измерения прогиба на путевой структуре:

- a) Установка датчиков на заранее определенных и подготовленных местах (стационарный вариант). В этом случае, при изготовлении несущей и поддерживающей конструкций необходимо подготовить места для установки датчиков. Допускается размещение датчиков на поддерживающей структуре. Количество подготавливаемых мест установки должно превышать количество используемых датчиков.
- b) Установка датчиков на специальных зажимах (в виде трубки) - мобильный вариант. В этом случае становится возможным относительно быстрое и простое перемещение датчиков в любую точку путевой структуры, что позволит:
 - использовать меньшее количество датчиков;
 - реализовать корректировки в методике измерений с наименьшими затратами и не вносить изменения в конструкцию путевой структуры.

В обоих случаях необходимо точно установить датчики с целью минимизации ошибок измерений (горизонтирование или осевая ориентация).

4.1.2. Измерение положений анкерных и промежуточных опор

Измерение углов выполняется в соответствии с методикой (инструкцией) работы с теодолитом. Для измерения медленных изменений положений опор необходимо построение специальной реперной площадки для прецизионной установки теодолита.

4.1.3. Измерение ухода фундамента

Выполняется измерением расстояний до реперной точки (целесообразно использовать реперную площадку теодолита). Возможно использование датчиков линейных перемещений или механического индикатора измерения расстояний.

4.1.4. Измерение ширины колеи

Может выполняться как с использованием датчиков линейных перемещений, используемых для измерения прогиба, так и с помощью механического индикатора.

4.2. Прокладка кабелей

Кабельное оборудование, предназначенное для соединения датчиковой аппаратуры с аппаратурой обработки, может устанавливаться двумя способами:

- a) По схеме непосредственного соединения датчиков с блоком сбора информации.
- b) С использованием коммутационных коробок и магистрального кабеля.

В случае принятия мобильного варианта установки датчиков необходимо предусмотреть достаточный запас кабеля для обеспечения перемещений датчиков

5. Предложения по программе проведения испытаний

5.1. Сила натяжения канатов и других элементов конструкции путевой структуры (труб) контролируется на этапе монтажа стенда. В процессе испытаний на стенде измерения силы натяжения могут выполняться, при необходимости, несколькими способами:

- косвенным способом (измерение прогиба рельса при приложении фиксированной нагрузки, с последующим вычислением силы натяжения);
- прямым способом, путем установки в силовую схему путевой структуры датчиков измерения силы, при этом возможны следующие варианты реализации схемы измерений:
- использование датчиков измерения силы (систем измерения сил), что позволяет реализовать непрерывный контроль натяжения;
- использование тензодатчиков, в этом случае потребуется измерительно-вычислительный комплекс с соответствующим ПМО.

5.2. Измерение прогибов

5.2.1. Измерения без нагрузки

Выполняются измерения прогибов в определенных точках:

- непосредственно после установки (в течение первых 20 минут после завершения монтажа путевой структуры);
- в течение первых 36 часов периодически через 6 (12) часов;
- регулярно через 3 ... 5 сут.

5.2.2. Измерения при нагружении

Выполняются измерения прогибов в определенных точках при остановке имитатора модуля в определенных положениях на пути.

На начальном этапе целесообразно выполнить 3 серии измерений:

- в период первоначального установления пути (после 36 часов);
- в течение первых 7 ... 10 суток;
- по окончании периода испытаний имитатора модуля (при достижении максимального времени нахождения нагрузки на пути).

5.3. Измерение положений анкерных и промежуточных опор и ухода фундамента.

5.3.1. Измерения без нагрузки

Измерения производятся:

- непосредственно после завершения монтажа пути (в течение первых 20 минут);
- через 36 часов после завершения монтажа пути;
- регулярно через 3 ... 5 сут.

5.3.2. Измерения при нагружении

Измерения производятся с привязкой к измерениям прогибов при нагружении.

5.4. Измерение ширины колеи

Измерения выполняются в период установки пути (после истечения первых 36 часов) и в последующем после каждых 10 ... 12 часов нахождения имитатора модуля на пути. (Всего 5 – 7 серий измерений при 10 – 12 точках измерений).

5.5. Динамические измерения

5.5.1. Технологические особенности измерительной системы динамических измерений.

- а) Целью измерений динамических параметров является экспериментальное подтверждение результатов расчетов динамических характеристик путевой структуры СТС и отработка программы и методики измерений динамических параметров на полигоне.
- б) Задачами измерений при проведении динамических испытаний являются:
 - экспериментальное подтверждение расчетных значений параметров собственных колебаний путевой структуры;
 - экспериментальное определение динамических характеристик путевой структуры при наличии статической нагрузки.

Измерение вибропараметров

Датчики измерения параметров вибрации устанавливаются в представительных местах, наиболее полно характеризующих реакцию путевой структуры на воздействие. При работе датчиков вибропараметров база не используется.

Целесообразно использование одного варианта установки датчиков - установка на специальных зажимах – струбцинах. В этом случае легко осуществимо перемещение датчиков в любую точку путевой структуры, что позволит определять точки минимумов и максимумов методом последовательного приближения. Конструкция зажимов не должна вносить искажения параметров вибрации более, чем на 5 %.

Способ возбуждения колебаний:

Предлагается способ возбуждения колебаний путем плавного приложения силы, направленной вниз, и резкого (скачкообразного) уменьшения натягивающей силы до нуля. (Подвешивание груза к путевой структуре с последующим «отрывом» соединяющего каната). Достоинства предложенного способа возбуждения:

- простота реализации;
- неразрушающее и щадящее воздействие на путь;
- возможность статического измерения максимальной амплитуды отклонения.

Предварительно основные вопросы технологии измерений и совершенствования программ и методик будут отработаны на стенде путевой структуры «ПС 015».

6. Предварительный вариант реализации датчиковой аппаратуры

Описание приборов системы контроля и управления, используемых при испытаниях модуля на стенде «путевая структура»:

В соответствии с программой измерений и методикой проведения испытаний система измерений путевой структуры комплектуется тремя типами датчиковой аппаратуры:

6.1. Для определения перемещений элементов путевой структуры при проведении статических испытаний используются потенциометрические датчики типа ВТ – 713, ВТ - 718. Связь между объектом измерений и датчиком обеспечивается штоком или тросовым приводом. Особенность датчиков – высокая надежность в условиях воздействий вибраций, ударов, температур, повышенной влажности.

Диапазоны измерений:

нижний – 0 - 1.4 мм
 верхний – 0 – 750 мм.
 Погрешность – 2%,
 Напряжение питания – 0 – 6 в,
 Температура окружающей среды - +- 50 град.
 Виброускорение - 150 – 400 м/с².
 Масса - 0.18 – 0.3 кг.

6.2. Для определения собственных частот колебаний и средней линии колебаний используются датчики линейных ускорений и датчики виброускорений.

6.2.1. Датчики линейных ускорений типа АЛЕ 037 или АЛЕ 048 являются прецизионными акселерометрами с магнитоэлектрическим уравновешиванием:

диапазон измерений	от $\pm 0.6g$ до $\pm 0.9g$:
частотный диапазон измерений	от 0 до 32 Гц:
погрешность	0.13 – 0.2 %
напряжение питания	+ $(5 \pm 1.5)V$: 27 (+5, -3)V:
масса	0.22 кг:
температура окружающей среды	± 50 град.:
виброускорение	350 м/с ² .

6.2.2. Датчики виброускорений типа АНС 041-01, АНС-048-03 имеют пьезоэлектрический чувствительный элемент, работающий на изгиб, представляющий собой бимоду, т.е. два кольцевых элемента – пьезоэлектрический и металлический, наложенных друг на друга.

Частотный диапазон измерений : 1 – 125 Гц:

Амплитудный диапазон определяется характеристиками преобразования:

Температура окружающей среды -	-50 - +200 град.:
Питания не требует.	
Чувствительность	100 мВ/g.
Масса	0.018+-0.135 кг.