

Высокоскоростная транспортная услуга  
по перевозке пассажиров  
на основе технологий СТЮ  
«Сухум — Сочи»

Подвижной состав

Информационная записка



Москва 2009

## Содержание

1.	Введение	3
2.	Конструкция высокоскоростного поезда СТЮ	3
2.1.	Концепция поезда	3
2.2.	Краткое описание поезда и технические характеристики поезда с тремя пассажирскими модулями	5
2.3.	Анализ топливной экономичности дизель-электрического поезда СТЮ	9
2.4.	Калькуляция отпускной цены дизель-электрического поезда СТЮ	11
2.5.	Сравнение дизель-электрического поезда СТЮ с высокоскоростным пассажирским поездом по удельному энергопотреблению	13
3.	Анализ варианта электропривода с питанием от контактной сети	14
4.	Вариант дизель-электрического поезда СТЮ «челночного» исполнения	14
5.	Головной разработчик подвижного состава и соисполнители разработки	17
6.	Заключение	17

## 1. Введение

В настоящей записке в кратком виде приведены предварительные технико-экономических показатели подвижного состава высокоскоростной транспортной услуги СТЮ по перевозке пассажиров между городами Сухум и Сочи.

Рассмотрен дизель-электрический вариант конструктивного исполнения высокоскоростного поезда СТЮ на 44 пассажирских места, приведены основные технические характеристики, проведены калькуляция его отпускной цены и анализ топливной экономичности. Произведено сопоставление удельного энергопотребления поезда СТЮ с высокоскоростным пассажирским поездом типа TGV-NG (Франция).

Проанализирован также вариант электропитания высокоскоростного поезда СТЮ от контактной сети.

## 2. Конструкция высокоскоростного поезда СТЮ

### 2.1. Концепция поезда

В высокоскоростном поезде СТЮ, важной отличительной чертой которого является высокая аэродинамичность наружных обводов (коэффициент лобового аэродинамического сопротивления  $C_x$  около 0,2), заложена модульная схема построения. Далее рассматривается дизель-электрический вариант высокоскоростного поезда СТЮ.

В конструкции поезда используются четыре типа унифицированных модулей: носовой модуль, ходовой модуль, пассажирский модуль (салон), кормовой модуль.

В носовом модуле (см. рис. 2.1) размещены: отсек водителя с оборудованием для управления поездом, силовой отсек, салон VIP-класса.

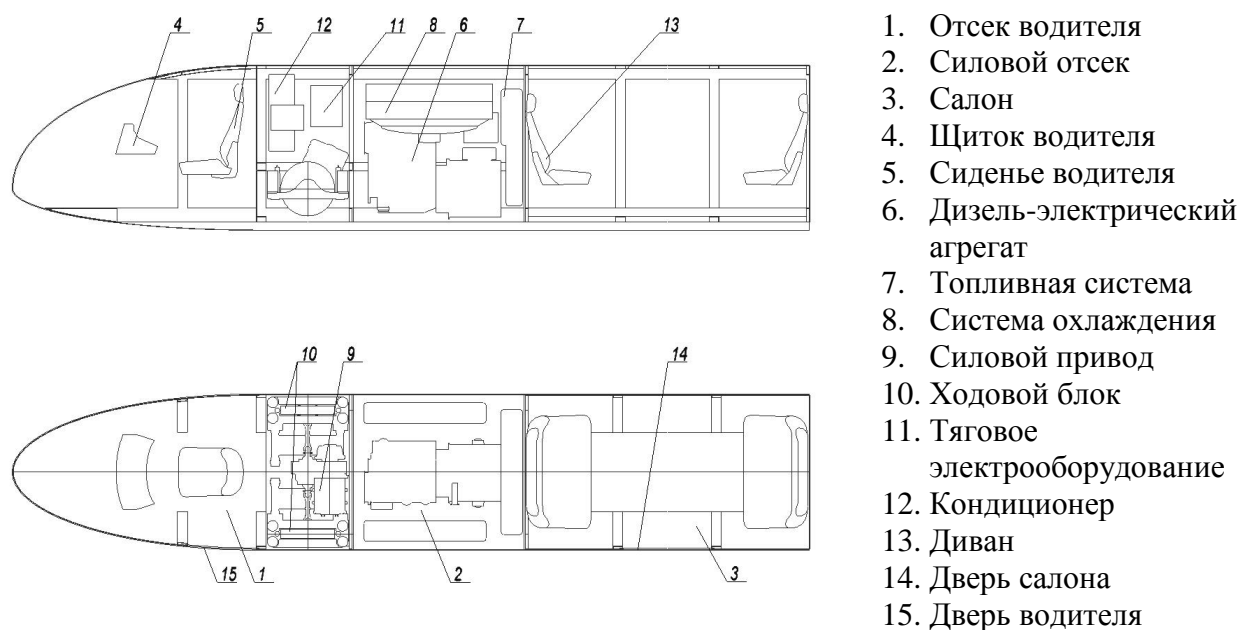
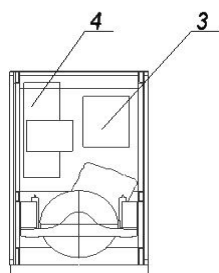


Рис. 2.1. Носовой модуль

В ходовом модуле (см. рис. 2.2) размещены тягово-опорный блок, силовое электрооборудование и агрегаты обеспечения микроклимата в пассажирских салонах.



1. Силовой привод
2. Ходовой блок
3. Тяговое электрооборудование
4. Кондиционер

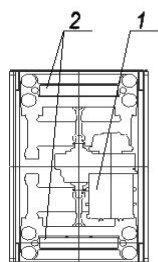
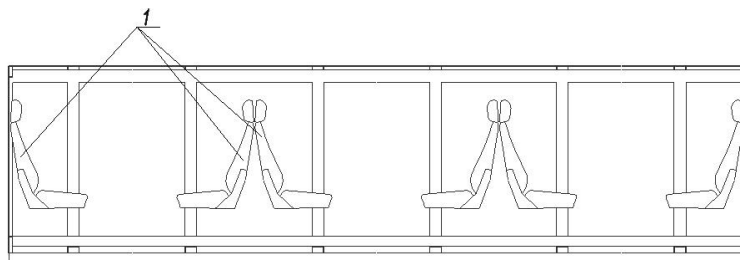


Рис. 2.2. Ходовой модуль

В пассажирском модуле (см. рис.2.3) размещены диваны для пассажиров, столик, места для ручной клади.



1. Диван
2. Дверь салона

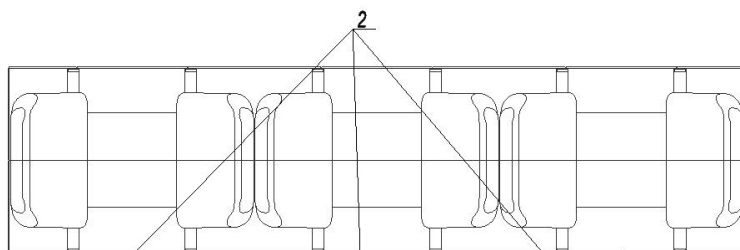


Рис. 2.3. Пассажирский модуль

В кормовом модуле (см. рис. 2.4) размещены: салон VIP-класса, силовой отсек, багажный отсек.

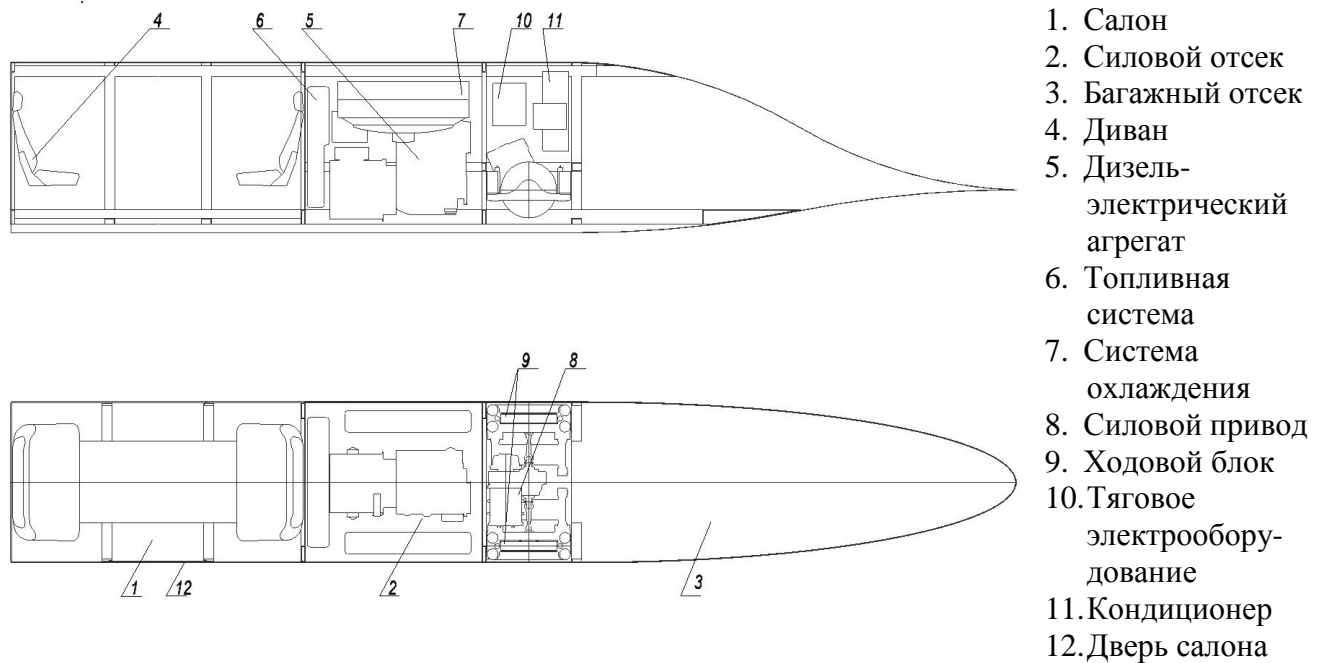


Рис. 2.4. Кормовой модуль

2.2. Краткое описание и технические характеристики поезда с тремя пассажирскими модулями

Внешний вид поезда представлен на рис. 2.5. Технические характеристики и краткое описание поезда приведены в таблице 2.1. Компоновка поезда показана на рис. 2.6 .

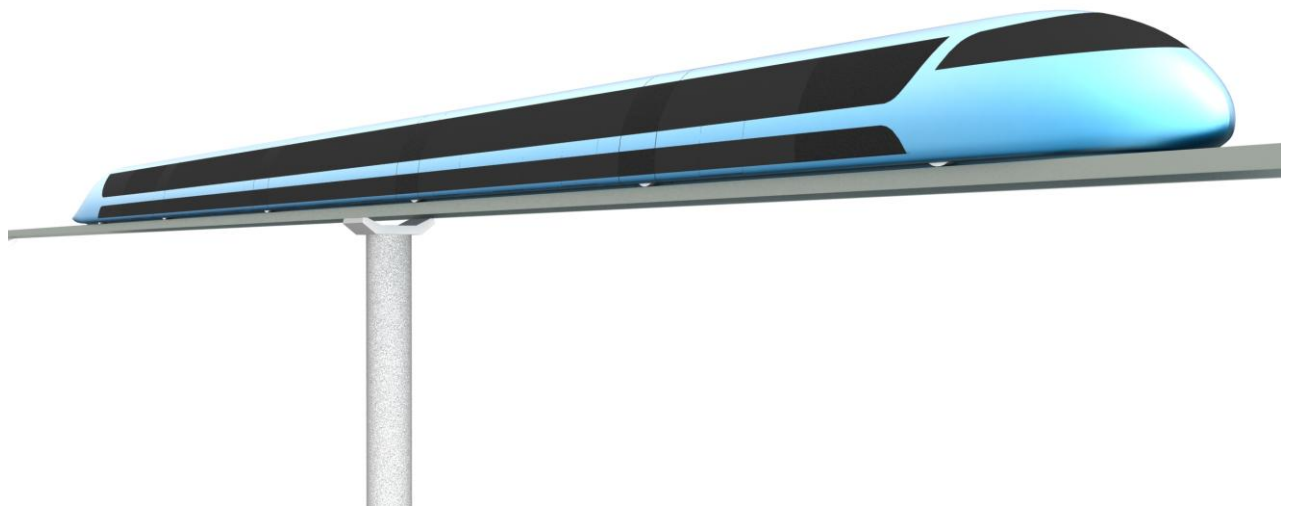


Рис. 2.5. Внешний вид поезда

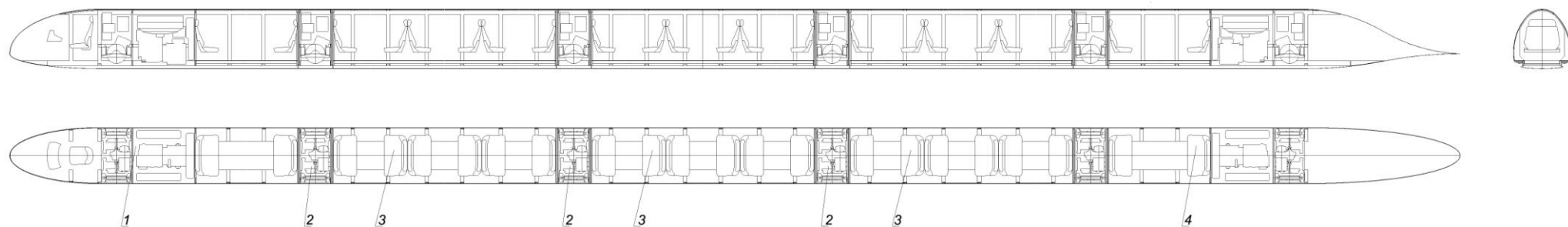


Рис. 2.6. Компонировка поезда

- 1. Носовой модуль
- 2. Ходовой модуль
- 3. Пассажирский модуль
- 1. Кормовой модуль

## Технические характеристики поезда с тремя пассажирскими модулями

№	Наименование характеристики	Значение (описание) характеристики
1	Число пассажирских мест	44 (из них 8 мест VIP-класса)
2	Снаряженная масса, кг	14300
3	Максимальная масса, кг	19500
4	Габаритные размеры, мм: - длина - ширина - высота - база - колея - клиренс	40700 1600 1675 32910 1250 минус 145
5	Максимальная скорость, км/ч	360
6	Параметр плавности хода $W$ (при скорости 360 км/ч), не более	3,0
7	Время разгона до максимальной скорости, мин	11
8	Максимальный преодолеваемый подъем, %	10
9	Длина тормозного пути при экстренном торможении (начальная скорость — 360 км/ч), м, не более	2300
10	Расход топлива, кг/100 км (при скорости 360 км/ч)	23
11	Емкость топливных баков, л	1000
12	Колесная формула	12 × 12
13	Корпуса модулей	сварной каркас из высокопрочного алюминиевого сплава, облицованный пластиком
14	Оборудование салонов	входные двери, диваны, столики, обогрев и кондиционирование воздуха, освещение, места для ручной клади, огнетушители, аптечки, информационные табло, аудио- и видеосистемы

№	Наименование характеристики	Значение (описание) характеристики
15	Силовой привод	Дизель-электрические агрегаты, трехфазные асинхронные электродвигатели, тяговые преобразователи
16	Дизель-электрический агрегат: - количество - производитель - топливо - номинальная мощность двигателя, кВт - номинальное напряжение, В - удельный расход топлива, г/кВтч - масса, кг - система охлаждения - система управления - нормы токсичности отработавших газов	2 Brunel IMG (Германия) дизельное 190 600 - 750 235 500 жидкостная, закрытая с принудительной циркуляцией электронная Евро 4
17	Тяговый электродвигатель: - количество - производитель - часовая мощность, кВт - модель - тип - масса, кг - система охлаждения - система управления	6 VEM Sachsenwerk (Германия) 55 DKWBZ 1606-04 асинхронный 160 жидкостная, с принудительной циркуляцией электронная
18	Ходовая система: - подвеска колес - направляющее устройство - гасители колебаний корпуса	независимая, пружинная, однорычажная двенадцать боковых противосходных колес, контактирующих с боковыми дорожками качения рельсов телескопические амортизаторы



№	Наименование характеристики	Значение (описание) характеристики
19	Тормозная система: - рабочая - стояночная (и запасная)	электродинамическая электромеханическая
20	Тормозные механизмы электромеханического тормоза	дисковые с электромагнитным отключением
21	Электрооборудование	АКБ, 24 В, двухпроводное, приборы внешнего и внутреннего освещения
22	Система отопления воздуха салонов	от системы охлаждения двигателя
23	Система охлаждения воздуха салонов	кондиционеры
24	Система пожаротушения силового отсека	автоматическая, генераторы огнетушащего аэрозоля
25	Устройство сцепное	автоматическое с фрикционным энергогасителем удара

### 2.3. Анализ топливной экономичности дизель-электрического поезда СТЮ

В данном разделе представлен анализ топливной экономичности высокоскоростного дизель-электрического поезда СТЮ, оснащенного двумя дизель-электрическими агрегатами типа UKA. Производителем агрегатов UKA является немецкая фирма Brunel IMG GmbH. Агрегаты UKA разработаны специально для транспортной техники (автобус, трамвай) и обладают значительно лучшими (более чем в два раза) весогабаритными показателями по сравнению со стандартными агрегатами, выпускаемыми промышленностью для стационарного применения. Фирма Brunel IMG GmbH может предложить агрегаты номинальной мощностью двигателя 100 и 190 кВт. Агрегат мощностью 190 кВт наиболее подходящий вариант для высокоскоростного поезда СТЮ колесей 1250 мм.

#### 2.3.1. Исходные данные для анализа:

Масса поезда, кг	19500
Мидель, м <sup>2</sup>	1,9
Коэффициент аэродинамического сопротивления (Cx)	0,2
Коэффициент сопротивления качению колес	0,0022
Плотность воздуха, кг/м <sup>3</sup>	1,21
КПД (от коленчатого вала дизеля до тяговых колес)	0,77
Рабочая характеристика дизельного двигателя агрегата с кривыми удельного расхода топлива на частичных нагрузках	см. рис. 2.7.

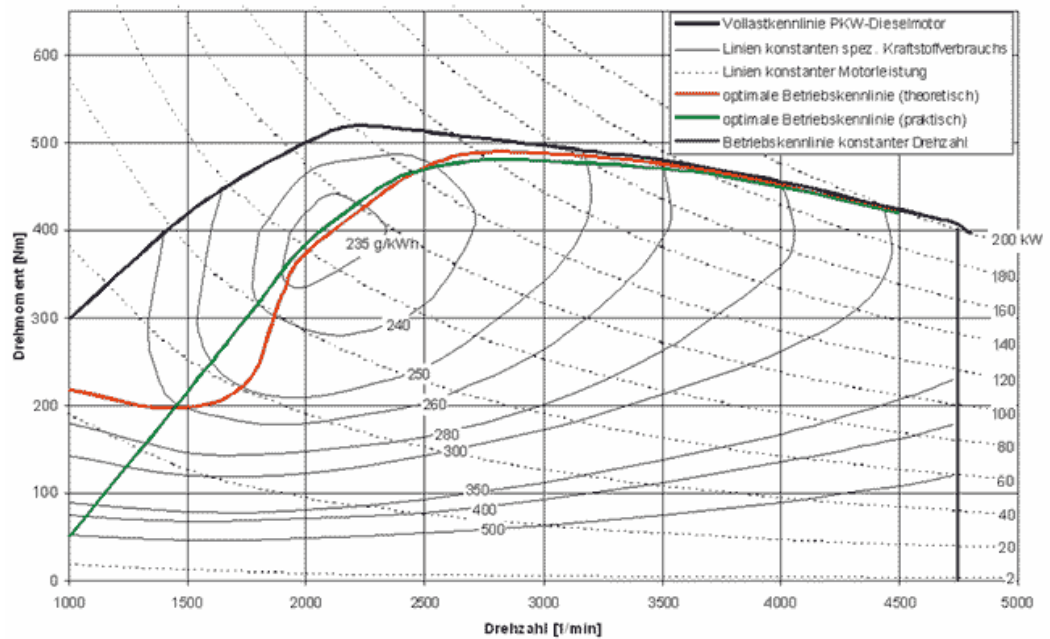


Рис. 2.7. Рабочая характеристика дизельного двигателя агрегата УКА номинальной мощностью 190 кВт с кривыми удельного расхода топлива на частичных нагрузках

### 2.3.2. Результаты и выводы анализа топливной экономичности дизель-электрического поезда СТЮ

На рис. 2.8 приведены кривые расхода топлива поезда в зависимости от скорости движения и количества работающих агрегатов.

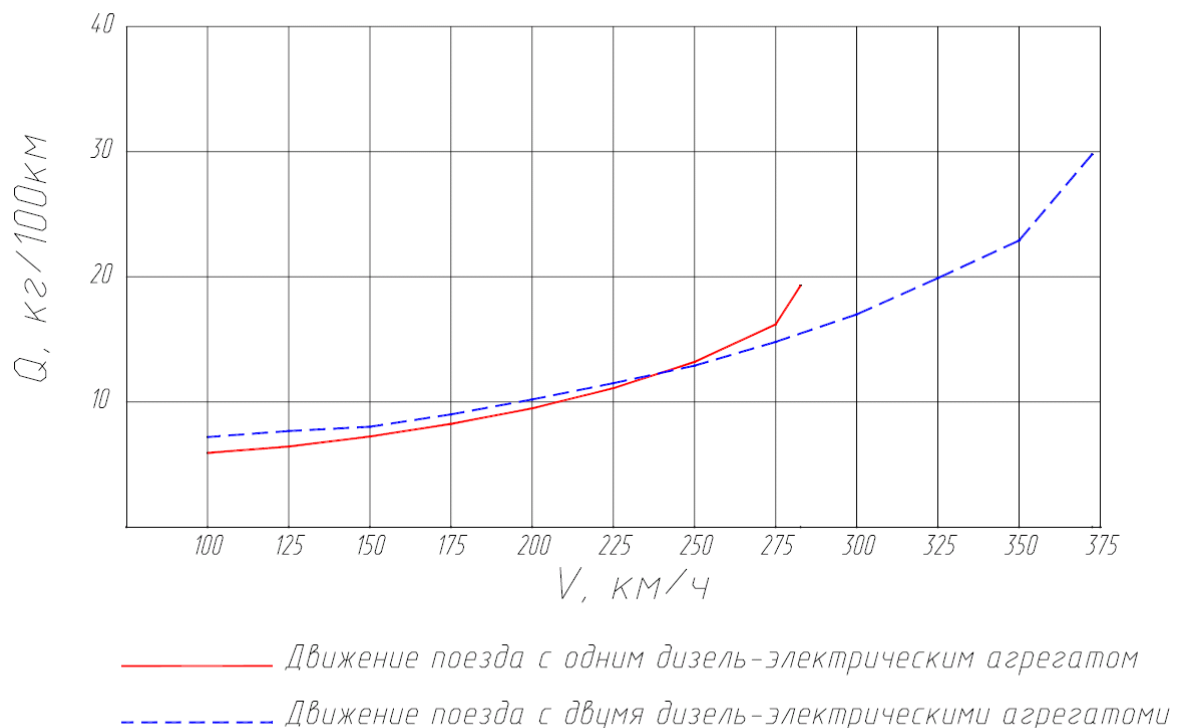


Рис. 2.8. Зависимость расхода топлива дизель-электрического поезда СТЮ в зависимости от скорости движения и количества работающих дизель-электрических агрегатов

Анализ рабочей характеристики дизельного двигателя, приведенной на рис. 2.7, показывает, что наиболее экономично двигатель работает в зоне

половинной мощности. Так при нагрузке 95 кВт расход топлива составит 22,3 кг/ч. Самый большой расход соответствует нагрузке двигателя номинальной мощностью (190 кВт) и составляет 57 кг/ч. Расход топлива для значений нагрузочных мощностей, находящихся в пределах 95 – 190 кВт, будут составлять:

- для 120 кВт – 28,8 кг/ч;
- для 140 кВт – 35,0 кг/ч;
- для 160 кВт – 41,6 кг/ч;
- для 180 кВт – 50,4 кг/ч.

Таким образом, наиболее оптимальный режим работы агрегата находится в пределах нагрузочных мощностей 100 – 140 кВт. Это подтверждается и рекомендациями эксплуатации стационарных дизель-генераторных агрегатов, которые, как правило, в штатном режиме не нагружают более чем 2/3 от максимальной мощности двигателя. Кроме экономии при этом берут в расчет и другие аспекты: долговечность, экологичность, а также наличие запаса для преодоления кратковременных перегрузок.

Если бы ставилась задача каскадного включения дизель-электрических агрегатов в целях экономии топлива при наращивании мощности привода для повышения скорости движения поезда, то, исходя из рис. 2.8, можно было бы рекомендовать:

- в диапазоне скоростей до 240 км/ч двигаться на одном агрегате (кривая красного цвета), при этом расход топлива не превысит 12,5 кг/100 км;
- в диапазоне скоростей от 240 до 360 км/ч подключать второй агрегат (пунктирная кривая синего цвета), при этом наибольший расход топлива будет соответствовать скорости 360 км/ч и составит 23 кг/100 км.

Каскадное включение обеспечивает экономию топлива в зоне скоростей движения 100 - 125 км/ч и 280 км/ч до 22 % .

#### 2.4. Калькуляция отпускной цены дизель-электрического поезда СТЮ

Ориентировочная цена дизель-электрического поезда СТЮ определена исходя из условий мелкосерийного производства, стоимости основных узлов, массы изделия, дополнительных затрат на создание опытного образца и изучение потребностей рынка (см. табл. 2.2).

Таблица 2.2

#### Ориентировочная отпускная цена дизель-электрического поезда СТЮ при единичном производстве

№	Наименование статей затрат	Сумма, USD
1	Сырье и материалы	92 066
2	Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера	964 240
3	Транспортно-заготовительные расходы	32 841
	<b>Итого материальных затрат</b>	<b>1 089 147</b>
4	Основная зарплата производственных рабочих	337 635

5	Дополнительная зарплата производственных рабочих	33 764
6	Отчисления на социальное страхование	129 990
7	Отчисления на обязательное страхование	7 428
8	Общепроизводственные расходы	783 314
9	Общехозяйственные расходы	580 733
10	Износ инструментов и приспособлений целевого назначения и прочие специальные расходы – всего	651 636
10.1	в том числе: износ специальной модельной оснастки	364 916
11	Инновационный фонд	109 063
	<b>Итого производственная себестоимость</b>	<b>3 722 710</b>
12	Внепроизводственные расходы	11 168
	<b>Итого полная себестоимость</b>	<b>3 733 878</b>
13	Прибыль (10%)	373 388
	<b>Итого оптовая цена</b>	<b>4 107 266</b>
14	Налоги, сборы и отчисления из выручки (5%)	127 029
	<b>Итого отпускная цена</b>	<b>4 234 295</b>

Исходя из расхода материалов и покупных изделий, необходимых для производства высокоскоростного дизель-электрического поезда, а также их ориентировочной стоимости, сумма материальных затрат на изготовление единицы изделия составит 1 089 147 USD, в том числе транспортно-заготовительные расходы – 32 841 USD. Большая доля затрат – 964 240 USD – приходится на покупные изделия: частотные преобразователи, дизель-электрические агрегаты, тяговые электродвигатели, кондиционеры, электромеханические тормоза, детали облицовки и др.

Расшифровка материальных затрат представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.3

#### Расшифровка материальных затрат

№	Наименование калькуляционных групп	сумма, USD
<b>Сырье и материалы</b>		
1	Профилированный алюминиевый сплав	56 115
2	Лакокрасочные материалы	1 066
3	Прочие материалы	34 885
3.1	в том числе: поликарбонат	30 875
<b>ИТОГО сырья и материалов</b>		<b>92 066</b>
<b>Покупные изделия</b>		
4	Тягово-энергетический блок, ходовая система	839 250
5	Оборудование салона	117 990
6	Прочие комплектующие узлы	7 000
<b>ИТОГО покупные изделия</b>		<b>964 240</b>
<b>ИТОГО материальных затрат:</b>		<b>1 055 240</b>
<b>Транспортно-заготовительные расходы</b>		<b>32 841</b>
<b>ВСЕГО материальных затрат</b>		<b>1 089 147</b>

Заработная плата производственных рабочих определена исходя из трудоемкости изготовления и сборки основных узлов, агрегатов и элементов изделия.

Накладные расходы включают в себя расходы общепроизводственного характера, расходы на разработку конструкторской документации и на административно-управленческие нужды, а также на износ специальной оснастки, необходимой для изготовления наружной высокоаэродинамичной обшивки корпуса. В таблице 2.4 представлена смета накладных расходов на единицу изделия.

Таблица 2.4

Смета накладных расходов	
Статьи расходов	Сумма, USD
<b><i>Общехозяйственные расходы</i></b>	
Затраты на оплату аппарата управления	345 536
в том числе: заработная плата разработчиков конструкторской документации	224 598
Прочие расходы	235 197
<b>Всего общехозяйственных расходов</b>	<b>580 733</b>
<b><i>Общепроизводственные расходы</i></b>	
Содержание административно-управленческого персонала	123764
Содержание прочего персонала	39166
Содержание оборудования	93998
Текущий ремонт оборудования	42299
Возмещение износа малоценных быстроизнашиваемых инструментов	143346
Содержание зданий	106531
Амортизация оборудования	126114
Прочие расходы	108097
<b>Всего общепроизводственных расходов</b>	<b>783 314</b>
<b><i>Износ инструмента и приспособлений целевого назначения и прочие специальные расходы</i></b>	
в том числе: износ специальной модельной оснастки	364 916
<b><u>Всего накладных расходов</u></b>	<b><u>2 015 683</u></b>

Таким образом, ориентировочная отпускная цена высокоскоростного дизель-электрического поезда в единичном производстве (с объемом выпуска до 10 шт. в год) составит 4 234 295 USD. Цена подлежит уточнению после подготовки производства и изготовления опытного образца. В серийном производстве отпускная цена высокоскоростного поезда СТЮ будет снижена в 3—5 раз.

#### 2.5. Сравнение дизель-электрического поезда СТЮ с высокоскоростным пассажирским поездом по удельному энергопотреблению

Исходные параметры и расчетное удельное энергопотребление высокоскоростного поезда TGV-NG (Франция) и высокоскоростного поезда СТЮ предоставлены в таблице 2.5.

**Сравнение расчетного удельного энергопотребление высокоскоростного поезда TGV-NG и высокоскоростного дизель-электрического поезда СТЮ**

Параметр \ поезд	поезд TGV - NG	поезд СТЮ
Максимальная скорость, км/ч	350	360
Мощность привода (при скорости 360 км/ч), кВт	13200	330
Количество посадочных мест	377	44
<b>Удельное энергопотребление, Вт·ч / пасс.×км</b>	<b>100,0</b>	<b>21,4</b>

Из таблицы 2.5 видно, что удельное энергопотребление дизель-электрического поезда СТЮ лучше аналогичного параметра высокоскоростного железнодорожного поезда практически в пять раз.

### **3. Анализ варианта электропривода с питанием от контактной сети**

В высокоскоростном поезде СТЮ может быть использован также электропривод с питанием от контактной сети. Преимущества такого варианта:

- возможность использования относительно дешевой электроэнергии;
- неограниченный эксплуатационный диапазон поезда (по расстоянию);
- отсутствие топлива на борту поезда;
- отсутствие надобности заправочных станций.

Основным недостатком варианта поезда с электропитанием от контактной сети является значительное удорожание путевой структуры (в пределах 0,65 - 1,1 млн. USD/км, в зависимости от величины и вида напряжения).

Необходимо отметить, что экономический выигрыш от использования дешевой электроэнергии значительно сокращается из-за относительно высоких потерь (не ниже 30%) на всем тракте преобразования электроэнергии (от электростанции до тягового электродвигателя). Кроме того потребуются значительные дополнительные эксплуатационные затраты на обслуживание тяговых подстанций, контактной сети и участков электропередач от подстанций до контактной сети.

### **4. Вариант дизель-электрического поезда СТЮ «челночного» исполнения**

Представляет интерес исполнение высокоскоростного поезда СТЮ в «челночном» варианте (т.е. как метро, электричка и современные трамвайные вагоны). Основное преимущество данного варианта заключается в отсутствии надобности строительства (и, соответственно землеотвода) разворотного круга. При относительно небольших пассажирских потоках

такой вариант позволяет обойтись в начальный период эксплуатации однопутной дорогой.

Внешний вид поезда «челночного» исполнения представлен на рис. 4.1., а компоновка его показана на рис. 4.2 .

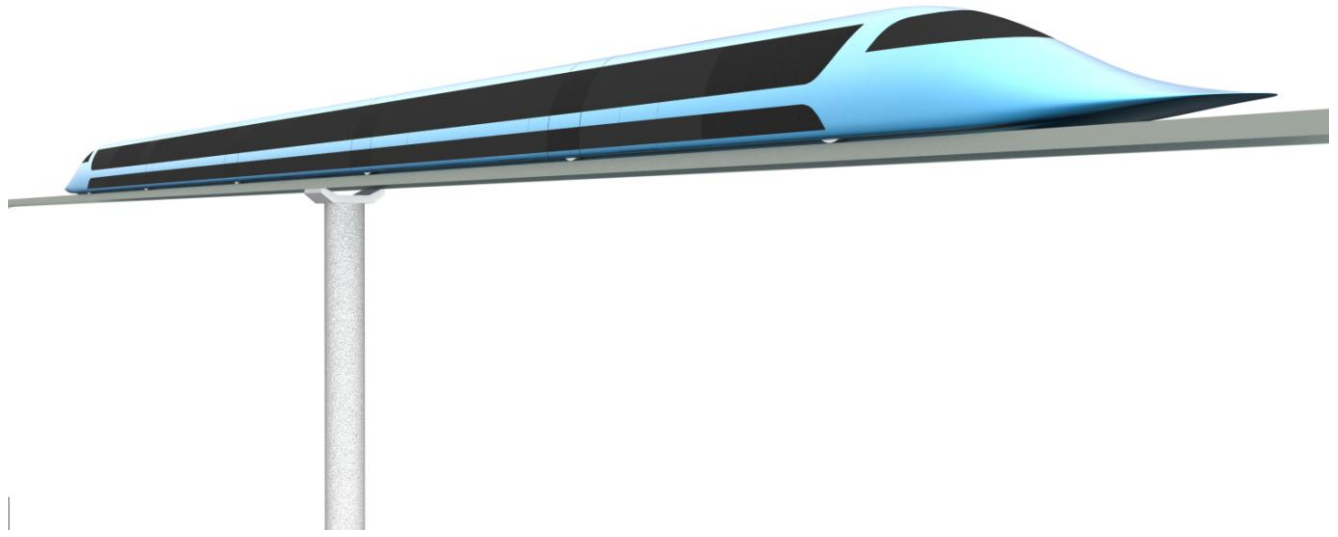
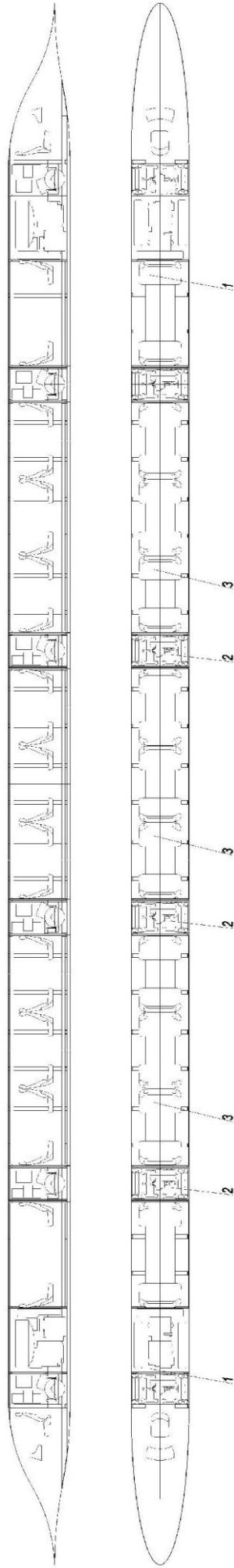


Рис. 4.1. Внешний вид поезда «челночного» исполнения



1. Головной модуль
2. Ходовой модуль
3. Пассажирский модуль

Рис. 4.2. Компоновка поезда «челночного» исполнения



## **5. Головной разработчик подвижного состава и соисполнители разработки**

Головной разработчик — ООО «Струнный транспорт Юницкого», Российская Федерация.

Головной изготовитель – группа предприятий «Дорэлектромаш», Белоруссия.

Соисполнители разработки и поставщики комплектующих систем:

Gummi-Metall-Technik GmbH, Германия;

ООО «Этон», Белоруссия;

Brunel IMG GmbH, Германия

Medcom Sp.zo.o, Польша

ИТЦ МП, Белоруссия;

Gebr. Vode GmbH, Германия;

ООО «Фалькат», Белоруссия;

Chr.Mayr GmbH, Германия;

«Научно-исследовательский институт электрического транспорта» (НИИГЭТ), Российская Федерация.

## **6. Заключение**

5.1. На сегодняшний день наиболее дешевым и проработанным вариантом реализации высокоскоростной транспортной услуги по перевозке пассажиров между городами Сухум и Сочи является вариант дизель-электрического поезда СТЮ «челночного» исполнения.

5.2. Ориентировочная отпускная цена высокоскоростного 44-х местного дизель-электрического поезда СТЮ в единичном производстве (с объемом выпуска до 10 шт. в год) составит 4 234 295 USD. Цена подлежит уточнению после подготовки производства и изготовления опытного образца. В серийном производстве отпускная цена поезда СТЮ может быть снижена в 3—5 раз.

5.3. Удельное энергопотребление высокоскоростного дизель-электрического поезда СТЮ меньше аналогичного параметра высокоскоростного железнодорожного поезда TGV – NG (Франция) примерно в пять раз.

5.4. Электропривод с питанием от контактной сети, как альтернативный вариант привода на сегодняшний день, пока наименее рентабелен вследствие высокой стоимости электрификации путевой структуры. В будущем, при увеличении разницы между стоимостью топлива, используемого в двигателе внутреннего сгорания, и стоимостью электрической энергии, высокоскоростная трасса СТЮ может быть электрифицирована.

Генеральный конструктор СТЮ

А.Э. Юницкий