



115487, Москва, ул. Нагатинская, 18/29  
тел./факс: (495) 680-52-53  
тел./факс: (499) 616-15-48  
e-mail: info@unitsky.ru  
http: //www.unitsky.ru  
skype: Anatoly Unitsky

**МоноСТЮ для перевозки 10 млн. тонн руды в год  
на расстояние 500 км**





## Содержание

1. Общие сведения .....	3
2. Самоходный электрический моно-юникар грузоподъёмностью 7,5 т .....	4
3. Путевая структура «второго уровня» .....	8
4. Общие опоры под прямую и обратную линии .....	10
5. Погрузочный и разгрузочный терминалы .....	11
6. Гараж-депо и центральный диспетчерский пункт .....	12
7. Автоматическая система управления .....	13
8. Безопасность .....	15
9. Ориентировочная стоимость грузового моноСТЮ протяжённостью 500 км .....	16
10. Эксплуатационные издержки .....	18
11. Себестоимость перевозки руды .....	19
12. Выводы .....	20



## 1. Общие сведения

В табл. 1 представлены основные характеристики грузового моноСТЮ протяжённостью 500 км и производительностью 10 млн. тонн руды в год.

Таблица 1

Основные характеристики грузового моноСТЮ

Показатель	Расчет	Значение
Требуемая производительность моноСТЮ:		
— в год	—	10 млн. т
— в сутки	$(10 \text{ млн. т/год}) / 365 \text{ сут.}$	27,4 тыс. т
— в час	$(27,4 \text{ тыс. т/сут.}) / 24 \text{ ч.}$	1,14 тыс. т
— в секунду	$(1,14 \text{ тыс. т/час}) / 3600 \text{ с.}$	0,317 т
Грузоподъемность подвешенного электрического рельсового автомобиля (моно-юникара)	—	7,5 т
Частота следования моно-юникаров на трассе	$7,5 \text{ т} / (0,317 \text{ т/сек})$	23,7 сек
Средняя скорость движения моно-юникаров на трассе	25 м/сек	90 км/час
Среднее расстояние между моно-юникарами на трассе	$25 \text{ м/сек} \times 23,7 \text{ сек}$	590 м
Общее количество моно-юникаров на трассе	$500.000 \text{ м} \times 2 / 590 \text{ м}$	1700 шт.
Дальность перевозок	—	500 км



## 2. Самоходный электрический моно-юникар грузоподъемностью 7,5 тонн

В табл. 2 представлены основные энергетические характеристики грузового подвижного состава моноСТЮ — моно-юникара — грузоподъемностью 7,5 т, развивающего штатную скорость 90 км/час.

Таблица 2

### Основные энергетические характеристики моно-юникара

Показатель	Расчет	Значение
Мощность сопротивления движению при скорости 90 км/час:		
— аэродинамическое сопротивление	—	2,4 кВт
— сопротивление качению колес:		
— грузеный моно-юникар (вес 11,5 т)	—	2,9 кВт
— порожний моно-юникар (вес 4 т)	—	1,0 кВт
Требуемая мощность привода для грузеного моно-юникара	$1,1 \times (2,4 \text{ кВт} + 2,9 \text{ кВт})$	5,8 кВт
Требуемая мощность привода для порожнего моно-юникара	$1,1 \times (2,4 \text{ кВт} + 1,0 \text{ кВт})$	3,7 кВт
Среднее энергопотребление всеми моно-юникарами на трассе	$850 \text{ шт.} \times 5,8 \text{ кВт} +$ $+ 850 \text{ шт.} \times 3,7 \text{ кВт}$	8075 кВт

Каждый моно-юникар имеет 4 колеса и 4 электродвигателя мощностью по 2 кВт каждый (см. рис. 1—4). Скорость моно-юникара может плавно регулироваться на трассе от нуля до 100 км/час (в том числе — задний ход со скоростью до 50 км/час).



Рис. 1. Общий вид высокоаэродинамичного моно-юникара (вид с кормы)



Рис. 2. Вид на моно-юникар спереди



Рис. 3. Моно-юникар с поднятой крышкой



Рис. 4. Моно-юникар с открытым люком



Бункер объемом 5 м<sup>3</sup> герметичен и имеет поворотную крышку (поворачивается извне на погрузочном терминале) и поворотный люк снизу (открывается на разгрузочном терминале под действием веса руды; закрывается там же извне). Расширение бункера книзу облегчит и ускорит его освобождение от руды, в том числе смерзшейся. При склонности руды к смерзанию и отрицательных температурах эксплуатации моноСТЮ, поверхность бункера имеет изнутри антипримерзающее покрытие.

Отсутствие на моно-юникаре каких-либо механизмов (кроме привода движения по трассе и тормозной системы) повышает его надёжность и снижает стоимость.



### 3. Путьевая структура «второго уровня»

В табл. 3 представлены основные характеристики монорельсо-струнной путьевой структуры грузового моноСТЮ. Путьевая структура рассчитана на штатную нагрузку 11,5 т (грузёный моно-юникар) и на нештатную нагрузку 23 т (два моно-юникара в сцепке, в случае поломки одного из них и его эвакуации другим исправным моно-юникаром).

Таблица 3

Основные характеристики  
монорельсо-струнной путьевой структуры грузового моноСТЮ

Показатель	Значение
Средняя длина пролетов	200 м
Натяжение в монорельсе-струне	150 тыс. кгс
Масса монорельса-струны	25 кг/м
Провис монорельса-струны под собственным весом на пролете 200 м (в центре пролёта)	0,83 м
Прогиб монорельса-струны под действием веса грузёного моно-юникара (11,5 т) (в центре пролёта)	3,83 м
Максимальный уклон пути на пролете при движении грузеного моно-юникара (у опоры), выраженный в:	
— промилле	55 ‰
— процентах	5,5 %
— соотношении сторон	1:18

На рис. 5 показана конструкция монорельса-струны для движения моно-юникаров грузоподъёмностью 7,5 т.



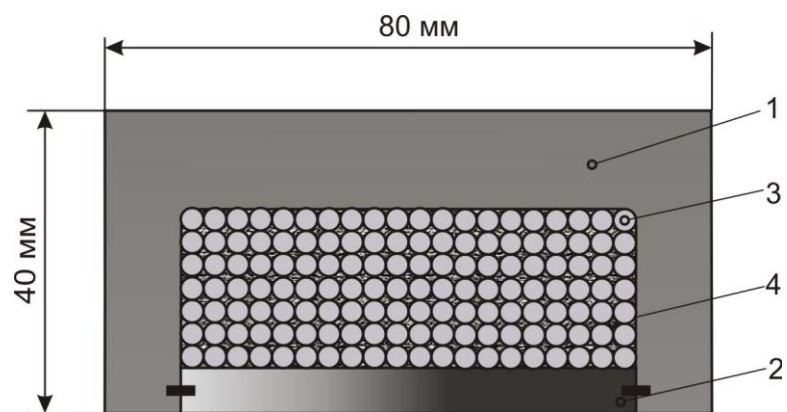


Рис. 5. Конструкция монорельса-струны грузового моноСТЮ:

1 — корпус рельса (80×40 мм); 2 — дно корпуса (60×6 мм);

3 — высокопрочная стальная проволока (струна);

4 — наполнитель (клеевой композит)



#### 4. Общие опоры под прямую и обратную линии

В табл. 4 представлены основные характеристики опор грузового моноСТЮ.

Таблица 4

Основные характеристики опор грузового моноСТЮ

Показатель	Расчёт	Значение
Средний шаг промежуточных опор	—	200 м
Средний шаг анкерных опор	—	2 км
Средняя высота опор	$5 \text{ м} + 2,5 \text{ м} + 0,83 \text{ м} + 3,83 \text{ м}^*$	12 м
Количество опор на трассе:		
— анкерных опор	$500 \text{ км} / 2 \text{ км} + 1$	251 шт.
— промежуточных опор	$500 \text{ 000 м} / 200 \text{ м} - 251 \text{ шт.}$	2249 шт.

\* Средняя высота опор складывается из следующих показателей: минимальный просвет в центре пролета под грузеным моно-юникаром (5 м), подвешенная часть высоты моно-юникара (2,5 м), провис монорельса-струны на пролете под собственным весом (0,83 м), максимальный прогиб монорельса-струны на пролете под действием веса грузеного моно-юникара (3,83 м).

Шаг опор на трассе моноСТЮ может находиться, при необходимости, в интервале от 100 м до 500 м, а при пересечении водных и других преград — до 1000 м. При увеличении длины пролета опоры будут выше и будут рассчитаны на воздействие более высоких вертикальных и горизонтальных нагрузок. Соответственно, стоимость таких высоких опор будет выше средней стоимости опор.



## **5. Погрузочный и разгрузочный терминалы**

На погрузочном терминале моно-юникары сближаются друг с другом (до касания) и движутся со скоростью 0,2 м/сек. Погрузка руды осуществляется на ходу (при открытой крышке) посредством бункеров-накопителей, лотков, или конвейеров. При длине зоны погрузки, например, равной 30 м, время погрузки в каждый модуль составит 2,5 мин. Погрузка осуществляется автоматически. При необходимости, зона погрузки может быть опущена до поверхности земли или даже ниже, например, в карьер, а моно-юникар поднимется на расчётную высоту движения по трассе за счет наклона первых пролетов (на дальнейших пролётах трасса будет горизонтальной, что потребует наименьших затрат энергии на прямое и обратное движение).

На разгрузочном терминале моно-юникары сближаются друг с другом (до касания) и движутся со скоростью 0,2 м/сек. Разгрузка осуществляется на ходу в течение нескольких секунд (открыванием люка в днище бункера) в любом заданном месте: в отвал, в бункер-накопитель, в вагоны железнодорожного эшелона, в трюм грузового корабля и т.п. При необходимости, зона разгрузки может быть размещена на любой высоте, от 3—5 м до 20—30 м и более.



## **6. Гараж-депо и центральный диспетчерский пункт**

Гараж-депо для обслуживания, ремонта и замены вышедших из строя самоходных моно-юнигаров может быть размещен в начале трассы, в конце трассы, или в любом другом удобном месте. Лучше всего это делать на участках с пониженной скоростью движения — на погрузочном и разгрузочном терминалах, которые оборудуются стрелочными переводами. При необходимости, моно-юнигар выводится с линии на ходу и с помощью стрелочного перевода направляется в зону ремонта и обслуживания.

Центральный диспетчерский пункт размещается в начале или в конце трассы, или в любом другом удобном месте. Каждый моно-юнигар имеет автоматическую систему управления и систему позиционирования на трассе относительно путевой структуры и опор, а также относительно друг друга.

Транспортная система «второго уровня» имеет продублированные линии многоканальной связи и энергообеспечение, как штатное, так и аварийное.



## 7. Автоматическая система управления

Каждый моно-юникар снабжен простейшей системой управления, которая на трассе определяет расстояние до ближайших моно-юникаров (оптимальное расстояние между ними — 590 м, минимальное — 200 м, максимальное — 1000 м) и относительную скорость движения между соседними моно-юникарами (оптимальная относительная скорость — 0 км/час, максимальная — 10 км/час). При обнаружении отклонений от штатных режимов движения автоматически дается команда на привод моно-юникара либо на увеличение, либо, наоборот, на уменьшение числа оборотов электродвигателей.

При остановке какого-либо моно-юникара на трассе, следующий за ним рельсовый автомобиль переходит на аварийный режим работы (с подключением по радиосвязи к пульту диспетчера), снижает скорость, стыкуется с ним и толкает его до ближайшего стрелочного перевода, где аварийный моно-юникар выводится с линии. На этот период времени транспортная линия переходит, как и любой другой рельсовый транспорт в аналогичной ситуации, на пониженный скоростной режим работы (скорость движения задаст аварийный моно-юникар, эвакуация которого может осуществляться, в зависимости от характера поломки и местонахождения на трассе, как со штатной скоростью 90 км/час, так и на пониженной скорости).

Аварийные режимы работы транспортной линии «второго уровня» можно практически исключить, так как:

- установленная мощность привода каждого моно-юникара имеет запас, при этом каждый электродвигатель может работать в форсированном режиме, поэтому даже выход 2-х электродвигателей из 4-х не приведёт к снижению скорости движения;
- все ответственные элементы транспортной системы, в том числе системы управления, продублированы;
- все моно-юникары проходят поузловое тестирование на погрузочном и разгрузочном терминалах (т.е. каждые 5,5 час.), где, даже при малейшем намеке на возможность поломки, выводятся с линии;



- все моно-юникары на трассе находятся друг с другом в «электронной сцепке». Работа «сцепки» координируется автоматической центральной системой управления и диспетчером, который, при необходимости, может взять управление системой на себя;
- каждый сотый моно-юникар является «лидером» и снабжён более сложной системой управления, бортовыми компьютерами и соответствующими программами управления. Это позволит ему стать своеобразным «локомотивом» для поезда из 100 рельсовых автомобилей общей грузоподъемностью 750 т. «Локомотив», при необходимости, может вмешаться в работу каждого автомобиля своего «поезда», если тот дает неадекватные команды управления. Длина такого виртуального поезда — 59 км. В более простой «электронной сцепке» находятся все моно-юникары на трассе, в более сложной — «локомотивы». Все рельсовые автомобили и «локомотивы» снабжены радиотелефонной (радиорелейной) связью и обмениваются в автоматическом режиме информацией друг с другом, с «локомотивами», опорами (они снабжены соответствующими датчиками) и центральным пунктом управления.



## 8. Безопасность

Каждый подвесной моно-юникар снабжен противосходной системой и даже подъемный кран не может оторвать его от путевой структуры.

Монорельс-струна имеет десятикратный запас прочности по подвижной нагрузке, находящейся на одном пролете, поэтому в центре любого пролета вместо одного должно находиться 10 гружёных моно-юникаров, чтобы произошло разрушение несущего элемента — струны. Но даже это не произойдет, т.к. при таком нагружении прогиб монорельса-струны превысил бы на пролёте величину в 20 м и рельсовые автомобили еще ранее коснулись бы поверхности земли.

Малые поперечные размеры монорельса-струны (4×8 см) и большая высота размещения исключают попадание в него из гранатомета, миномета, пушки. Отсутствие высоких температур, каких-либо излучений и т.п. — исключают попадание в него самонаводящимися ракетами. Попадание пуль, в том числе разрывных, из стрелкового оружия, например, из снайперской винтовки, не приведет к разрушению монорельса-струны, имеющего бронированный корпус (в отличие от каната канатной или кабельной дороги).

В случае обрыва монорельса-струны, например, в результате специально спланированного (и не пресечённого службой безопасности) террористического акта, участок пути между соседними анкерными опорами (2 км) подлежит замене. При разрушении же опоры, например, в результате террористического акта, путь не будет разрушен благодаря высоким запасам прочности (он упадёт на поверхность земли без существенных повреждений, а, тем более, — разрушения).



## 9. Ориентировочная стоимость грузового моноСТЮ протяжённостью 500 км

В табл. 5 показана ориентировочная стоимость грузового моноСТЮ протяжённостью 500 км и производительностью 10 млн. тонн руды в год.

Таблица 5

Ориентировочная стоимость моноСТЮ протяжённостью 500 км  
и производительностью 10 млн. тонн руды в год

№	Вид работ	млн. руб.
1.	Предпроектные работы по оптимизации и привязке моноСТЮ к конкретной транспортной задаче и подготовка ТЭО	25
2.	Проектно-конструкторские работы (разработка моно-юникара, автоматической системы управления, погрузочно-разгрузочных терминалов, гаража-депо, технологической оснастки и др. применительно к конкретной транспортной задаче)	375
3.	Проектно-изыскательские работы (трассировка, геология, геодезия, проектирование анкерных и промежуточных опор и площадок размещения погрузочно-разгрузочных терминалов, гаража-депо и др.)	500
4.	Строительство двухпутного моноСТЮ, всего, в том числе: — двухпутная рельсо-струнная путевая структура (500 км) — промежуточные опоры высотой 12 м (2249 шт.) — анкерные опоры высотой 12 м (251 шт.)	5750 3125 1125 1500
5.	Строительство инфраструктуры, всего, в том числе: — погрузочный терминал	550 150





№	Вид работ	млн. руб.
	— разгрузочный терминал	75
	— гараж-депо	125
	— центральный диспетчерский пункт и автоматическая система управления	200
6.	Поставка подвижного состава (1750 автоматических самоходных моно-юнигаров грузоподъемностью 7,5 т)	875
7.	Электрификация транспортной системы (контактная сеть, линия электропередач, электрооборудование, при необходимости — электростанция, и др.) для электрифицированного моноСТЮ, либо стоимость 1750 дизель-генераторных станций мощностью 8—10 кВт, установленных на каждом моно-юнигаре	500
	Общая стоимость транспортной системы «второго уровня» (транспортная линия, инфраструктура и подвижной состав)	<b>8575</b>



## 10. Эксплуатационные издержки

В табл. 6 показаны годовые эксплуатационные издержки на грузовой трассе моноСТЮ.

Таблица 6

Годовые эксплуатационные издержки на грузовой трассе моноСТЮ

№	Вид эксплуатационных издержек	млн. руб./год
1.	Амортизационные отчисления, всего	230
	в том числе:	
	— транспортная линия «второго уровня» (срок службы 50 лет)	132,5
	— инфраструктура (срок службы 20 лет)	52,5
	— подвижной состав (срок службы 20 лет)	45,0
2.	Зарботная плата обслуживающего персонала (40 чел. × 3 смены × 500 000 руб./год)	60
3.	Стоимость топлива (для варианта дизель-генераторных электростанций, установленных стационарно на трассе или на каждом моно-юникаре) (8075 кВт × 0,3 л/кВт·час × 24 час × 365 дней × 20 руб./л)	422,5
4.	Роялти разработчику СТЮ (плата за патентные права и ноу-хау)	50
	Итого	<b>762,5</b>

Транспортная линия грузового моноСТЮ практически не потребует обслуживания, в том числе очистки зимой от снега и льда (необходимы лишь профилактические осмотры трассы для выявления заводских и строительных дефектов, а также для выявления и пресечения актов вандализма и террористических актов). Обслуживания, в основном, потребуют моно-юникары, погрузочные и разгрузочные терминалы и автоматическая система управления.



## 11. Себестоимость перевозки руды

Себестоимость перевозки 10 млн. тонн руды в год на расстояние 500 км автоматизированным моноСТЮ составит:  $(762,5 \text{ млн. руб./год}) / (10 \text{ млн. т/год}) = 76,25 \text{ руб./т.}$

Основной вклад в себестоимость перевозок внесет стоимость топлива (55 % при стоимости топлива 20 руб./л), расходуемого дизель-генераторными электростанциями — стационарными на трассе или мобильными, установленными на каждом рельсовом автомобиле. Если имеется возможность электрификации моноСТЮ с невысокой стоимостью электроэнергии (2,5 руб./кВт·час), то себестоимость перевозок может быть снижена примерно на 25 руб./т — до 51 руб./т. За 20 лет эксплуатации это даст заказчику экономию около 5 млрд. руб., что соизмеримо со стоимостью всей транспортной системы «второго уровня».

Если стоимость перевозок по альтернативной железной дороге будет равна в этих же природно-климатических условиях 0,5 руб./т×км, то экономия для заказчика на перевозке по моноСТЮ 10 млн. тонн руды в год на расстояние 500 км составит за 20 лет в данном случае около 40 млрд. руб.



## 12. Выводы

Перевозка 10 млн. тонн руды в год на расстояние 500 км может быть осуществлена в моноСТЮ одиночными подвесными рельсовыми автомобилями грузоподъемностью от 5 до 20 тонн, при скоростях движения от 50 до 100 км/час, при длине пролетов от 100 до 500 м, при натяжении в монорельсе-струне от 100 до 300 тонн и высоте опор от 10 до 30 м, при разных уровнях автоматизации и механизации процессов погрузки, транспортировки и разгрузки руды.

Поскольку за срок службы транспортная система «второго уровня» перевезет более 500 млн. тонн руды, то даже экономия в себестоимости перевозок в 10 руб./т позволит сэкономить заказчику около 5 млрд. руб., что соизмеримо со стоимостью всей транспортной системы. В то время как оптимизация моноСТЮ под конкретную транспортную задачу на стадии предпроектных работ позволит получить и более значительную экономию. Поэтому целесообразнее не применять однотипные решения, имеющиеся у разработчика (ООО «СТЮ»), а оптимизировать их под конкретные условия применения, хотя это и повлечет за собой некоторое удорожание работ на начальных стадиях — при выполнении предпроектных работ, а также при проектировании и разработке транспортной системы моноСТЮ под конкретную транспортную задачу для конкретных природно-климатических условий. Но это удорожание позволит в дальнейшем сэкономить значительные средства.