



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 40 млн. тонн угля в год
на расстояние 68 км**





Содержание

1. Общие сведения	3
2. Самоходный электрический моно-юникар грузоподъемностью 10 т	4
3. Путьевая структура «второго уровня»	9
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. Стоимость моноСТЮ протяженностью 68 км и производительностью 40 млн. тонн угля в год	16
10. Эксплуатационные издержки	17
11. Себестоимость перевозки угля	18
12. Выводы	19



1. Общие сведения

Показатель	Расчет	Значение
Требуемая производительность моноСТЮ:		
— в год	—	40 млн. т
— в сутки	$(40 \text{ млн. т/год}) / 365 \text{ сут.}$	109,6 тыс. т
— в час	$(109,6 \text{ тыс. т/сут.}) / 24 \text{ ч.}$	4,57 тыс. т
— в секунду	$(4,57 \text{ тыс. т/час}) / 3600 \text{ с.}$	1,27 т
Грузоподъемность грузового подвешного электрического рельсового автомобиля (моно-юникара)	—	10 т
Частота следования моно-юникаров на трассе	$10 \text{ т} / (1,27 \text{ т/сек})$	7,9 сек
Средняя скорость движения моно-юникаров	20 м/сек	72 км/час
Среднее расстояние между моно-юникарами на трассе	$20 \text{ м/сек} \times 7,9 \text{ сек}$	158 м
Количество моно-юникаров на трассе	$68.000 \text{ м} \times 2 / 158 \text{ м}$	860 шт.



2. Самоходный электрический моно-юникар грузоподъемностью 10 т

Показатель	Расчет	Значение
Мощность сопротивления движению:		
— аэродинамическое сопротивление	—	2,2 кВт
— сопротивление качению колес:		
— грузеный моно-юникар	—	4,5 кВт
— порожний моно-юникар	—	1,5 кВт
Требуемая мощность привода для грузеного моно-юникара	$1,1 \times (2,2 \text{ кВт} + 4,5 \text{ кВт})$	7,4 кВт
Требуемая мощность привода для порожнего моно-юникара	$1,1 \times (2,2 \text{ кВт} + 1,5 \text{ кВт})$	4,1 кВт
Среднее энергопотребление всеми моно-юникарами	$430 \text{ шт.} \times 7,4 \text{ кВт} + 430 \text{ шт.} \times 4,1 \text{ кВт}$	4950 кВт

Каждый моно-юникар имеет 4 колеса и 4 электродвигателя мощностью по 3 кВт каждый (см. рис. 1—4). Бункер объемом $7,5 \text{ м}^3$ герметичен и имеет поворотную крышку (поворачивается извне на погрузочном терминале) и поворотный люк снизу (открывается на разгрузочном терминале под действием веса угля; закрывается там же извне). Отсутствие на моно-юникаре каких-либо механизмов (кроме привода движения по трассе) повышает его надежность и снижает стоимость. Возможен вариант моно-юникара с 8 колесами и 8 электродвигателями.



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

3. Путьевая структура «второго уровня»

Показатель	Значение
Длина пролетов	200 м
Натяжение в монорельсе-струне	200 тыс. кгс
Масса монорельса-струны	30 кг/м
Провис монорельса-струны под собственным весом на пролете 200 м (в центре пролета)	0,75 м
Провис монорельса-струны под действием веса груженого моно-юникара (15 т) (в центре пролета)	3,75 м
Максимальный уклон пути на пролете при движении груженого модуля (у опоры), выраженный в:	
— промилле	52,5 ‰
— процентах	5,25 %
— соотношение сторон	1:19

На рис. 5 в масштабе 1:1 показана конструкция монорельса-струны для движения сверхтяжелых моно-юникаров.

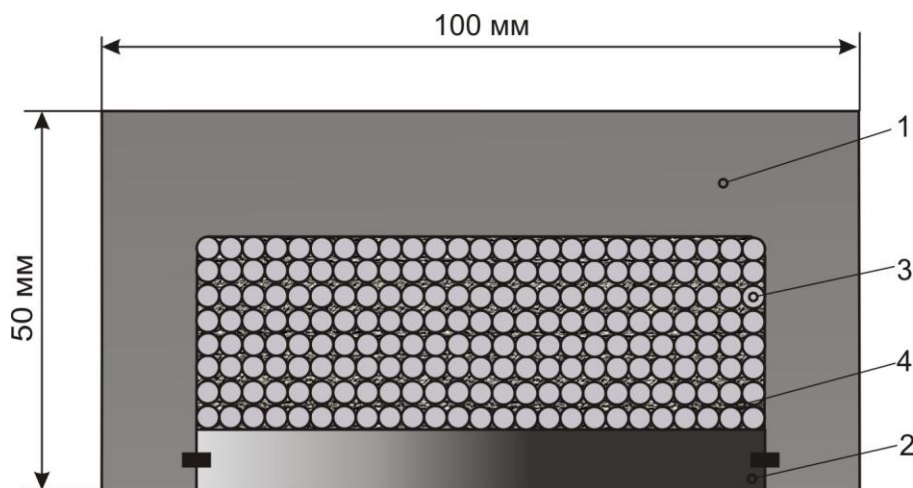


Рис. 5. Конструкция монорельса-струны трассы сверхтяжелого моноСТЮ (масштаб 1:1):

- 1 — корпус рельса (100×50 мм); 2 — дно корпуса (75×8 мм); 3 — высокопрочная проволока (сталь, \varnothing 3 мм, 200 штук); 4 — наполнитель (клеевой композит)



4. Общие опоры под прямую и обратную линии

Показатель	Расчет	Значение
Шаг промежуточных опор	—	200 м
Шаг анкерных опор	—	2 км
Средняя высота опор	$6 \text{ м} + 3,5 \text{ м} + 0,75 \text{ м} + 3,75 \text{ м}^*$	14 м
Количество опор на трассе:		
— анкерных опор	$68 \text{ км} / 2 \text{ км} + 1$	35 шт.
— промежуточных опор	$68 \text{ км} / 200 \text{ м} - 35 \text{ шт.}$	305 шт.

* Средняя высота опор складывается из следующих показателей: минимальный просвет под моно-юникаром (6 м), подвешенная часть высоты моно-юникара (3,5 м), провис монорельса-струны на пролете под собственным весом (0,75 м), максимальный прогиб монорельса-струны на пролете под действием веса груженого моно-юникара.



5. Погрузочный и разгрузочный терминалы

На погрузочном терминале моно-юникары сближаются друг с другом (до касания) и движутся со скоростью около 0,5 м/сек. Погрузка угля осуществляется на ходу (при открытой крышке) из бункеров-накопителей или конвейеров. При длине зоны погрузки 30 м время погрузки в каждый модуль составит 1 мин. Погрузка осуществляется автоматически. При необходимости, зона погрузки может быть опущена до поверхности земли или даже под землю, а моно-юникар поднимется на расчетную высоту движения по трассе за счет наклона первых пролетов (на дальнейших пролетах трасса будет горизонтальной, что потребует наименьших затрат энергии на движение).

На разгрузочном терминале моно-юникары сближаются друг с другом (до касания) и движутся со скоростью около 0,5 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 или 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) и относительно друг друга. Транспортная система «второго уровня» имеет продублированные линии многоканальной связи и аварийное энергообеспечение.



7. Автоматическая система управления

Каждый моно-юникар снабжен простейшей системой управления, которая на трассе определяет расстояние до ближайших модулей (оптимальное расстояние — 158 м, минимальное — 100 м, максимальное — 200 м, и относительную скорость движения (минимальная — 0 км/час, максимальная — 5 км/час). При обнаружении отклонений от штатных режимов движения автоматически дается команда на привод на увеличение, либо наоборот, на уменьшение оборотов электродвигателей.

При остановке какого-либо модуля на трассе, следующий за ним модуль 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 модуль выводится с линии. На этот период времени линия переходит на пониженный скоростной режим работы (скорость эвакуации задаст аварийный модуль, эвакуация которого может осуществляться, в зависимости от характера поломки, как со штатной скоростью 72 км/час, так и на пониженной скорости).

Аварийные режимы работы линии можно практически исключить, так как:

- установленная мощность привода имеет запас, поэтому даже выход 2-х двигателей из 4-х не приведет к снижению скорости движения;
- все системы, в том числе управления, продублированы;
- все моно-юникары проходят поузловое тестирование на погрузочном и разгрузочном терминалах (т.е. каждый 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 которой координируется автоматической центральной системой управления и диспетчером, который может взять управление системой на себя;
- каждый десятый моно-юникар является лидером и снабжен более сложной системой управления, бортовыми компьютерами и соответствующими программами управления. Это позволяет ему стать своеобразным



«локомотивом» для поезда из 10 модулей общей грузоподъемностью 100 т. «Локомотив», при необходимости, может вмешаться в работу каждого модуля своего «поезда», если тот дает неадекватные команды управления. Длина такого виртуального поезда — 1,6 км. В более простой «электронной сцепке» находятся все модули, в более сложной — «локомотивы». Все модули 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, поэтому в центре каждого пролета должно находиться 10 груженых моно-юникаров, чтобы произошло разрушение несущего элемента — струны. Но даже это не произойдет, т.к. при таком нагружении прогиб монорельса-струны превысил бы 30 м и модули еще ранее коснулись бы поверхности земли.

Малые поперечные размеры монорельса-струны (5×10 см) и большая высота размещения исключают попадание в него из гранатомета, миномета, пушки. Отсутствие высоких температур, 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 пресеченного службой безопасности) террористического акта, участок пути между соседними анкерными опорами (2 км) подлежит замене.



9. Стоимость моноСТЮ протяженностью 68 км и производительностью 40 млн. тонн угля в год

№	Вид работы	млн. USD
1.	Предпроектные работы по оптимизации и привязке моноСТЮ к конкретной транспортной задаче	1
2.	Проектно-конструкторские работы (разработка моно-юникара, автоматической системы управления, погрузочно-разгрузочных терминалов, гаража-депо, технологической оснастки и др. применительно к конкретной транспортной задаче)	12
3.	Проектно-изыскательские работы (трассировка, проектирование площадок размещения погрузочно-разгрузочных терминалов, гаража-депо и др.)	5
4.	Строительство двухпутного моноСТЮ, всего, в том числе: — двухпутная рельсо-струнная путевая структура (68 км) — промежуточные опоры высотой 14 м (305 шт.) — анкерные опоры высотой 14 м (35 шт.)	51 30 12 9
5.	Строительство инфраструктуры, всего, в том числе: — погрузочный терминал — разгрузочный терминал — гараж-депо — центральный диспетчерский пункт и автоматическая система управления	12 3 2 3 4
6.	Поставка подвижного состава (880 автоматических самоходных моно-юникаров грузоподъемностью 10 т)	22
7.	Электрификация транспортной системы (контактная сеть, линия электропередач, электрооборудование, при необходимости — электростанция, и др.) для электрифицированного моноСТЮ, либо стоимость 880 дизель-генераторных станций, установленных на каждом моно-юникаре	12
	Общая стоимость транспортной системы «второго уровня»	105



10. Эксплуатационные издержки

№	Вид эксплуатационных издержек	млн. USD/год
1.	Амортизационные отчисления, всего в том числе: — транспортная линия «второго уровня» (срок службы 50 лет) — инфраструктура (срок службы 20 лет) — подвижной состав (срок службы 20 лет)	3,7 1,4 1,2 1,1
2.	Заработная плата обслуживающего персонала (30 чел. × 3 смены × 30 000 USD/год)	2,7
3.	Стоимость топлива (для варианта дизель-генераторных станций, установленных стационарно или на каждом моно-юнике) (4950 кВт × 0,3 л/кВт·час × 24 час × 365 дней × 1 USD/л)	13,1
4.	Роялти разработчику СТЮ	2
	Итого	21,5



11. Себестоимость перевозки угля

Себестоимость перевозки 40 млн. тонн угля в год на расстояние 68 км автоматизированным моноСТЮ составляет: $(23,4 \text{ млн. USD/год}) / (40 \text{ млн. т/год}) = 0,54 \text{ USD/т}$.

Основной вклад в себестоимость перевозок (61 %) вносит стоимость топлива, расходуемого дизель-генераторными электростанциями (при стоимости топлива 1 USD/л). Если имеется возможность электрификации моноСТЮ с невысокой стоимостью электроэнергии (0,1 USD/ кВт·час), то себестоимость перевозок может быть снижена почти вдвое — до 0,32 USD/т.



12. Выводы

Перевозка 40 млн. тонн угля в год может быть осуществлена в моноСТЮ одиночными подвесными рельсовыми автомобилями грузоподъемности 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 рельсе-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 угля.

Поскольку за срок службы транспортная система «второго уровня» перевезет более 1 млрд. тонн угля, то даже экономия в себестоимости перевозок в 0,1 USD/т позволит сэкономить заказчику около 100 млн. USD, что соизмеримо со стоимостью всей транспортной системы. В то время как оптимизация моноСТЮ под конкретную транспортную задачу позволит получить и более значительную экономию. Поэтому целесообразнее не применять однотипные решения, 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 СТЮ под конкретную транспортную задачу. Но это удорожание позволит в дальнейшем сэкономить значительные средства.