

**ОАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ  
КОМПАНИЯ ЮНИЦКОГО»**

**ЗАВИСИМОСТЬ СЕБЕСТОИМОСТИ  
ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗОВ ПО  
РАВНИННОЙ ТРАССЕ СТС ОТ ВЕЛИЧИНЫ  
ГРУЗОПОТОКА И ПРОТЯЖЁННОСТИ ТРАССЫ**



**Москва 2002**

# 1. Струнная транспортная система (СТС)

Грузовая однопутная струнная транспортная система, в основу которой положены изобретения А.Э.Юницкого, представляет собой размещённую на опорах предварительно напряжённую канатно-балочную конструкцию, по которой на высоте 1...5 м и более движутся грузовые составы.

Каждый состав, рассчитанный на скорость движения до 120 км/час, включает в себя локомотив, на котором установлен дизель-генератор, предназначенный для питания электродвигателей привода колёс, и приводные грузовые модули грузоподъёмностью 2, 4 или 6 тонн, соединённые друг с другом жёсткой сцепкой. Состав управляется машинистом из кабины локомотива.

Основу однопутной путевой структуры составляют две струны из высокопрочной стальной проволоки диаметром до 5 мм каждая, собранные в плети. Струны по концам крепятся на анкерных опорах, расстояние между которыми в среднем составляет 2000 м (по длине высокопрочной проволоки, которая выпускается промышленностью длиной до 3000 м). На каждой струне установлена головка рельса, выполненная из стального проката. Ширина колеи низкоскоростной грузовой трассы составляет 2000 мм.

Поддерживающие путь промежуточные опоры устанавливаются через 15-20 м. Промежуточные и анкерные опоры изготавливаются из стальных труб диаметром 60-200 мм и поставляются к месту установки в готовом комплектном виде.

Фундаменты анкерных и промежуточных опор выполняются плитного типа с креплением к грунту анкерами заводского изготовления.

Суммарная горизонтальная технологическая (или аварийная) нагрузка на анкерную опору однопутной трассы – 300 тонн. Вертикальная нагрузка на промежуточную опору с учётом веса транспортных модулей – до 20 тонн. Горизонтальные нагрузки на промежуточные опоры отсутствуют.

Для обеспечения суммарного усилия натяжения струн в 300 тыс. кгс и расчётными напряжениями растяжения в высокопрочной проволоке  $10000 \text{ кгс/см}^2$  (как в канатах висячих и вантовых мостов), площадь поперечного сечения струн в путевой структуре составит  $30 \text{ см}^2$ , а их масса – 23,4 кг на погонный метр трассы (что, например, меньше веса погонного метра железнодорожного рельса).

Жёсткость путевой структуры принята равной  $1/500$  (выше жёсткости мостов), поэтому под действием веса гружёного транспортного модуля (8000 кгс) расчётный прогиб путевой структуры в центре пролёта составит 3...4 см.

Трасса может быть демонтирована и, при необходимости, перенесена на новое место установки (общий срок службы трассы не менее 50 лет).

Ниже представлен расчет себестоимости транспортировки грузов по равнинной трассе СТС в зависимости от величины грузопотока и протяжённости трассы. Расчёт производится по двум вариантам: 1 вариант – определение себестоимости перевозок в первые 5 лет эксплуатации трассы (период полной амортизации объектов транспортной линии, инфраструктуры и подвижного состава), 2 вариант – определение себестоимости перевозок без амортизационных отчислений (в последующие 45 и более лет эксплуатации СТС).

## 2. Исходные данные

Таблица 1

Транспортный цикл для однопутной трассы

Показатель		Расстояние транспортировки, км							
		1	5	10	25	50	100	150	200
Грузёный состав, 100 км/час	Время разгона, мин	1,5	3	3	3	3	3	3	3
	Время торможения, мин	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Движение с максимальной скоростью:								
	- скорость, км/час	60	100	100	100	100	100	100	100
	- время, мин	0	1,3	4,3	13,3	28,3	58,3	88,3	118,3
Порожный состав, 120 км/час	Время разгона, мин	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Время торможения, мин	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Движение с максимальной скоростью:								
	- скорость, км/час	80	120	120	120	120	120	120	120
	- время, мин	0	1,7	4,2	11,7	24,2	49,2	74,2	99,2
	Погрузка, мин	2	2	2	2	2	2	2	2
	Разгрузка, мин	2	2	2	2	2	2	2	2
	Транспортный цикл, мин	7,5	12,5	18	34,5	62	117	172	227
	Средняя скорость в цикле, км/час	16	48	66,7	87	96,8	102,6	104,7	106,7
	Количество циклов в сутки (3 смены)	180	110	75	40	22	12	8	6
	Объём перевозок, тыс. тонн в год (350 дней*) одним модулем грузоподъёмностью:								
	2 т	126	72	53	28	15,4	8,4	5,6	4,2
	4 т	252	154	105	56	30,8	16,8	11,2	8,4
	6 т	378	231	158	84	46,2	25,2	16,8	12,6

\* работа в 3 смены

Таблица 2

Количество подвижного состава (однопутная трасса)

Объём перевозок, млн. т в год	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
0,1	1 (1x2)	1 (2x2)	1 (2x2)	1 (4x2)	1 (7x2)	1 (12x2)	2 (18x2)	2 (24x2)
0,25	1 (2x2)	1 (4x2)	1 (5x2)	1 (9x2)	2 (16x2)	3 (30x2)	4 (45x2)	5 (60x2)
0,5	1 (4x2)	1 (7x2)	1 (10x2)	2 (18x2)	3 (32x2)	5 (60x2)	4 (45x4)	5 (60x4)
1,0	1 (4x4)	1 (6x4)	1 (9x4)	2 (18x4)	3 (32x4)	5 (60x4)	8 (90x4)	7 (80x6)
1,5	1 (6x4)	1 (10x4)	1 (14x4)	2 (26x4)	4 (48x4)	8 (90x4)	8 (90x6)	10 (120x6)
2	1 (5x6)	1 (8x6)	1 (12x6)	2 (24x6)	4 (44x6)	7 (80x6)	10 (120x6)	-
3	1 (8x6)	2 (13x6)*	2 (19x6)	3 (36x6)	6 (65x6)	10 (120x6)	-	-
4	1 (10x6)	2 (17x6)	2 (25x6)	4 (48x6)	7 (86x6)	-	-	-
5	2 (13x6)	2 (22x6)	3 (32x6)	5 (60x6)	-	-	-	-

\* Пример условного обозначения: 2 (13x6) – два поезда с общим количеством 13 вагонов грузоподъёмностью 6 тонн каждый.

**Стоимость подвижного состава, тыс. USD**

Объём перевозок, млн. т в год	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
0,1	58	66	66	82	106	146	244	292
0,25	66	82	90	122	228	390	560	730
0,5	82	106	130	244	406	730	770	1000
1,0	120	140	170	340	560	1000	1540	1660
1,5	140	180	220	420	800	1540	1880	2440
2	160	196	244	488	928	1660	2440	*
3	196	356	428	732	1380	2440	*	*
4	220	404	500	976	1732	*	*	*
5	356	464	684	1220	*	*	*	*

\* строительство однопутной трассы нецелесообразно

Стоимость единицы (при серийном выпуске):

- 1) грузоподъёмность 2 т: локомотив – 50 тыс. USD;  
модуль – 8 тыс. USD.
- 2) грузоподъёмность 4 т: локомотив – 80 тыс. USD;  
модуль – 10 тыс. USD.
- 3) грузоподъёмность 6 т: локомотив – 100 тыс. USD;  
модуль – 12 тыс. USD.

**Удельный расход топлива**

Энерговооружённость модуля – 2,5 кВт на 1 тонну грузоподъёмности (модуль грузоподъёмностью 2 т имеет мощность привода 5 кВт, 4 т – 10 кВт, 6 т – 15 кВт).

Таблица 4

Показатель	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
1. Средняя скорость движения груза в транспортном цикле с учётом обратного движения), км/час (см. табл. 1)	16	48	66,7	87	96,8	102,6	104,7	106,7
2. Время прохождения участка протяжённостью 1 км, час	0,0625	0,0208	0,0150	0,0115	0,0103	0,00975	0,00955	0,00937
3. Затраты энергии *, кВт·час/т·км	0,156	0,052	0,0375	0,0288	0,0258	0,0244	0,0239	0,0234
4. Расход топлива, грамм на тонно-километр (из расчёта 250 г/кВт·час)	39,1	13,0	3,38	7,19	6,44	6,09	5,97	5,86

\* из расчёта мощности привода: 2,5 кВт/тонну груза

### Годовой расход топлива

Расчёт сделан исходя из объёма транспортной работы в год (т·км/год) и удельного расхода топлива (г/т·км, см. п.4 табл. 4) в зависимости от плеча транспортировки.

Таблица 5

#### Суммарный расход топлива подвижным составом в тоннах дизельного топлива за год (т/год)

Объём перевозок, млн. т в год	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
0,1	7,82	13	18,76	36	64,4	121,8	179,2	234
0,25	19,56	32,4	46,8	90	161	304	448	584
0,5	39,2	65	93,8	180	322	608	896	1170
1,0	78,2	130	187,6	360	644	1218	1792	2340
1,5	117,4	195	282	540	966	1828	2680	3520
2	156,4	260	376	720	1288	2440	3580	-
3	234	390	562	1080	1932	3660	-	-
4	312	520	750	1440	2580	-	-	-
5	392	650	1538	1800	-	-	-	-

Таблица 6

#### Стоимость серийной однопутной грузовой линии СТС (без инфраструктуры) для модулей грузоподъёмностью 2 т, тыс. USD

Показатель	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
1. Путевая структура	80	400	800	2000	4000	8000	12000	16000
2. Опоры	70	250	400	1000	2000	4000	6000	8000
3. Проектно-изыскательские работы	20	50	100	200	350	500	700	900
4. Технологическое оборудование и оснастка	20	50	100	150	200	300	400	500
5. Прочее	50	100	150	400	800	1200	1600	2000
Всего	240	850	1550	3750	7350	14000	20700	27400

Таблица 7

#### Стоимость серийной однопутной грузовой линии СТС (без инфраструктуры) для модулей грузоподъёмностью 4 т, тыс. USD

Показатель	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
1. Путевая структура	90	450	900	2250	4500	9000	13500	18000
2. Опоры	80	260	450	1100	2250	4500	6750	9000
3. Проектно-изыскательские работы	20	50	100	200	350	500	700	900
4. Технологическое оборудование и оснастка	20	50	100	150	200	300	400	500
5. Прочее	50	100	150	400	800	1200	1600	2000
Всего	260	910	1700	4100	8100	15500	22950	30400

**Стоимость серийной однопутной грузовой линии СТС (без инфраструктуры) для модулей грузоподъемностью 6 т, тыс. USD**

Показатель	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
1. Путевая структура	100	500	1000	2500	5000	10000	15000	20000
2. Опоры	90	270	500	1250	2500	5000	7500	10000
3. Проектно-изыскательские работы	20	50	100	200	350	500	700	900
4. Технологическое оборудование и оснастка	20	50	100	150	200	300	400	500
5. Прочее	50	100	150	400	800	1200	1600	2000
Всего	280	970	1850	4500	8850	17000	25200	33400

Таблица 9

**Стоимость серийной инфраструктуры в зависимости от объёма годовой транспортной работы, тыс. USD**

Показатель	Транспортная работа, млн. т·км/год							
	0,1-1	1,1-10	11-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300
1. Депо	50	200	300	400	500	600	700	800
2. Заправочная станция и склад ГСМ	10	20	30	40	50	60	70	80
3. Проектные работы	20	40	50	100	150	200	250	300
4. Прочее	20	30	40	60	80	100	120	140
Всего	100	290	420	600	780	960	1140	1320

Таблица 10

**Количество обслуживающего персонала трассы СТС, чел**

Показатель	Транспортная работа, млн. т·км/год							
	0,1-1	1,1-10	11-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300
1. Дополнительные бригады машинистов	1	1	1	2	2	4	4	6
2. Персонал заправочных станций	3	3	3	6	6	9	9	12
3. Персонал депо и ремонтных мастерских	5	10	15	20	25	30	35	40

Количество основных бригад машинистов равно утроенному количеству (работа в 3 смены) локомотивов на трассе (см. табл. 2).

### Дополнительные данные

Среднемесячная заработная плата 1 работника – 200 USD/мес.

Годовая сумма затрат на технический осмотр и ремонт рассчитывается исходя из капитальных вложений в строительство транспортной линии, инфраструктуры и подвижного состава и установленных норм отчислений: по транспортной линии и инфраструктуре – 0,5% в год, по подвижному составу – 2% в год.

Бригада машинистов включает 2 человека: машинист и помощник машиниста.

Расход смазочных материалов – 5% в год от суммарного расхода топлива подвижным составом.

Цена дизельного топлива – 0,25 USD/л, цена смазочных материалов – 0,4 USD/л.

Налоговые отчисления с фонда оплаты труда работников, обслуживающих трассу, определяются с учётом базовой ставки единого социального налога – 35,6% и страхового тарифа на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (16 класс профессионального риска) – 3%.

Годовые административно-накладные расходы – 10% от суммы годовых издержек.

Сумма роялти патентообладателю устанавливается на уровне 10% от суммы эксплуатационных издержек и определяются договором между собственником транспортной системы и патентообладателем.

### 3. Расчётные данные

Таблица 11

#### Себестоимость транспортировки грузов по равнинной однопутной трассе СТС, цент/т·км

1 вариант

(до полной амортизации трассы, инфраструктуры и подвижного состава в течение первых пяти лет эксплуатации)

Объём перевозок, млн. т в год	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
0,1	161,03	63,23	49,17	44,58	40,46	37,02	36,57	35,89
0,25	66,80	31,52	22,79	18,29	17,31	15,71	15,22	14,96
0,5	35,53	16,44	12,01	10,25	9,15	8,33	8,73	8,57
1,0	20,55	9,12	6,79	5,81	5,24	4,89	4,80	5,03
1,5	19,39	6,51	5,17	4,09	3,86	3,58	3,68	3,63
2	15,70	5,29	4,25	3,42	3,22	3,02	2,95	-
3	11,63	4,60	3,28	2,66	2,44	2,29	-	-
4	9,52	3,73	2,66	2,20	2,04	-	-	-
5	9,34	3,22	2,79	1,98	-	-	-	-

2 вариант

(в последующие годы эксплуатации трассы, после её амортизации)

Объём перевозок, млн. т в год	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
0,1	64,71	14,06	7,64	4,68	2,97	2,09	2,10	1,88
0,25	27,50	7,86	4,11	2,17	1,83	1,37	1,22	1,15
0,5	15,11	4,38	2,48	1,70	1,24	1,00	0,88	0,82
1,0	8,93	2,64	1,56	1,11	0,85	0,75	0,73	0,67
1,5	8,26	2,06	1,40	0,90	0,79	0,70	0,65	0,63
2	6,86	1,76	1,21	0,80	0,71	0,64	0,62	-
3	5,45	1,78	1,10	0,78	0,67	0,61	-	-
4	4,74	1,56	0,99	0,73	0,64	-	-	-
5	4,71	1,42	1,36	0,72	-	-	-	-



**Себестоимость транспортировки грузов по равнинной однопутной  
трассе СТС, USD/т**

1 вариант

(до полной амортизации трассы, инфраструктуры и подвижного состава  
в течение первых пяти лет эксплуатации)

Объём перевозок, млн. т в год	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
0,1	1,61	3,16	4,92	11,15	20,23	37,02	54,85	71,78
0,25	0,67	1,58	2,28	4,57	8,66	15,71	22,82	29,93
0,5	0,36	0,82	1,20	2,56	4,58	8,33	13,09	17,14
1,0	0,21	0,46	0,68	1,45	2,62	4,89	7,20	10,06
1,5	0,19	0,33	0,52	1,02	1,93	3,58	5,53	7,25
2	0,16	0,26	0,42	0,85	1,61	3,02	4,43	-
3	0,12	0,23	0,33	0,66	1,22	2,29	-	-
4	0,10	0,19	0,27	0,55	1,02	-	-	-
5	0,09	0,16	0,28	0,49	-	-	-	-

2 вариант

(в последующие годы эксплуатации трассы, после её амортизации)

Объём перевозок, млн. т в год	Расстояние транспортировки, км							
	1	5	10	25	50	100	150	200
0,1	0,65	0,70	0,76	1,17	1,49	2,09	3,15	3,75
0,25	0,27	0,39	0,41	0,54	0,91	1,37	1,84	2,29
0,5	0,15	0,22	0,25	0,43	0,62	1,00	1,32	1,65
1,0	0,09	0,13	0,16	0,28	0,42	0,75	1,09	1,35
1,5	0,08	0,10	0,14	0,22	0,40	0,70	0,97	1,26
2	0,07	0,09	0,12	0,20	0,35	0,64	0,93	-
3	0,05	0,09	0,11	0,19	0,33	0,61	-	-
4	0,05	0,08	0,10	0,18	0,32	-	-	-
5	0,05	0,07	0,14	0,18	-	-	-	-







