

К вопросу создания горизонтальных кривых в струнном транспорте Юницкого (СТЮ)

Путевая структура однопутной трассы СТЮ представляет собой размещённую в горизонтальной плоскости на расстоянии 150 см друг от друга два рельса-струны, внутри которых установлены высокопрочные канаты, натянутые до суммарного усилия около 250 тонн на один рельс. Поперечные размеры рельса-струны: максимальная ширина 10 см, максимальная высота 20 см.

С позиций строительной механики рельс-струна является жёсткой нитью, которая локально (под колесом транспортного модуля) работает как жёсткая балка, а на пролёте между опорами - как нить, жёсткость которой не оказывает принципиального влияния на её поведение под нагрузкой (такое влияние находится в пределах 1%).

СТЮ является скоростным транспортом с оптимальной скоростью движения транспортных модулей 250...350 км/час (в перспективе до 500 км/час).

Для прокладки трасс СТЮ в реальных географических условиях, при наличии жилой застройки, промышленной и транспортной инфраструктуры и других препятствий, необходимо устройство горизонтальных кривых. Радиус R кривой (и переходного участка, который позволяет плавно перейти от прямого участка трассы к криволинейному), как и в любом другом виде транспорта, определяется не конструктивными или техническими причинами, а - обеспечением комфортности движения пассажиров. Исходя из требуемой комфортности, перегрузка на кривой не должна превышать величину центробежного ускорения, равную $a = 1 \text{ м/с}^2$. В табл. 1 приведены радиусы кривизны трассы, удовлетворяющие условию $a = 1 \text{ м/с}^2$ и $a = 0,5 \text{ м/с}^2$.

Таблица 1

$V, \text{ км/час}$		200	250	300	350	400	450	500
$R_{\text{min}}, \text{ м}$	$a = 1 \text{ м/с}^2$	3100	4800	6900	9500	12300	15600	19300
	$a = 0,5 \text{ м/с}^2$	6200	9600	13800	19000	24600	31200	38600

Необходимо отметить, что, поскольку СТЮ проходит во 2-ом уровне, с локальным размещением опор и максимально возможными пролётами до 3...5 км (такой пролёт будет поддерживаться по типу висячих и вантовых мостов), то трасса может быть проложена по прямой линии, с минимальным числом поворотов и максимальными радиусами кривых.

На рис. 1 показан вид сверху на криволинейный участок трассы, а в табл. 2 приведены значения максимальных отклонений Δ криволинейного участка (в центре пролёта) от прямой линии, соединяющей соседние опоры, для различных значений R и длин пролётов l_0 .

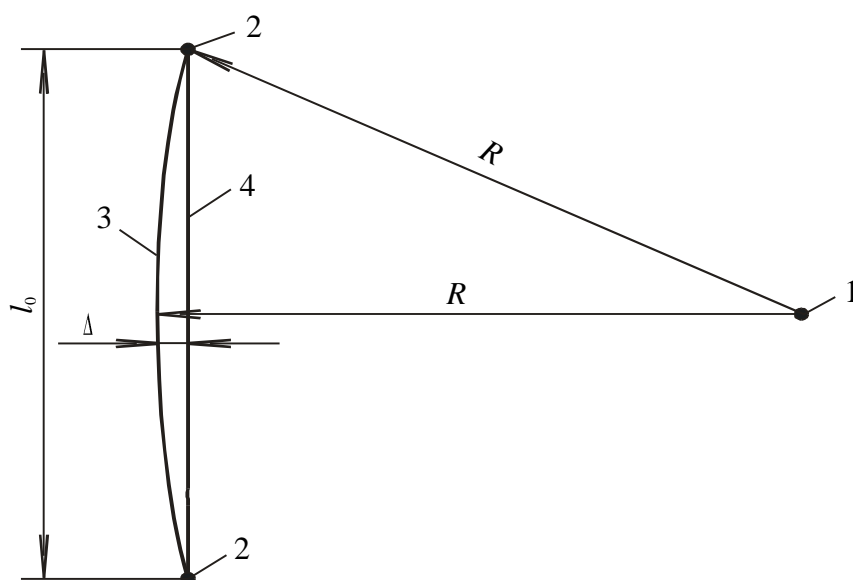


Рис. 1. Вид сверху на кривую:

- 1 - центр кривой радиуса R ;
- 2 - опора СТЮ с расстоянием l_0 до соседней опоры;
- 3 - криволинейный участок трассы;
- 4 - прямая линия, соединяющая соседние опоры.

Таблица 2

$R, \text{ м}$		5000	10000	15000	20000
$\Delta, \text{ см}$	$l_0 = 10 \text{ м}$	0,3	0,1	0,08	0,06
	$l_0 = 25 \text{ м}$	1,6	0,8	0,6	0,4
	$l_0 = 50 \text{ м}$	6,3	3,1	2,1	1,6

Из таблицы 2 видно, что требуемое отклонение криволинейного пути на одном пролёте трассы СТЮ от прямой линии будет незначительным. Например, при $R = 10000 \text{ м}$ и $l_0 = 50 \text{ м}$, $\Delta = 3,1 \text{ см}$, или $1/1600$ от длины пролёта.

Максимальный прогиб $U_{\text{max}, q}$ жёсткой нити в центре пролёта, так же, как и гибкой нити, под действием равномерно распределённой нагрузки определяется по формуле [1, 2]:

$$U_{\text{max}, q} = ql_0^2/8T_0$$

где q - равномерно распределённая нагрузка;
 l_0 - длина пролёта;
 T_0 - усилие натяжения нити.

Размер равномерно распределённой нагрузки q , необходимой для прогиба рельса-струны на величину Δ , представлен в табл. 3.

Таблица 3

$l_0, \text{ м}$		10 м	25 м	50 м
$q, \text{ тс/м}$	$\Delta = 10 \text{ см}$	-	-	0,08
	$\Delta = 3 \text{ см}$	-	0,1	0,02
	$\Delta = 1 \text{ см}$	-	0,03	0,008
	$\Delta = 0,3 \text{ см}$	0,06	0,01	0,002

Из табл. 3 видно, что, например, для прогиба рельса-струны на величину $\Delta = 3 \text{ см}$ на пролёте $l_0 = 50 \text{ м}$, что обеспечит радиус кривизны $R = 10000 \text{ м}$ (см. табл. 2) и скорость движения $300...350 \text{ км/ч}$ (см. табл. 1), её необходимо нагрузить распределённой нагрузкой $q = 0,02 \text{ тс/м}$ (или 20 кгс/м).

Вместо распределённой нагрузки можно использовать сосредоточенные силы, расположенные друг от друга на таком расстоянии, при котором жёсткая нить проявляет свойства балки и будет не прямолинейной, а изогнутой по кривой линии. Для рельса-струны СТЮ такое расстояние равно $5...10 \text{ м}$.

Таким образом, при замене распределённой нагрузки $q = 20 \text{ кгс/м}$ сосредоточенными силами, расположенными через расстояние 5 м , мы получим в описанном примере для каждой силы значение $P = 100 \text{ кгс}$. Такие усилия легко обеспечить, например, с помощью металлической фермы, установленной между прямой и обратной линиями на опорах СТЮ (см. рис. 2).

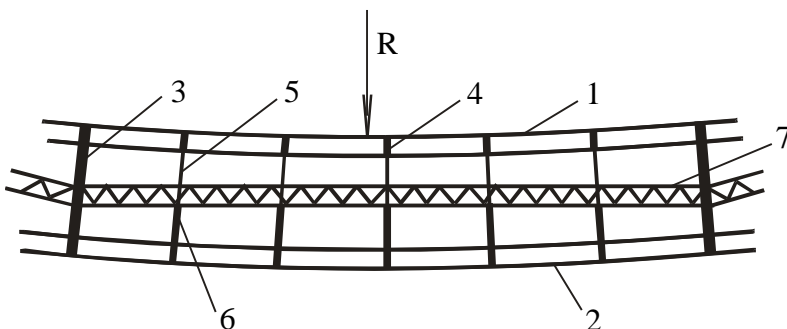


Рис.2. Вид сверху на криволинейный участок двухпутной трассы СТЮ на одном пролёте:

- 1 - "прямая" линия СТЮ;
- 2 - "обратная" линия СТЮ;
- 3 - опора;
- 4 - перемычка путевой структуры;
- 5 - тяга;
- 6 - стержень;
- 7 - ферма.

Ферма размещена на той же высоте, что и путевая структура, и будет очень ажурной, т.к. испытывает незначительные нагрузки. Для заданного искривления пути может использоваться и дополнительная опора 3 (см. рис. 3), установленная с выпуклой стороны криволинейного участка трассы СТЮ.

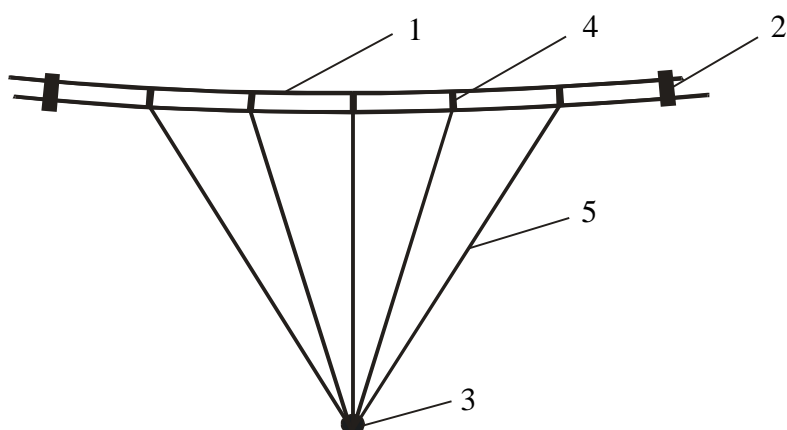


Рис.3. Вид сверху на криволинейный участок однопутной трассы СТЮ на одном пролёте:

- 1 - путевая структура;
- 2 - опора трассы;
- 3 - дополнительная опора;
- 4 - перемычка путевой структуры;
- 5 - тяга.

Литература:

1. А.И. Дукельский. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. - Москва-Ленинград, "Машиностроение", 1966 г.
2. А.Э. Юницкий. Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе. - Гомель, "Инфотрибо", 1995 г.

© А.Э. Юницкий, 22.02.2000 г.
Генеральный конструктор СТЮ,
академик Российской Академии Естественных Наук