

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КЛОТОИДНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Шестак Дмитрий Андреевич, студент 2-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

(Научный руководитель – Забавская А.В., старший преподаватель)

При проектировании плана трасс автомобильных дорог необходимо обеспечить соответствующий уровень удобства и безопасность движения. Поэтому наиболее удачным будет использовать клотоидные закругления.

Для начало было бы уместным объяснить, что такое вообще клотоид. Клотоид – это кривая, кривизна которой изменяется линейно. Чаще всего она используется как переходная кривая между прямой и окружностью. Из-за того, что, кривизна меняется линейно, то и вход в поворот автомобилем становится линейным и плавным. Это свойство клотоида позволяют проходить поворот без существенного снижения скорости и обеспечивает безопасность движения.

В отличие от остальных типов трасс для клотоидной трассы характерно гораздо большее число типов закруглений, что даёт очень весомое преимущество перед обычными дорогами, так как такие трассы более гибкие и это позволяет легко приспособить дорогу к любым типам рельефа и ситуациям на местности.

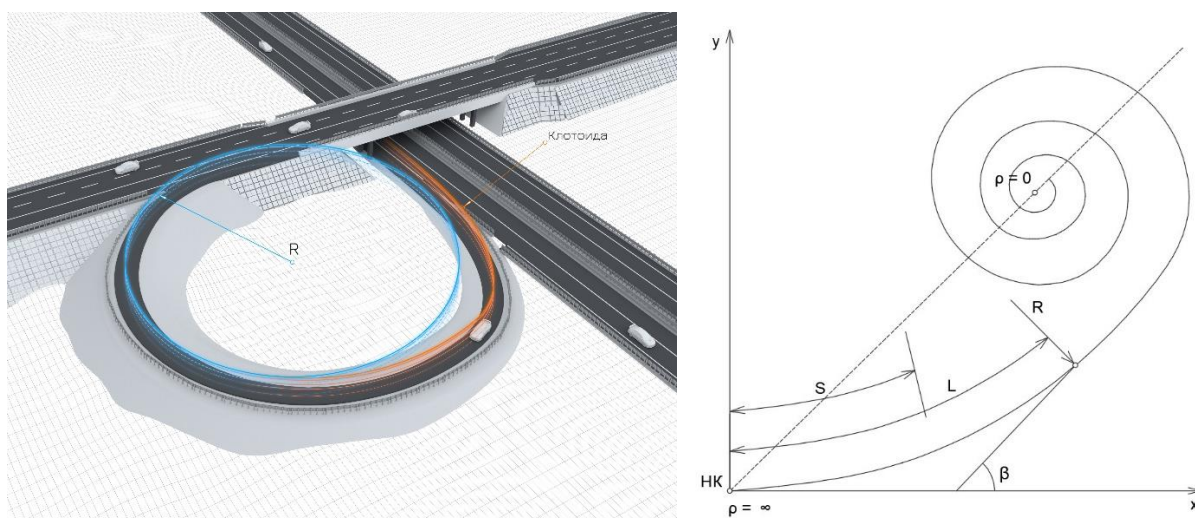


Рисунок 1 – Математическая кривая – клотоида

В дорожной практике в качестве переходной кривой или самостоятельного дорожного закругления, чаще всего используется начальный участок клотоиды (Рис. 1). Уравнение клотоиды имеет вид:

$$\rho = \frac{C}{S};$$

ρ – радиус кривизны

C – параметр клотоиды.

$$C = RL;$$

R – радиус кривизна конца рассматриваемого отрезка длиной L ;

L – длина отрезка клотоиды от её начала до точки на ней, где радиус кривизны $\rho = R$;

S – расстояние от начала клотоиды до данной точки на ней.

Длина переходной кривой:

$$L = \frac{v^3}{47RJ};$$

v – скорость автомобиля;

J – скорость нарастания центростремительного ускорения.

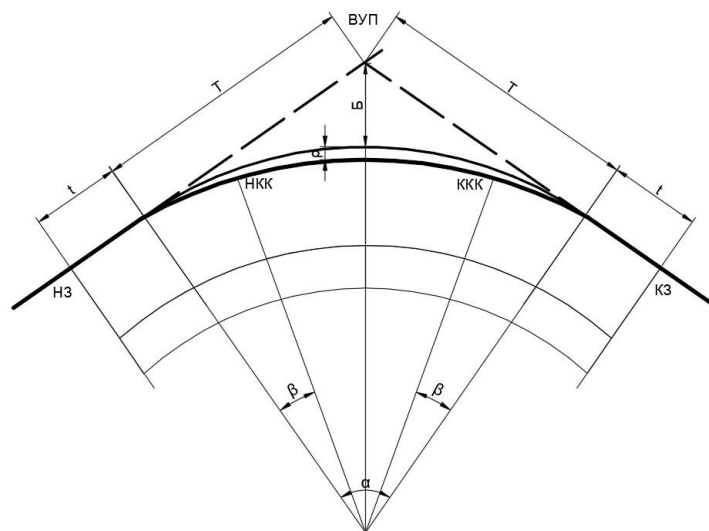


Рисунок 2 – Схема симметричного клотоидного закругления.

Расчет закругления ведут в следующей последовательности: определяют пикетажное положение вершины угла ПК ВУП; транспортиром находят величину угла поворота и по принятом радиусу по специальной таблице определяют K , T , B , D ; по таблице в зависимости от радиуса и категории дороги определяют L , величину угла кривой 2β , добавочный тангенс t , сдвигу круговой кривой p ; проверяют возможность разбивки переходной кривой, соблюдая условие $\alpha \geq 2\beta$. Определяют длину сокращенной круговой кривой K_0 , можно определить по таблице или по формуле:

$$K_0 = \frac{\pi R \gamma^\circ}{180^\circ};$$

Вычисляют полную длину закругления:

$$K = K_0 + 2L;$$

Вычисляем домер:

$$Д = 2(T + t) - K;$$

Определяют пикетажное положение основных точек закругления:

$$\text{пк НЗ} = \text{пк ВУП} - (T - t);$$

$$\text{пк НКК} = \text{НЗ} + l;$$

$$\text{пк ККК} = \text{НЗ} + l + K_0;$$

$$\text{пк КЗ} = \text{НЗ} + 2L + K_0;$$

Для примера сделаем цифровой расчет: категория дороги – II; радиус круговой кривой $R = 1500$ м; угол поворота $\alpha = 15^\circ$; пикетажное положение вершины угла – ПК 22 + 23,40; кривая – право.

Из таблицы для $\alpha = 15^\circ$, $T = 131,65$, но это для $R = 1000$. Чтобы перевести для $R = 1500$, воспользуемся формулой:

$$T = 131,65 * \frac{1500}{1000} = 197,475$$

Таблица 1 – Элементы переходных кривых.

Длина переходной кривой L, м	Угол 2β	Добавочный тангенс t, м	Сдвигка p, м
150	$5^\circ 44'$	75,00	0,63

Так как $\alpha = 15^\circ > 2\beta = 5^\circ 44'$, то разбивка переходной кривой возможна.

Делаем вычисления согласно формулам выше.

$$K_0 = \frac{3,14159 * 1500 * (15^\circ - 5^\circ 44')}{180^\circ} = 242,6 \text{ м.}$$

$$K = 242,6 + 300 = 542,6 \text{ м.}$$

$$Д = 2 * (197,475 + 75,00) - 542,6 = 2,35 \text{ м.}$$

Пикетное положение основных точек:

$$\text{пк НЗ} = (22 + 23,40) - (197,475 + 75,00) = \text{ПК } 19 + 50,925;$$

$$\text{пк НКК} = (\text{ПК } 19 + 50,925) + 150 = \text{ПК } 21 + 0,925;$$

$$\text{пк ККК} = (\text{ПК } 19 + 50,925) + 150 + 242,6 = \text{ПК } 22 + 92,6;$$

$$\text{пк КЗ} = (\text{ПК } 19 + 50,925) + 2 * 150 + 242,6 = \text{ПК } 24 + 42,6;$$

Литература:

1. Г. В. Ахраменко, Е. А. Темников, Проектирование автомобильных дорог. Часть 1, Гомель 2014.
2. И. К. Яцкевич, Е. И. Кононова, Проектирование автомобильных дорог. Методические указания по выполнению курсового проекта № 1, Минск 2009.