

*В. И. РУДСКИЙ, канд. техн. наук*

Полтавский инженерно-строительный институт

## ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРУГОВОЙ КРИВОЙ

При детальной разбивке кривой плотность размещения точек на ней, независимо от способа разбивки, обусловлена выбором длины элементарной дуги. Заменяя эту дугу прямой (хордой), при сооружении дорожного полотна на закруглении необходимо, чтобы максимальное удаление ее от кривой не превышало определенной величины.

Рекомендуемые нормативной литературой длины элементарных дуг (5, 10, 20 м) для соответствующих радиусов закруглений приводятся без теоретического обоснования.

Рассмотрим несколько подробнее вопрос выбора длины элементарной дуги кривой.

На рис. 1  $k$  — длина элементарной кривой радиуса  $R$ ;  $l$  — хорда, стягивающая эту дугу;  $\Delta$  — стрелка (величина отклонения хорды от кривой).

Из прямоугольного треугольника  $BCO$  следует, что

$$\frac{l}{2} = \sqrt{R^2 - (R - \Delta)^2}, \text{ откуда } l = 2\sqrt{2R\Delta - \Delta^2}. \quad (1)$$

Учитывая, что при детальной разбивке кривой значение  $\Delta$  должно быть небольшим, поскольку при малом  $\Delta$  длины дуги и хорды практически одинаковы, формулу (1) с достаточной точностью можно записать в виде

$$k = 2\sqrt{2R\Delta}. \quad (2)$$

Это относится к случаю, когда конечные точки  $A$  и  $B$  хорды находятся на дуге кривой.

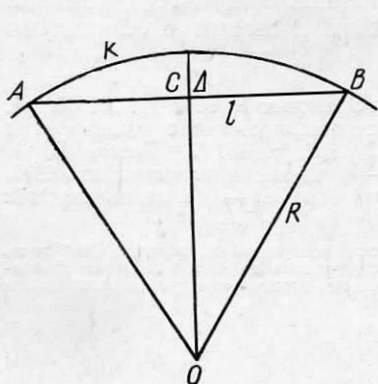


Рис. 1. Определение элементарной дуги круговой кривой.

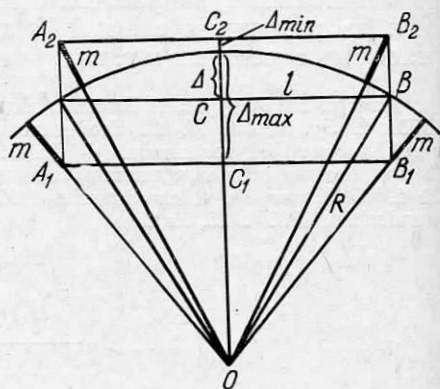


Рис. 2. Влияние точности разбивки кривой на выбор длины элементарной дуги.

Вследствие неточности разбивочных работ концы хорды попадают на кривую не точно, а с некоторой погрешностью  $m$ . Поэтому величина  $\Delta$  будет меняться.

На рис. 2  $\Delta_{\max}$  — отклонение хорды  $l$  от кривой при одностороннем действии погрешностей  $m$ , когда точки  $A$  и  $B$  смещаются внутрь кривой, в положение  $A_1$  и  $B_1$ ;  $\Delta_{\min}$  — отклонение хорды  $l$  от кривой при одностороннем действии погрешностей  $m$ , когда точки  $A$  и  $B$  смещаются наружу, в положение  $A_2$  и  $B_2$ .

Из треугольника  $OC_1B_1$

$$R - \Delta_{\max} = \sqrt{(R - m)^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2},$$

или, пренебрегая разностью между  $k$  и  $l$ ,

$$\Delta_{\max} = R - \sqrt{(R - m)^2 - \left(\frac{k}{2}\right)^2}.$$

Учитывая формулу (2), запишем

$$\Delta_{\max} = R - \sqrt{R^2 + m^2 - 2Rm - 2R\Delta}. \quad (3)$$

Из треугольника  $OC_2B_2$

$$R + \Delta_{\min} = \sqrt{(R + m)^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}$$

или 
$$\Delta_{\min} = \sqrt{R^2 + m^2 + 2Rm - 2R\Delta} - R. \quad (4)$$

Если  $m$  — точность разбивочных работ, то правомерно потребовать, чтобы  $\Delta$  также не выходила за пределы этой точности, т. е. чтобы в худшем случае выполнялось условие

$$\Delta = m. \quad (5)$$

Выполнив это требование в выражениях (3) и (4), получим:

$$\Delta_{\max} = R - \sqrt{R^2 + m^2 - 4Rm}; \quad (6) \quad \Delta_{\min} = \sqrt{R^2 + m^2} - R. \quad (7)$$

Поскольку  $m$  величина малая, то можно преобразовать формулы (6), (7) без ущерба для точности вычислений.

Для этого в формуле (6) под радикалом добавим  $3m^2$ .

$$\Delta_{\max} = 2m, \quad (8)$$

а в формуле (7) под радикалом вычтем  $m^2$  и получим

$$\Delta_{\min} = 0. \quad (9)$$

Формулы (8) и (9) позволяют судить о примерных предельных отклонениях хорды от кривой при разбивке точек с погрешностью  $m$ . Ее максимальное удаление равно, согласно формуле (8), удвоенной погрешности разбивочных работ.

Соотношение (8) позволяет регламентировать точность разбивочных работ при максимально возможном удалении хорды от кривой.

Таким образом, согласно выражениям (2) и (5), расчет длины элементарной дуги круговой кривой должен производиться по формуле

$$k = 2\sqrt{2Rm}. \quad (10)$$

Из этой формулы видно, что выбор длины элементарной дуги зависит не только от радиуса кривой, но и от требуемой точности разбивочных работ.

Продифференцировав уравнение (10), определим, какую погрешность могут иметь длины элементарных дуг:

$$dk = \frac{4R}{k} dm \quad \text{или} \quad \Delta k = \frac{4R}{k} \Delta m,$$

где  $\Delta k$  и  $\Delta m$  — соответственно погрешности величин  $k$  и  $m$ .

Положив  $\Delta t = \pm 0,005$  м, получим

$$\Delta k = \frac{0,02 R}{k} \text{ м.} \quad (11)$$

Согласно работе [3], точность разбивочных работ  $t$  на кривых автомобильных дорог составляет  $\pm 4$  см.

Длины элементарных дуг и диапазоны их возможных изменений в соответствии с уравнениями (10) и (11) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения элементарных дуг  $k$  и диапазоны их изменений

$R, \text{ м}$	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450
$k, \text{ м}$	2,8	4,0	4,9	5,7	6,9	8,0	8,9	9,8	10,6	11,3	12,0
$\Delta k, \text{ м}$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$
$R, \text{ м}$	500	600	700	800	900	1000	1500	2000	2500	3000	4000
$k, \text{ м}$	12,6	13,9	15,0	16,0	17,0	17,9	21,9	25,3	28,3	31,0	35,8
$\Delta k, \text{ м}$	$\pm 0,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,9$	$\pm 1,0$	$\pm 1,1$	$\pm 1,1$	$\pm 1,4$	$\pm 1,6$	$\pm 1,8$	$\pm 1,9$	$\pm 2,2$

Для удобства пользования дуги  $k$  можно округлить до целых метров в диапазоне их изменений  $\Delta k$ .

Обратимся к формуле (2) и запишем ее в таком виде:

$$\Delta = \frac{k^2}{8R}. \quad (12)$$

Подставляя в это выражение предлагаемые нормативной литературой дуги  $k$  (5, 10, 20 м) для соответствующих радиусов, определим возникающие при этом отклонения хорды от кривой (табл. 2).

Таблица 2

Величина стрелки прогиба для нормативных длин элементарных дуг

$R, \text{ м}$	25	50	75	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	2000
$\Delta, \text{ см}$	$\pm 12$	$\pm 6$	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 6$	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 8$	$\pm 6$	$\pm 5$	$\pm 4$	$\pm 2$
	$k=5 \text{ м}$				$k=10 \text{ м}$				$k=20 \text{ м}$				

Как видно из табл. 2, отклонения во многих случаях выходят за пределы точности разбивочных работ ( $\pm 4$  см).

Так, для радиусов, меньших 75, 300 и 1200 м, разбивку необходимо производить детальней, чем предлагается.

Отметим, что существенным упущением является отсутствие в новой нормативной литературе (СНиП III-Д. 5—73 «Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ. Приемка в эксплуатацию») допусков на плановую разбивку земляного полотна, установленных в старой.

**Список литературы:** 1. *Бойчук В. С.* Карманный справочник дорожника, Киев, Будівельник, 1974. 2. Строительные нормы и правила, 4. III, разд. Д, глава 5. Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ. Приемка в эксплуатацию. (СНиП III—Д. 5—73), М., Стройиздат, 1975. 3. Методические указания по разбивочным работам при сооружении земляного полотна, М., Оргтрансстрой, 1966.

Работа поступила в редколлегию 21 декабря 1977 года. Рекомендована кафедрой геодезии Полтавского инженерно-строительного института.