

А.С. ТЕРЕЩЕНКО, Е.Н. ПОДСТРЕЛОВА

Научные руководители Ю.А. КАТЬКАЛО, доц.;

Н.В. ТУЛУЕВСКИЙ

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Разработаны способы определения действительных радиусов закруглений автомобильных дорог: по касательной и углу и по двум касательным и углу. Работы выполняются с помощью электронного тахеометра. Назначается станция электронного тахеометра, точка S. При определении радиуса по касательной и углу задается направление касательной к круговой кривой закругления и устанавливается точка касания, точка A. Выбирается ещё некоторая удобная точка B на круговой кривой. В результате измерений определяются длина касательной SA, равная d_1 , расстояние SB, равное d_2 , и угол β между этими направлениями. По полученным результатам вычисляется радиус круговой кривой

$$R = \frac{d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2 \cos \beta}{2d_2 \sin \beta}.$$

При определении радиуса по двум касательным и углу задаются две касательных: SA, равная d_1 , и SB, равная d_2 . Измеряется угол β между направлениями этих касательных. Радиус круговой кривой

$$R = \frac{d_1 + d_2}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Важной характеристикой каждого способа и условий его применения является точность определения действительного радиуса. Для оценки точности используем среднюю квадратическую ошибку определения радиуса m_R . На основе теории ошибок можно записать

$$m_R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial d_1}\right)^2 m_{d_1}^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial d_2}\right)^2 m_{d_2}^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial \beta}\right)^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}}.$$

Окончательно для способа определения радиуса по касательной и углу получаем

$$m_R = \sqrt{\left(\frac{d_1 - d_2 \cos \beta}{d_2 \sin \beta}\right)^2 m_d^2 + \left(\frac{d_2^2 - d_1^2}{2d_2^2 \sin \beta}\right)^2 m_d^2 + \left(\frac{2d_1d_2 - (d_1^2 + d_2^2) \cos \beta}{2d_2 \sin^2 \beta}\right)^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}},$$

где m_d – средняя квадратическая ошибка определения расстояний d_1 и d_2 , принято, что $m_{d_1} = m_{d_2} = m_d$; m_β – средняя квадратическая ошибка измерения горизонтального угла β , $m_\beta = 0,5'$; ρ – число минут в радиане.

Средняя квадратическая ошибка измерения расстояния md складывается из ошибки собственно измерения m_i и ошибки от строительного допуска на ширину проезжей части m_Δ . Допуск на ширину проезжей части Δ составляет $0,20$ м – это предельная ошибка. Средняя квадратическая ошибка равна $\Delta / 3$.

При независимых источниках ошибок можно записать

$$m_d^2 = m_i^2 + m_\Delta^2.$$

С учетом точности измерения расстояний электронным тахеометром m_i и наличием строительного допуска m_Δ получена величина md , равная $0,10$ м.

Анализ полученной зависимости показывает, что значения средней квадратической ошибки m_R увеличиваются с увеличением угла β и в большинстве случаев достигают наибольшей величины при значениях β близких к 80° – 90° . Затем средняя квадратическая ошибка уменьшается. Принято для измерений минимальное значение угла β , равное 30° , а максимальное – 90° .

Действительный радиус закругления автомобильной дороги достаточно определить с относительной ошибкой m_R/R не более $1/50$.

Результаты анализа показывают, что достаточные по точности результаты по определению радиуса кривой получаются при длине касательной d_1 более 120 м при угле β , равном 30° , и при длине касательной d_1 более 130 м и угле β , равном 90° . При малых радиусах минимальную длину касательной можно допустить до 60 м. Полученными результатами устанавливаются условия применения способа определения действительного радиуса круговой кривой по касательной и углу.

При определении радиуса по двум касательным и углу средняя квадратическая ошибка m_R окончательно представляется в виде

$$m_R = \frac{d_1 + d_2}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \sqrt{\frac{4m_d^2}{d_1^2 + 2d_1d_2 + d_2^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2 \sin^2 \beta}}.$$

Анализ полученной зависимости показывает, что способ определения радиуса круговой кривой по двум касательным и углу во всех случаях дает достаточные по точности результаты. Относительная ошибка определения радиуса m_R/R составляет не более $1/130$. Однако при этом видимая часть круговой кривой должна быть в 2 и более раз больше чем при способе по касательной и углу.

Таким образом, при всех достоинствах способа по двум касательным и углу в стесненных условиях, когда видимость круговой кривой ограничена, приходится обращаться к способу определения радиуса по касательной и углу.