

3. Intini G., Liberti L., Notarnicola M., Di Canio F. Mechanochemical activation of coal fly ash for production of high strength cement conglomerates // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. Т. 17. №6. С. 567-571.
4. Прокопец, В. Влияние механоактивационного воздействия на активность вяжущих веществ / В. Прокопец // Строительные материалы. - 2003. - №9. - С. 28-29.
5. Кузнецова, Т.В. Механоактивация портландцементных сырьевых смесей / Т.В. Кузнецова, Л.М. Сулименко // Цемент. - 1985. - №4. - С. 20-21.
6. Коробко А.В. Геометрическое моделирование формой области в двумерных задачах теории упругости. – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 302 с.
7. Коробко В.И., Коробко А.В. Количественная оценка симметрии / Под редакцией В.И. Коробко. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 128 с.

Kondrashchenko V.I., Tararushkin E.V., Titov S.P., Kondrashchenko E.V. CHANGE OF THE FORM OF CEMENT PARTICLES AT ITS ACTIVATION IN A VORTEX MILL. Machining of cement in the mill of the vortex type leads to

an increase in strength of sand-cement stone in compression to 49% and bending strength up to 26 %. Using the proposed shape factor of particles on the plane it is shown that the effect of increasing the activity of the cement is achieved by changing the particle shape from angular to more rounded.

Keywords: cement, vortex-type mill, cement activity, compressive strength, bending strength, particle shape factor.

Кондращенко В.І., Тарарушкін Є.В., Титов С.П., Кондращенко О.В. ЗМІНА ФОРМИ ЧАСТИНОК ЦЕМЕНТУ ПРИ ЙОГО АКТИВАЦІЇ В ВИХРОВОМУ МЛІНІ. Механічна обробка цементу в млині вихрового типу призводить до збільшення міцності цементно-піщаного каменю на стиск до 49% і міцності при згині до 26%. З використанням запропонованого коефіцієнта форми частинок на площині показано, що ефект підвищення активності цементу досягається за рахунок зміни форми частинок від незграбної до більш округлої.

Ключові слова: цемент, млин вихрового типу, активність цементу, міцність на стиск, міцність при вигині, коефіцієнт форми частинок.

УДК 625.72:528.4

Коваленко Л.А.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(ул. Ярослава Мудрого, 25, Харьков, 61000, Украина; e-mail: rp@khadi.kharkov.ua)*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ИЗМЕРЕНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ЗАКРУГЛЕНИЙ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Рассмотрены методы определения конструкции закругления, измерения и расчета геометрических параметров закруглений автомобильных дорог. Приведена последовательность выполнения геодезических измерений элементов плана дороги, а также расчета параметров сложных закруглений трассы.

Ключевые слова: автомобильная дорога, геометрические параметры дороги, закругление трассы, радиус, угол поворота, геодезические измерения, теодолит.

Введение. Современные автомобильные дороги представляют собой сложные инженерные сооружения, которые должны обеспечивать безопасное движение автомобилей с высокими скоростями. Их проектируют и строят таким образом, чтобы автомобили могли полностью реализовать свои динамические качества при нормаль-

ном режиме работы двигателя и на закруглениях автомобилю не грозили занос или опрокидывание [1, 2].

При переходе автомобиля с прямой участком дороги на круговую кривую и обратно возникает мгновенное нарастание центробежной силы. При большой скорости движения, большой массе автомобиля и малом радиусе круговой кривой получается значительный удар колес

автомобиля о дорожное покрытие, от которого портится не только покрытие дороги, но и автомобиль. Кроме этого возникают неприятные ощущения у водителя и пассажиров, а в неблагоприятных погодных условиях может привести к заносу или опрокидыванию автомобиля [3-5].

Для предотвращения неблагоприятного влияния мгновенного нарастания центробежной силы на автомобильных дорогах устраивают переходные кривые, имеющие переменный радиус кривизны, величина которого изменяется от бесконечности в точке касания с прямой до радиуса круговой кривой. Наличие переходной кривой на дороге заменяет удар постепенным увеличением давления колес автомобиля на дорожное покрытие, которое в свою очередь локализуется устройством постепенного отгона виража на переходной кривой и полного виража на круговой кривой. Таким образом формируется сложная конструкция закругления трассы автомобильной дороги [6, 7].

Методы исследования. В процессе эксплуатации автомобильных дорог зачастую возникает необходимость определения геометрических параметров отдельных участков дороги в плане и профиле. К геометрическим параметрам закругления автомобильной дороги относят угол поворота, длины тангенсов, радиус и длину круговой кривой, длины переходных кривых, а также общую длину закругления.

Перед непосредственным определением радиуса и длины закругления необходимо установить его геометрическую конструкцию, то есть выяснить, из каких кривых оно состоит, длины этих кривых, где расположены начало и конец каждой кривой [8, 9, 10]. При решении данных задач могут быть использованы различные методы.

Геодезические методы наиболее доступны и распространены на производстве [11]. Они обеспечивают достаточно точное определение геометрических параметров автомобильных дорог в плане и продольном профиле и при необходимости их точность может быть повышена за счет приме-

нения более точных приборов и совершенной методики измерений. Обработка результатов измерений отличается простотой и не требует какого-либо специального оборудования или специальной подготовки инженерно-технических кадров. Однако специалисты отмечают, что в процессе съемки закруглений в плане определить наличие переходной кривой, начало и конец переходной кривой является сложной задачей, решаемой только с определенной степенью приближения [12].

Результаты исследования. Для получения достаточно достоверных значений параметров сложных закруглений плана трассы рекомендуется совмещать геодезические измерения и расчетные методы. Для этого необходимо на исследуемом участке автомобильной дороги измерить угол поворота трассы, биссектрису и тангенс закругления [13-15]. На прямолинейном участке автомобильной дороги до и после предполагаемых месторасположений точек начала и конца закругления выбирают по две опорные точки на кромке проезжей части и закрепляют их кольями.

На прямолинейном участке до начала закругления над первой точкой устанавливают теодолит и визируют на вторую точку, аналогично после конца закругления также устанавливают теодолит и визируют с четвертой точки на третью. В точке пересечения визирных лучей закрепляют точку «вершина угла ВУ». В точке ВУ устанавливают теодолит и измеряют угол поворота θ полным приемом. Затем определяют положение точек НЗ (начало закругления) и КЗ (конец закругления). Для этого в точке, расположенной близко к началу закругления устанавливают теодолит, приводят в рабочее положение и трубу наводят на вежу в точке на прямолинейном участке на подходах к закруглению. Трубу переводят через зенит. Реечник с вешкой перемещается вдоль кривой в направлении от ее середины к точке НЗ. Как только изображение вехи сочетается с визирной осью трубы, точку фиксируют колом на грани покрытия. В результате получают точку НЗ. В конечной части закругления все операции повторяют в том же порядке и определяют положение

точки КЗ. Мерной лентой измеряют расстояние от точек НЗ и КЗ до точки «вершина угла ВУ» и получают значение тангенса закругления Т. Также мерной лентой измеряют расстояние от точки ВУ до точки «середина кривой СК», получают значение биссектрисы закругления Б.

По измеренным значениям угла поворота Q, биссектрисы Б и тангенса закругления Т можно установить тип существующего закругления дороги в плане и вычислить его параметры – радиус R и длину переходной кривой L. Для этого используя формулы расчета параметров закруглений (1, 2, 3, 4) можно составить систему уравнений (5) для сложного закругления (рис.1).

$$B_{KK} = R \left(\frac{1}{\cos \frac{Q}{2}} - 1 \right); t = 0.5 \cdot L; \quad (1, 2)$$

$$P = \frac{L^2}{24R}; T_K = R \cdot tg \frac{Q}{2}. \quad (3, 4)$$

$$\begin{cases} f(R, L, Q) - T = 0, \\ \varphi(R, L, Q) - B = 0; \end{cases} \quad (5)$$

Чтобы найти неизвестные R и L, необходимо решить систему нелинейных уравнений методом последовательных приближений. Вычислить:

а) начальные (n=0) приближения искомых значений:

$$R^{(n)} = \frac{0.7B}{\left(\frac{1}{\cos \frac{Q}{2}} - 1 \right)}, \quad (6)$$

$$L^{(n)} = 2 \cdot \left(T - R^{(n)} \cdot tg \frac{Q}{2} \right); \quad (7)$$

б) значения функции F_1 и F_2 при заданных $R = R^{(n)}$ и $L = L^{(n)}$:

$$F_1 = (R + P)tg \frac{Q}{2} + 0.5L - T, \quad (8)$$

$$F_2 = \left(\frac{1}{\cos \frac{Q}{2}} - 1 \right) R \cdot \frac{P}{\cos \frac{Q}{2}} - B, \quad (9)$$

где P – величина сдвижки при очередных значениях $R^{(n)}$ и $L^{(n)}$;

в) значения частных производных функций F_1 и F_2 относительно R и L:

$$\frac{\partial F_1}{\partial R} = tg \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{P}{R} \right), \quad \frac{\partial F_1}{\partial L} = 2 \frac{P}{L} + 0.5, \quad (10)$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial R} = \frac{1}{\cos \frac{Q}{2}} \left(1 - \frac{P}{R} \right) - 1, \quad \frac{\partial F_2}{\partial L} = \frac{2 \cdot P}{L \cdot \cos \frac{Q}{2}}; \quad (11)$$

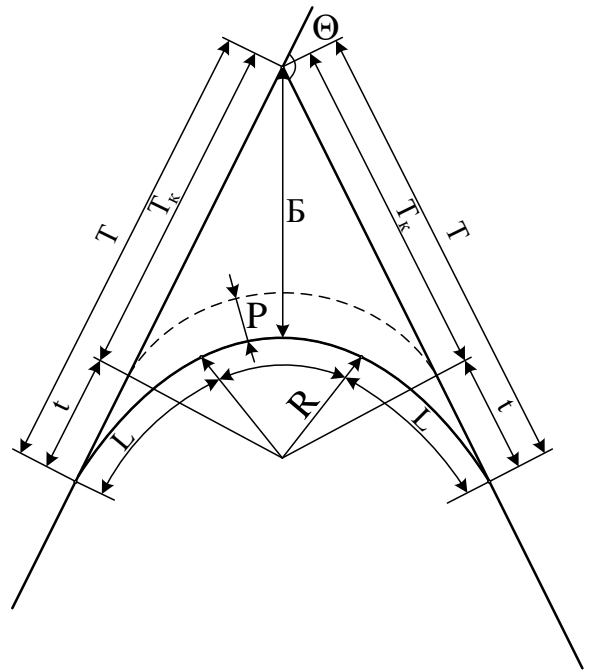


Рис. 1. Расчетная схема закругления

г) определитель матрицы Якоби

$$I = \begin{vmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial R} & \frac{\partial F_1}{\partial L} \\ \frac{\partial F_2}{\partial R} & \frac{\partial F_2}{\partial L} \end{vmatrix} \quad (12)$$

по формуле

$$\Delta I = \frac{\partial F_1}{\partial R} \cdot \frac{\partial F_1}{\partial L} - \frac{\partial F_1}{\partial L} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial R}; \quad (13)$$

д) последующие приближения неизвестных $R^{(n+1)}$ и $L^{(n+1)}$:

$$R^{(n+1)} = R^{(n)} - \frac{1}{\Delta I} \left(F_1 \cdot \frac{\partial F_2}{\partial L} - F_2 \cdot \frac{\partial F_1}{\partial L} \right); \quad (14)$$

$$L^{(n+1)} = L^{(n)} - \frac{1}{\Delta I} \left(F_1 \cdot \frac{\partial F_2}{\partial R} - F_2 \cdot \frac{\partial F_1}{\partial R} \right) \quad (15)$$

е) относительную величину приращения неизвестных:

$$\delta_R = \frac{R^{(n+1)} - R^{(n)}}{R^{(n+1)}} \cdot 1000, \quad (16)$$

$$\delta_L = \frac{L^{(n+1)} - L^{(n)}}{L^{(n+1)}} \cdot 1000; \quad (17)$$

ж) сравнить относительную величину приращений с заданной точностью расчета ε : если δ_R или δ_L меньше ε – расчет прекратить; если δ_R или δ_L больше или равно ε – положить $R = R^{(n+1)}$, $L = L^{(n+1)}$ и продолжить расчет.

Выводы. Рассмотрены основные методы определения конструкции и расчета параметров сложных закруглений трассы автомобильной дороги. Приведена последовательность выполнения геодезических измерений геометрических элементов плана дороги, а также расчета параметров

сложных закруглений трассы на основе решения нелинейных уравнений методом последовательных приближений.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог [Текст]: Учебник для вузов / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М.: Транспорт, 1987. – 368с.
2. Білятинський О.А. Проектування автомобільних доріг [Текст]: Підручник для вузів/ О.А. Білятинський, В.Й. Заворицький, В.П. Старовойда, Я.В. Хомяк. – К.: Вища школа, 1997. – 435 с.
3. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст]: Учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 238с.
4. Гаврилов Э.В. Эргономика на автомобильном транспорте [Текст] / Э.В. Гаврилов – К.: Техника, 1976. – 152с.
5. Гаврилов Э.В. Системное проектирование автомобильных дорог [Текст]: Учебное пособие / Э.В. Гаврилов, А.М. Гридчин, В.Н. Ряпухин – Москва-Белгород: издательство АСВ, 1998. – 138с.
6. Гаврилов Э.В. Учет человеческого фактора при проектировании дорог и организации движения [Текст] / Э.В. Гаврилов, В.А. Бегма, В.В. Туманов – К.: изд. УМК ВО, 1988. – 78с.
7. Федотов Г.А. Справочник инженера – дорожника [Текст]/ под ред. Г.А. Федотова – М.: Транспорт, 1989. – 436с.
8. Васильев Л.П. Реконструкция автомобильных дорог [Текст]: Учебное пособие/ Л.П. Васильев, Ю.Н. Яковлев, М.С. Коганзон, А.Я. Тулаев. – М.: МАДИ, 1998, – 158 с.
9. Білятинський О.А. Інженерно – геодезичні роботи при будівництві автомобільних доріг [Текст]: Навчальний посібник/ О.А. Білятинський, В.І. Кузьмін. – К.: НТУ, 2001. – 192 с.
10. Кузьмін В.І. Інженерно – геодезичні роботи при ремонті і реконструкції автомобільних доріг [Текст]: навчальний посібник/ В.І. Кузьмін, В.Ф. Демішкан. – Харків: ХНАДУ, 2006. – 132 с.
11. Островський А.Л. Геодезія [Текст]: підручник/ А.Л.Островський, О.І. Мороз, В.Л.Тарнавський; за заг. ред. Н.Л.Островського. – 2 – ге вид., випр.. – Львів:

Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 564 с.

12. Белятинский А.А., Исследование точности производства геодезических работ при реконструкции дорог [Текст]/А.А. Белятинский, В.А. Пеньков// Инженерная геодезия. – К.: КАДИ, 1981. – Вып. 24. – С.59 – 64.
13. Кузьмін В.І. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві [Текст]: Навч. посіб./ В.І. Кузьмін, О.А. Білятинський. – К.: Вища школа, 2006. – 278 с.
14. Большаков В.Д. Справочное руководство по инженерно – геодезическим работам [Текст]/ В.Д. Большаков, Г.П. Левчук, В.Е. Новак и др.; под. ред. В.Д. Большакова, Г.П. Левчука. – М.: Недра. 1980 – 781 с.
14. Данилевич Б.Б. Приктикум по инженерной геодезии [Текст]: Учебное пособие для вузов/ Б.Б. Данилевич, В.Ф. Лукьянов, Б.С. Хейфец и др.; под. ред. В.Е. Новака. – 3-е изд. перераб. доп. – М.: Недра, 1987. – 334 с.

Коваленко Л.О. ІДЕНТИФІКАЦІЯ, ВИМІРЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНИХ ЗАКРУГЛЕНЬ ПЛАНУ ТРАСИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ. Розглянуті методи визначення конструкції закруглення, вимірювання та розрахунку геометричних параметрів закруглень автомобільних доріг. Наведена послідовність виконання геодезичних вимірювань елементів плану дороги, а також розрахунку параметрів складних закруглень траси.

Ключові слова: автомобільна дорога, геометричні параметри дороги, закруглення траси, радіус, кут повороту, геодезичні вимірювання, теодоліт.

Kovalenko L. IDENTIFICATION, MEASUREMENT AND CALCULATION OF PARAMETERS OF COMPLEX DISTANCES OF THE ROAD TRAIL ROAD PLAN. Methods for determining the design of rounding, measuring and calculating the geometric parameters of the curvatures of highways are considered. The sequence of performing geodetic measurements of the elements of the road plan, as well as calculation of the parameters of the complex curves of the route, is given.

Key words: road, geometric parameters of the road, rounding of the route, radius, angle of rotation, geodetic measurements, theodolite.