

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КООРДИНАТНЫХ МЕТОДОВ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗБИВКИ ОСИ ТРАССЫ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Подшивалов В.П.

Белорусский национальный технический университет

В статье предлагается метод, дающий возможность автоматизации разбивки геодезических элементов оси трассы в единой системе координат. Суть представленного метода заключается в возможности определения координат элементов трассы в текущей пикетажной точке, независимо от конфигурации и протяженности трассы.

До настоящего времени в учебных и нормативно-технических источниках предлагаются различные методы вынесения в проектное положение элементов оси трассы линейных сооружений. Разнообразие имеет место при разбивке криволинейных участков оси трассы. Предложение различных методов для разбивки криволинейных участков оси трассы вызвано возможностями применяемых геодезических приборов, необходимой точностью и детальностью разбивочных работ, а также условиями прохождения трассы на местности.

Современные технологии производства геодезических измерений, их обработка и представление для решения различных практических задач в координатном режиме допускают высокую степень автоматизации при наличии алгоритма вычислений по геодезическому обеспечению соответствующего технологического процесса.

Рассмотрим задачу общего координатного описания оси трассы линейного сооружения. При этом будем иметь в виду, что трасса на всем ее протяжении расположена в одной координатной зоне, независимо от ее протяжения. Для этого необходимо воспользоваться теорией и методологией, предложенных в работах [1 - 3 и др.].

Представим плановое положение элементов фрагмента оси трассы на рисунке. В качестве исходной информации служат проектные значения: координаты вершин углов поворота трассы $x_A, y_A, x_B, y_B; x_C, y_C; x_D, y_D$; углы поворота оси трассы θ_1, θ_2 ; радиусы круговых кривых R_1, R_2 .

Для определения координат текущих точек оси трассы, как на прямолинейных, так и на круговых участках используем известные уравнения прямой и окружности в прямоугольной системе координат:

уравнение прямой AB на участке от точки A до начала круговой кривой H_{k1} имеет вид:

$$y = y_A + x - x_A \operatorname{tg} \alpha_{AB} \quad \text{или} \quad y = y_A + S_i \sin \alpha_{AB}; \quad (1)$$

уравнение круговой кривой при вершине B от начала H_{K_i} до конца кривой K_{K_i} соответственно:

$$y = y_{O_1} \pm \sqrt{R_1^2 - (x - x_{O_1})^2} \quad (2)$$

При этом отрицательное значение корня квадратного принимается при вычислениях текущих координат от начала до середины кривой, положительное – от середины кривой до ее конца. Дирекционный угол α_{AB} и расстояние S_{AB} вычисляются по координатам точек A и B по известным формулам:

$$\alpha_{AB} = \operatorname{arctg} \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}, \quad S_{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}, \quad (3)$$

координаты центра круговой кривой получают из выражений

$$x_{O_1} = x_A + S_{AB} \cos \alpha_{AB} + T_1 \cos \alpha_{BA} + R_1 \cos(\alpha_{AB} + 90^\circ) \quad (4)$$

$$y_{O_1} = y_A + S_{AB} \sin \alpha_{AB} + T_1 \sin \alpha_{BA} + R_1 \sin(\alpha_{AB} + 90^\circ), \quad (5)$$

где $T_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2}$ – тангенс кривой.

Преобразуем выражения (4), (5):

$$x_{O_1} = x_A + (S_{AB} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2}) \cos \alpha_{AB} - R_1 \sin \alpha_{AB} = x_{HK_1} - R_1 \sin \alpha_{AB} \quad (6)$$

$$y_{O_1} = y_A + (S_{AB} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2}) \sin \alpha_{AB} + R_1 \cos \alpha_{AB} = x_{HK_1} + R_1 \cos \alpha_{AB}. \quad (7)$$

Текущие значения ординат точек трассы y получают для соответствующих значений абсцисс x .

При выносе в проектное положение на местности текущие значения абсцисс на прямолинейных участках трассы могут быть привязаны к пикетажным точкам, отстоящим на оси трассы от начальной точки A на расстоянии S_i .

$$x = x_A + S_i \cos \alpha_{AB} \quad (8)$$

Для того, чтобы проконтролировать результаты вычислений и определить пределы действия формул (1) и (2) на оси трассы, вычисляем координаты главных точек кривой:

Координаты начала и конца кривой радиусом R_1 :

$$x_{HK_1} = x_B + T_2 \cos \alpha_{BA} = x_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \cos \alpha_{BA}; \quad (9)$$

$$y_{HK_1} = x_B + T_1 \sin \alpha_{BA} = y_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \sin \alpha_{BA}; \quad (10)$$

$$x_{KK_1} = x_B + T_1 \cos \alpha_{BC} = x_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \cos \alpha_{BC}; \quad (11)$$

$$y_{KK_1} = y_B + T_1 \sin \alpha_{BC} = y_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \sin \alpha_{BC}. \quad (12)$$

Координаты середины кривой:

$$x_{CK_1} = x_B + B_1 \cos \alpha_{BO_1}; \quad (13)$$

$$y_{CK_1} = x_B + B_1 \sin \alpha_{BO_1}, \quad (14)$$

где $B_1 = R_1 \frac{1}{\cos \frac{\theta_1}{2}} - 1$ – биссектриса кривой.

Преобразуем выражения (13), (14):

$$x_{CK1} = x_B + R_1 \frac{1}{\cos \frac{\theta_1}{2}} - 1 \sin \frac{\theta_1}{2} + \alpha_{BA} ; \quad (15)$$

$$y_{CK1} = y_B - R_1 \frac{1}{\cos \frac{\theta_1}{2}} - 1 \cos \frac{\theta_1}{2} + \alpha_{BA} . \quad (16)$$

Уравнение прямой BC на участке от точки KK_1 до начала круговой кривой HK_2 :

$$y = y_{KK_1} + x - x_{KK_1} tg \alpha_{BC}; \quad (17)$$

уравнение круговой кривой при вершине C :

$$y = y_{02} \pm \sqrt{R_2^2 - (x - x_{02})^2}; \quad (18)$$

Здесь дирекционный угол α_{BC} и расстояние S_{BC} вычисляются по координатам точек B и C по формулам:

$$\alpha_{BC} = \arctg \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}, \quad S_{BC} = \sqrt{(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2} \quad (19)$$

а координаты центра круговой кривой при вершине C имеют выражения:

$$x_{02} = x_{HK_2} + R_2 \sin \alpha_{BC}; \quad y_{02} = y_{HK_2} - R_2 \cos \alpha_{BC} \quad (20)$$

Уравнение прямой CD :

$$y = y_C + x - x_C tg \alpha_{CD}; \quad (21)$$

Координаты главных точек кривой при вершине C имеют выражения:

Координаты начала и конца кривой радиусом R_2 :

$$x_{HK_2} = x_C + T_2 \cos \alpha_{CB} = x_C + R_2 tg \frac{\theta_2}{2} \cos \alpha_{CB}; \quad (22)$$

$$y_{HK_2} = x_C + T_2 \sin \alpha_{CB} = y_C + R_2 tg \frac{\theta_2}{2} \sin \alpha_{CB}; \quad (23)$$

$$x_{KK_2} = x_C + T_2 \cos \alpha_{CD} = x_C + R_2 tg \frac{\theta_2}{2} \cos \alpha_{CD}; \quad (24)$$

$$y_{KK_2} = y_C + T_2 \sin \alpha_{CD} = y_C + R_2 tg \frac{\theta_2}{2} \sin \alpha_{CD}. \quad (25)$$

Координаты середины кривой:

$$x_{CK2} = x_C + B_1 \cos \alpha_{CO_2}; \quad (26)$$

$$y_{CK1} = y_C + B_1 \sin \alpha_{CO_2}, \quad (27)$$

где $B_2 = R_2 \frac{1}{\cos \frac{\theta_2}{2}} - 1$ – биссектриса кривой.

Преобразуем выражения (26), (27):

$$x_{CK2} = x_C - R_2 \frac{1}{\cos \frac{\theta_2}{2}} - 1 \sin \alpha_{CB} - \frac{\theta_2}{2}; \quad (27)$$

$$y_{CK2} = y_{BC} + R_1 \frac{1}{\cos \frac{\theta_2}{2}} - 1 \cos \alpha_{CB} - \frac{\theta_2}{2}. \quad (28)$$

Ось трассы представлена сочетанием прямолинейных отрезков и круговых кривых. Таким образом, получаем формулы для вычисления всех элементов оси трассы, независимо от ее конфигурации и комбинации данных элементов.

Далее предлагается производить детальную разбивку на местности пикетажных точек электронным тахеометром или тахеометром в сочетании со спутниковой системой позиционирования, независимо от их положения, как на прямолинейных, так и криволинейных участках в координатном режиме с точностью, необходимой и достаточной для конкретного вида сооружения. Для этого необходимо в меню прибора внести соответствующие проектные значения координат, вычисленных по предлагаемым формулам.

Литература

1. Подшивалов В.П. Основы формирования координатной среды автоматизированных технологий Журнал «Вестник Полоцкого госуниверситета. Прикладные науки». Новополоцк: 2004, с 34-37.
2. Padshyvalau U. Automated design of coordinate system for long linear objects / U.Padshyvalau, Guryeu J. - Труды межд. научн.-техн. конф. ScanGIS 2007, Осло-Ос, 9 с
3. Подшивалов В.П. О проблемах комплексных инженерных изысканий при переходе к использованию современных научно-технических возможностей /В.П. Подшивалов, А.С. Назаров - Журнал «Инженерные изыскания», №11, М., 2010, с. 60-62.