

можно добиться того, чтобы вся трасса попала в зону минимально возможных и пренебрегаемо малых искажений.

Заключение. На основании проведенных исследований применительно к реальным трассам различных транспортных сооружений показаны достаточно широкие возможности решения задачи их координатного обеспечения, отвечающего современным требованиям. Так, например, автомобильная и железнодорожная трассы Брест-Москва, трассы транзитных нефте и газопроводов, автомобильных и железных дорог на территории Беларуси могут быть изображены в одной координатной зоне, с относительными искажениями, порядка 1:5000 – 1:10000 и менее [4-5], что вполне удовлетворяет требованиям действующих нормативных документов.

Библиографические ссылки

1. Подшивалов В. П. Координатная среда для геоинформационных систем. Геодезия и картография, №6. М., 1997. с. 51–55.
2. Подшивалов В. П. Теоретические основы формирования координатной среды для геоинформационных систем. Научное издание ПГУ. Новополоцк, 1998. 125 с.
3. Подшивалов В. П. Композиционные геодезические проекции. Геодезия и картография. №8. М., 2000 с. 39–43.
4. Подшивалов В. П., Маковский С. В. Системы плоских прямоугольных координат для линейных объектов. Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. №4 М., 2000. с. 15–21.
5. Huryeu Y., Padshyvalau U. Automated design of coordinate system for long linear objects. Proceedings of the 11th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, 5th – 7th September. As, Norway: PP, 2007. p.147–155.

УДК 528.486

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КООРДИНАТНЫХ МЕТОДОВ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗБИВКИ ОСИ ТРАССЫ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В. П. Подшивалов ¹⁾, А. В. Кабацкий ²⁾

¹⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь,
vrodshivalov@bntu.by

²⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь,
saniakab@tut.by

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.

Ключевые слова: ось трассы; разбивка элементов трассы; координатное описание оси трассы.

Введение. 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.

Основная часть. 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- 5].

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 .

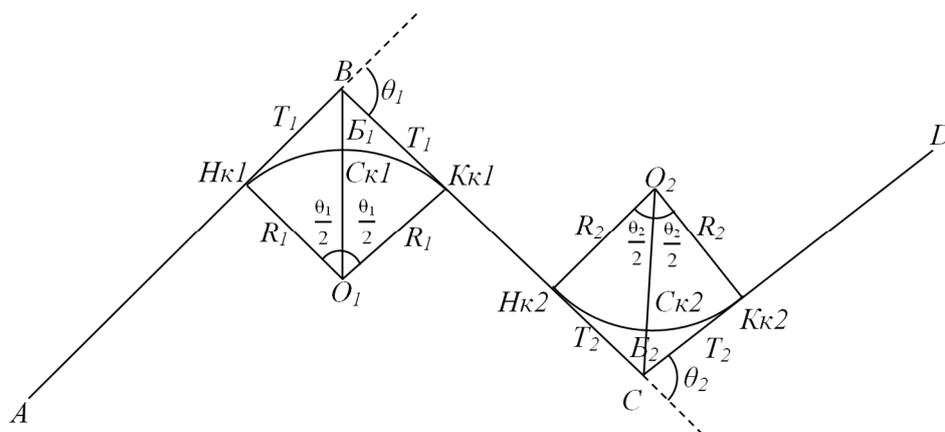


Схема фрагмента оси трассы

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 Hk_1 имеет вид:

$$y = y_A + (x - x_A) \operatorname{tg} \alpha_{AB} \text{ или } y = y_A + S_i \sin \alpha_{AB}; \quad (4)$$

– уравнение круговой кривой при вершине B от начала Hk_1 до конца кривой Kk_1 соответственно:

$$y = y_{01} \pm \sqrt{R_1^2 - (x - x_{01})^2} \quad (5)$$

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:

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

координаты центра круговой кривой получают из выражений

$$X_{O1} = X_A + \left(S_{AB} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2}\right) \cos \alpha_{AB} - R_1 \sin \alpha_{AB}$$

$$Y_{O1} = Y_A + \left(S_{AB} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2}\right) \sin \alpha_{AB} + R_1 \cos \alpha_{AB}.$$

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 .

$$x = x_A + S_i \cos \alpha_{AB}$$

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 :

$$x_{HK1} = x_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \cos \alpha_{BA}; \quad y_{HK1} = y_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \sin \alpha_{BA};$$

$$x_{KK1} = x_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \cos \alpha_{BC}; \quad y_{KK1} = y_B + R_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \sin \alpha_{BC}.$$

Координаты середины кривой:

$$x_{CK1} = x_B + R_1 \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta_1}{2}} - 1 \right) \sin \left(\frac{\theta_1}{2} + \alpha_{BA} \right); \quad y_{CK1} = y_B - R_1 \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta_1}{2}} - 1 \right) \cos \left(\frac{\theta_1}{2} + \alpha_{BA} \right).$$

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

$$y = y_{KK1} + (x - x_{KK1}) \operatorname{tg} \alpha_{BC};$$

уравнение круговой кривой при вершине C :

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

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

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

а координаты центра круговой кривой при вершине C имеют выражения:

$$X_{O_2} = X_{HK2} + R_2 \sin \alpha_{BC}; \quad Y_{O_2} = Y_{HK2} - R_2 \cos \alpha_{BC};$$

Уравнение прямой CD :

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

Координаты главных точек кривой при вершине C имеют выражения:

Координаты начала и конца кривой радиусом R_2 :

$$x_{HK2} = x_C + R_2 \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \cos \alpha_{CB}; \quad y_{HK2} = y_C + R_2 \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \sin \alpha_{CB};$$

$$x_{KK2} = x_C + R_2 \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \cos \alpha_{CD}; \quad y_{KK2} = y_C + R_2 \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \sin \alpha_{CD}.$$

Координаты середины кривой:

$$x_{CK2} = x_C - R_2 \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta_2}{2}} - 1 \right) \sin \left(\alpha_{CB} - \frac{\theta_2}{2} \right); \quad y_{CK2} = y_{BC} + R_1 \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta_2}{2}} - 1 \right) \cos \left(\alpha_{CB} - \frac{\theta_2}{2} \right).$$

Заключение. 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.

Библиографические ссылки

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. Осло-Ос, 2007. 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.
4. Подшивалов В. П. Теоретические основы формирования координатной среды для геоинформационных систем – Новополоцк: Научное издание ПГУ, 1998. 125 с.
5. Подшивалов В. П. Координатная среда для геоинформационных систем. Геодезия и картография. №6. М., 1997. С. 51–55.