

## Контроль геометрии подъездных железнодорожных путей лесозаготовительных предприятий при помощи электронных тахеометров

И. В. Клепиков<sup>1</sup>

*Архангельский государственный технический  
университет*

Обсуждается методика обработки данных электронного тахеометра по контролю подъездных железнодорожных путей.

**Ключевые слова:** контроль, железнодорожный путь, методы расчета.

При контроле геометрии подъездных железнодорожных путей лесозаготовительных предприятий обычно требуется выполнить плановую и высотную съемки железнодорожных путей, определить параметры кривых, а также величины рихтовок рельсов. Традиционно плановую съемку выполняют известными методами теодолитной съемки, а высотную - методом геометрического нивелирования. Радиусы кривых, как правило, определяют либо методом хорд непосредственно на железнодорожных путях, либо графическим способом в камеральных условиях. Подобные методы работ были разработаны под традиционные геодезические приборы - теодолиты, нивелиры, рулетки.

Однако в последние годы появился новый класс геодезических приборов - электронные тахеометры. Электронный тахеометр представляет собой комбинацию электронного теодолита, светодальномера и микроЭВМ и позволяет измерять в автоматическом режиме горизонтальные, вертикальные углы, наклонные расстояния. Результаты измерений, а также их функции - превышения, отметки, горизонтальные расстояния, координаты - иницируются на цифровом табло и могут быть переданы в полевой регистратор информации для последующего ввода полученных данных в персональный компьютер.

За рубежом выпуск таких приборов осуществляется рядом фирм Германии, США, Швеции, Японии и др. Отечественной промышленностью выпускается электронный тахеометр ТаЗМ, позволяющий измерять углы с точностью, характеризующейся средней квадратической ошибкой равной 5", а расстояния - с точностью порядка 5-10 мм. Большие возможности подобных приборов позволяют по-новому подойти к процессу контроля железнодорожных путей.

Плановую съемку удобно выполнять методом "свободной" станции, что значительно облегчает, а в некоторых случаях исключает, процесс создания геоде-

зического обоснования. Суть метода заключается в том, что съемка ведется с нескольких станций, непосредственно не связанных друг с другом. Для приведения результатов измерений в единую систему координат необходимо для смежных станций закоординировать несколько общих точек. Как показывают наши исследования, координаты точек на расстоянии 100 м можно определить с точностью, характеризующейся средней квадратической ошибкой 9 мм. Такая точность вполне удовлетворяет требованиям к построению обоснования теодолитной съемки.

Одновременно с плановой съемкой электронным тахеометром удобно выполнять и высотную съемку рельсов. При этом геометрическое нивелирование заменяется тригонометрическим нивелированием из середины. Использование отражателя на вехе с постоянной высотой позволяет исключить необходимость определения как высоты отражателя (что сделать просто), так и высоты прибора (что легко выполнить лишь с сантиметровой точностью). При использовании тахеометра ТаЗМ, как показывают исследования, средняя квадратическая ошибка определения превышения на 1 км хода в зависимости от количества станций составит около 12-18 мм, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к техническому нивелированию. Опыт выполнения подобных работ показывает, что при нивелировании электронным тахеометром можно допускать расстояния от прибора до отражателя в пределах 300 м. При дальнейшем увеличении расстояния быстро возрастает ошибка из-за неточного наведения на отражатель.

Для определения радиуса кривой достаточно иметь координаты нескольких точек кривой. Тогда задача сводится к вычислению параметров вероятнейшей окружности. Уравнение такой окружности имеет вид:

$$x^2 + y^2 + Ax + By + C = 0,$$

где  $A = -2x_0$ ;

$B = -2y_0$ ;

$x_0, y_0$  - координаты центра оформляющей окружности.

Радиус окружности можно найти из выражения

$$R^2 = (A^2 + B^2 - 4C)/4.$$

Если обозначить  $x_i^2 + y_i^2 = r_{oi}^2$ , где  $r_{oi}$  - расстояние от начала координат до любой точки, то можно записать

$$Ax_i + By_i + C + r_{oi}^2 = 0.$$

Параметры A, B, C находят при решении следующей системы нормальных уравнений:

$$[xx]A + [xy]B + [x]C + [x r_{oi}^2] = 0,$$

$$[xy]A + [yy]B + [y]C + [y r_{oi}^2] = 0,$$

$$[x]A + [y]B + nC + [r_{oi}^2] = 0.$$

<sup>1</sup> Автор - доцент

Если требуется вычислить уклонение каждой точки от вероятнейшей окружности по направлению радиуса, то начало координат следует перенести в точку с координатами  $x_0, y_0$ . Тогда координаты точек выразятся следующим образом:  $x_i' = x_i - x_0$ ;  $y_i' = y_i - y_0$ , а уклонение точки от вероятнейшей окружности (величина рихтовки) по радиусу можно вычислить из выражения

$$v_i^2 = (x_i'^2 + y_i'^2) - R^2.$$

Если предположить, что точки начала и конца кривой сохранили свое прежнее положение, то в формуле вычисления уклонений следует заменить вычисленное значение радиуса проектным. Наличие переходной кривой обнаруживается более значительными величинами уклонений в начале и конце кривой.

Угол поворота  $\vartheta$  легко найти из выражения

$$\cos \vartheta = 1 - (s^2 / 2R^2),$$

где  $s$  - длина хорды, соединяющей точки начала и конца кривой.

Длина хорды вычисляется по координатам точек начала и конца кривой.

Таким образом, все элементы кривых могут быть вычислены. Опыт работы по контролю геометрии подъездных железнодорожных путей при помощи электронных тахеометров показал эффективность разработанной методики.