

СПЕЦИАЛЬНАЯ РЕПЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПУТИ В ПЛАНЕ

Розглядається спеціальна реперна система для підвищення точності зйомки плану залізничної колії.

Рассматривается специальная реперная система для повышения точности съемки плана железнодорожного пути.

The special bench mark system for increasing the accuracy of survey of railway track plan is examined.

Известные реперные системы

На сегодня известно несколько типов реперных систем для контроля положения пути в плане.

Наиболее точная, но достаточно дорогая и сложная, – европейская система. В ней на опорах контактной сети устанавливаются специальные реперные знаки, которые регулярно проверяются геодезической службой.

При измерениях специальная тележка устанавливается в створе между двумя такими знаками, в результате чего через расстояния до знаков определяются координаты тележки. На расстоянии около 200 м устанавливается вторая такая же тележка. После их позиционирования луч лазера направляется от центра одной тележки на центр другой. Считывающее устройство на путерихтовочной машине позволяет определить по лучу либо координаты стояния машины, либо стрелу отклонения от луча. По проектным данным для данной точки определяется необходимая рихтовка.

Аналогичные знаки устанавливаются на некоторых дорогах России. Но отсутствие технологии их использования в процессе выполнения работ, существенный уход координат реперов от начальных из-за наклона опор и смещения земполотна, невозможность створовых измерений из-за подъема пути не позволили получить от такой (достаточно дорогой) системы никакого практического результата.

В печати появлялись предложения создания реперов, которые будут закреплять характерные точки кривой. Такие репера имеют просто информативный характер и никак не влияют на точность измерений и рихтовки кривых.

Предлагалась также обычная геодезическая реперная система, которая устраивается вдоль железнодорожной линии и позволяет выполнять тахеометрические либо высотные измерения в том или ином месте без повторного соз-

дания опорной сети. Такая система требует высокоточных геодезических приборов и не может использоваться в текущей работе.

Проблема точности измерений планового положения пути

Для измерений планового положения пути на сегодня используется три принципиально разных подхода.

Первый из них связан с измерением кривизны в отдельных точках пути тем или иным способом. Самыми известными из них являются способ стрел и его модификации.

Второй подход основан на измерении углов поворота вдоль кривой. Наиболее известным из таких способов является способ Гоникберга (Ленгипротранса).

Третий подход основан на измерении координат отдельных точек пути.

Чисто математически все три способа взаимосвязаны, и измерения одного из них могут быть пересчитаны в два других. Но, если учитывать точность тех или иных измерений и последующую обработку измеренных величин, то эти способы имеют существенные отличия.

Динамические характеристики пути при движении поезда определяются кривизной пути, а величины рихтовок – координатами точек. Для перехода от кривизны к углам требуется интегрирование (суммирование) значений кривизны (стрел), а для перехода от углов к координатам еще одно интегрирование.

В результате двойного интегрирования значений кривизны, измеренных с какой-то погрешностью, ошибка в пространственном положении пути очень быстро накапливается [1]. При измерении стандартным способом стрел такая погрешность достигает нескольких метров на километр пути. Гораздо меньшее накопление ошибки происходит при одиночном интегрировании углов поворота, да и точность уг-

ловых измерений сегодняшними приборами гораздо выше точности линейных измерений. При измерении координат с уравниванием сетей ошибка практически не накапливается.

С другой стороны, реальная погрешность измерения координат при тахеометрической съемке находится в пределах 20...30 мм [2], что при близком расположении точек приводит к большой погрешности определения кривизны соседних точек. В ряде случаев величина требуемой рихтовки находится в пределах этой точности, что не позволяет при координатной съемке обеспечить требуемую точность рихтовки.

Современные способы измерений положения пути в плане

Сегодня достаточно распространенными являются способы измерений положения пути в плане при помощи движущихся измерительных систем.

К таким системам, прежде всего, относятся компьютеризированные путеизмерительные вагоны. В таких вагонах, как правило, выполняется косвенное измерение кривизны пути путем измерения отклонения измерительных устройств относительно кузова вагона. Точность измерения отдельной стрелы, которая анонсируется в рекламных материалах, находится от 0,1 до 1,5 мм. Учитывая крайне низкую (1:100...1:500) точность измерения расстояния, пройденного вагоном, пространственная ошибка у таких систем находится на уровне обычного способа стрел. Серьезное влияние на низкую точность измерений оказывает также асимметричность измерительной системы.

Для измерений планового положения пути относительно недавно появились попытки использования тележек, оборудованных спутниковыми геодезическими системами. При этом в рекламных материалах указывается погрешность определения координат такими системами 1..5 мм на километр пути.

Отметим, что в технических характеристиках спутниковых геодезических приемников указывается точность определения координат в статическом режиме (при стоянке на точке 60 минут) как $\pm(5 + L \cdot \Delta)$ мм, где L – удаление от базовой станции, а Δ – погрешность, связанная с удалением от базовой станции, обычно равна 1..5 мм.

При использовании кинематического способа измерений, который предполагает стояние на каждой точке 10...30 с, а не непрерывное

движение, погрешность измерений возрастает в 3...4 раза. В случае непрерывного движения без остановок точность кинематики может быть обеспечена только с применением специальных гироскопических платформ и постоянно действующей опорной сети стационарных станций. Без таких устройств движущийся непрерывно приемник дает погрешность, измеряемую десятками сантиметров.

Еще одна существенная составляющая погрешности спутниковых измерений связана с тем, что приемник (для надежного захвата спутников) устанавливается на достаточно большой высоте (1,5...4,5 м). При наклонах движущейся единицы, связанных с возвышением рельса и колебаниями экипажа, появляется достаточно большая погрешность, так как приемник в таких случаях не находится над рельсом или осью пути.

Уравнивание съемки

Возрастание погрешности способа стрел на расстоянии и низкая точность координатной съемки на соседних точках может быть компенсирована уравниванием съемки. Сплошные измерения плана пути выполняются способом стрел (рекомендуется модифицированный способ, разработанный автором [3]). Для компенсации накапливающейся погрешности через определенное расстояние измеренные стрелы уравниваются по координатам отдельных точек. Такой подход позволяет использовать преимущества и ликвидировать недостатки, присущие этим двум способам съемки [4].

Эксперименты показали, что координаты отдельных точек при обычном способе стрел достаточно определять через 100...150 м. При более точных сплошных измерениях расстояние между закоординированными точками может приниматься большим.

В результате уравнивания получаем координаты точек пути, соответствующие выполненным измерениям с учетом их точности. При этом сразу определяются точки с наибольшими отклонениями, которые в отдельных случаях следует измерить повторно.

Специальная реперная система

Для уравнивания съемки следует создать специальную реперную систему (может использоваться и существующая), которая должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Измерения от реперной системы должны выполняться простыми измерительными

приборами (например, рулетками или лазерными рулетками), чтобы уравнивание съемки мог выполнять даже бригадир пути.

2. На заданном расстоянии, которое зависит от точности стандартных измерений, устанавливаются пары реперов (лучше 3...4 репера) так, чтобы от них линейной засечкой можно было определить координаты точки на пути.
3. Чтобы избежать погрешности, вызываемой наклоном ленты, уровень репера должен приблизительно соответствовать уровню головки рельса,
4. Расстояние между этими реперами и расстояние от них до измеряемых рельсов должно обеспечивать натяжение без провисания ленты рулетки. При использовании лазерных рулеток это требование отпадает.
5. Репера должны устанавливаться в местах, которые обеспечивают их стабильность. Конструкции реперов должны обеспечивать технологические ремонтные процессы на пути.
6. Реперная система должна регулярно проверяться путем измерения реперов спутниковыми геодезическими системами или электронными тахеометрами. Периодичность проверки устанавливается контрольными измерениями при начале эксплуатации системы,

При наличии такой системы любые измерения – как ручные, так и машинные – могут уравниваться на координаты точек, что позволит получать более надежные результаты для длинных участков пути.

Специальная реперная система, дополненная более точными измерениями отдельных точек пути, позволит на новом более качественном уровне решать вопросы выправки, проектирования, переустройства плана пути и наполнения геоинформационных систем и САПР.

Особенно актуальной такая система является для опытных полигонов, на которых появится возможность оценки реальной точности новых путеизмерительных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корженевич, И. П. Влияние точности съемки методом стрел на результаты рихтовки [Текст] / И. П. Корженевич // *Материалы науч.-техн. конф., посвященной 125-летию Свердловской железной дороги «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта»* : сб. науч. тр. – Т. 1.– Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2003. – С. 440-444.
2. Матвеев, С. И. Геоинформационные системы и технологии на железнодорожном транспорте [Текст] / С. И. Матвеев, В. А. Коугия, В. Я. Цветков; под ред. С. И. Матвеева. – М.: УМК МПС России, 2002. – 288 с.
3. Корженевич, И. П. Новые способы съемки железнодорожных кривых [Текст] / И. П. Корженевич // *Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. – 2007. – Вип. 12. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 64-68.
4. Корженевич И. П. Комбинированный способ съемки плана железнодорожной линии [Текст] / И. П. Корженевич // *Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. – 2007. – Вип. 14. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 81-85.

Поступила в редколлегию 20.11.2008.