ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ LEICA GEOSYSTEMS ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

М.Ю. Дружинин (Московский офис Leica Geosystems)

В 1988 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в МИИГАиК, а с 1995 г. — в «Фирме Г.Ф.К.» ведущим экспертом по лазерному сканированию. С 2004 г. по настоящее время — ведущий специалист по измерительным комплексам Московского офиса Leica Geosystems.

Железные дороги Российской Федерации имеют протяженность более 87 тыс. км. Однако скорость движения по этим дорогам и комфорт пассажиров значительно уступают мировым стандартам. Чтобы перемещаться по железным дорогам со скоростью 300 км/ч и более необходимо, в первую очередь, иметь высокую точность и стабильность планово-высотного положения рельсов железнодорожного пути. То есть необходимо не только установить рельсы с высокой точностью, но и обеспечить их стабильное положение в процессе эксплуатации. Это особенно актуально в настоящее время, когда Россия приступила к модернизации железных дорог и созданию скоростных магистралей. Так, например, введение в эксплуатацию участка Октябрьской железной дороги Санкт-Петербург — Москва позволит сократить время в пути с 4 ч 47 мин до 2,5 ч. Для такой скорости движения необходимо установить рельсы с миллиметровой точностью в плане и по высоте. Оборудование и технология, разработанные компанией Leica Geosystems (Швейцария) и апробированные на практике во многих европейских странах, позволяют это выполнить.

Не касаясь процесса выноса проекта на местность, технологии возведения основания железнодорожного полотна и установки бетонных шпал, где широко используются традиционные геодезические приборы и оборудование: электронные тахеометры, спутниковые геодезические приемники, электронные и оптические нивелиры, лазерные рулетки и т. п., остановимся на наиболее ответственном этапе — установке рельсов в проектное положение.

Рельсы скоростных железных дорог укладываются на бетонное основание с железобетонными шпалами (рис. 1). Каждая вторая шпала имеет два регулировочных болта, которые необходимы для точной установки и регулировки рельсов при строительстве и в процессе эксплуатации.

Рис. 1
Железобетонная шпала с регулировочными винтами

Рис. 2
Общий вид тележки GRP System FX

Для того, чтобы установить рельсы в проектное положение используется комплекс, включающий измерительную тележку GRP1000 и электронный тахеометр TPS1200 или TPS2003.

Основой тележки GRP System FX служит легкая алюминиевая рама общим весом 26 кг (рис. 2). Это упрощает снятие и установку тележки на пути. Тележка сбалансирована таким образом, что ее легко может поднять один человек. Три опорных колеса сделаны из твердого материала, не пропускающего электрический ток. Тележка состоит из трех секций. Одна секция — в виде треугольной формы с двумя колесами и ручкой для перемещения, вторая — в виде прямоугольного короба с колесом и

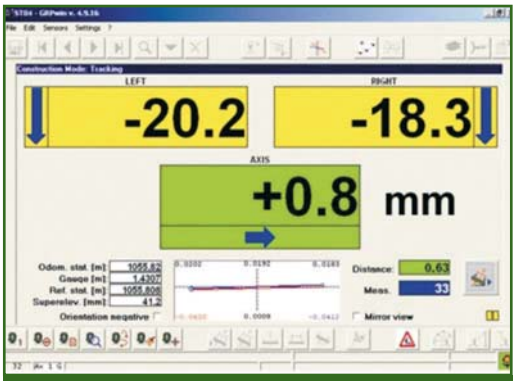

Рис. 3
Положение рельсов на экране компьютера

подставкой для установки различного оборудования. Между этими секциями устанавливается вставка, соответствующая ширине колеи измеряемой желез-

Рис. 4
Пространственное положение рельсов

ной дороги. С помощью вставки тележка может работать на железнодорожных путях с шириной колеи от 1000 мм до

Рис. 5
Модифицированная тележка GRP3000 — Profiler

1676 мм. Сборка тележки занимает не более 5 минут.

Внутри тележки установлены блок питания (стандартный аккумулятор Leica большой емкости), уклономер, измеритель межрельсового расстояния и радиомодем для связи с тахеометром. Ручка для перемещения тележки похожа на руль велосипеда. Она снабжена тормозом, который фиксирует текущее положение тележки при отпускании рычага тормоза. На «руле» установлен защищенный промышленный компьютер. Положение ручки можно изменять с помощью регулирования высоты подъема и различных фиксированных установок угла наклона. Наклон компьютера также регулируется. Компьютер имеет сенсорный экран и яркое контрастное изображение. Он оснащен операционной системой Windows XP со специализированным программным обеспечением. Общее время подготовки комплекса к работе составляет не более 7–8 мин. Это время, необходимое для установки тележки, загрузки компьютера и инициализации связи с тахеометром.

Для точной установки рельсов необходимо зафиксировать тележку над очередной шпалой. По призме, расположенной на тележке, с помощью электронного тахеометра определяются текущие пространственные координаты тележки и передаются с помощью радиомодема в компьютер на тележке. Специализированное программное обеспечение компьютера автоматически вычисляет фактические координаты оси колеи, правой и левой рельсов, сравнивает их значения с проектными данными и вычисляет величины, на которые необходимо переместить рельсы. Используя регулировочные болты, рельсы перемещают в проектное положение. Таким образом проводят предварительную установку рельсов на участке длиной около 50 м. Затем на этом участке выполняют повторные измерения и регулировку до тех пор, пока рельсы не займут проектное положение с заданной точностью (рис. 3).

Все измерения фиксируются в памяти компьютера. В офисе можно создать любой отчет, а при необходимости распечатать (рис. 4) или сохранить в различных форматах, даже в стандартном формате Интернет HTML.

Данная технология позволяет установить головки рельсов в проектное положение относительно оси пути в плане и по высоте с предельной погрешностью ±1–2 мм. При этом проектное значение ширины колеи обеспечивается с предельной погрешностью ±0,3 мм, а проектное превышение между головками соседних рельсов — ±0,5 мм.

В программе предусмотрено конвертирование данных измерений в различные специализированные форматы путевых машин.

Для того, чтобы с такой же точностью установить относительно железнодорожного полотна систему электропитания, платформы, семафоры, другие строения и системы управления железной дорогой используется модификация тележки GRP3000. Для этих целей снимается штанга с призмой и вместо нее устанавливается система для измерения расстояний, перпендикулярных оси железной дороги. Такая система называется Profiler (рис. 5). Profiler состоит из специальной лазерной рулетки DISTO и механизированной угломерной системы, позволяющей вращать рулетку на 360°. С ее помощью можно точно измерить расстояние до проводов, опорных мачт и т. д.

Преимущество таких измерений очевидно, так как все измерения проводятся относительно оси железной дороги. Расхождение пучка лазерной рулетки DISTO составляет не более 6 мм на расстоянии до 30 м. Это позволяет точно наводиться и измерять даже провода контактной сети. Если в яркий солнечный день лазерный луч становится

невидимым, можно воспользоваться увеличительным окуляром, устанавливаемым на DISTO.

С помощью Profiler измеряются не только отдельные расстояния, но и профили тоннелей (рис. 6) и мостов. При необходимости измерения мест, невидимых с пути, можно воспользоваться рейкой с известной высотой. В программе измерений имеются специальные функции измерений на рейку, расположенную либо вертикально, либо горизонтально. Таким образом измеряются обочины вдоль железной дороги.

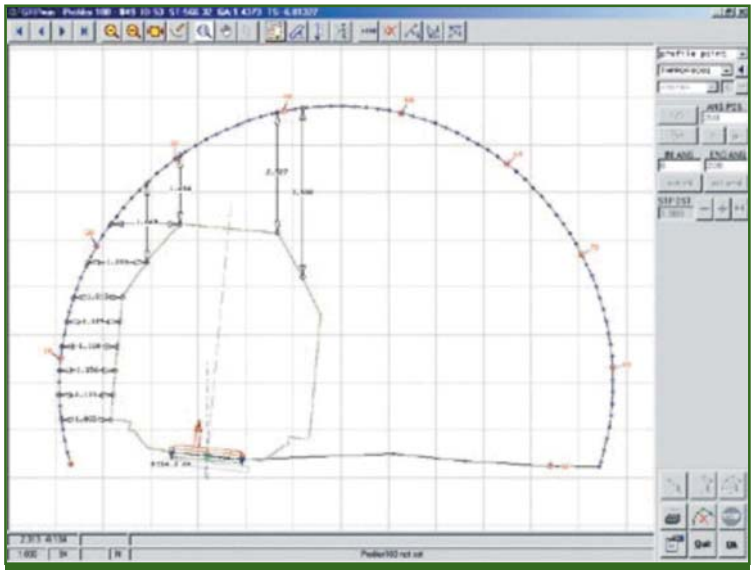

Рис. 6
Измеренный профиль туннеля на экране компьютера

Если в программе указать габаритный размер поезда, то можно сразу оценить и описать опасные участки, на которых возможно соприкосновение поезда с близлежащими конструкциями. Все отчеты можно сделать на месте измерений.

При исполнительной съемке построенных вдоль дороги сооружений и их оценке в процессе эксплуатации используется еще одна модификация тележки — GRP5000 (рис. 7). Для этого вместо Profiler устанавливают быстродействующий лазерный сканер, который работает со скоростью до 500 000 точек в секунду. Сканер позволяет снимать до 33 профилей в секунду, причем в каждом профиле будет не менее 20 000 точек (рис. 8). С помощью такой системы можно выполнить сплошную съемку с шагом от нескольких сантиметров до 5 мм. Автоматизированное программное обеспечение позволяет мгновенно выявить опасные места, где возможно соприкосновение поезда с близлежащими конструкциями. Также можно определить отдельные участки, требующие ремонта (рис. 9). Данные лазерного сканирования позволяют создать трехмерную модель измеренного сооружения.

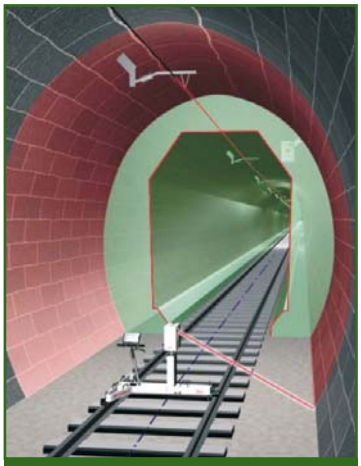

Рис. 8
Участок туннеля, снятый с помощью лазерного сканера

Рис. 7
Модифицированная тележка с лазерным сканером

Предлагаемая технология обеспечивает точную установку в проектное положение рельсов железнодорожного пути, а также позволяет сократить затраты сил и средств при их эксплуатации.

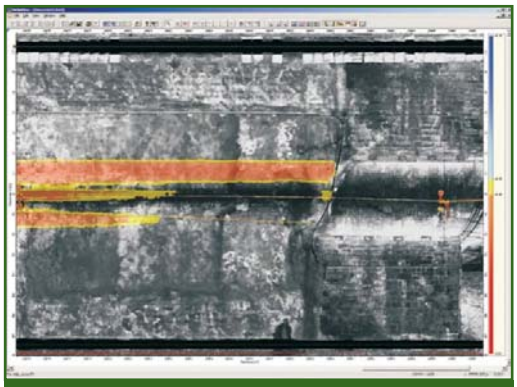

Рис. 9
Поверхность сооружения, имеющая дефекты

RESUME

A technology for rail tracking according to the design position with an utmost accuracy of 1–2 mm is presented. A railway gauge design value of ±0,3 mm as well as that of the adjacent rail head position of ±0,5 m are provided. Tracking is fulfilled using the GRP System FX special cart and the Leica Geosystems electronic tacheometer. The GRP3000 — Profiler cart with the DISTO laser distance meter or the GRP5000 cart with the laser scanner can be used for geotech survey of wayside and objects along the railway including tunnels.