

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

MODERN METHODS TO OBTAIN GEOSPATIAL DATA AT RAILWAY INFRASTRUCTURE OBJECTS

НАЗАРОВ Д.Г.

Ведущий инженер-геодезист ООО «Мостовое Бюро»,
г. Санкт-Петербург, nazarovdg1916@mail.ru

NAZAROV D.G.

Leading engineer-geodesist of the «Bridge Bureau» LLC,
St. Petersburg, nazarovdg1916@mail.ru

Ключевые слова: топографическая съемка; проектно-изыскательские задачи; объекты железнодорожного транспорта; железнодорожная инфраструктура; железнодорожные пути; геопространственные данные; геодезическое оборудование; электронный тахеометр; спутниковая аппаратура; наземное лазерное сканирование; мобильные навигационно-сканерные системы.

Key words: topographical survey; design and survey tasks; railway transport objects; railway infrastructure; railway lines; geospatial data; geodesic equipment; total station (electronic tachymeter); satellite equipment; ground-based laser scanning; mobile navigation-scanner systems.

Аннотация: в статье анализируются современные методы сбора геодезических данных на объектах железнодорожной инфраструктуры. Рассматривается широкий спектр их использования — от стадии инженерно-геодезических изысканий до мониторинга состояния верхнего строения пути и инфраструктуры железнодорожных магистралей.

Abstract: the article analyzes the current methods of collecting geodesic data at railway infrastructure objects. A wide range of their use (from the engineering-geodesic survey stage to the monitoring of the state of track structure and railway infrastructure) is considered.

Введение

В настоящее время при все возрастающих скоростях движения железнодорожного транспорта и росте уровня развития электронно-вычислительной техники, применяемой при сборе геопространственных данных, становится актуальным широкое применение современного геодезического оборудования на объектах железнодорожного транспорта.

Для реализации возросших потребностей развивающейся железнодорожной инфраструктуры возникает необходимость в точной детальной геодезической информации об исследуемых объектах на более высоком уровне. Поэтому целями данной статьи являются анализ современных способов сбора геодезических данных, применяемых на железнодорожном транспорте, и рассмотрение широкого спектра их использования — от стадии инженерно-геодезических изысканий до мониторинга состояния верхнего строения пути и инфраструктуры железнодорожных магистралей.

Съемка при помощи электронного тахеометра

Электронный тахеометр — это геодезический прибор, объединяющий в себе электронный теодолит, светодальномер и ЭВМ. На сегодняшний день съемка при помощи электронного та-

хеометра является одним из основных методов топографической съемки, а также геодезического контроля всех этапов строительства.

Анализ нормативно-технических документов [1] показывает, что обычно применяются модели тахеометров со среднеквадратической погрешностью измерения углов $m_{\beta}=2-6''$ и относительной среднеквадратической погрешностью измерения расстояний $m_{s}=3 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км}$ (1:200000) (в скобках указана относительная погрешность для приведенной формулы, что соответствует базисной стороне триан-

гуляции 3-го класса). Модели с такими характеристиками отвечают требованиям нормативных документов к точности создания съемочной сети и съемке ситуации, что подтверждено результатами проведенных исследований [5, 6, 9].

Существуют роботизированные электронные тахеометры [3]. Они оборудованы сервоприводами, которые позволяют в автоматическом режиме отслеживать передвижение активной призмы. Данные приборы также позволяют выполнять съемку заданного участка в режиме сканирования. При

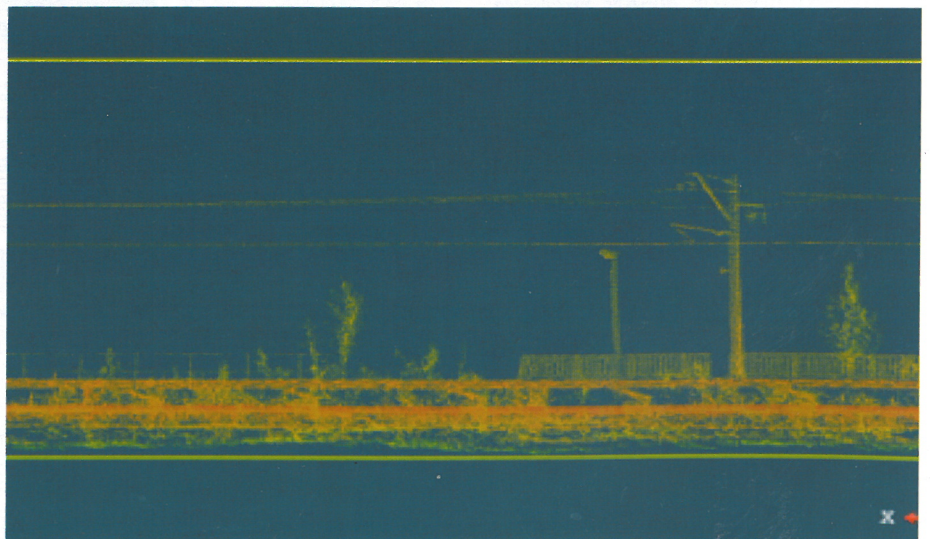


Рис. 1. Трехмерная модель железнодорожной платформы

этом отражатель не требуется, расстояния определяются в безотражательном режиме с автоматическим измерением горизонтальных и вертикальных углов, причем интервал сканирования может быть задан. Такие электронные тахеометры также оборудуются встроенной цифровой фотокамерой, которая позволяет вести абрис по фотоснимкам и записывать их в память прибора. Данная модель позволяет сократить трудозатраты.

Необходимо отметить также ряд недостатков электронных тахеометров. Это оборудование является метеозависимым (его работа может нарушаться при атмосферных осадках высокой интенсивности, низкой температуре воздуха)¹.

Съемка при помощи спутниковой аппаратуры

Спутниковая геодезическая аппаратура в настоящее время находит широкое применение на объектах железнодорожного транспорта. С ее помощью выполняют топографическую съемку [1, 4, 5], решают задачи, связанные с мониторингом, а также навигацией.

При съемке железнодорожных перегонов и станций с применением спутниковой геодезической аппаратуры не нужно сгущать съемочную сеть — для съемки достаточно одного пункта. Также необходимо отметить, что съемка железнодорожных станций с помощью спутниковой аппаратуры возможна не всегда. При ограниченной видимости небесной сферы из-за занятости путей подвижными составами происходит экранирование спутниковых сигналов и появляются ошибки многолучевости, характерные для данных условий, что не позволяет производить съемку с нормативно требуемым уровнем точности.

Современные спутниковые радионавигационные системы GNSS (Global Navigation Satellite Systems) [7] в режиме RTK (кинематики реального времени — Real Time Kinematic) позволяют определять координаты с высокой точностью (8 мм в плане и 15 мм по высоте), что создает предпосылки для использования данной технологии.

¹ Производители геодезического оборудования стараются расширить температурный диапазон работы электронных тахеометров. Для разных моделей и марок этих приборов он разный и на сегодняшний день находится в пределах от минус 20 до минус 30°C. Что касается интенсивности осадков, то они в первую очередь не должны сильно отражаться на видимости.

Съемка при помощи наземного лазерного сканирования

На сегодняшний день наземное лазерное сканирование (НЛС) находит все более широкое применение в инженерной геодезии. Этот способ используется для автоматического определения пространственных координат множества точек, расположенных на поверхности объекта съемки [2].

Принцип действия наземного сканера основан на методе полярной засечки. С помощью встроенного в сканер лазерного безотражательного дальномера в автоматическом режиме измеряются расстояния до каждой точки объекта съемки. Направление излучаемого дальномером лазерного луча изменяется в параллельных и перпендикулярных плоскостях осей вращения сканера специальной системой, которая называется системой развертки. При съемке ось вращения сканера приводят в отвесное положение по круглому уровню или не приводят совсем. По углам поворота луча и измеренному расстоянию встроенный в сканер процессор вычисляет трехмерные координаты каждой точки объекта [2].

Результатом сканерной съемки является пространственная модель объекта в виде множества (облака) точек, каждая из которых имеет пространственные координаты (x , y , z), выраженные в условной системе координат сканера. При интеграции НЛС с системой спутникового позиционирования системы координат могут быть различными в зависимости от поставленной задачи, например WGS-84 (World Geodetic System — 84). Представление о реальном цвете точки и интенсивности отражения от нее лазерного луча дальномера дано на рис. 1. Эту модель можно рассматривать на экране компьютера под разными углами зрения и в раз-

ных проекциях, а также выполнять на ней обмер интересующих частей объекта съемки.

Ограниченное поле зрения сканера и форма объекта съемки обычно не позволяют использовать съемку только с одной стоянки прибора. Поэтому сканирование выполняют с нескольких позиций сканера. Учитывая трехмерность облаков точек, для их объединения и приведения координат всех точек к единой системе координат каждое облако должно иметь не менее трех общих точек с соседними. Общими точками служат характерные, особенно четкие, точки объекта или специальные марки, располагаемые перед съемкой на объекте и автоматически распознающиеся программным обеспечением в облаке.

Необходимо отметить ряд достоинств данного вида съемки по сравнению со съемкой электронным тахеометром или спутниковой геодезической аппаратурой:

- высокая детализация измерений;
- автоматическое выполнение измерений в безотражательном режиме;
- высокая скорость измерений, в современных сканерах достигающая 1 млн точек в секунду;
- высокая точность результатов измерений наземными лазерными сканерами фазового типа.

Основными недостатками сканерной съемки являются высокая цена оборудования, превышающая стоимость наиболее распространенных моделей электронных тахеометров в 10–15 раз, а также появление мертвых зон, возникающих в процессе съемки тех или иных объектов.

В настоящее время области применения наземных лазерных сканеров все более расширяются. Разрабатываются новые и совершенствуются суще-



Рис. 2. Внешний вид путеизмерительного комплекса Swiss Trolley

ствующие технологии наземной сканерной съемки местности и различных инженерно-технических сооружений. Лазерное сканирование применяют для исполнительных съемок памятников архитектуры, реконструкции и мониторинга мостов, топографической съемки местности, съемок инженерных сооружений различного назначения и в других областях, в том числе на объектах железнодорожного транспорта [10].

Съемка при помощи мобильных навигационно-сканерных систем

Анализ специализированной литературы и интернет-сайтов говорит о широком интересе к автоматизированным путеизмерительным комплексам (АПК) ведущих железных дорог мира (рис. 2). Для достижения высокой точности и уменьшения трудозатрат, а также времени выполнения работ сегодня используют навигационно-сканерные системы.

АПК представляет собой тележку, перемещаемую по железнодорожному пути вручную либо при помощи специализированного привода со скоростью пешехода, на которой установлено измерительное оборудование. Существуют следующие автоматизированные путеизмерительные комплексы:

- АПК «Профиль» (Сибирский государственный университет путей сообщения — СГУПС, г. Новосибирск);
- Leica GRP 3000 System Fx (Amberg Technologies AG, Швейцария);
- Tachy Rail (Geo-Metrik AG, Германия);
- Swiss Trolley (Terra Vermessungen AG, Швейцария).

Причем три зарубежные модели оснащены электронными тахеометрами и спутниковой аппаратурой, что позволяет работать в различных конфигурациях в зависимости от поставленной задачи.

Во всех АПК имеется оборудование, позволяющее кроме положения железнодорожного пути в плане и по высоте измерять ширину колеи, возвышение наружного рельса, стрелы изгиба и перекосы [6, 9].

Рассмотрим в качестве примера швейцарскую систему Swiss Trolley производства компании Terra Vermessungen AG. В измерительный навигационно-сканерный комплекс входят:

- тележка, оборудованная датчиками пройденного пути (по каждой рель-

- совой нитке), ширины колеи и наклона (инклинометрами);
- комплект GNSS (Global Navigation Satellites System — глобальной навигационной спутниковой системы);
- наземные лазерные сканеры фазового типа SICK;
- программный пакет сбора и обработки информации;
- роботизированные тахеометры [8].

АПК применяется для проектно-изыскательских работ, решает задачу автоматизированной съемки путей, позволяет получать оперативную и высокоточную информацию об их плановом и высотном положении и геометрических характеристиках. Эти данные предоставляются в виде планов и продольных профилей, а также трехмерных моделей местности.

С заданной дискретностью спутниковая аппаратура определяет геоцентрические координаты. Современное программное обеспечение позволяет переводить их в прямоугольные, используя при этом различные проекции и геодезические высоты.

Важным параметром является высотная составляющая. Зная высоты квазигеода над поверхностью используемого земного эллипсоида, можно перейти к нормальным высотам (в Балтийской системе высот).

Необходимо также отметить, что рассматриваемая система позволяет интегрировать создаваемые цифровые

модели местности (ЦММ) в различные геоинформационные системы (ГИС). При этом выходная информация будет обладать всеми преимуществами наземного лазерного сканирования.

Заключение

В статье проанализированы современные способы получения геопространственных данных. Каждый из рассмотренных методов по-своему актуален и целесообразен в зависимости от поставленных задач его применения. Исходя из сравнения полученных разными способами данных и опыта мировых «железнодорожных держав», можно сказать, что АПК объединил в себе многие преимущества этих методов.

Несмотря на применение современного геодезического оборудования, топографическая съемка железнодорожной инфраструктуры требует больших временных и людских затрат. Использование навигационно-сканерных систем дает возможность значительно сократить их, а также позволяет решать комплексы проектно-изыскательских задач, прежде всего первостепенную задачу приведения пути в проектное положение. Необходимо также отметить такие весьма важные направления исследований работы АПК, как оценка точности результатов измерений и сравнение ее с точностью геопространственных данных, полученных другими способами. ♣

Список литературы

1. ГОСТ 21.1702-96. Правила выполнения рабочей документации железнодорожных путей. М.: Минстрой России, 1996.
2. Гусев В.Н., Волохов Е.М., Голованов В.А. и др. Основы наземной лазерно-сканирующей съемки: учебное пособие. СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2007.
3. Евстафьев О.В. Smartstation — новый прибор компании Leica Geosystems // Геопрофи. 2005. № 1. С. 40–42.
4. Инструкция по составлению техническо-распорядительных актов железнодорожных станций ОАО «РЖД» № ХЗ-3801. М.: Техинформ, 2005. 66 с. Smartstation новый прибор компании Leica Geosystems.
5. Пимшина Т.Н. Исследование технологии электронно-блочной тахеометрии при выполнении изысканий железных дорог // Труды научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава «Транспорт-2003». Ростов-на Дону: РГУПС, 2003. С. 58-59.
6. Полетаев А.В., Бобарыкин П.В. О точности измерений при съемке железнодорожного пути электронными тахеометрами // Материалы международной конференции «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных объектов». СПб.: ПГУПС, 2003. С. 64-67.
7. Полетаев В.И., Бобарыкин П.В., Саяпин А.С. Методика съемки железнодорожного пути с использованием спутниковых GPS-приемников // Материалы международной конференции «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных объектов». СПб.: ПГУПС, 2003. С. 60–61.
8. Руководство пользователя Swiss trolley. Цюрих, 2007.
9. Самратов У.Д. О точности определения геометрических параметров железнодорожного пути с помощью АПК // Геопрофи. 2007. № 6. С. 28–32.
10. Съемка железнодорожных станций методом лазерного сканирования / Канашин Н.В. // Путь и путевое хозяйство. 2008. №7.