

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ СЪЕМКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Ольга Владимировна Ковалева

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент, тел. (383)328-04-37, e-mail: kov@stu.ru

Виталий Михайлович Жидов

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент, тел. (383)328-04-37, e-mail: zhidov@mail.ru

В статье приведены методы съемки железнодорожных станций при выполнении инструментальной проверки плана и профиля станционных путей в соответствии с существующим регламентом. Рассмотрены нормативные требования, измерительные средства, недостатки существующих технологий инструментальной проверки плана и профиля станционных путей, возможности современных технологий, основанных на 3D-моделях и возможности их применения для железных дорог. Обоснована необходимость представления путей и инфраструктуры железных дорог в цифровом виде (3D). При этом в понятие цифровых данных о железнодорожном пути и элементах инфраструктуры необходимо вкладывать не пикетаж, а трехмерные геодезические координаты, что позволит отображать железнодорожный путь и его элементы в цифровом пространстве. Показаны фрагменты отчетной документации.

Рассмотрены перспективные разработки для натурной съемки станционных путей, выполненные на базе БПЛА и АПК «Профиль», приведены результаты опытно-методических работ, полученные в 2018 г. на ЗСЖД, сделаны положительные выводы.

Ключевые слова: ГИС-технологии, глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), железная дорога, план, профиль, пространственное положение.

APPLICATION OF MODERN GEODETIC TECHNOLOGIES AND SATELLITE POSITIONING SYSTEMS IN THE SURVEY OF RAILWAY STATIONS

Olga V. Kovalyova

Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia, Ph. D., Associate Professor, phone: (383)328-04-37, e-mail: kov@stu.ru

Vitaly M. Zhidov

Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia, Ph. D., Associate Professor, phone: (383)328-04-37, e-mail: zhidov@mail.ru

The article presents methods of shooting train stations when performing a tool check of plan and profile station tracks in accordance with existing regulations. The normative requirements, measuring means, shortcomings of existing technologies of instrumental check of the plan and a profile of station ways and possibilities of the modern technologies based on 3D models and possibilities of their application for the Railways are considered. The necessity of the presentation of railway tracks and infrastructure in digital form (3D) is substantiated. The concept of digital data on railway track and elements of infrastructure should be invested not by picket, but by three-dimensional geodetic coordinates, which will allow the railway track and its elements to be displayed in digital space. Fragments of reporting documentation are shown.

The perspective developments for full-scale survey of station ways made on the basis of UAV and complex "Profile" are considered, the results of experimental and methodical works received in 2018g on railroad ZS are given, positive conclusions are drawn.

Key words: GIS technologies, global navigation satellite systems (GNSS), railway, plan, profile, setting rails in the design position.

Введение

Инфраструктура железной дороги, параметры ее содержания и содержания рельсовой колеи сложились к середине XX в. и многие годы оставалась неизменны. За эти годы изменились скорости движения поездов, технологии укладки пути, ремонтов и применяемые при ремонтных работах материалы. Строительство новых железнодорожных направлений, грузовых и пассажирских станций в настоящее время вновь набирает темпы.

К настоящему моменту ужесточились требования безопасности, но регламент не изменился, межремонтные сроки рассчитываются от пропущенного тоннажа, по результатам проверок отступлений от норм. Требования к продольному профилю пути, параметрам кривых и наличию длинных неровностей стали более жесткими.

Узловыми элементами на железной дороге являются станции. Контроль всех элементов станционного хозяйства, включая план, профиль и геометрические параметры путей, проводится периодически. Одними из главных руководящих технических документов на станции являются масштабный план и продольные профили пути. Масштабный план станционных путей должен быть в наличии и актуализироваться после реконструкции. Проверка профиля станционных путей осуществляется 1 раз – в 10 лет, горочных 1 раз – в 3 года, либо после проведения ремонтных работ [1] по выправке профилей (в ред. Приказа Минтранса России от 30.03.2015 № 57).

Методы и материалы

Съемка железнодорожных станций может осуществляться с целью:

- составления масштабных планов станционных путей и продольных профилей станционных путей, путей сортировочных горок, подгорочных и профилированных вытяжных путей в соответствии с нормативной периодичностью, или после проведения ремонтных работ;
- определения геометрических параметров рельсовой колеи и фиксации отступлений от норм, для назначения ремонтных работ [2];
- создания цифровых моделей пути [3];
- съемки натурального положения пути в плане и профиле, для создания проекта для САУ [4] при среднем, капитальном ремонтах, при реконструкции;
- паспортизации железных дорог;
- определения габаритов и параметров содержания основной площадки.

При использовании электронного тахеометра (согласно ЦПТ-54/26 и ЦПТ-54/27 от 17.12.2008) технология съемки станций может включать: рекогносцировку, создание опорной или разбивочной основы для обеспечения единства измерений, разбивку пикетажа и кривых (с точностью 1/1 000), съемку плана (М 1 : 1 000), нивелирование (шаг 5 м в сторону спусковой части горочных путей), обработку измерений, составление электронных планов и профилей, печать отчетов. Полевой этап работ при работе электронным тахеометром или теодолитом и нивелиром практически не имеет отличий. Также необходимо отметить, что непосредственно во время работы должна быть обеспечена прямая видимость с опорных точек на путь, что в условиях работы станции трудновыполнимо и занимает большое количество времени.

В соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» № 2511 от 03.12.2010 «О создании комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта» и в исполнение стратегии развития железных дорог до 2030 г. все элементы пути и инфраструктуры необходимо представлять в цифровом виде, что подразумевает наличие геодезических координат объектов.

Прежде всего, необходимо максимально автоматизировать и облегчить процесс съемки, так чтобы обеспечить фиксацию максимального числа параметров с минимальными затратами. Либо чтобы результаты легко преобразовывались в различные параметры. Но для этого необходимо, чтобы технологии, методика и средства измерений позволяли получить пространственные координаты с требуемой точностью [5], этому условию удовлетворяют ГИС-технологий, ГНСС, съемочные системы на основе БПЛА и лазерные сканирующие системы.

Одной из современных технологий обеспечивающей получение трехмерных данных является применение АПК «Профиль», определение координат пути выполняется с помощью ГНСС.

АПК «Профиль» позволяет получать координаты оси пути, рельсовых нитей, соответственно получать план и профиль пути, карточки кривых и геометрические параметры пути за один проход. По сравнению со съемкой электронным тахеометром трудозатраты ниже примерно в 6 раз. Данная технология успешно используется при съемке железнодорожного пути с 2002 г. лабораторией «Диагностики дорожных одежд» СГУПС.

При съемке существующего пути с применением АПК «Профиль» основой системы являются две спутниковые антенны, установленные по осям рельсовых нитей (рис. 1), в этом случае дифференциальные поправки в координаты формируются для одной антенны, которая является базовой для другой. Это позволяет избавиться от необходимости создания отдельной базовой станции и выполнять измерения в режиме RTK, что полностью исключает камеральную обработку спутниковых наблюдений и повышает производительность труда. Стационарная базовая станция в пределах радиовидимости не требуется, можно дополнительно опираться на виртуальную базу.

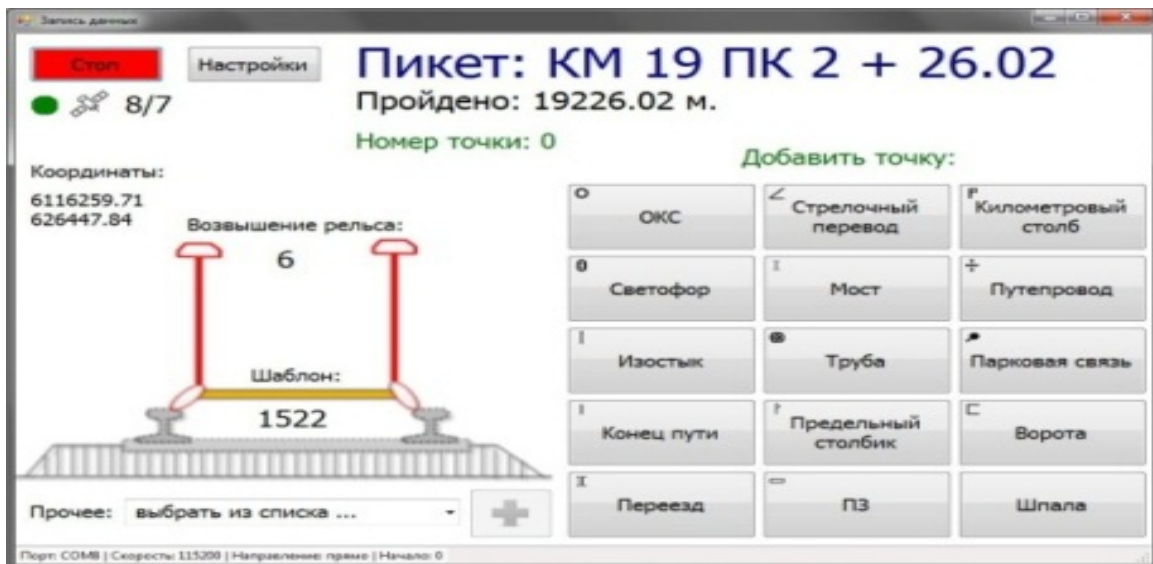


Рис. 1. Диалоговое окно АПК «Профиль-М»

Важной частью съемочных работ является ведение абриса съемки или замена на фото- и видео-фиксацию съездов и пересечений путей иначе полезная и полная длина путей будет определена ошибочно. Для фиксации элементов пути на ходовом колесе АПК «Профиль» предусмотрена конструктивно специальная метка. Предварительная разбивка пикетажа в кривых не требуется. Привязка к существующему пикетажу осуществляется либо по оси пассажирского здания, либо по изостыку входного светофора (для обеспечения единства измерений). Прямая видимость между базой и снимаемым путем не требуется, передача координат на соседний путь идет по острым стрелочным переводам.

Результатом являются масштабный план и профили путей (рис. 2, 3).

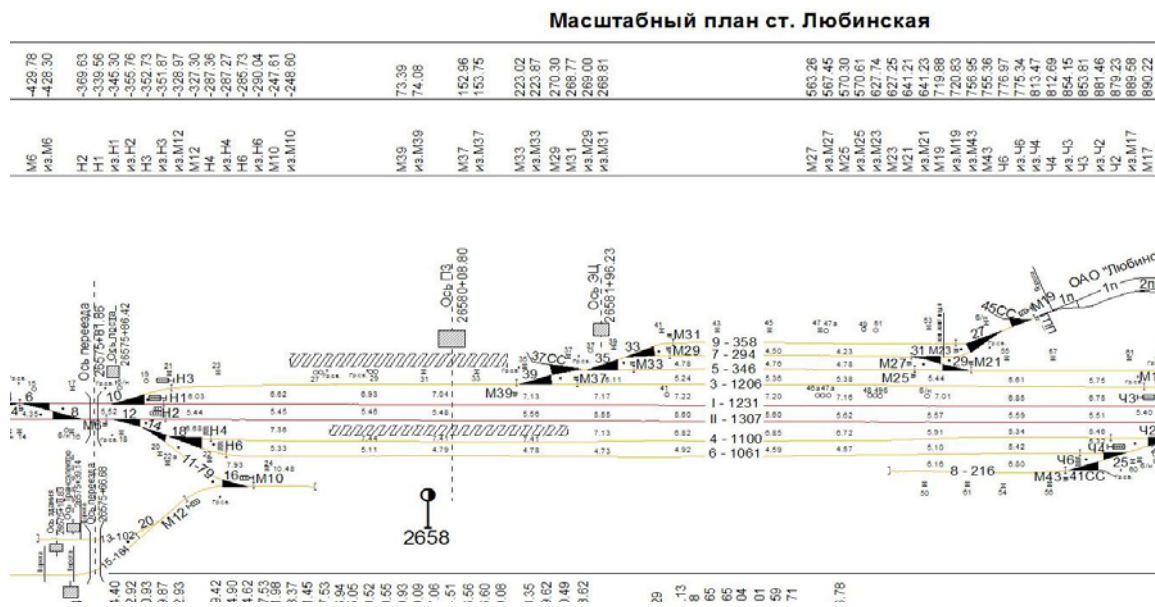


Рис. 2. Фрагмент масштабного плана

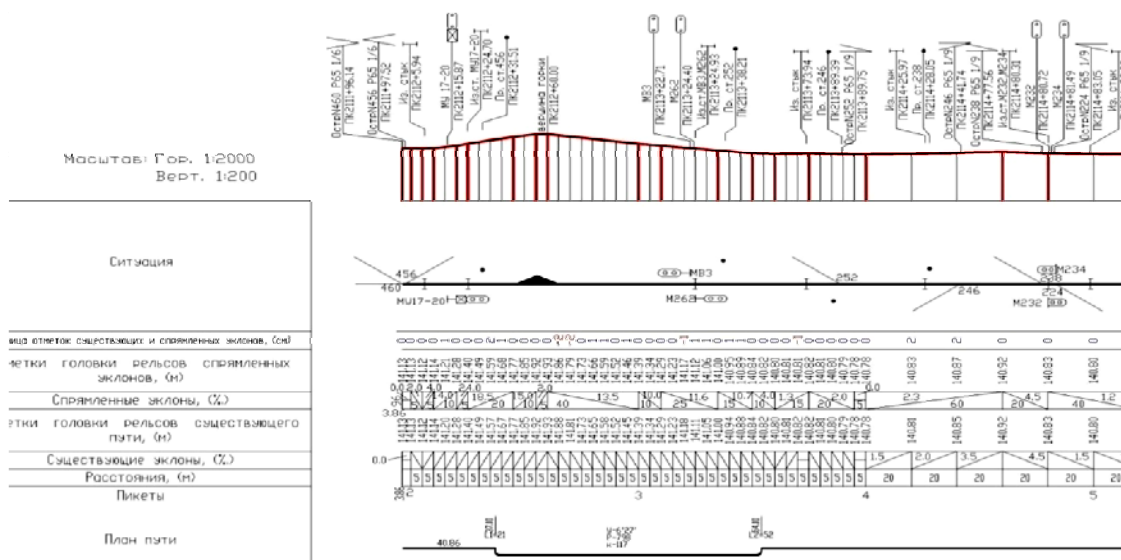


Рис. 3. Фрагмент продольного профиля

Отчетность предоставляется в формате удобном для заказчика, где ординаты отсчитываются от оси пассажирского здания, пикетаж сплошной, передается по острям стрелочных переводов.

В процессе съемки пути для проектирования ремонтных работ и создания опорной геодезической сети для САУ, необходимо, при наличии использовать стационарную сеть базовых станций и в зависимости от количества путей создавать 3 опорных пункта или более, если указано в техническом задании.

При проведении паспортизации, съемке плана и профиля крупной приемо-отправочной или сортировочной станции (Новосибирск-Главный, Инская-Сортировочная), с учетом большого количества путей, путевых устройств, коммуникаций и пересечений, применение лазерных сканирующих комплексов воздушного базирования или съемочных систем на основе БПЛА наиболее функционально и экономически выгодно. В СГУПС, лабораторией «Диагностики дорожных одежд и земляного полотна» разработана и успешно внедряется съемочная система на основе БПЛА (DJI Phantom 4 Pro). В 2018 г. с использованием БПЛА на ЗСЖД выполнены работы в объеме 100 км (рис. 4).



Рис. 4. Съемка пути с применением БПЛА

Данная технология заключается в следующем:

- геодезическую основу создает АПК «Профиль», который позволяет определить пространственные координаты точек привязки снимков (1 спец.);
- проводится аэрофотосъемка БПЛА (1 спец.);
- обработка результатов в специализированных программах (AgisoftPhotoScan и др.), создание ортофотоплана(1 спец.);
- создание цифровой модели (рис. 5) (1 спец.);
- обработка данных, оценивание и составление отчетных форм (рис. 6) (1 спец.).

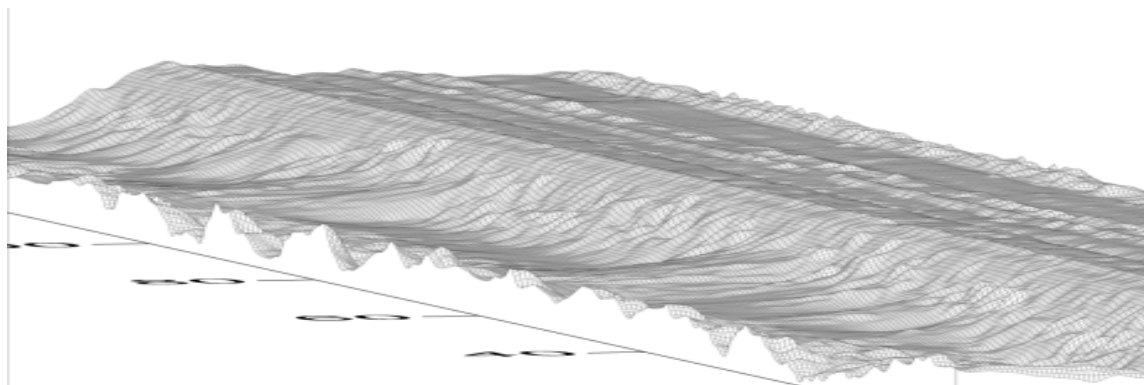


Рис. 5. Цифровая модель пути

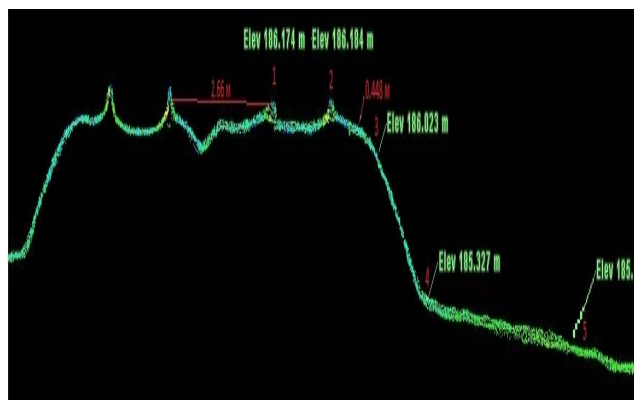
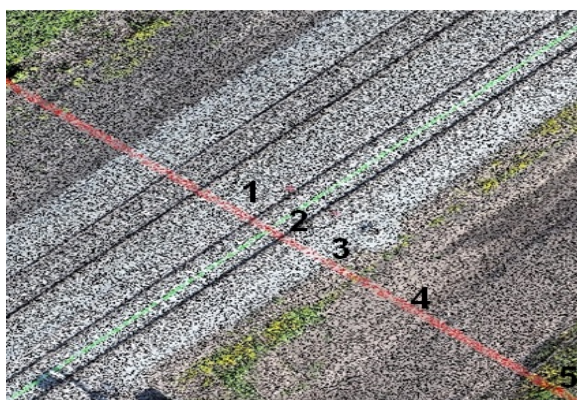


Рис. 6. Составление поперечного профиля по цифровым данным

Пространственные данные (координаты) в любой точке сечения железнодорожного пути в пределах границ съемки (50–100 м) определяются с СКО = 2 см, приемлемой для проектирования, строительства и эксплуатационной работы при соответствующей геодезической подготовке. Точность может быть повышена за счет повышения точности измерения координат оси пути и опорных геодезических точек вдоль маршрута, так как а/с позволяет определять точку с точностью до 5 мм.

Результаты

Результатом съемки путей с применением АПК «Профиль» являются трехмерные координаты рельсовых нитей, т. е. получаем фактически цифровую модель пути, и инфраструктуры, переведем данные в требуемый, для работы формат и структурируем так, чтобы применить их в дальнейшем. После обработки получим геометрические параметры, карточки кривых, план, профиль, данные для создания электронного проекта выправки пути САУ [6, 7], паспортизации и т. д.

Наиболее перспективное применение БПЛА – контроль качества ремонта и оценка состояния железнодорожного пути на проблемных участках. В том числе возможно использование «технического зрения» на основе БПЛА для контроля верхнего строения пути и земляного полотна в режиме мониторинга (фиксировать изменения пространственного положения и развитие дефектов). Съемка с применением БПЛА ведет к существенному снижению трудовых и материальных затрат. Производительность работ по отношению к традиционным технологиям съемки с применением электронных тахеометров повышается в 5–6 раз, а сокращение затрат в 3–4 раза. На магистральный участок железной дороги протяженностью 10 км временные затраты составляют около 15 часов, включая геодезическую подготовку.

Применение цифровых технологий обеспечивает расширение функциональных возможностей позволяет автоматизировать наиболее трудоемкие процессы и сократить затраты на выполнение трудоемких видов работ на железных дорогах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утв. Приказом Министерства транспорта России от 21 декабря 2010 г. № 286. – М.: Транспорт, 2002. – 189с.
2. Ковалева О. В. Использование ГИС-технологии при определении пространственного положения и геометрических параметров железной дороги // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 101–107.
3. Щербаков В. В., Ковалева О. В., Щербаков И. В. Цифровые модели пути – основа геодезического обеспечения проектирования, строительства (ремонта) и эксплуатации железных дорог // Геодезия и картография. – 2016. – № 3. – С. 12–16.
4. Разработка систем автоматизированного управления выправкой пути на базе ГНСС // В. В. Щербаков, А. И. Пименов, И. А. Бунцев, И. В. Щербаков, О. В. Ковалева // Транспортное строительство. – 2015. – № 9. – С. 22–25.
5. Ковалева О. В. Геодезическое обеспечение при эксплуатации железных дорог с использованием глобальных навигационных спутниковых систем // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 30. – С. 11–15.
6. Щербаков В. В. Выправка пути при реконструкции и ремонте железнодорожных путей с использованием ГИС-технологий и ГНСС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшей-

дерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 3. – С. 14–20.

7. Ковалева О. В. Опыт внедрения спутниковой аппаратуры позиционирования и систем автоматизированного управления (САУ), разработанных на их базе при строительстве и эксплуатации железных дорог // Политранспортные системы. Материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС. Новосибирск, 2015. – С. 247–253.

© О. В. Ковалева, В. М. Жидов, 2019