

Геодезическое обеспечение при эксплуатации железных дорог с использованием глобальных навигационных спутниковых систем

Рассмотрены недостатки существующих методов контроля рельсовой колеи, включая геометрические параметры, план и профиль пути. Предложен новый метод определения геометрических параметров по пространственным данным. Рассмотрены средства измерений пространственных данных на базе глобальных навигационных спутниковых систем.

Ключевые слова: *геометрические параметры, железная дорога, план, продольный профиль, рельсовая колея.*

В современных условиях развития скоростного и высокоскоростного движения инфраструктура железной дороги должна отвечать повышенным требованиям к качеству ее содержания, в том числе железнодорожный путь должен обеспечивать плавность хода подвижного состава, бесперебойность и безопасность движения. Соответственно повышаются требования к содержанию пути, выявлению отступлений и их устранению. Согласно существующим на железных дорогах России стандартам для обеспечения указанных требований регулярно выполняется контроль отклонения реальных геометрических параметров от регламентируемых нормативными документами.

Контролю подвергаются прежде всего факторы, напрямую влияющие на безопасность движения: геометрические параметры рельсовой колеи, дефекты, положение пути в плане и по высоте, которое контролируется один раз в несколько лет при проведении натурных проверок плана и продольного профиля [1].

В настоящее время контроль геометрических параметров рельсовой колеи входит в задачи текущего содержания пути [2] и осуществляется путем осмотров и проверок. Данные осмотры включают в себя проверки пути должностными лицами с выборочным измерением его параметров, комиссионные осмотры пути с инструментальной проверкой отдельных его параметров, проверки с использованием измерительных средств (путеизмерительных вагонов, тележек, ручных шаблонов и др.).

Инструментальные проверки выполняются через определенные промежутки времени, установленные ПТЭ или инструкцией по текущему содержанию пути, и являются периодически повторяющимся процессом. Проверки пути, проводимые с помощью ручных шаблонов, трудоемки и не отвечают требованиям ресурсосбережения. Наиболее распространенным способом контроля геометрических параметров рельсовой колеи является их систематическая проверка вагонами-путеизмерителями, которые используют относительные методы измерений. Основным методом измерений на отечественных путеизмерительных вагонах является метод хорд (рис. 1).

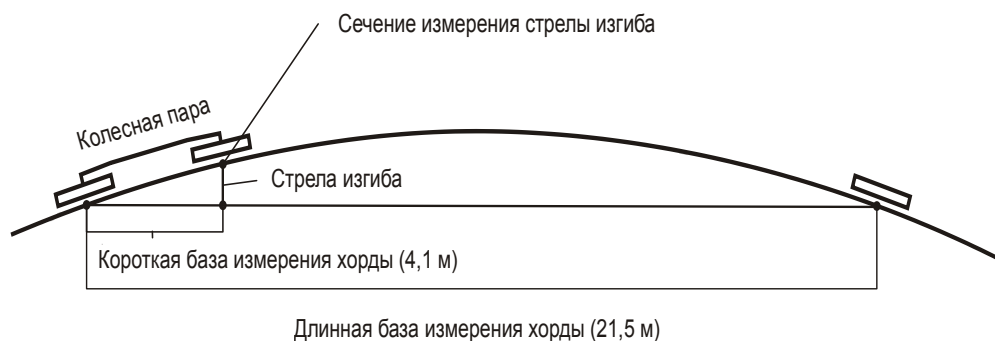


Рис. 1. Схема измерения положения рельсовой нити в плане вагонами-путеизмерителями (хордовый метод)

Данный метод наиболее прост в реализации, поэтому в настоящее время наиболее распространен. Средства измерений могут быть различными, включая самые современные лазерные датчики линейных перемещений (как на ЦНИИ-4). Но функциональные возможности этого метода ограничены и не позволяют решать многие актуальные задачи. Так, база измерений жестко привязана к длине вагона и составляет у разных вагонов от 20 до 22 м, что не позволяет выявлять длинные (более длины вагона) неровности в плане и профиле (на европейских дорогах используют вагоны с «неограниченной» базой, на которых лазерный луч соединен с тележкой, идущей впереди вагона [3]).

Функциональные возможности средств измерений и достоверность результата при контроле геометрических параметров рельсовой колеи увеличиваются многократно при использовании геодезических координат. В частности поэтому и была разработана реперная система контроля положения пути в плане и профиле. Как показал опыт, данная система весьма дорогостояща и малоэффективна [4, 5], в связи с этим она не получила развития.

Основными приборами для получения геодезических координат являются электронные тахеометры или радионавигационные спутниковые системы глобального позиционирования (ГНСС), а также лазерные сканеры. Применение вышеперечисленных приборов не позволит вести массовые проверки технического состояния, поскольку они малопроизводительны и требуют достаточно больших временных затрат на обработку данных. Поэтому основной задачей при разработке способа диагностики рельсовой колеи является определение пространственного положения рельсовой колеи, а также взаимного положения отрезков пути в вертикальной и горизонтальной плоскостях (рихтовки и просадки). Причем устройство, позволяющее реализовать данный способ, должно быть надежным, простым в эксплуатации и обеспечивать нормативные требования по оценке состояния рельсовой колеи.

Одним из таких устройств является АПК «Профиль» (рис. 2), разработанный на базе координатного метода [6]. В АПК спутниковый приемник позиционирования комплексирован с гироско-



Рис. 2. АПК «Профиль»

пом, а также несколькими датчиками, установленными на путеизмерительной тележке.

Данным комплексом определяются следующие параметры: пространственное положение рельсовой колеи X , Y , H , расстояния, взаимное расположение одной рельсовой нити относительно другой (уровень), ширина рельсовой колеи (шаблон), положение рельсовых нитей в плане (рихтовка) и в вертикальной плоскости (просадка), положение пикетов и километров (рис. 3). По результатам измерений получают характеристики кривых в плане и профиле.

Путь, м	X_m	Y_m	H_m	Время, с	Уровень, мм	Рихтовка пр, мм	Рихтовка лев, мм	Шаблон, мм	Просадка, мм
23.0	6113677.654	14630445.336	250.897	561.455	-29.14	9.53	5.63	1519.88	
23.5	6113677.582	14630445.183	250.896	561.473	-30.45	8.82	5.28	1519.80	
24.0	6113677.509	14630445.031	250.894	561.491	-31.63	8.55	7.61	1520.60	
24.5	6113677.437	14630444.879	250.893	561.509	-32.26	9.19	10.59	1521.49	
25.0	6113677.365	14630444.727	250.892	561.527	-32.79	10.00	11.40	1521.86	
25.5	6113677.292	14630444.575	250.891	561.545	-33.09	10.83	12.55	1522.38	
26.0	6113677.220	14630444.423	250.890	561.564	-33.79	11.94	14.85	1522.40	

Рис. 3. Фрагмент выходных данных АПК «Профиль»

Все измерения выполняются с надлежащей точностью, регламентированной инструкциями ЦПТ 54/26 и ЦПТ 54/27, диапазон измерений и точностные характеристики получаемых данных представлены в таблице, представленной ниже.

Наименование параметра	Значение параметра	
	Диапазон измерения	Погрешность измерения
Координаты	99,99 км	10 мм/км
Расстояние	100 км	$\pm 0,01$ %
Высота	9,99 км	± 25 мм/км
Ширина колеи	1 505–1 560 мм	± 1 мм
Уровень	0–300 мм	$\pm 0,5$ мм
Рихтовка	± 160 мм	± 2 мм
Просадка	± 50 мм	1 мм

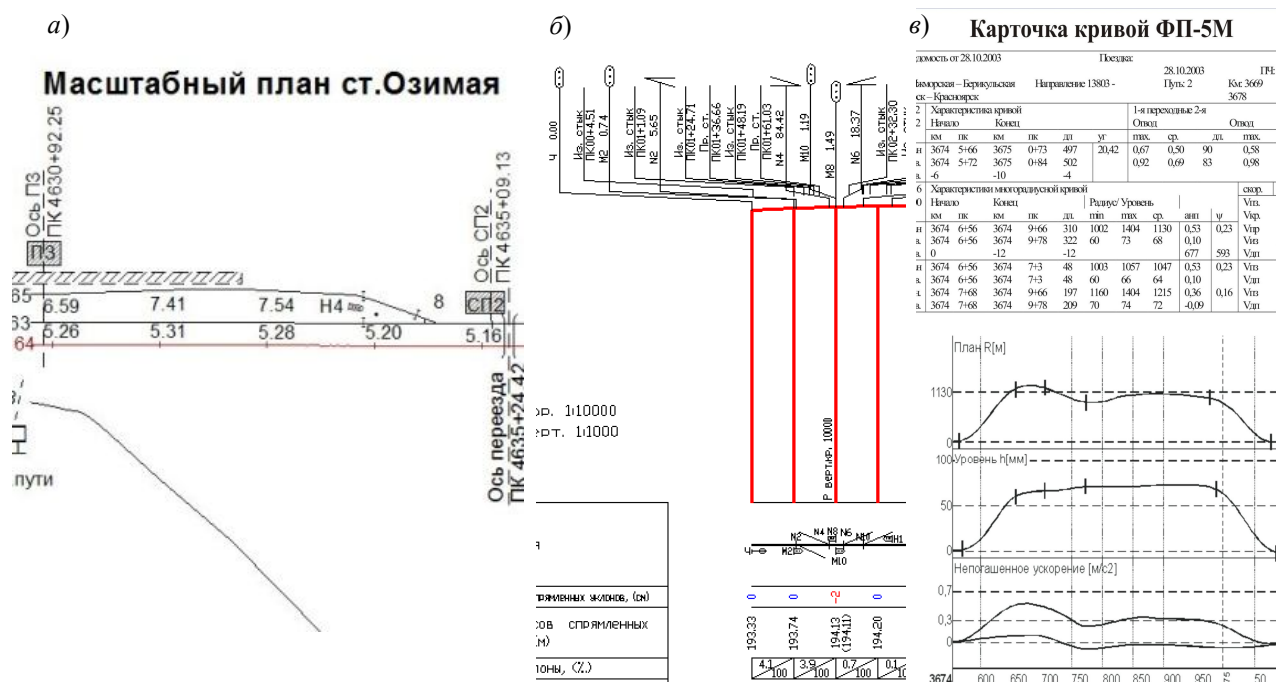
Знание геодезических координат позволяет определять положение пути в государственной, локальной или линейной системе координат, а также оценивать отклонения пути от проектного положения, просадки и рихтовку по каждой рельсовой нити (в стандарте ЦП515 или любом другом) без ограничений по длине измерительной базы. Это значительно упрощает дальнейшую работу с полученными данными: составление ведомости отступлений, планов и профилей путей, карточек кривых (рис. 4).

Выполнение сверки вагонов-путеизмерителей с помощью АПК «Профиль» (рис. 5) позволит исключить грубые ошибки и повысить точность определения поправочных коэффициентов и систематических ошибок. Опыт применения АПК на ЗСЖД показал положительный результат.

Устройства, разработанные на базе ГНСС, позволяют определять по пространственным координатам геометрические параметры, габариты приближения, характеристики инфраструктуры железной дороги.

Главным преимуществом этого способа по сравнению с относительным методом измерений является широкий диапазон анализа при оценке состояния рельсовой колеи. Предоставляется возможность создавать высокоточные цифровые модели пути, использовать геоинформационные технологии при решении задач, связанных с определением динамики изменения геометрических параметров, а именно создавать

определенные ГИС-оболочки, позволяющие отслеживать не только отступления пути, но и временные изменения, и соответственно лучше проследить причины и динамику возникновения неисправностей.



а – фрагмент масштабного плана станции; б – фрагмент продольного профиля пути; в – карточка кривой

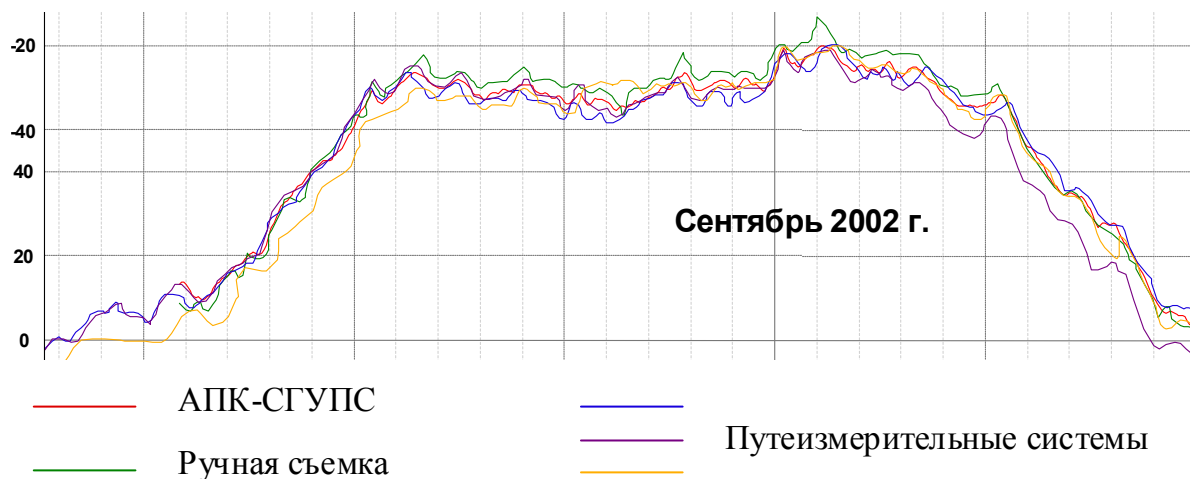


Рис. 5. Сверка вагонов-путеизмерителей

Знание координат позволяет также рассчитывать параметры выправки пути (рихтовки), текущего ремонта, а высокий уровень технологичности ГИС дает возможность передавать проектные данные в системы автоматизированного управления на путеремонтные машины, что значительно повышает производительность труда.

Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: ЦРБ-756 / МПС РФ. М.: Транспорт, 2002. 189 с.
2. Инструкция по текущему содержанию пути: ЦП-774 / МПС России. М.: Транспорт, 2001. 223 с.
3. Макс Л., Личтбег Б. Измерение параметров пути с привязкой к системе глобального позиционирования // Железные дороги мира. 2002. № 7. С. 63–69.
4. Гольдман В.И., Сакович Л.А., Ефремов И.Н. Специальная реперная система // Путь и путевое хозяйство. 2001. № 6. С. 12–16.
5. Резницкий Ф.Е., Ерохина Е.Ю., Аббаров Р.Г. О создании реперной системы на железных дорогах // Транспортное строительство. 2001. № 12. С. 22–24.
6. Щербаков В.В., Ковалева О.В. Координатный способ определения геометрических параметров железных дорог // Геодезия и картография. 2007. № 9. С. 16–18.

O.V. Kovalyova. Geodetic Backing of Railroads Operation Using Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Drawbacks of existing inspection methods for railway track, including the geometric parameters, the route plan, and the track profile, are discussed. A novel method for determining geometric parameters from tracking data is proposed. GNSS-based tracking means are considered.

Keywords: *geometrical parameters, railway, plan, track profile, railway track.*

Ковалева Ольга Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная геодезия» СГУПС. Область научных интересов: геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры. E-mail: kmn@stu.ru