

## О СИСТЕМАХ АВТОМОТИЗИРОВАННОГО ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Д.Г. НАЗАРОВ<sup>1</sup>, Д.А. ГУРА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Мостовое бюро»,  
197198, Российская Федерация г. Санкт-Петербург, ул. Яблочкова, д.12;  
<sup>2</sup> Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;  
электронная почта: nazarovdg1916@mail.ru

Первостепенной задачей обеспечения безопасности движения поездов является уменьшения случаев брака и аварий, связанных с состоянием верхнего строения пути его плана и профиля на участках высокоскоростных магистралей. Мониторинг включает комплекс многофункциональных систем управления и содержание путевого комплекса безопасности движения поездов с применением передовых технических средств и методов технической диагностики, обеспечивающий безопасное движение поездов с установленными скоростями. В статье производится анализ самых современных методов диагностики состояния железнодорожного пути.

**Ключевые слова:** железные дороги, мониторинг, автоматизированные системы, безопасность движения.

### 1. Постановка задачи

Для организации скоростного и высокоскоростного движения огромное внимание должно уделяться геодезическому мониторингу верхнего строения пути и инфраструктуры железнодорожного транспорта. Была поставлена цель, проанализировать опыт применения мировых и отечественных систем диагностики и контроля состояния пути. Сравнение данных о фактическом состоянии пути с проектными при производстве различных видов ремонтов.

В соответствии с поставленной задачей рассматривались два нашедших наиболее широкое применение способа контроля и диагностики состояния пути: путеизмерительными вагонами и автоматизированными путеизмерительными комплексами АПК.

### 2. Описание отечественных путеизмерительных вагонов

На сегодняшний день на железных дорогах России эксплуатируется более 200 путеизмерительных вагонов различного класса точности. Ведется работа по внедрению и апробации новых технологических решений.

Основным средством для сплошного систематического контроля рельсовой колеи служат путеизмерительные вагоны. На отечественной сети железных дорог применяется путеизмерители ЦНИИ-2 и ЦНИИ-4. ЦНИИ-2 обеспечивает контроль состояния рельсовой колеи со скоростью до 100 – 110 км/ч по: ширине колеи, взаимному положению рельсовых нитей по уровню, положению рельсовых нитей в плане, местным просадкам рельсовых нитей. Результаты измерений записываются одновременно на двух бумажных лентах [1].

ЦНИИ-4 может проверять втрое больше параметров пути по сравнению с ЦНИИ-2 со скоростью до 160 км/ч. Кроме традиционных он измеряет: просадку на базе кузова, уклон профиля, неровности в профиле и в плане, короткие неровности на поверхности катания рельсов, ускорение кузова и т.д.

Вагон-путеизмеритель КВЛ-П2.1 с повышенной точностью измерения геометрии рельсовой колеи, на скорости до 120 км/час [2].

Вагон-путеизмеритель ЦНИИ-4МД с автоматизированной обработкой данных, который работает в составе пассажирского поезда, для оценки устройства пути, состояния кривых, съемки профиля, измерения стыковых зазоров, износа рельсов, предпроектного обследования пути, оценки качества ремонта пути. Производится оснащение этих вагонов системами GPS и ГЛОНАСС для повышения качества и производительности съемки продольных профилей, хотя автор считает, что для реализации проекта необходимо создание виртуальной референсной системы по всей длине линейного объекта [3, с.287].

Необходимо также отметить, что вышеописанные системы находят широкое применение в технологических процессах всех видов ремонтов осуществляемых на сети железных дорог России,

Поэтому для выправки пути в плане, продольном профиле и по уровню на выправочно-подбивочно-рихтовочных машинах применяются автоматизированные системы выправки пути: АЛЦ (Плассер и Тойрер), "Навигатор" (НИЦ "Путеец"), микропроцессорная система ВНИИЖТа. Основным недостатком выправочных машин являются затраты времени на

измерительные поездки. Существуют системы такие как "ВПИ Навигатор" для передачи данных по геометрии пути, полученных вагонами путеизмерителями КВЛ-П и ЦНИИ-4МД, в системы управления выправкой пути путевых машин.

На сети железных дорог России осуществляется проект по внедрению геоинформационных технологии. Такие системы как "ТВЕМА" система сбора, обработки и хранения информации, использующая возможности спутниковой навигационной системы в режиме реального времени RTK (Real Time Kinematic), с помощью которой можно осуществлять дистанционный диспетчерский контроль о местоположении состава, применение АПК аппаратно - программных комплексов. Создается общая база хранения геопространственной информации Object Land.

Также существует система ЕСМА (Единая система мониторинга и администрирования объектов инфраструктуры ОАО "РЖД"), разработанная Департаментом связи и вычислительной техники для использования в рамках деятельности подразделений путевого хозяйства.

Программное обеспечение ЕСМА должно функционировать как автономно, так и во взаимодействии с другими программно-аппаратными комплексами, АРМами и системами управления (АСДП, АРМы средств диагностики пути, АСУ-П).

Основными методами диагностики земляного полотна являются топогеодезические методы обследования и инженерно-геологические, а также георадиолокация, сейсморазведка и т.д. Не последнее место занимает находящие все более широкое применение наземное лазерное сканирование, как один из способов получения геопространственных данных [4, с.15].

В настоящее время развитие средств диагностики идет и в России по пути создания мобильных диагностических комплексов по оценке состояния всех объектов инфраструктуры.

Созданы опытные образцы диагностических комплексов для контроля технических объектов инфраструктуры "Интеграл" фирмы "Группа компаний "Твема" и АДК-И фирмы НПЦ "Инфотранс", которые проходят испытания по

оценке технических характеристик систем контроля и технологии использования.

### 3. Описание зарубежных путеизмерительных вагонов

Для комплексной оценки состояния объектов инфраструктуры и назначения работ по содержанию и ремонту на зарубежных железных дорогах широко используются автоматизированные диагностические комплексы и системы обработки данных контроля. Это IRISSys (Германия, Голландия), ENSCO (США), IFS (Швеция), диагностический поезд "Архимед" (Италия), измерительный поезд IRI 320 (Франция). Оценка состояния пути и объектов инфраструктуры ведется на основе комплексных показателей и математического моделирования взаимодействия пути и подвижного состава с учетом типа подвижного состава, условий эксплуатации и скоростей движения, нагруженного и ненагруженного состояния пути с точной привязкой к координате пути. Широко используются системы измерения силового воздействия подвижного состава на путь.



Рисунок 1 – Путеизмерительный вагон Melusine

Диагностический комплекс "Архимед" обладает следующими основными свойствами: способностью измерять более 100 параметров геометрических характеристик пути и его элементов, контактной сети, систем сигнализации и связи при скорости движения 200-250 км/ч.

Комплект измерительного оборудования поезда включает: 57 компьютеров, обрабатывающих получаемую информацию со скоростью 30 Гбит/с;

24 лазерных излучателя; 43 оптических датчика; 47 акселерометров; 4 измерительных пантографа; 15 видеокамер; набор датчиков скорости, напряжения, температуры, позиционирования поезда на линии. Шесть систем позиционирования позволяют с точностью 5 см привязывать результаты измерений к пикетным отметкам пути, как на перегонных участках, так и на мостах, стрелочных переводах, переездах. Измерительное и вычислительное оборудование связано сетью оптико-волоконных кабелей, передающих в реальном масштабе времени результаты измерений и видеосъемок со скоростью 2500 Гбит/с.

На основе получаемых результатов измерений устанавливаются показатели качества инфраструктуры пути для всех составляющих компонентов. Затем анализируется взаимозависимость этих показателей качества, и в том числе геометрических характеристик пути и ускорения колебаний вагона, геометрических параметров контактной сети и взаимодействия пантографа с контактным проводом. В компьютерной программе анализа показателей компании MerMes содержится алгоритм прогнозирования возможных дефектов для своевременного предотвращения их образования и определения необходимых ремонтных работ.



Рисунок 2 – Путеизмерительный поезд IRIS 320

В настоящий момент оборудование комплексов базируется на пассажирских вагонах, конструктивная скорость которых составляет до 160 км/ч, но должны обеспечить работоспособность аппаратно-программного комплекса до

250 км/ч. и максимально приближены по уровню решаемых задач к поезду "Архимед" [5, с.21].

Измерительный вагон Melusine (рис. 2), который рассчитан на функционирование при движении с высокой скоростью, благодаря чему можно было включать в состав поездов TGV между моторным и первым прицепным вагоном. Первоначальное измерительное оборудование было дополнено ускорение мерами для измерения боковых ускорений тележек. Вагон так же оснащен спутниковой навигационной системой, которая позволяет точно определять местоположение дефектов. Получаемые данные в цифровом формате анализируются, при этом программа производит определение пороговых величин [6, с.65].

В последствие во Франции началось создание нового измерительного поезда IRIS 320 (рис. 3), использование которого позволило бы сократить расходы, упростить организацию и снять ограничения по выполнению измерений. Действительная ценность проекта достигается за счет концентрации всех необходимых измерений в одном месте, автономности и реверсивности поезда, что повышает общую эффективность измерения при движении с высокой скоростью. Этот фактор является самым важным при исследовании динамического взаимодействия пути с высокоскоростным подвижным составом и весьма благоприятен с эксплуатационной точки зрения, так как измерения можно проводить в интервалах между рейсами регулярных поездов, не создавая помех ни их движению, ни организации работ по техническому обслуживанию и ремонту инфраструктуры. Поезд способен проверять состояние до 200 тыс. км инфраструктуры (путь, контактная сеть, системы сигнализации) обычных и высокоскоростных линий в год при движении со скоростью до 320 км/ч [6, с.67]. Всемирный рекорд скорости на железнодорожном транспорте принадлежит Франции. Испытания проводились в 200 километрах к востоку от Парижа на новом, специально подготовленном участке скоростной трассы. Состав длиной в 106 метров и мощностью в

25 тыс. лошадиных сил пронесся из Парижа в Страсбург со скоростью 574,8 км/ч. Для сравнения скорость самолета - больше всего в полтора раза.

Интеграция многочисленных и наиболее эффективных измерительных систем на одном поезде позволяет с большей полнотой оценить состояние всех компонентов инфраструктуры, проанализировать характер выявленных дефектов и отклонений и лучше понять их причины.

#### **4. Автоматизированные путеизмерительные комплексы АПК**

Анализ специализированной литературы и интернет сайтов говорит о широком интересе автоматизированным путеизмерительным комплексам (АПК) ведущих железных дорог мира.

АПК представляют собой тележку, перемещаемую по железнодорожному пути вручную либо при помощи специализированного привода со скоростью пешехода, на которой установлено измерительное оборудование. Существует следующие автоматизированные путеизмерительные комплексы: Leica GRP 3000 System Fx (Amberg Technologies AG, Швейцария), Tachy Rail (Geo – Metrik AG, Германия), АПК «Профиль» (Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск), Swiss Trolley (Terra Vermessungen AG, Швейцария) и многие другие. Причем три зарубежные модели оснащены электронными тахеометрами и спутниковой аппаратурой, что позволяет работать в различных конфигурациях в зависимости от поставленной задачи. Отечественный комплекс оснащен только спутниковой аппаратурой, некоторые образцы также оснащены наземными лазерными сканерами. Кроме измерения положения железнодорожного пути в плане и по высоте во всех АПК имеется оборудование, позволяющие измерять ширину колеи, возвышение наружного рельса, стрелы изгиба и перекосы [7, с.30].

*Leica GRP 3000 System Fx (Amberg Technologies AG, Швейцария)* рис.3 - универсальная система измерения геометрии путей, оценки габарита через поточечную съемку контуров, а также для съемки контрольных точек.



Рисунок 3 – АПК Leica GRP 3000

Ключевые особенности GRP 3000: Уникальная комбинация прецизионного оборудования TGS FX – путеизмерительной тележки для съемки геометрии пути и стойки Profiler 110 FX для автоматической съемки профиля габарита; видимый красный лазер для точного и быстрого наведения вручную на конкретную точку съемки; прецизионные 3D координаты пути из комбинации операций с системой GRP и прецизионным тахеометром; обновление данных с высокой частотой как основание для вычислений в реальном времени; неограниченная электромагнитная совместимость за счет использования РЕТ колес.

Аппаратно-программный комплекс (АПК) «Профиль» рис.4 применяется для проектно-изыскательских работ, определения плана линии и продольного профиля, диагностики пути по геометрическим параметрам. АПК «Профиль» изготовлен на базе механической самонастраивающейся высокоточной гиросистемы.

АПК «Профиль» включает: ходовую тележку; GNSS; гироскопическую систему Б14; контроллер; датчик пути; компьютер и аккумулятор.

Существенным отличием АПК «Профиль» от портативных средств измерения, является возможность определять геодезические координаты рельсовой колеи, геометрические параметры в стандарте ЦП515, характеристики кривой в стандарте ФП5, получать в полном объеме данные для



составления продольного профиля, выполнять линейную и координатную привязку железнодорожных объектов и элементов пути.



Рисунок 4 – АПК "Профиль"

*Swiss Trolley (Terra Vermessungen AG, Швейцария)*. Применяется для проектно – изыскательских работ, решает задачу по автоматизации процесса съемки путей, также позволяет получать оперативную и высокоточную информацию о плановом и высотном положении пути. Информация предоставляется в виде планов и продольных профилей, а также в виде трех мерной модели местности. С заданной дискретностью спутниковая аппаратура определяет геоцентрические координаты. Современное программное обеспечение позволяет переводить геоцентрические координаты в прямоугольные, используя при этом различные проекции и геодезические высоты. Важным параметром является высотная составляющая, зная высоты квазигеоида над поверхностью используемого земного эллипсоида можно перейти к нормальным высотам (Балтийская система высот 1977) [8, с.23].

В основе определения геодезических координат лежит решение прямой и обратной геодезической задачи.

Внешний вид комплекса показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Путьеизмерительный комплекс Swiss Trolley

Принцип работы схемы заключается в следующем, при движении навигационно - сканерного комплекса измеряется: продольные и поперечные углы; пройденное расстояние; возвышение наружного рельса; перекося пути; геодезические координаты.

Измерительный навигационно – сканерный комплекс представляет собой аппаратно – программный комплекс, включающий: Комплект GNSS (Global Navigating Satellite System), который включает ГЛОНАСС Россия (Глобальная навигационная спутниковая система) и GPS США (Global Positioning System) производства компании Trimble (модель Trimble R8); тележку, оборудованную датчиками проеденного пути (по каждой рельсовой нитке), ширины колеи и наклона (инклинометры); наземные лазерные сканеры фазового типа SICK; компьютер типа «ноутбук» в защищенном ударопрочном корпусе Panasonic CF18; программный пакет сбора и обработки информации Swiss trolley; роботизированные тахеометрические станции с активной призмой Trimble RMT с адаптером для установки на штанге, а также радиостанция из комплекта Trimble ATS для поддержания радиоканала обмена данными с активной призмой [9, с.23].

**Заключение** Создание сети высокоскоростных магистралей создает предпосылки внедрения в России системы контроля в рамках одного диагностического поезда, а также развитие направления по сбору

геопространственных данных при помощи АПК. В статье проанализированы системы диагностики и контроля состояния пути выявлены следующие преимущества: оперативность получаемой информации; сокращение продолжительности окон; оптимизация графика движения поездов; анализ динамически развития неисправностей и т.д. С помощью АПК решаются комплекс проектно – изыскательских задач, создаются предпосылки решения первостепенной задачи по приведению пути в проектное положение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СТНЦ-01-95 железные дороги колеи 1520 мм/М. МПС 1995.
2. Правила выполнения рабочей документации железнодорожные пути ГОСТ 21.1702-96./ М. Минстрой России 1996.
3. Матвеев С.И., Коугия В.А. Высокоточные цифровые модели пути и спутниковая навигация железнодорожного транспорта. – М.: УМЦ ЖДТ, 2005. С. 285 – 290.
4. 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.
5. D. Li. Railway Track & Structures, 2005, № 9. p. 19 – 23.
6. Измерительный поезд/ М. Descusses.// Железные дороги мира. – 2008. – №12. – С. 64 –70.
7. О точности определения геометрических параметров железнодорожного пути с помощью АПК / Самратов У.Д.. // Геопрофи. – 2007. – №6. – С. 28 – 32.
8. Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Современные измерительные технологии на кафедре кадастра и геоинженерии в КубГТУ // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. 2012. № 6. С. 23-24.
9. Руководство пользователя Swiss trolley. - Цюрих. – 2007.

#### REFERENCES

1. STNC-01-95 zheleznyye dorogi kolei 1520 mm/M. MPS 1995.
2. Pravila vypolneniya rabochej dokumentacii zheleznodorozhnye puti GOST

21.1702-96./ M. Minstroj Rossii 1996.

3. Matveev S.I., Kougiya V.A. Vysokotochnye cifrovye modeli puti i sputnikovaya navigaciya zheleznodorozhnogo transporta. – M.: UMC ZHDT, 2005. S. 285 – 290.

4. Gusev V.N., Volohov E.M., Golovanov V.A. i dr. Osnovy nazemnoj lazerno-skaniruyushchej s"emki: Uchebnoe posobie. – SPb.: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj gornyj institut (tekhnicheskij universitet), 2007.

5. D. Li. Railway Track & Structures, 2005, № 9. p. 19 – 23.

6. Izmeritel'nyj poezd/ M. Descusses.// ZHeleznye dorogi mira. – 2008. – №12. – S. 64 –70.

7. O tochnosti opredeleniya geometricheskikh parametrov zheleznodorozhnogo puti s pomoshch'yu APK / Samratov U.D.. // Geoprofi. – 2007. – №6. – S. 28 – 32.

8. Gura D.A., SHEvchenko G.G. Sovremennye izmeritel'nye tekhnologii na kafedre kadastra i geoinzhenerii v KubGTU // Geoprofi: nauchno-tekhnicheskij zhurnal po geodezii, kartografii i navigacii. 2012. № 6. S. 23-24.

9. Rukovodstvo pol'zovatelya Swiss trolley. - Cyurih. – 2007.

#### *ABOUT SYSTEMS AUTOMATED TRAFFIC MEASUREMENT CONTROL*

**D.G. NAZAROV<sup>1</sup>, D.A. GURA<sup>2</sup>**

*LLC "Bridge Bureau»,  
12, Yablochkova st., St. Petersburg, Russian Federation, 197198;  
<sup>2</sup>Kuban State University of Technology,  
2, Moscow st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;  
e-mail: nazarovdg1916@mail.ru*

The primary task of ensuring the safety of train traffic is to reduce the incidence of defects and accidents related to the state of the upper structure of the route of his plan and profile on sections of high-speed highways. Monitoring includes a complex of multifunctional control systems and the maintenance of a track complex of train traffic safety using advanced technical means and methods of technical diagnostics, ensuring safe movement of trains with established speeds. The article analyzes the most modern methods for diagnosing the state of a railway track.

**Keywords:** railways, monitoring, automated systems, traffic safety.