

## УДК 656.25 : 621.318

Б. М. БОНДАРЕНКО – к.т.н., доцент, кафедра военной подготовки, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, bond\_16@mail.ru

В. В. ЛАГУТА – к.т.н., доцент, кафедра АТС, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, vvlaguta@mail.ru

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

*Статью представил д.т.н., проф. А. П. Разгонов*

## Введение

К высокоскоростным линиям железнодорожного пути предъявляют высокие требования по его проектированию и содержанию. Для обеспечения высокопродуктивной эксплуатации необходимы специальные технические средства, способные обеспечивать измерение параметров железнодорожного пути. Одними из важнейших параметров состояния железнодорожного пути является его кривизна, ширина колеи и возвышение.

Для измерения кривизны в кривых участках пути в настоящее время, в основном, применяются методы измерения, которые не обеспечивают необходимой точности для высокоскоростных линий. Устройство также должно удовлетворять современному уровню развития техники.

К существующим методам и приборам измерения кривизны ж. д. пути относятся: метод стрел, использованный при конструировании прибора для расчета кривых системы И. Я. Туровского; измерение с помощью регистратора кривизны и инструментальный метод, которые комплексно реализуются с помощью вагона для измерения пути ЦНИИ; тележки для измерения пути системы Матвеенко; измерителя путевого непрерывного действия ВШБД, аппаратно-диагностического комплекса АРД-1 [1–4].

## Постановка задачи

Измерительные системы существующих путевых машин оборудованы асимметричными хордами и обеспечивают непрерывную запись информации о реальном состоянии плана линии. Однако методы обработки такой информации и эффективного использования ее развития недостаточны. Это обусловлено в первую очередь, тем, что непрерывная информация, получаемая механическими измерительными системами в виде стрел изгиба, не описывает реальной кривизны, а отображает формы неравенств пути в искривленном виде. Отсутствуют также технические средства регистрации информации на внешние накопители на жестких магнитных дисках или Flash-память.

Инструментальный метод основан на определении на местности координат и других характеристик железнодорожного пути, определяющих его положение, с помощью геодезических приборов. Инструментальный метод достаточно точный, но является трудоемким и требует большего времени для обработки геодезических данных.

Целью работы является разработка автоматизированной системы измерения кривизны железнодорожного пути с высокой степенью точности на основе современных технических средств регистрации информации.

Автоматизированная системы, которая разрабатывается, для измерения кривизны

пути может быть построена на различных типах гироскопов [5–9].

### Пути решения задачи

Для повышения точности измерений и надёжности всей системы предлагается использовать кольцевой лазерный гироскоп (КЛГ) или так называемый квантовый гироскоп, созданный на основе лазера с кольцевым резонатором, в котором по замкнутому оптическому контуру одновременно распространяются встречные электромагнитные волны. Длины этих волн определя-

ются условиями генерации, согласно которым на длине периметра резонатора должно заключиться целое число волн, поэтому на неподвижной платформе частоты этих волн совпадают. При поворотах платформы регистрируют скорость движения возникающих интерференционных полос, которая пропорциональна скорости поворота.

Структурная схема автоматизированной системы с использованием КЛГ показана на рис. 1, фото промышленного КЛГ на рис. 2.

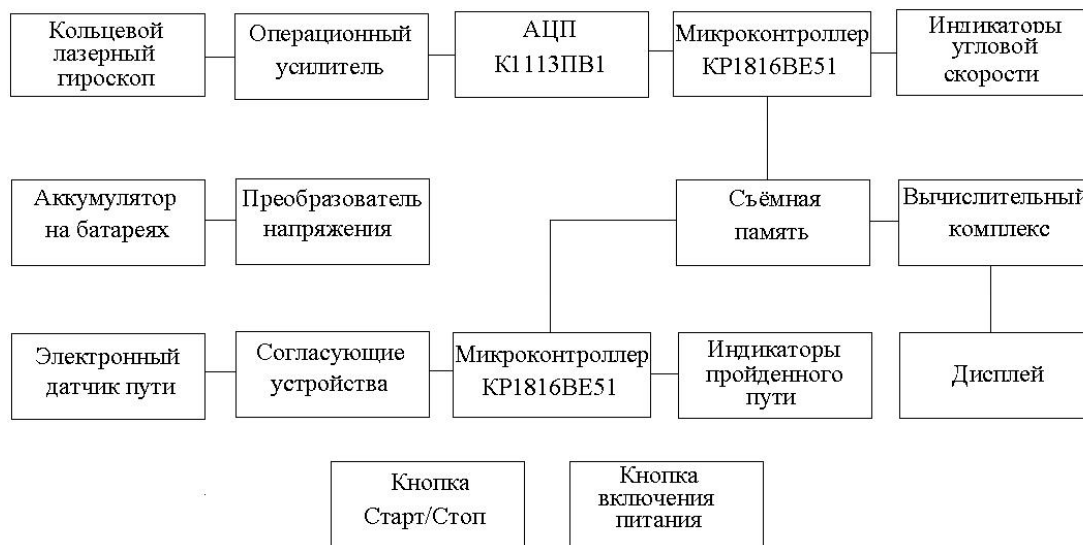


Рис. 1 Структурная схема автоматизированной системы для измерения кривизны пути на кольцевом лазерном гироскопе



Рис. 2 Промышленный кольцевой лазерный гироскоп

К достоинствам лазерных гироскопов следует отнести, прежде всего, отсутствие вращающегося ротора и подшипников, создающих силу трения, а также высокую точность измерения.

Результатом работы такой системы является получение величины угловой скорости и пути, пройденного за одну секунду; причем показания угловой скорости снимаются каждую секунду.

Далее по этим показаниям определяется кривизна исследуемой кривой. Система состоит из следующих элементов: устройство измерения угла поворота железнодорожной кривой с прецизионным лазерным гироско-

пом и усилителем, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), датчик пройденного пути, согласующее устройство, микроконтроллеры, индикаторы угловой скорости и пройденного пути, съёмная память, устройство управления измерениями, дисплей, бесперебойный источник питания. В систему также входит специальный программный вычислительный комплекс для расчёта геометрически правильных, много радиусных проектных кривых.

Гироскоп в данном устройстве выступает в роли датчика угловой скорости. Значение его работы заключается в том, что при повороте его в горизонтальной плоскости на выходе происходит изменение напряжения. Зная исходное напряжение датчика при нулевой угловой скорости и «цену деления шкалы» то есть, на сколько происходит увеличение или уменьшение напряжения на выходе при повороте всей системы с угловой скоростью равной 1 град/с, можно вычислить угловую скорость движения системы. Напряжение, которое изменяется в зависимости от изменения угловой скорости движения, не должно искажаться. Для этого предлагается использовать операционный усилитель (ОУ) К140УД17. Он играет роль «буфера» и предотвращает влияние на исходное напряжение гироскопа других звеньев схемы. Имеется в виду, что аналоговый сигнал, который поступает из гироскопа, необходимо превратить в цифровой сигнал. Для этого предлагается использовать аналого-цифровой преобразователь (АЦП), но его подключать напрямую к гироскопу нельзя, поскольку АЦП станет «несогласованной нагрузкой» будет влиять на исходное напряжение гироскопа, вносить свои изменения и искажать результаты.

К1113ПВ1 – АЦП последовательного приближения, принцип работы которого соответствует классической структуры 4-х разрядного преобразователя, состоящего из трех основных узлов: компаратора, регистра последовательного приближения (РПП) и ЦАП.

С началом пошаговой работы АЦП в регистре последовательного приближения оказывается двоичное число, из которого после цифро-аналогового преобразования выходит напряжение, соответствующее  $U_{вх}$ . Исходное число может быть считано с РПП в виде параллельного двоичного кода по  $N$  линиям. Кроме того, в процессе преобразования на выходе компаратора, формируется исходное число в виде последовательного кода старшими разрядами вперед.

С АЦП оцифрованный сигнал поступает на микроконтроллер КР1816ВЕ51, где с помощью специальной записанной программы происходит обработка полученной информации и вывод ее на семь сегментных индикаторов типа АЛС324А [10–12].

Второе ключевое устройство – это электронный датчик пути, подключенный к аналогичному микроконтроллеру КР1816ВЕ51, к которому также подключены индикаторы типа АЛС324А, необходимые для индикации показания о пройденном пути. К обоим МК подключается внешняя память, в которую ежесекундно происходит запись значений угловой скорости и пройденного пути.

В схеме обязательно должна присутствовать кнопка включения питания и кнопка «Старт/Стоп» – начало и конец измерений. Питание устройства происходит от автономного источника, в состав которого входит аккумуляторная батарея (никель-кадмиевая) и устройство, напряжение, на выходе которого должно быть  $\pm 15В$  и  $+5В$ .

Алгоритм работы устройства измерения кривизны железнодорожного пути, представлен в виде блок-схемы на рис. 3.

Алгоритм работы устройства сводится к следующему. После включения питания оператор устройства нажимает кнопку «Старт/Стоп», на МК подается напряжение и происходит его сброс. Изменением расположения и направлением движения гироскоп устанавливается в нулевое состояние.

После начала движения снимается напряжение на датчике пути и гироскопе.

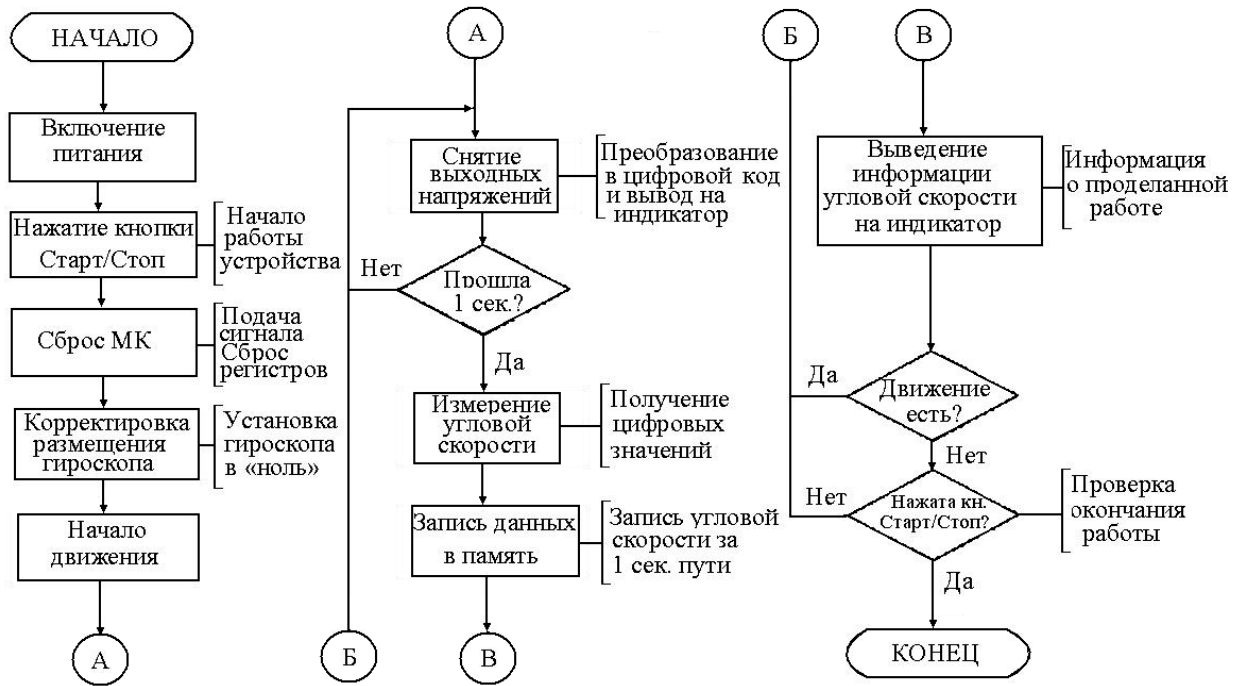


Рис. 3 Алгоритм работы системы измерения кривизны железнодорожного пути

По прохождению 1-й секунды снятое напряжение из датчика пути и гироскопа преобразуется в цифровой код, который записывается в память для последующей обработки и одновременно выводится на индикатор. Если движение не прекратилось, то эти операции повторяются снова. Изменение числовых значений на выходе системы соответствует значениям угловой скорости движения, по которым определяется кривизна исследуемой кривой. Если движение прекратилось, то нажимается кнопка «Старт/Стоп», означающая, что измерения закончены.

Контрольные измерения проводятся через каждую секунду. Затем по полученным данным производится расчёт кривизны кривой железнодорожного пути.

В дальнейшем возможно расширение системы (это позволяет используемый лазерный гироскоп) при измерении углов наклона в трех перпендикулярных плоскостях с сохранением неизменным выставленного направления, измерение кривизны пути в профиле, а также - возвышение пути.

Результаты измерений, которые выполняются с помощью прибора, проводятся в автоматическом режиме, как на участках кривых малой длины, так и на участках большой длины.

Систему можно установить и на ручной тележке, и на дрезине. При использовании автоматизированной системы измерения кривизны железнодорожного пути на основе гироскопа совместно с GPS возможно использование её в вагоне и даже на локомотиве.

### Вывод

Измерения этого гироскопа позволяет с необходимой точностью описать натурную кривую железнодорожного пути. Предполагается использование данной системы для линий со скоростью движения поездов до 160...200 км/ч.

Использование данной системы обеспечит более высокую точность измерений параметров железнодорожного пути, по сравнению с существующими традиционными методами.

### Библиографический список

1. Сташин, В. В. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах [Текст] / В. В. Сташин, А. В. Урков. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.
2. Каменский, В. И. Удержание железнодорожного пути в кривых [Текст] / В. И. Каменский, Е. Я. Шац. – Москва: Транспорт, 1987. – 189 с.
3. Путевое хозяйство [Текст]: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / С. М. Бельфер, Э. В. Воробьев, Л. М. Дановский и др.; Под ред. И. Б. Лехно. – Москва: Транспорт, 1981. – 447 с.
4. Бесекерский, В. А. Основы автоматического управления [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – Москва: Наука, 1974. – 354 с.
5. Шестов, С. А. Гироскоп на земле, в небе и на море [Текст] / С. А. Шестов. – Москва: Знание, 1989. – 188 с.
6. Ишлинский, А. Ю. Лекции по теор. гироскопов [Текст] / А. Ю. Ишлинский, В. И. Борзов, Н. П. Степаненко. – Москва: МГУ, 1983. – 248 с.
7. Магнус, К. Гироскоп: Теория и использование [Текст] / К. Магнус. – Москва: Мир, 1974. – 526 с.
8. Пешехонов, В. Г. Ключевые задачи современной автономной навигации [Текст] / В. Г. Пешехонов // Гироскопия и навигация. – 1996. – № 1 (12). – С. 48-55.
9. Бондаренко, Б. М. Обґрунтування оптимальних характеристик оптичного каналу вимірювання механічних параметрів електромагнітного реле [Текст] / Б. М. Бондаренко, А. П. Разгонов, В. И. Профатилов // Вісник ДІПТУ ім. В. Лазаряна. – 2009. – № 29. – С. 121-125.
10. Дьомін, Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення) [Текст] / Ю. В. Дьомін. – Київ: Юнікон-Прес, 2001. – 342 с.
11. Шилов, В. Л. Популярныe цифровые микросхемы [Текст] / В. Л. Шилов. – Москва: Радио и связь, 1987. – 352 с.
12. Косенко, Є. Я. Удосконалення реагування на аварійні ситуації при перевезенні небезпечних вантажів на залізниці [Текст] / Є. Я. Косенко, С. В. Кухлівський, Б. М. Бондаренко, І. І. Подзігун // Наука та прогрес транспорту. Вісник дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2013. – № 2 (44). – С. 28-35.

**Ключові слова:** параметри залізничної колії, датчик кутової швидкості, лазерний гіроскоп.

**Ключевые слова:** параметры железнодорожного пути, датчик угловой скорости, лазерный гироскоп.

**Key words:** parameters of railway track, the angular velocity sensor, a laser gyro.

Поступила в редколлегию 07.04.2014