

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ КРИВИЗНЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ НА ОСНОВЕ ГИРОСКОПА

Пропонована автоматизована система вимірювання кривизни залізничної колії на основі гіроскопа будеться, зокрема із застосуванням сучасних лазерних гіроскопів. Пропонується використовувати кільцевий лазерний гіроскоп (КЛГ), так званий квантовий гіроскоп, створений на основі лазера з кільцевим резонатором, в якому по оптичному контуру одночасно розповсюджуються стрічні електромагнітні хвилі. До достоїнств лазерних гіроскопів слід віднести перш за все відсутність ротора, що обертається, і підшипників, що створюють силу тертя, а також високу точність вимірювання.

Предлагаемая автоматизированная система измерения кривизны железнодорожного пути на основе гироскопа, создается, в том числе с применением современных лазерных гироскопов. Предлагается использовать кольцевой лазерный гироскоп (КЛГ), так называемый квантовый гироскоп, созданный на основе лазера с кольцевым резонатором, в котором по замкнутому оптическому контуру одновременно распространяются встречные электромагнитные волны. К достоинствам лазерных гироскопов следует отнести, прежде всего, отсутствие вращающегося ротора и подшипников, создающих силу трения, а также высокую точность измерения.

Offered automated system of measuring of curvature of railway way on the basis of gyroscope, including with the use of modern laser gyroscopes. It is suggested to use a circular laser gyroscope (CLG), so-called quantum gyroscope created on the basis of laser with a circular resonator, in which on the reserved optical contour electromagnetic head-seas spread simultaneously. To dignities of laser gyroscopes it is necessary to deliver absence of the revolved rotor and bearings creating force of friction foremost, and also high exactness of measuring.

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 Матвеевко, измерителя путевого непрерывного действия ВШБД, аппаратно – диагностического комплекса АРД-1 [1-4].

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 внешнего носителя ЭВМ.

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].

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 определяются условиями генерации, согласно которым на длине периметра резона-

тора 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.

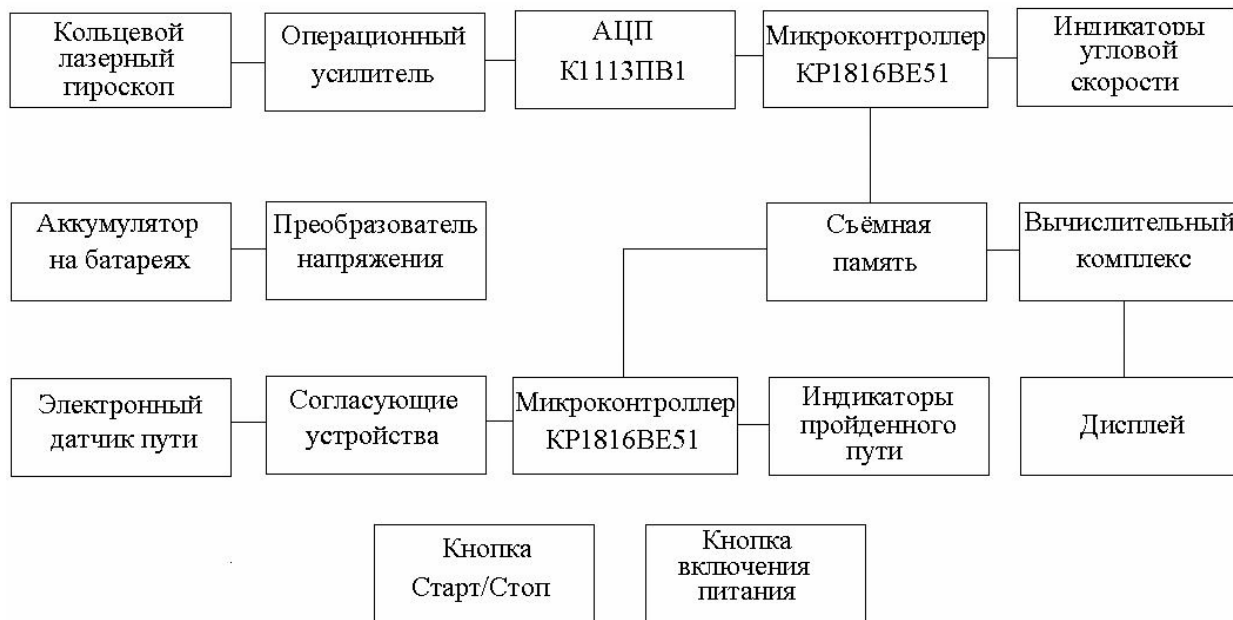


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы для измерения кривизны пути на кольцевом лазерном гироскопе



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 гироскопом 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, многорадиусных 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 цифроаналогового преобразования выходит напря-

жение, 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 аналоговому микроконтроллеру КР1816ВЕ51, к которому также подключенные индикаторы типа АЛС324А, необходимые для индикации показания о пройденном пути. К обоим МК подключается внешняя память, в которую ежедневно 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 (никелево-кадмиевая) и устройство, напряжение, на выходе которого должно быть  $\pm 15$  В и +5 В.

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

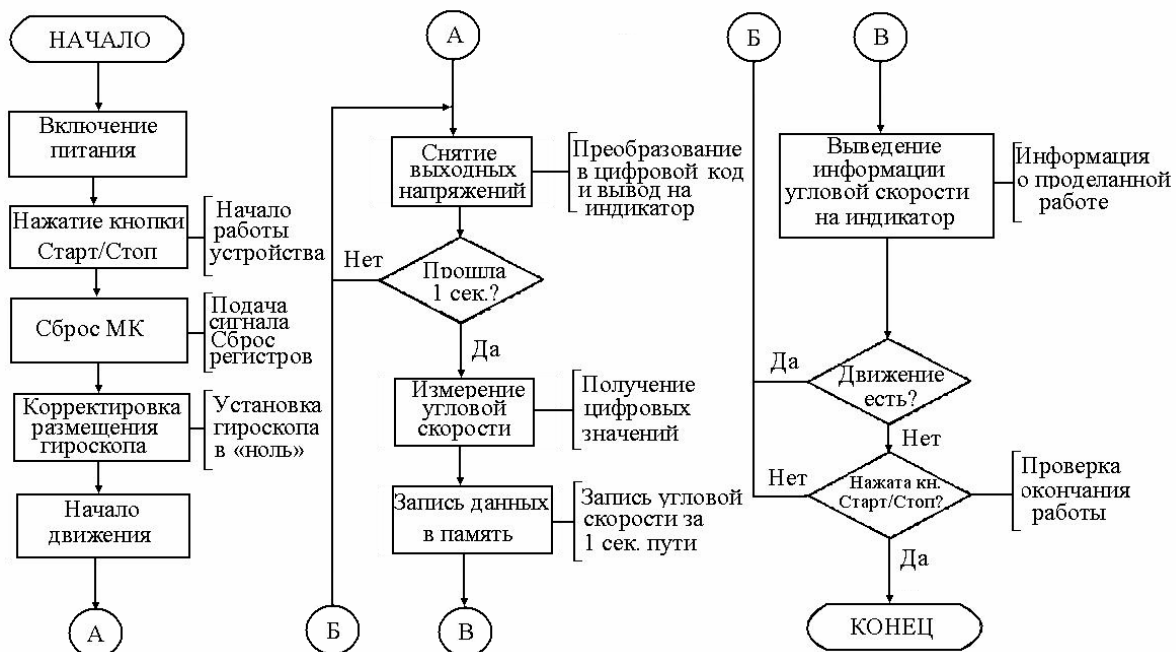


Рис. 3. Алгоритм работы системы измерения кривизны железнодорожного пути

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. 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.

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

матизированной системы измерения кривизны железнодорожного пути на основе гироскопа совместно с GPS возможно использование её в вагоне и даже на локомотиве.

Использование данной системы обеспечит более высокую точность измерений по сравнению с существующими традиционными методами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дёмин Ю. В. Железнодорожная техника международных транспортных систем. – Г.: Транспорт, 1998. – 352 с.
2. Бельфер С. М. Путевое хозяйство / С. М. Бельфер, И. Б. Лехно. – Г.: Транспорт, 1981. – 447 с.
3. Каменский В. И. Удержание железнодорожного пути в кривых / В. И. Каменский, Е. Я. Шац. – М.: Транспорт, 1987. – 189 с.
4. Бесекерский В. А. Основы автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов – М.: Наука, 1974. – 354 с.
5. Шестов С. А. Гироскоп на земле, в небе и на море. М.: Знание, 1989. – 188 с.
6. Ишлинский А. Ю. Лекции по теор. гироскопов / А. Ю. Ишлинский, В. И. Борзов, Н. П. Степаненко. – М.: МГУ, 1983. – 248 с.
7. Магнус К. Гироскоп: Теория и использование. – М.: Мир, 1974. – 526 с.
8. Пешехонов В. Г. Ключевые задачи современной автономной навигации // Гироскопия и навигация. 1996. № 1 (12). С. 48-55.
9. Ишлинский А. Ю. Лекции по теор. Гироскопов / В. И. Борзов, Н. П. Степаненко. М.: Изд-во МГУ, 1983. – 248 с.
10. Стишин В. В. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах / В. В. Стишин, А. В. Урксов. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.
11. Шило В. Л., Популярные цифровые микросхемы – М. Радио и связь, 1987. – 352 с.
12. Полупроводниковые устройства. Справочник радиолюбителя / Р. М. Терещук и др. – К.: Научная мысль 1988. – 800 с.

Поступила в редколлегию 25.06.2007.