

РАЗРАБОТКА РЕЛЬСОВОГО ПРОФИЛОМЕТРА

А.О. Плетнев, Ю.А. Чурсин

aopl066@gmail.com

Научный руководитель: Чурсин Ю.А., к.т.н., доцент кафедры электроники и автоматике физических установок (№ 24)

Аннотация. Контроль за степенью износа железнодорожных путей является одной из основных задач в обслуживании железнодорожного транспорта. Применение современных технологий позволит значительно повысить качество процесса контроля рельс. Принцип действия разработанного профилометра основан на измерении расстояния до рельса при фиксированном угле измерения. Применение профилометра не требует предварительной подготовки рельса к процессу измерения, а полученный в процессе измерения профиль поступает на планшет пользователя, где происходит расчёт параметров износа.

Введение

В процессе эксплуатации железнодорожных путей происходит износ рельсового полотна. В результате износа рельса уменьшается его площадь соприкосновения с колесом, в следствии чего повышаются экономические затраты на топливо, а более серьёзный износ может привести к аварии [1]. Учитывая необходимость в применении современных технологий и повышения эргономичности процесса измерения степени износа рельс, был разработан собственный профилометр.

Переносной рельсовый профилометр

Переносной рельсовый профилометр разработан для бесконтактной регистрации профиля го-ловки рельса. Механизм сканирования профиля заключается в определении расстояния от датчика до рельса при фиксированном угле измерения (рисунок 1).

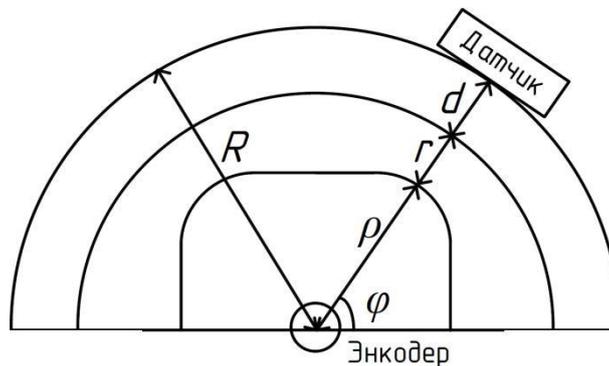


Рисунок 1. Схема процесса измерения профиля рельса

Результатом измерения профиля является одномерный массив, который хранит в себе значения расстояния от точки начала диапазона измерения до рельса. Порядковый номер i каждой точки равен количеству срабатываний энкодера за путь от точки начала измерения до точки i . Профиль рельса можно описать в полярных координатах массивом точек ρ и φ . Из рисунка 1 видно, что расстояние от центра окружности до профиля можно выразить по формуле $R \cdot d \cdot r$, а угол φ определяется по формуле $i \cdot k$. Коэффициент k_φ определяет количество радиан на один импульс энкодера.

В качестве датчика расстояния выступает триангуляционный лазерный датчик. Для разработанного профилометра реализована поддержка датчиков Riftek RF603 и Prizmasensors LS5. Точность измерения расстояния данными датчиками составляет $\pm 0,1\%$ от диапазона измерения. Для измерения профиля рельса применяются датчики с диапазоном в 25 мм, поэтому точность измерения расстояния датчиком составляет ± 25 мкм [3].

В качестве датчика определения угла используется инкрементальный оптический энкодер, подключенный к микроконтроллеру через D-триггер, что позволяет аппаратно определить направление вращения энкодера.

В разработанном переносном рельсовом профилометре можно выделить три основных модуля. Механический модуль (рисунок 2) представляет собой конструкцию, на которой закреплены оптический датчик и энкодер. Механический модуль крепится на рельс и обеспечивает возможность движения оптического датчика по дуге окружности вокруг головки рельса.

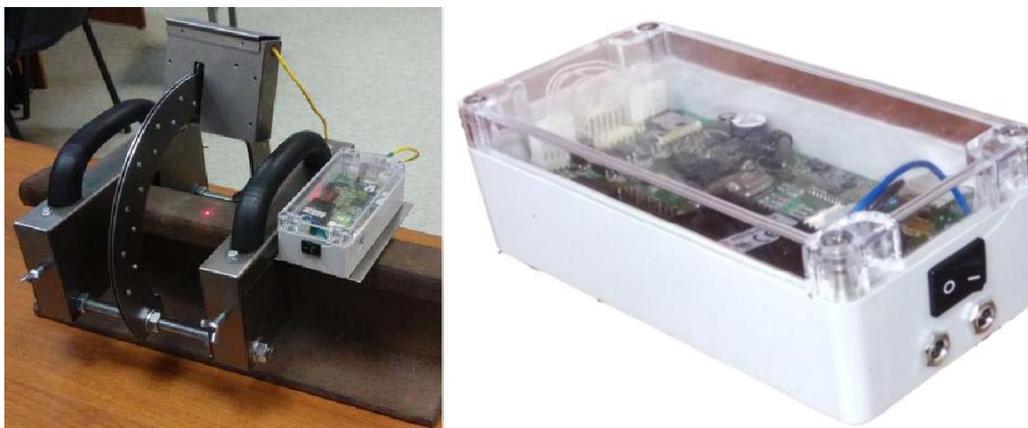


Рисунок 2. Механический модуль с установленным модулем сбора данных

Модуль сбора и обработки данных является основным логическим модулем разрабатываемого устройства. Задача данного модуля заключается в управлении режимом работы лазерного датчика, получении, предварительной обработке и отправке данных измерения профиля на устройство верхнего уровня. Итоговый вид модуля сбора данных отражен на рисунке 2. Взаимодействие модуля сбора данных с устройством верхнего уровня осуществляется по интерфейсу ModBus. Использование стандартного протокола ModBus TCP позволяет значительно облегчить процесс разработки программы верхнего уровня, сделать её более универсальной.

Android-приложение

После предварительной обработки результатов измерения на плате сбора данных, данные поступают на управляющее устройство. Данные передаются в полярных координатах. Так как использование полярных координат затрудняет дальнейшую статистическую обработку данных, необходимо перейти от полярных координат к декартовым по следующим формулам:

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \cos \varphi, \\ y &= r \cdot \sin \varphi. \end{aligned} \quad (2)$$

Для определения значения параметров смещения x и y , следует учитывать тот факт, что износ рельс производится в большей степени с внутренней стороны. Внешняя сторона остается неизношенной [4]. Исходя из этого, для определения сдвига по абсциссе и ординате необходимо совместить опорную точку измеренного профиля с соответствующей точкой эталонного профиля. Угол поворота $\Delta\varphi$ определяется путем минимизации невязок на отрезке внешней стороны профиля. Результат расчета профиля с учетом преобразования показан на рис. 3.

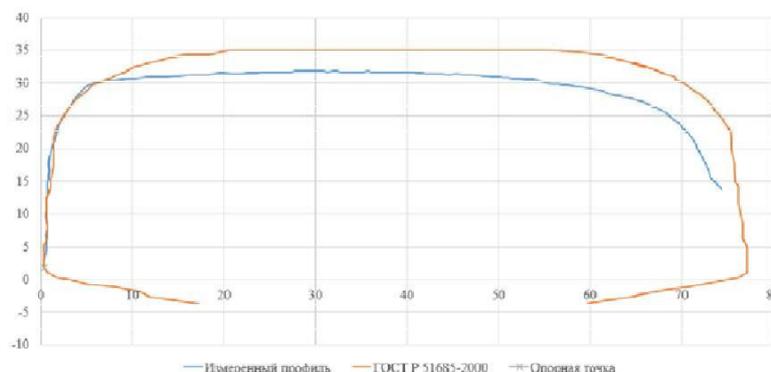


Рисунок 3. Результат перехода в декартовы координаты с учетом дополнительных преобразований

В качестве управляющего устройства может выступать планшет или смартфон на базе Android, IOS, Windows или ноутбук с Windows. Устройства должны поддерживать возможность подключения по Wi-Fi. В настоящий момент разработано ПО для устройств на базе Android OS. Интер-фейс программы изображен на рис. 4. Данное приложение позволяет выводить на экран и сравнивать измеренные профили, производить расчет параметров износа рельса.

В разработанном приложении реализована возможность сохранения результатов измерений в файл и отправки файлов. Файл сохраняется в формате xml, в котором хранится структурированная информация о профилях.

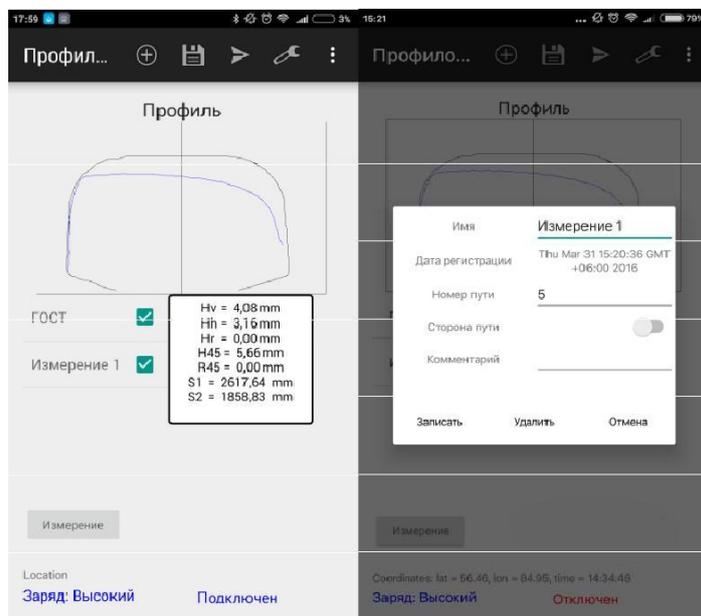


Рисунок 4. Интерфейс программы

Заключение

Разработанный переносной рельсовый профилометр обеспечивает точность измерения не ниже чем у существующих аналогов. Погрешность итоговых расчетов не превышает 0,1 мм. Время ав-тономной работы устройства составляет 10 часов. Такая автономность позволяет проводить изме-рения в течении одной смены. Разработанный профилометр имеет низкую стоимость и будет поддерживать все основные мобильные операционные системы.

Список литературы

1. Шахуняц Г.М. Железнодорожный путь : учебник для вузов железнодорожного транспорта / Г.М. Шахуняц. – Москва : Транспорт, 1969. – 536 с.
2. ООО «РИФТЭК» Лазерные триангуляционные датчики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://riftek.com/ru/products/~show/sensors/laser-triangulation-sensor> (дата обращения: 17.09.15.).
3. ООО «НПП «ПРИЗМА»» LS5 – лазерный триангуляционный датчик положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prizmasensors.ru/production/l55> (дата обращения: 17.09.15.).
4. Чернышев М.А. Железнодорожный путь / М.А. Чернышев, З.Л. Крейнис. – Москва : Транспорт, 1985. – 302 с.