

А. П. Буйносов, К. А. Стаценко, А. М. Кислицын

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ

Рассмотрены принципы функционирования разработанной автоматической измерительной системы для контроля геометрических параметров колесных пар локомотивов, приведено описание разработки и аппаратной реализации приборов, интегрируемых в ее состав.

Ключевые слова: локомотив, колесная пара, параметры, прибор, измерительная система, программный комплекс.

В рамках комплексной автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом в Уральском государственном университете путей сообщения (УрГУПС, Екатеринбург) на кафедре электрической тяги создана автоматическая измерительная система для контроля геометрических параметров колесных пар локомотивов [1], схема которой представлена на рис. 1.

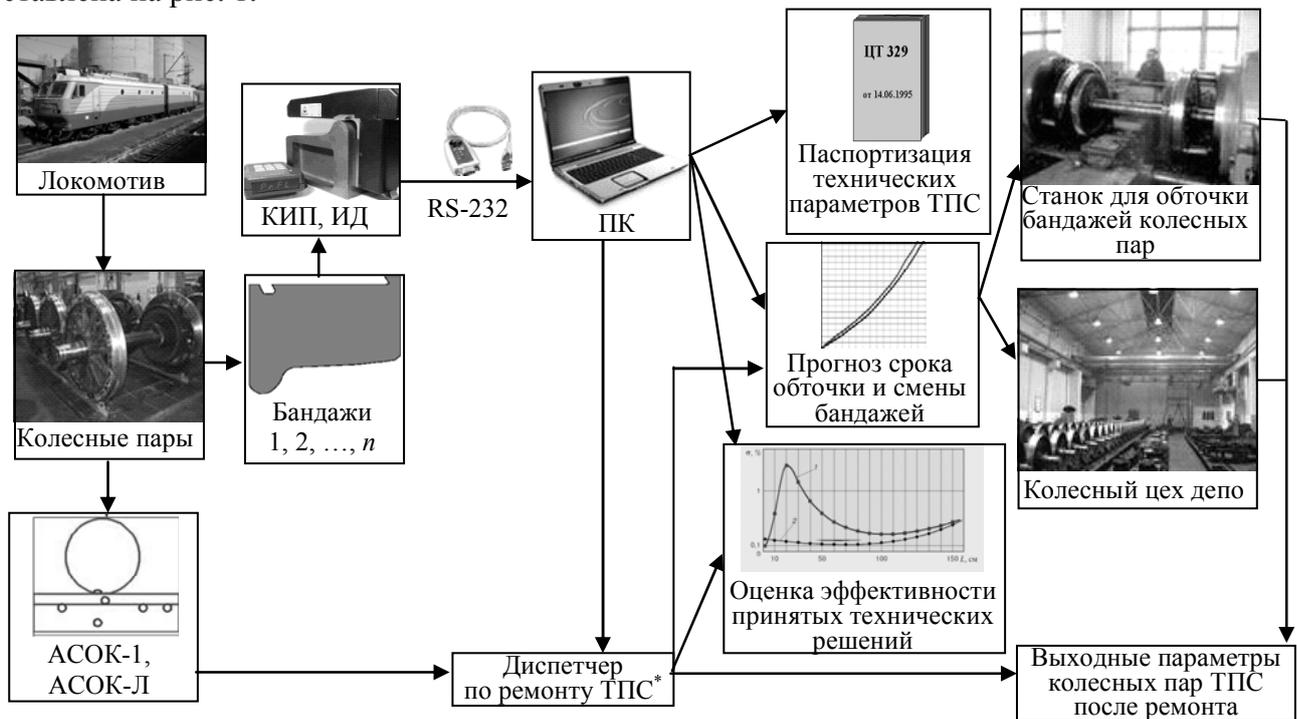


Рис. 1

Автоматическая измерительная система, объединяющая разработанные авторами настоящей статьи приборы и автоматическую систему обмера колесных пар при движении локомотива — АСОК-1 (АСОК-Л) [2], предназначена для оперативного высокоточного контроля основных параметров бандажей колесных пар: диаметра бандажей, разности диаметров бандажей, толщины гребня, проката (износ по кругу катания), крутизны гребня, расстояния между внутренними гранями колес, параллельности осей колесных пар в тележках и др., а также для ведения паспорта колесных пар и прогнозирования их ресурса до обточки и смены [3].

* ТПС (см. рис. 1) — тяговый подвижной состав.

Система содержит электронные автоматизированные переносные приборы — КИП (комплексный измеритель параметров) [4] и ИД (измеритель диаметра бандажей колесных пар) [5]. В состав обоих приборов входят вычислитель и измерительная скоба с установленными на ней двумя резистивными датчиками [6]. Вычислитель выполнен на базе микропроцессора, с помощью которого осуществляется измерение, обработка и индикация параметров непосредственно на месте проведения замеров. Все измеренные параметры, отображаемые в блоке индикации [7], хранятся в энергонезависимой памяти прибора в течение одной или нескольких рабочих смен.

Технические характеристики прибора КИП: диапазон измерения проката 0—8 мм, диапазон измерения толщины гребня 22—34 мм, диапазон измерения крутизны гребня 0—20 мм, погрешность измерения проката и толщины гребня $\pm 0,2$ мм, погрешность измерения крутизны гребня $\pm 0,1$ мм, дискретность индикации параметров 0,01 мм, время измерения не более 0,5 с.

Напряжение, снимаемое с датчиков прибора КИП, преобразуется 8-разрядными АЦП для каждого датчика отдельно и передается по шине данных в ответ на запрос центрального процессора [1].

Измерение параметров профиля гребня выполняется с учетом номинальной высоты гребня (30 мм). Датчик измерения высоты гребня и проката должен располагаться на расстоянии 70 мм от торца обода колеса (рис. 2).

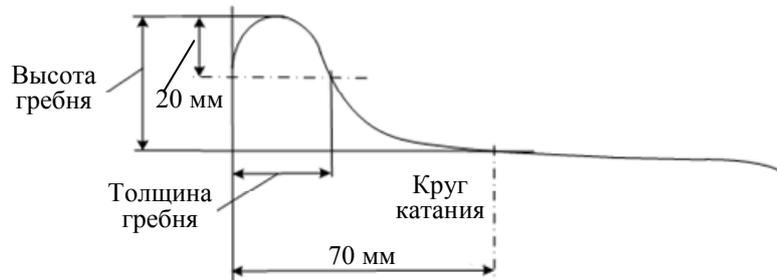


Рис. 2

Величина проката определяется как разность между измеренной высотой гребня и ее номинальным значением. Толщина гребня определяется прямым измерением на уровне 20 мм от его вершины при номинальной высоте гребня 30 мм и измерением на уровне 18 мм при номинальной высоте гребня 28 мм [8].

Технические характеристики прибора ИД: диапазон измерения диаметра колеса 910—1310 мм, погрешность измерения диаметра колеса не более $\pm 0,3$ мм, потребляемая мощность 0,5 Вт, дискретность индикации параметров $\pm 0,01$ мм, время измерения не более 0,5 с. Функциональная схема измерителя диаметра приведена на рис. 3.

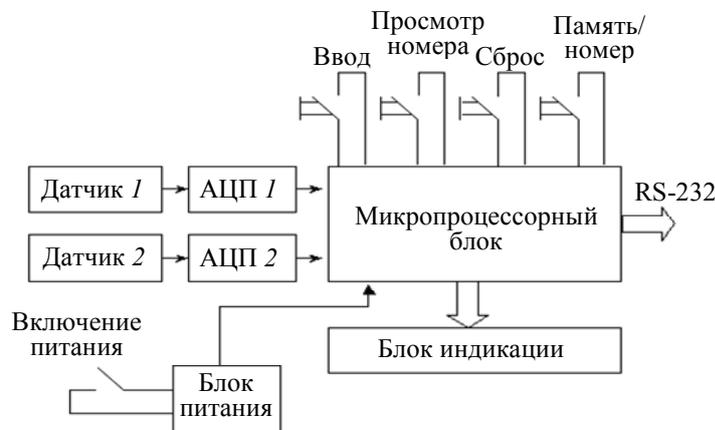


Рис. 3

Принцип измерения диаметра колесных пар основан на определении величины стрелы сегмента, образуемого при установке измерительной скобы на колесо [9]. В отличие от имеющихся аналогов, в которых измерительная скоба и датчики измерения устанавливаются

непосредственно на круг катания колеса, в приборе ИД скоба и один из датчиков устанавливаются на гребень колеса. В разработанном приборе для измерения высоты гребня установлен второй датчик. Такая конструкция позволяет минимизировать влияние углового смещения измерительной скобы относительно торца колеса на результат измерения. Диаметр колеса вычисляется как [10]

$$D = (a^2 + 4h^2)/4h - 2H_{гр},$$

где $H_{гр}$ — высота гребня, измеренная на расстоянии 82 мм от внутренней грани колеса; h — стрела сегмента; a — расстояние между базовыми опорами измерительной скобы.

При разработке прибора ИД было учтено, что на точность измерения влияет люфт хода датчика; уменьшить это влияние можно технологически [11, 12]. Погрешность измерения диаметра колеса при люфте датчика Δh определяется выражением

$$\Delta D = (1 - a^2/4h^2)\Delta h.$$

Диаметры колесных пар могут варьироваться в пределах от 910 до 1310 мм, поэтому, как было установлено, при изготовлении прибора необходимо обеспечить продольный люфт датчика не более 0,01 мм при базе ИД 350 мм. Кроме того, при разработке прибора было учтено, что на точность измерения влияют отклонения размеров между базовыми опорами измерительной скобы. Следовательно, точность соблюдения расстояния a не должна быть хуже $\pm 0,01$ мм. Было учтено также влияние смещения одной из опор относительно торца колеса на погрешность измерения диаметра [13].

Выражения для оценки этих погрешностей имеют следующий вид:

— оценка погрешности измерения высоты гребня

$$\Delta H_{гр} = (\Delta X/2)\operatorname{tg}\beta; \quad (1)$$

— оценка погрешности измерения диаметра колеса

$$\Delta D = 2\Delta H_{гр} = \Delta X \operatorname{tg}\beta, \quad (2)$$

где β — угол наклона поверхности катания колесной пары в точке измерения проката, $\beta = 1^\circ 25' 56''$ (по ГОСТ 11018-2011); ΔX — смещение одной из опор относительно другой, мм.

Погрешность (2) можно уменьшить, если шток датчика измерения диаметра по гребню колеса будет иметь наконечник диаметром не менее 20 мм. Вследствие использования наконечника смещение одной из опор измерительной скобы относительно торца колеса не влияет на результат измерения диаметра по гребню.

Система АСОК-1 (АСОК-Л), предназначенная для автоматического оперативного контроля параметров колесных пар, обеспечивает измерение параметров при движении поезда со скоростью до 50 км/ч. Использование системы АСОК позволяет, при наличии оперативных данных о колесных парах и при своевременном ремонте, продлить их ресурс и снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций [14].

Важной частью разработанной измерительной системы контроля параметров колесных пар локомотивов является программный комплекс АРМ „Депо“. Программы, входящие в комплекс позволяют:

— создавать базу данных электронных паспортов колесных пар отдельно для каждого локомотива, при этом информация в базу данных поступает с электронных переносных приборов и (или) автоматических систем обмера колесных пар, относительная погрешность которых не превышает 2—5 %;

— определять степень износа бандажей и отслеживать динамику износа;

— прогнозировать изменение геометрических параметров колесных пар в зависимости от наработки;

— осуществлять стратегическое прогнозирование по всему парку локомотивов;

— максимально автоматизировать работу технического отдела.

Таким образом, разработанная автоматическая измерительная система с использованием приборов КИП и ИД, автоматической системы обмера колес при движении локомотива и

программного комплекса позволяет на самом высоком уровне производить мониторинг состояния колесных пар локомотивов, прогнозировать сроки обточки и ремонта бандажей, производить оценку принятых технических решений по снижению интенсивности износа колесных пар и повышению их ресурса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буйносов А. П. Методы повышения ресурса бандажей колесных пар тягового подвижного состава: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург: УрГУПС, 2011. 455 с.
2. Наговицын В. С., Буйносов А. П., Балдин В. Л. Измерение параметров колесных пар локомотивов. Автоматизированная система: Монография. Саарбрюккен (Германия): Изд-во "LAP LAMBERT Academic Publishing", 2011. 244 с.
3. Балдин В. Л., Буйносов А. П. Автоматическая система мониторинга состояния бандажей колесных пар тягового подвижного состава // Вестн. ВЭЛНИИ. 2010. № 2(60). С. 113—125.
4. Буйносов А. П. Прибор для измерения параметров бандажей колесных пар тягового подвижного состава // Тяжелое машиностроение. 2011. № 3. С. 17—19.
5. Буйносов А. П. Определение допустимой разности диаметров бандажей колесной пары электровозов // Вестн. РГУПС. 2010. № 4. С. 25—34.
6. Буйносов А. П. Контроль бандажей колесных пар // Локомотив. 1991. № 9. С. 36.
7. Буйносов А. П. Автоматизированный контроль параметров колесных пар тягового подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2010. № 7. С. 52—53.
8. Горский А. В., Буйносов А. П. Правильно измеряйте износ бандажей // Локомотив. 1991. № 12. С. 36—37.
9. Буйносов А. П. Как контролировать разность диаметров бандажей колесных пар // Локомотив. 1991. № 3. С. 35—37.
10. Буйносов А. П. Методы повышения ресурса колесных пар тягового подвижного состава: Монография. М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2010. 244 с.
11. Буйносов А. П. Основные причины интенсивного износа бандажей колесных пар подвижного состава и методы их устранения: Монография. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2009. 224 с.
12. Буйносов А. П. Методы повышения ресурса бандажей колесных пар локомотивов: Монография. Саарбрюккен (Германия): Изд-во "LAP LAMBERT Academic Publishing", 2011. 284 с.
13. Буйносов А. П., Пышный И. М., Тихонов В. А. Ремонт локомотивов без прекращения их эксплуатации // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. 2012. Т. 60, № 1. С. 85—91.
14. Буйносов А. П., Наговицын В. С. Система бесконтактного измерения бандажей // Локомотив. 1995. № 12. С. 27—28.

Сведения об авторах

- Александр Петрович Буйносов** — д-р техн. наук, профессор; Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра электрической тяги, Екатеринбург; E-mail: byinosov@mail.ru, ABuinosov@usurt.ru
- Константин Алексеевич Стаценко** — канд. техн. наук, доцент; Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра электрической тяги, Екатеринбург; E-mail: kstatsenko@mail.ru
- Александр Михайлович Кислицын** — аспирант; Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра электрической тяги, Екатеринбург; E-mail: alex_teem@mail.ru

Рекомендована кафедрой
электрической тяги

Поступила в редакцию
18.06.13 г.