Лазерная диагностика колес на ходу поезда



Рост скоростей на железных дорогах повышает требования к состоянию колесных пар. Трещины, сколы и неравномерный износ влияют на динамику движения и увеличивают риск схода подвижного состава, поэтому их нужно выявлять до того, как повреждение начнет развиваться под ударными нагрузками. Однако при скорости 120–150 км/ч оптическим системам сложно точно измерять геометрию колеса: изображение смазывается, а блики, вибрации и загрязнения искажают сигнал. Снижение скорости ради проверки ограничивает пропускную способность линий.

В исследовании приняли участие ассистент кафедры физики *Даниил Проводин*, профессор Высшей школы физики и технологий материалов *Вадим Давыдов* и доцент Высшей школы управления кибер-физическими системами Роман Давыдов.

Авторы создали оптическую систему, которая сканирует поверхность катания и гребень колеса с внутренней и внешней сторон во время движения. Лазерное излучение с помощью специально разработанного коллиматора формируется в линию длиной 280 мм и шириной 4 мм. Приемные модули на базе CMOS-матриц регистрируют отраженный свет, а алгоритм

превращает его в облако точек — цифровую модель профиля колеса. По ней система определяет износ поверхности катания, толщину и высоту гребня.

Ключевая инженерная задача — совместить высокую скорость движения и точность. Ученые подобрали длительность лазерных импульсов — 14 микросекунд при 150 км/ч — так, чтобы смазывание изображения не влияло на результат. Глобальный затвор камеры экспонирует все пиксели одновременно, а узкополосный фильтр подавляет солнечный свет и отражения. Алгоритм обработки удаляет шумовые точки и сопоставляет измеренный профиль с эталонным, сохраняя признаки реальных дефектов.

Авторы продемонстрировали систему на испытательном полигоне цифрового железнодорожного вокзала в Челябинске. Из 236 зарегистрированных профилей успешно обработаны 232, или 98,3%; четыре профиля отклонены при проверке совмещения с эталоном. Дефекты обнаружены на семи колесах и подтверждены измерениями ручным профилометром. Расчетная суммарная погрешность определения геометрических параметров при 150 км/ч составила 0,223 мм — ниже целевого предела 0,25 мм.

Результаты показали, что для полного кругового контроля колеса достаточно 36 последовательно установленных измерительных модулей — примерно в 1,4 раза меньше, чем требует сопоставимая система. По оценке авторов, это упрощает размещение оборудования на прямом участке пути и может снизить затраты на внедрение. В работе сделан вывод о потенциале системы для автоматической диагностики колесных пар без остановки поездов и без изменения графика движения.

Оригинал статьи: Optical Measurement System for Monitoring Railway Wheel Tread Surfaces During Train Motion. Metrology. 2026. Т. 6, № 3. Статья 52.