

УДК 621.396 (024)

## ЛАЗЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЁСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА



**А.А. Новицкий**

*Ведущий инженер-конструктор,  
ООО «РИФТЭК», магистр  
технических наук  
a.novitski@riftek.com*



**Г.М. Шахлевич**

*доцент кафедры электронной техники  
и технологии БГУИР, кандидат физико-  
математических наук, доцент,  
shakhlev@bsuir.by*

### **А.А. Новицкий**

*Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники и магистратуру БГУИР. Область производственных и научных интересов связана с разработкой автоматизированных систем бесконтактных измерений и контроля формы и размеров технических объектов, создания новых методик проектирования лазерных триангуляционных датчиков.*

### **Г.М. Шахлевич**

*Окончил Белорусский государственный университет и аспирантуру Академии наук БССР. Область научных интересов: физико-химическое материаловедение; новые материалы и структуры изделий микро- и нанoeлектроники, инновационные технологии обработки материалов и производства изделий электронно-оптической техники; научно-методическое и организационное сопровождение учебного процесса.*

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой сложных измерительных систем на базе лазерных триангуляционных сканеров, а также применение бесконтактных измерений на железнодорожном транспорте для раннего диагностирования износа колёсных пар и повышения безопасности движения. Описана конструкция основных функциональных модулей и характеристики автоматического лазерного комплекса для измерения геометрических формы и размеров колесных пар подвижного состава в процессе его движения.

**Ключевые слова:** лазеры, триангуляция, бесконтактные измерения, 3D wheel, лазерные сканеры, измерение параметров колёсных пар, измерительный комплекс.

**Введение.** Метод триангуляционных измерений становится все более распространенным по мере развития микроэлектроники и лазерной техники. Оптико-электронные приборы для бесконтактного измерения и контроля положения, перемещения, размеров, профиля поверхности изделий, их деформации, вибрации, сортировки, распознавания технологических объектов, измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов, использующие принцип оптической триангуляции, называются триангуляционными датчиками.

**Принцип триангуляционных измерений.** Триангуляция – это определение взаимного расположения точек на поверхности при помощи построения сети треугольников. Метод позволяет измерять как относительное изменение расстояния от датчика до контролируемого объекта, так и абсолютную его величину [1]. Контролируемое расстояние может иметь масштаб от долей микрометра до тысяч метров. Расстояния до шероховатых поверхностей измеряются путем использования лазерного

луча в виде узкой линии. Световое пятно, появляющееся на поверхности объекта, захватывается детектором системы и определяется его позиция [2]. Расстояние вычисляется по изменению угла, под которым она находится. Возможные разрешение и точность в основном зависят от расстояния  $d$ . Вблизи датчика может быть получено большое изменение угла  $\alpha_1$ , тогда как большие значения приводят к меньшему углу  $\alpha_2$ , что уменьшает точность [3] (рисунок 1).

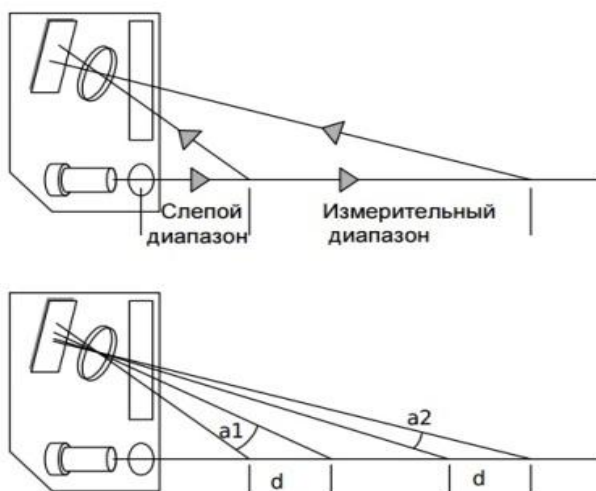


Рисунок 1. Функциональная схема триангуляционного датчика

**2D лазерные сканеры.** На базе лазерных датчиков построена серия 2D лазерных сканеров. Излучение полупроводникового лазера формируется в виде линии и проецируется на объект. Рассеянное на объекте излучение собирается объективом и передается на двумерную светочувствительную CMOS-матрицу. Полученное изображение контура объекта анализируется сигнальным процессором, который рассчитывает расстояние до объекта (координата  $Z$ ) для каждой из множества точек вдоль лазерной линии на объекте (координата  $X$ ). Сканеры характеризуются положением начала рабочего диапазона сканирования (SMR) по координате  $Z$ , рабочим диапазоном ( $MR$ ) по координате  $Z$ , рабочим диапазоном по координате  $X$  в начале рабочего диапазона по  $Z$  ( $X_{smr}$ ) и в конце рабочего диапазона по  $Z$  ( $X_{emr}$ ) [4] (рисунок 2).

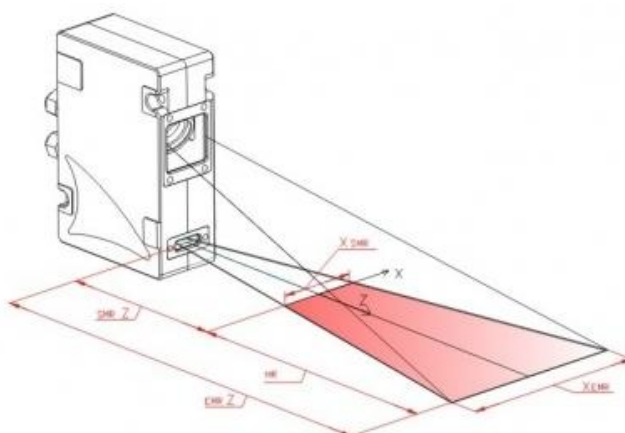


Рисунок 2. Внешний вид 2D-сканера и схема измерений

**Автоматическая система контроля колесных пар.** На основе лазерных сканеров, была разработана система для бесконтактных измерений геометрических формы и размеров колесных пар подвижного состава в процессе его движения. Система предназначена для бесконтактного автоматического измерения геометрических параметров колесных пар железнодорожного подвижного состава (локомотивов, вагонов, метро, трамваев) и использует комбинацию 2D лазерных сканеров (5 или 7 шт.), установленных по обе стороны рельса и откалиброванных в одной системе координат (рисунки 3, 4, 5).

Цикл измерения начинается, когда индуктивный датчик обнаруживает колесо. Профили колес снимаются в момент прохождения их через зону сканирования. Результаты измерений от каждого датчика посылаются через *Ethernet* на управляющий компьютер для обработки данных, построения профилей колес и расчета размеров и сохраняются в базе данных.

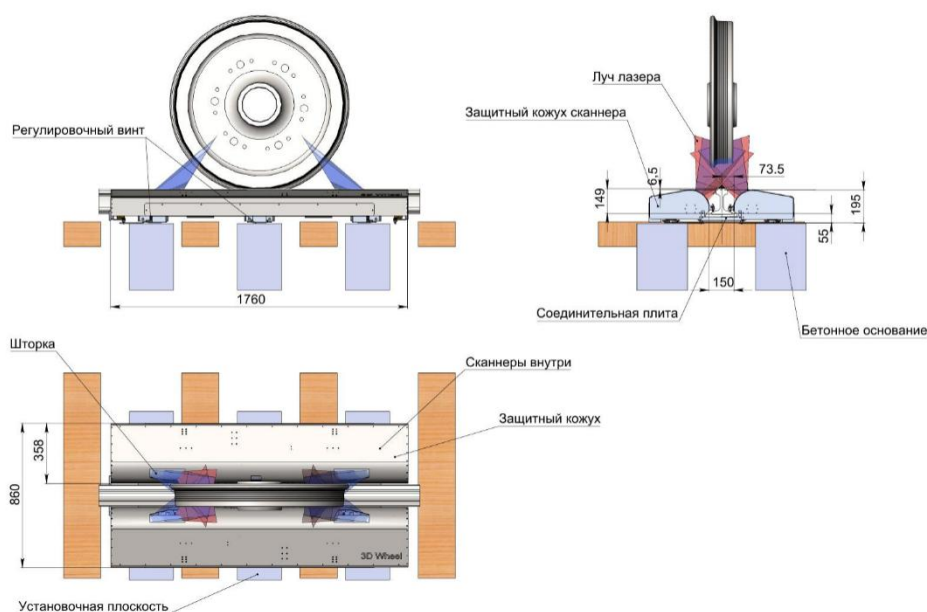


Рисунок 3. Схема измерительной системы

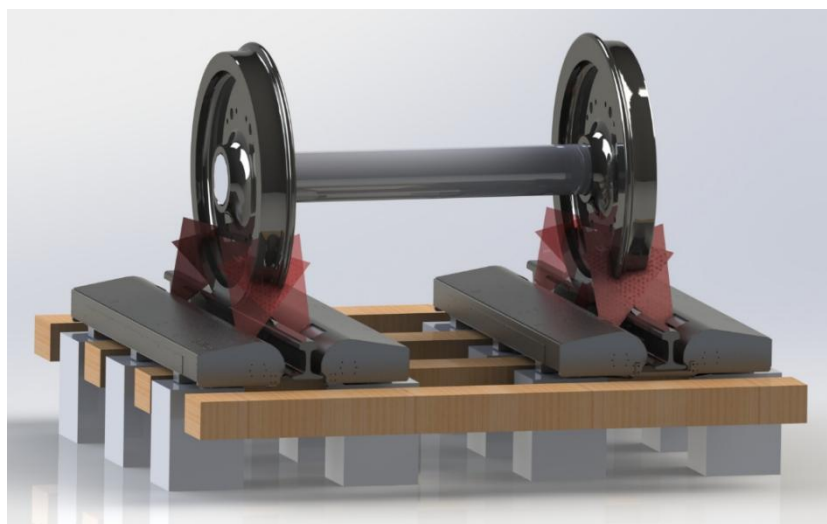


Рисунок 4. Внешний вид измерительной системы

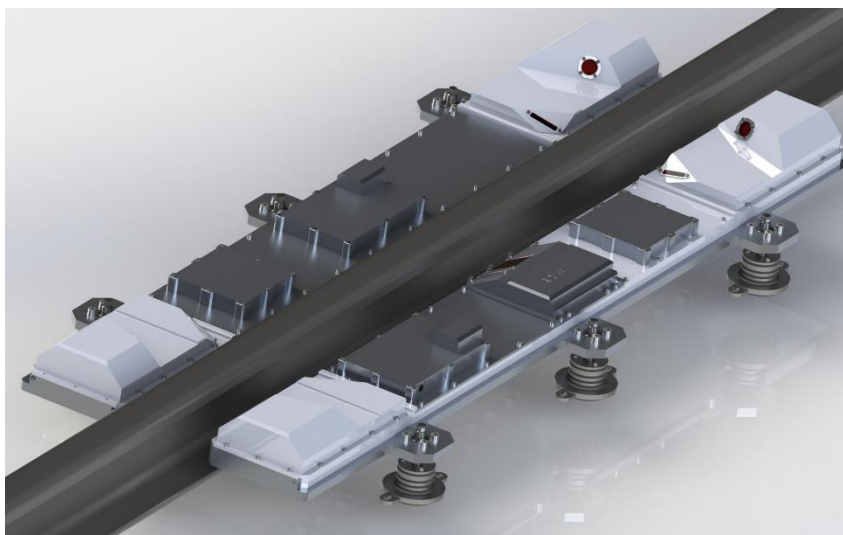


Рисунок 5. Внешний вид измерительной системы без защитных кожухов

Измерительная система позволяет производить измерения с достаточно высокой точностью. Измеряемые параметры и погрешности измерения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры, измеряемые системой контроля колёсных пар на ходу

Параметр	Погрешность
Полный профиль колеса	$\pm 0,1$ мм
Высота гребня	$\pm 0,1$ мм
Ширина гребня	$\pm 0,1$ мм
Крутизна гребня	$\pm 0,1$ мм
Толщина бандажа	$\pm 0,1$ мм
Ширина бандажа	$\pm 0,1$ мм
Межбандажное расстояние	$\pm 0,05$ мм
Диаметр колеса	$\pm 0,2$ мм

**Заключение.** Автоматическая система контроля колесных пар на основе лазерных сканеров позволяет выполнять бесконтактные измерения геометрической формы и размеров колесных пар подвижного состава в процессе его движения. По точности она не уступает традиционным инструментальным измерениям, но значительно превосходит их по производительности и информативности.

### Список литературы

- [1] Игнатов, А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства. Москва: Экотрендз, 2006. – 258 с. .
- [2] Меркишин Г.В. Многооконные опико-электронные датчики линейных размеров. М.: Радио и связь. - 1986. – 168 с.
- [3] Апенко М.М., Дубовик А.С., Дурейко Г.В. Прикладная оптика: учеб. пособие М.: Машиностроение, 1992.– 470 сю
- [4] Новицкий А.А., Шахлевич Г.М., Романов А.В. Опико-электронные приборы для прецизионных измерений формы и размеров изделий / Приборостроение –2016: Материалы 9-ой Междунар. научно-технической конференции, Минск 16-18 ноября 2016 г., БНТУ: Минск, 2016. – с. 352-353.

[5]. Новицкий А.А., Шахлевич Г.М. Устройство лазерного и визуального контроля внутренней поверхности отверстий. Новые направления развития приборостроения: материалы 12-й Междунар. научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Минск, 17–19 апреля 2019 г., БНТУ. – Минск, 2019. – с.68-69.

#### Авторский вклад

**Новицкий Александр Александрович** – разработка структурных и принципиальных схем электронных модулей системы, проектирование конструкции измерительного комплекса, контроль процесса изготовления его узлов, руководство процессом монтажа и сборки, настройка, регулировка и испытания комплекса, представление материалов для написания статьи.

**Шахлевич Григорий Михайлович** – постановка задачи и руководство процессом проектирования, участие в разработке структурных и функциональных схем, выборе оптико-электронных датчиков, согласовании аппаратной и программной частей комплекса, обработка результатов испытаний, написание окончательного варианта статьи.

### LASER COMPLEX FOR MEASUREMENT OF PARAMETERS ROLLING STOCK WHEEL PAIRS

*A.A. Novitski*

*Lead Design Engineer,  
LLC "RIFTEK," Master*

*1. technical sciences*

*2.*

*G.M. Shakhlevich*

*Associate Professor, Department of Electronic  
Engineering and technologies of BGUIR, PhD of  
physical and mathematical sciences, associate  
professor*

**Abstract.** Issues related to the development of complex measuring systems based on laser triangulation scanners, as well as the use of contactless measurements on railway transport for early diagnosis of wear of wheelsets and improving traffic safety are considered. Described is design of main functional modules and characteristics of automatic laser complex for measurement of geometrical shape and dimensions of wheelsets of rolling stock during its movement.

**Keywords:** lasers, triangulation, contactless measurements, 3D wheel, laser scanners, measurement of wheel pair parameters, measuring complex.