

2. Имаи М. Гемба Кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества // Масааки Имаи; Пер. с англ. — 10-е изд. — М.: Альпина Паблишер, 2017. — 399 с.
3. Лайкер Дж. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира // Джеффри Лайкер; Пер. с англ. — М.: Издат. группа «Точка», 2017. — 446 с.
4. Орлова, П.И. Бизнес-планирование. Учебник / П. И. Орлова. — М.: Дашков и К, 2016. — 285 с.
5. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь // ГОСТ Р ИСО 9000 – 2015. Введ. 28.09.2015 г. — М: Изд-во ФГУП «Стандартинформ», 2015 — 53 с.

УДК 620.179.1.08:531.7:621.315

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И ДЛИНЫ ПРОТЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Яркимбаев Шамиль Сергеевич, Федоров Евгений Михайлович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: shoma97kz@gmail.com

METHODS AND MEANS FOR MEASURING THE SPEED AND LENGTH OF EXTENDED PRODUCTS

Yarkimbaev Shamil Sergeevich, Fedorov Evgeny Mikhailovich

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: В данной статье рассматривается оптимальный выбор метода для измерения скорости и длины протяженных изделий. Сравнительный анализ существующих доплеровских измерителей длины. Разработка структурной схемы для выбранного метода.

Abstract: This article discusses the optimal parameters for measuring the speed and length of extended products. Comparative analysis of existing Doppler length gauges. Development of the structural scheme for the selected method.

Ключевые слова: контактные методы, бесконтактные методы, лазерный доплеровский измеритель, погрешность.

Keywords: contact methods, contactless methods, laser Doppler meter, error.

В процессе производства одним из ключевых факторов являются быстрое и высокоточное измерение объектов, вследствие развития и модернизации технологического процесса.

На сегодняшний день существует множество видов измерения скорости и длины длинномерных материалов (провода, кабели, фанера и др.), когда классические методы не позволяют произвести измерение из-за различных условий производства.

К современным измерителям предъявляются требования:

- надежность конструкции;
- удобство эксплуатации и эргономичность;
- простота градуировки и настройки;
- широкий диапазон измеряемых величин;
- высокая чувствительность преобразования;
- помехозащищенность;
- бесконтактность измерений;
- универсальность применения.

Измерения можно разделить на прямые и косвенные методы. Прямые также разделяют на два класса: контактные (электрохимические) и бесконтактные (фотоимпульсионные, с

использованием меток). Косвенные – корреляционный, растровый и метод на основе эффекта Доплера (см. рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – Методы измерения скорости и длины

Преобразователи контактного типа непосредственно соприкасаются с объектом контроля, из-за этого метод имеет ограничения при горячем прокате или из-за хрупкости контролируемого объекта. Так же данный метод не позволяет измерять скорости свыше 15 м/сек ввиду проскальзывания ролика и вибрации. Также необходимо учитывать ограничение их использования для некоторых видов объектов, например, таких как горячий прокат из-за высоких температур, оптоволоконные кабели из-за их хрупкости. Для устранения проскальзывания используют гусеничные ремни [2].

Бесконтактные методы (фотоимпульсионный) т.к. приборы не имеют механического контакта, вследствие этого не возникает погрешностей, связанных с проскальзыванием или износом измерительных колес. Практическое использование данной схемы осложнено тем, что скорость перемещения объекта бывает непостоянной. Также часто изменяется скорость от изделия к изделию. В этом случае необходимо измерения скорости v для каждого изделия, а так же их недостатком является то, что изделия должны иметь конечную длину [3].

Так же к бесконтактным относится метод с использованием меток. Наносятся магнитные, тепловые, люминесцентные и другие метки. На точность прибора главным образом оказывает расстояние между приемником и записывающей головкой. Приборы широко используются для измерения длинных и «бесконечных» объектов [2].

Косвенные методы позволяют проводить контроль в широком диапазоне скоростей и ускорений. Данный метод измерения преобразует скорость движения изделий в длину за счет интегрирования ее по времени.

$$L = \int_0^t V(t) dt, \quad (1)$$

где L – длина объекта;
 V – скорость объекта;
 t – время измерения.

Корреляционный метод – скорость в данном методе определяется по временному сдвигу отраженных сигналов с одних и тех же точек поверхности движущегося объекта. Метод не нашел широкого применения ввиду не постоянной скорости движущихся объектов контроля, большой погрешности. Это обусловлено значительными трудностями при реализации обработки поступающих данных, т.к. при переменной скорости движения контролируемых объектов нужно выполнять непрерывный поиск экстремального значения

автокорреляционной функции. Посредством оптической системы световые штрихи проецируются на поверхность объекта контроля со скоростью v . Расстояние фиксировано и равно l . Изображение передается на фотоэлементы. Т.к. относительно первого смещен второй штрих, то сигнал совпадает с сигналом второго фотоэлемента с запаздыванием τ , связанными со скоростью по следующей формуле:

$$\tau = l / v, \quad (2)$$

или

$$v = l / \tau, \quad (3)$$

где τ – время запаздывания;

l – расстояние между штрихами;

v – скорость движения объекта [4].

Растровый метод наиболее целесообразно применять при небольших вибрациях (до ± 15 мм), требуемой погрешности (0.1...0.3 %) и расстояниях до объекта 30...200 мм. Его применение в производстве при значительных вибрациях объекта измерения затруднено. Выходная частота f и измеряемая скорость v связаны соотношением:

$$f = \frac{Mv}{d}, \quad (4)$$

где d – шаг растрового анализатора;

M – масштаб оптической системы [4].

Наиболее перспективный метод на основе эффекта Доплера. Применение метода на основе эффекта Доплера возможно при значительных вибрациях объекта (до ± 100 мм). При этом данный метод обеспечивает повышенную точность (до 0.02...0.1 %) с возможностью дистанционных измерений (200...2000 мм). В качестве источника когерентного излучения служит лазер. В данном методе используется эффект изменения частоты излучения лазера при его рассеянии за счет движущегося объекта. Метод позволяет обеспечить высокую точность на высоких скоростях, что является важным параметром при современном производстве (см. рисунок 2) [5-6].

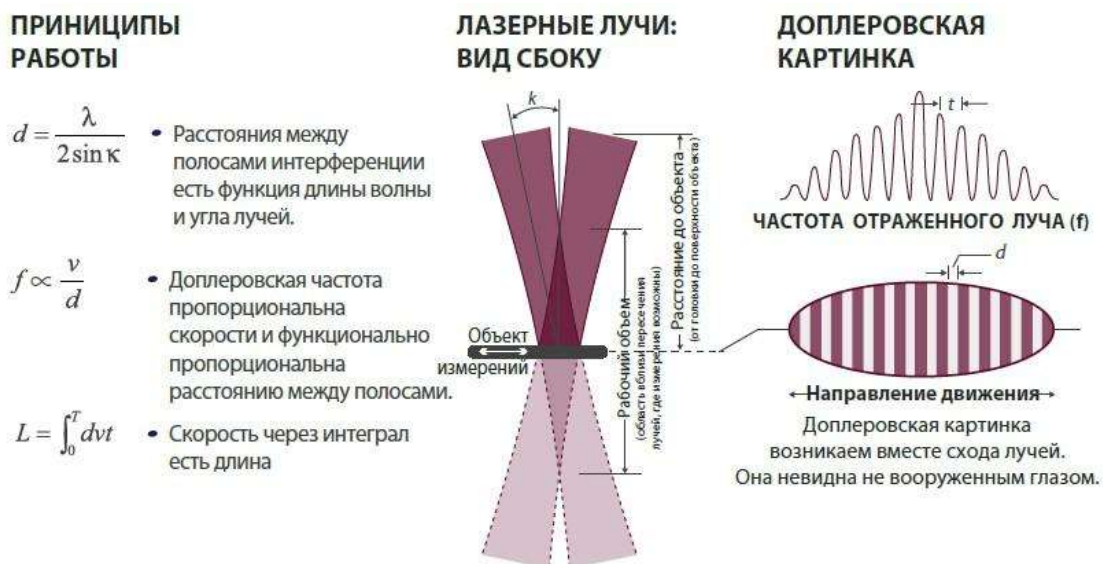


Рисунок 2 – Лазерный доплеровский метод

Производятся различные конструкции ЛДИ, их наиболее распространенные производители и основные параметры приборов представлены в таблице [7;8;9;10].

Таблица – Погрешности производителей ЛДИ

| Фирма-производитель | Погрешности измерения |
|---------------------|-----------------------|
| POLYTEC GmbH | $\pm 0,1$ |
| PROTON PRODUCTS Ltd | $\pm 0,05$ |
| CANON | $\pm 0,2$ |
| DANTEC | $\pm 0,1$ |

Данные приборы отличаются высокой точностью и хорошим быстродействием. Так же приборы не критичны к исследуемой поверхности, имеют возможность измерения труб, нити, листовой стали, провода, кабеля, оптоволокно и др.

Конструкция лазерного доплеровского измерителя (см. рисунок 3):

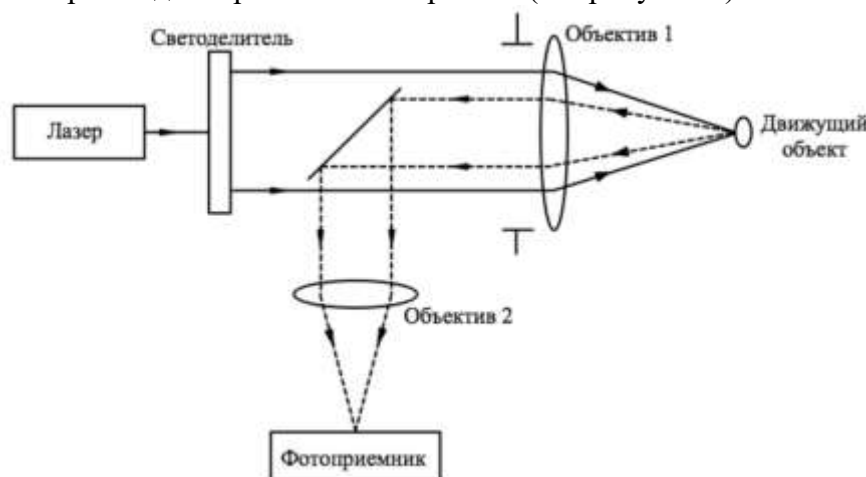


Рисунок 3 – Структурная схема ЛДИ

Лазер поступает на светоделитель, формирующий два луча. Два луча фокусируются объективом 1 в область измерения. Рассеянное назад излучение собирается объективом в пределах щелеобразной диафрагмы и после отражения от зеркала направляется объективом 2 на фотоприемник.

Список литературы

1. Звенигородский Э.Г. Каминский Ю.Д., Проскурнев С.Ю., Рогов П.В., Роднина В.К. Лазерные и оптические измерители скорости и длины // Датчики и системы. — 2003. — №7. — С. 2-7.
2. Редько В.В., Федоров Е.М. Методы и средства контроля в кабельной промышленности: методические указания к выполнению лабораторных работ для магистрантов, обучающихся по магистерской программе «Приборы и методы контроля качества и диагностики» направления 200100 «Приборостроение». — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. — 118 с
3. Шевакин Ю.Ф., Рытиков А.М., Касаткин, Н.И. Технологические измерения и приборы в прокатном производстве. — М.: «Металлургия», 1973. — 368 с.
4. Клочков В.П., Козлов Л.Ф., Потыкевич И.В., Соскин М.С. Лазерная анемометрия, дистанционная спектроскопия и интерферометрия: справочник; под ред. М. С. Соскина. — Киев: Наук. думка, 1985. — 759 с
5. Дубнищев Ю.Н. Лазерные доплеровские измерительные технологии. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. — 416 с.
6. Коронкевич В.П., Полещук А.Г. Лазерные интерферометрические и дифракционные системы // Компьютерная оптика. — 2010. — Т. 34. — №1. — С.4-23.

7. Лазерный измеритель скорости и длины LSV 6000. Техническая документация фирмы Polytec GmbH. — 16 с.
8. Измерители длины лазерные бесконтактные серии SL модификаций SL1016, SL2550. Техническая документация фирмы Proton Products Ltd. — 2007. — 3 с.
9. Laser doppler velocity sensor. Техническая документация фирмы Canon. — 4 с.
10. LDA solutions. URL:<http://www.dantecdynamics.com/Default.aspx?ID=20413> (дата обращения 03.11.2016).