# ДАТЧИК СКОРОСТИ И ДЛИНЫ ИСД

Производитель: ООО «Сенсорика–М»

Россия, 127474 Москва, а/я 34 Дмитровское ш., 64, корп.4
Тел.: +7 499 753 39 90 / +7 499 487 03 63
Факс: +7 499 487 74 60
Info@sensorika.com / http://www.sensorika.com

Измеритель скорости и длины ИСД предназначен для использования в металлургической, кабельной, химической, целлюлозно-бумажной, текстильной и деревообрабатывающей промышленности в автоматизированных системах управления, раскроя и учета.

**Применение в промышленности:**

- Измерение скорости и длины материалов, движущихся относительно датчика.
- Измерение скорости и положения объектов, движущихся возвратно- поступательно относительно датчика, либо относительно земли (датчик установлен на объекте, например, на рельсовом кране, автомобиле, вагоне).
- Измерение линейной скорости вращения валов.

**Общие отличительные черты:**

- Прецизионные измерения: 0,02 – 0,1 % (в зависимости от абсолютной скорости и частоты измерения, см. таблицу далее), <0,05% дистанции (> 3 м)
- Независимость измерений от расстояния до поверхности в широком диапазоне изменения.
- Широкий диапазон номинальных расстояний до поверхности: от 10 см до 150 см и более.
- Небольшая потребляемая мощность (< 4 Вт) за счет применения красного или ИК лазерного осветителя.
- Широкий динамический диапазон освещенности объекта (от темноты до яркого солнечного света) и нечувствительность к резким перепадам освещенности (включая люминесцентное освещение) и яркости объекта.
- Небольшие габариты и вес датчиков (300 – 500 г типично), класс защиты – IP67.

Реклама

# Бесконтактные лазерные и оптические датчики скорости и пути – пример российской разработки

В статье приводится краткий обзор принципов измерения скорости и пройденного пути (длины) бесконтактными лазерными и оптическими датчиками и демонстрируются технические параметры этих приборов на примере продукции российского предприятия ООО «Сенсорика-М».

ООО «Сенсорика-М», г. Москва

Бесконтактный принцип измерения скорости достаточно прост. «Простейший прибор» – глаз. Каждый, глянув в окно вагона или автомобиля, может оценить скорость движения по пробегающему мимо пейзажу. Обработка сигнала при этом происходит в мозгу: оценка расстояния до какого-либо объекта, его угловая скорость плюс жизненный опыт. То же самое, только с гораздо более высокой точностью, можно измерить с помощью датчиков.

Рассмотрим сначала лазерный датчик, как наиболее простой. Итак, есть движущийся объект, осветитель этого объекта (иначе ничего не увидим) и регистрирующая отраженный сигнал оптическая система, которая может представлять собой просто линзу и фотодетектор. Объект неоднороден по яркости и шероховатости, поэтому при его движении фотодетектор будет регистрировать сигнал, частота которого пропорциональна скорости. Характерное значение этой частоты определяется линейным размером области регистрации фотодетектора и временем пересечения этой области элементом объекта. В принципе задача решена, но очень неточно. Оптическая система регистрировала так называемый низкочастотный сигнал. Чтобы увеличить точность измерений, необходимо сузить спектр частот, генерируемый движущимся объектом. Для этого существует радикальное средство – пространственный фильтр (термин из области оптических растровых датчиков). В случае с лазерными датчиками происходит просто создание интерференционной картины, то есть периодическая модуляция освещенности объекта в пределах лазерного пучка (область детектирования). Это возможно благодаря свойству когерентности лазерного излучения – все фотоны в пучке сфазированы. Достаточно разделить исходный пучок на два пучка и свести их под углом к другу. В данном случае это и является пространственным фильтром.

Теперь любой перепад профиля или яркости объекта, пересекающий эту периодическую структуру, даст отраженный сигнал, интенсивность которого промодулирована с частотой «период освещенности» – «скорость его пересечения». Притом чем больше число созданных периодов, тем у́же спектр сигнала – единичный перепад профиля или яркости объекта будет генерировать не один импульс, а множество (цуг) импульсов, число которых определяется количеством периодов интерференционной картины. На практике, например при диаметре пучка на объекте 5 мм и периоде интерференции 0,05 мм, получаем 100 штрихов интенсивности, соответственно, цугов сигнала. То есть спектр сузился примерно в 100 раз по сравнению с вышеописанным низкочастотным сигналом, который теперь малоинформативен, более того, мешает и даже называется паразитным. Отметим, что достаточно 20–30 штрихов для достижения точности измерений лучше 0,1 %.

В случае с оптическими датчиками объект освещается однородным источником (просто лампочка или светодиод), а периодическая структура (растр) находится внутри датчика. При этом он получается гораздо более защищенным (вспомним для наглядности пример из спорта – санки и бобслей), но возникает множество проблем, основная из которых – зависимость частотного отклика (коэффициент пропорциональности между частотой регистрируемого сигнала и скоростью объекта в Гц/(м/с)) от расстояния до объекта. Забегая вперед, отметим, что сейчас эта проблема решена кардинально.

Подробный анализ работы лазерных и оптических датчиков скорости

(способы создания пространственных фильтров, методы обработки сигналов и т. д.) можно найти в монографии[1]. На двух сотнях страниц описана вся теория. Только не сказано, как же на этой основе сделать датчик, работающий в реальных суровых условиях (при большом температурном диапазоне, с различными поверхностями и изменением расстояния до них в процессе измерений).

Производителей реальных бесконтактных датчиков в мире не так много: порядка десятка фирм выпускают лазерные датчики, еще меньше – оптические. В настоящей статье рассмотрим датчики обоих типов, производимые российской фирмой ООО «Сенсорика-М». Поскольку она недавно вышла на этот рынок, при создании датчиков использовались самые последние достижения как в области «железа», так и в математических алгоритмах обработки сигнала. Плюс были задействованы оригинальные технические решения, разработанные совместно со специалистами Института общей физики РАН.

Например, оригинальный оптический моноблок для лазерного датчика, основанный на принципе деления пучка по волновому фронту, обеспечивает стабильную интерференционную картину, нечувствительную к изменениям температуры, с нулевой разностью хода пучков, что позволяет добиться максимального контраста штрихов в большом диапазоне расстояний до объекта. При этом отсутствуют какие-либо юстировки оптического блока. Оптическая схема приемной растровой системы оптического датчика полностью устраняет зависимость измеренной скорости от расстояния до объекта при сохранении высокой светосилы оптики. На данное техническое решение получены патенты России и Германии[2].

В приемной аналоговой электронике и в части аппаратной обработки сигнала также используются самые современные микросхемы и микроконтроллеры с сигнальными процессорами, что позволяет измерять скорость с высокой частотой и реализовывать различные выходные сигналы – аналоговые, частотные, цифровые. Выпускается широкая линейка датчиков обоих типов с номинальным расстоянием до объекта от 15 до 130 см и диапазоном измеряемых скоростей от 0,01 до 100 м/с для самых различных применений в промышленности и на транспорте (подробнее можно посмотреть на сайте компании www.sensorika.com). В 2014 году лазерный датчик внесен в Госреестр средств измерений, оптический датчик будет внесен в Госреестр в 2015 году.

Отметим, что оба типа датчиков измеряют пройденный путь (длину, которая обычно и требуется на практике) по измеренной скорости (интеграл скорости по времени). При этом техническая точность измерений (возможности датчика в смысле повторяемости измерений) уже достигла своего практического предела и превышает обычные потребности практики. Так, в технических данных указана точность измерений длины <0,1%. Это некоторая условность, поскольку данный параметр зависит от самой длины и возможностей независимой проверки этой точности (как будет видно из примеров, приведенных ниже, в действительности измерения могут быть гораздо точнее). Поэтому теперь основной упор делается на надежность измерений, то есть отсутствие сбоев при самых различных условиях и типах поверхностей.

Добавим еще пару слов об измерении длины в стандартных промышленных задачах. Допустим, имеется некоторый длинномерный движущийся объект (металлическая полоса, стеклянное полотно, текстиль и т. п.), который нужно нарезать на куски определенной длины. Датчик должен выдать сигнал на исполнительный механизм по достижении этой длины. Пусть имеется цифровой выход (Ethernet, USB), с которого можно считывать текущую измеренную длину. Например, при частоте измерений 50 Гц и скорости объекта 1 м/с данные текущей длины будут иметь квант (1 м/с)/(0,02 с) = 2 см, чего может быть недостаточно. Однако есть также импульсный выход длины с коэффициентом, например 1000 Гц на 1 м/с или 1000 импульсов на метр. Частота на этом выходе обновляется 50 раз в секунду, так что при любой скорости квант измеренного пути равен 1 мм. Очевидно, можно выставить и 10 тыс. импульсов на метр, иными словами, точность измерений длины с этими датчиками можно считать идеальной, и конечная точность ограничивается уже механикой режущего механизма.

Далее приведем несколько примеров применения датчиков с оценкой точности и повторяемости измерений.

Рис. 1. Оптический датчик ИСД-3 и лазерный ИСД-5, закрепленные на автомобиле во время тестовых заездов

[1] Y. Aizu T. Asakura. Spatial Filtering Velocimetry: Fundamentals and Applications. Springer Series in Optical Sciences. Book 116. 2005.

[2] Патент РФ № 2010126779 и патент DE 11 2011 102 253 B4.

## Тест лазерного датчика ИСД-5 для дорожных применений

Высота установки датчика – примерно 50 см (допустимо от 35 до 65 см). Частота измерений: 54,2 Гц, пределы измерения скорости: 0,02–110 км/ч. Объект с закрепленными датчиками двигался по замкнутой траектории длиной приблизительно 1 км (в условиях города, солнечным днем, при температуре –7 °С). Двигался с переменной скоростью (0–50 км/ч), с несколькими остановками. Результаты измеренного пути определялись по трем заездам: 1055,740 м, 1056,244 и 1055,33 м, то есть повторяемость измерений составила <0,05 %, причем сюда входит и неидеальность повторения траектории.

Использовались два датчика, оптический и лазерный параллельно. Оба они были установлены на автомобиле, как это представлено на рис. 1. Номинальная высота оптического ИСД-3 составляла 50 см, лазерного ИСД-5 –130 см, но установлен он был на высоте 100 см. На прямом участке асфальтовой дороги было проведено 4 заезда (по 2 в каждую сторону) примерно одинаковой длины, и сравнивалась относительная разность показаний датчиков. Результаты представлены в табл. 1.

Таким образом, реальное качество измерений обоих датчиков в дорожных применениях одинаково и относительная повторяемость измерений составляет сотые доли процента. При этом отметим, что вообще для дорожных применений предпочтительно использовать оптический датчик, поскольку он значительно более устойчив к внешним неблагоприятным условиям (температуре, снегу, дождю), в частности, он малочувствителен к загрязнениям входной оптики. Это как у фотоаппарата: объектив может быть совсем грязным, но фотографировать в принципе не мешает. В то же время попадание, например, капли воды на выходную оптику лазерного датчика способно сильно исказить интерференционную картину на объекте.

Для того чтобы можно было составить общее представление о качестве измерений, на рис. 2 приведен график скорости разгона/торможения локомотива с товарным

Таблица 1. Результаты параллельного измерения одного и того же пути оптическим датчиком ИСД-3 и лазерным ИСД-5

| Номер заезда | ИСД-316, м (изм. 23,6 Гц) | ИСД-505, м (изм. 40,6 Гц) | Относительная разница, % $(V_3/V_5 - 1)*100$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 1345,68 | 1345,01 | -0,05 |
| 2 | 1394,01 | 1395,08 | 0,07 |
| 3 | 1382,51 | 1382,73 | 0,016 |
| 4 | 1345,14 | 1343,06 | -0,15 |
| Средняя относительная разница | | | 0,03 ± 0,1 % |

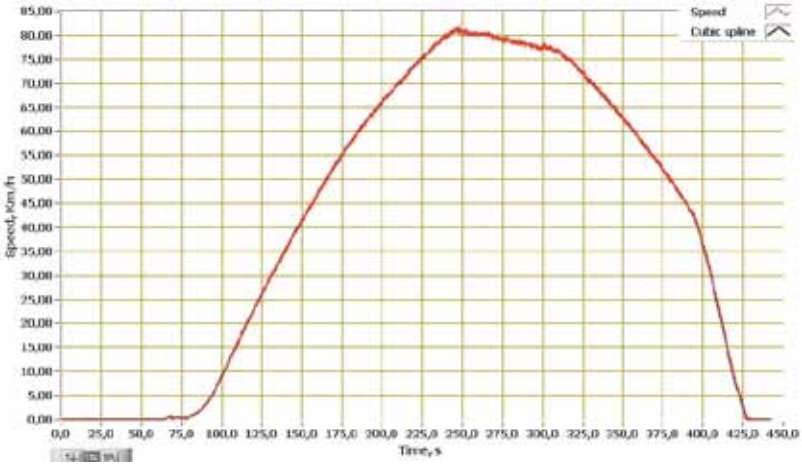
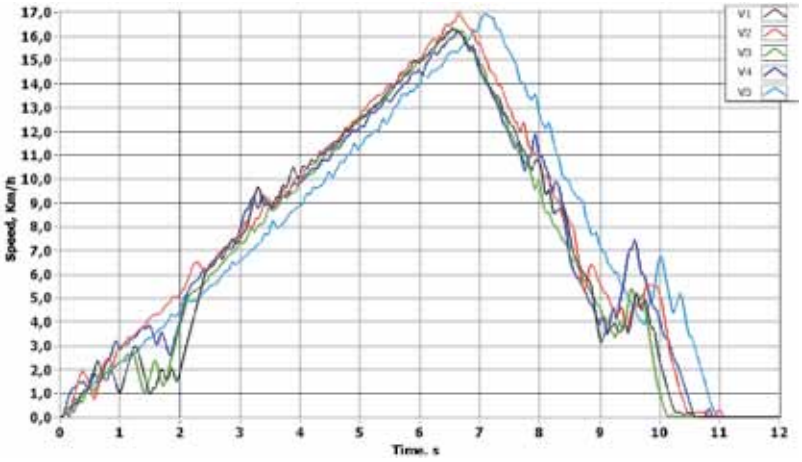
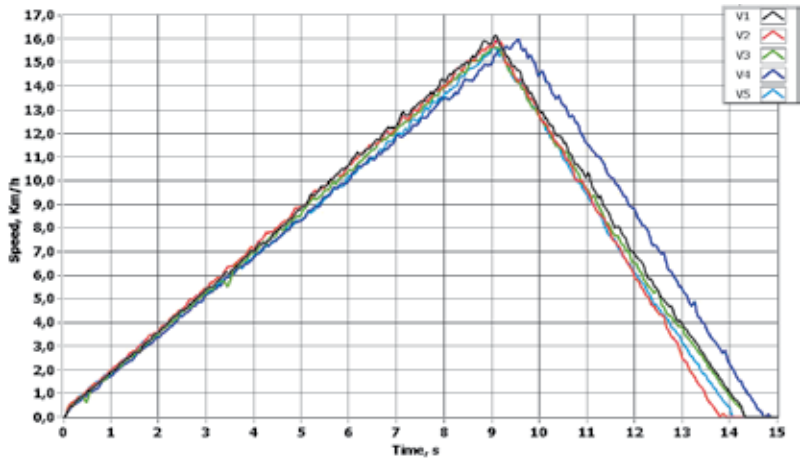



Рис. 2. График скорости разгона и торможения локомотива с товарным составом




*а*




*б*

Рис. 3. Точность, с которой оптический датчик ИСД-3 измеряет скорость разгона и торможения автомобиля на льду: *а* – автомобиль на зимних нешипованных шинах; *б* – автомобиль на шипованных шинах

составом (Щербинский железнодорожный полигон, датчик – ИСД-3, номинальное расстояние – 80 см, прибор устанавливался на днище локомотива и «смотрел» прямо на шпалы). График позволяет оценить мгновенную точность измерений скорости, поскольку движение железнодорожного состава – пример максимальной плавности скорости. Также в качестве иллюстрации приводятся очень интересные и познавательные графики – тормозные испытания автомобильных шин на льду (проводились на ледовом катке «Арена» в Мытищах, использовался оптический датчик). На рис. 3*а* представлены результаты пяти заездов «разгон/торможение» на зимних нешипованных шинах, на рис. 3*б* – то же самое на шипованных. Обратите внимание, что маленькие всплески скорости на графике – не шумы измерений, они совершенно реальны, именно так движется автомобиль на льду.

Подобные датчики конечно же используются и в промышленности. Приведем только один яркий пример: измерение длины стекла. Объект – вращающийся диск из полированного стекла с максимально чистой поверхностью. Измеритель – лазерный, с номинальным рабочим расстоянием 130 см (в реальности стекло горячее, поэтому требуется измерение с больших дистанций). На диск нанесена метка – начало и конец измерения окружности, которая считывается датчиком. Длина измеряемой окружности – 2,173 м. Было проведено две серии по 7 и 11 измерений. Средняя измеренная длина составила 2,1732 и 2,1733 м при стандартном отклонении 0,034 и 0,036%.

Из последних разработок ООО «Сенсорика-М» можно также упомянуть двумерные лазерные датчики, позволяющие, в частности, измерять поступательную скорость вращающейся на рольгангах трубы – актуальная задача на участках нанесения изоляции на трубопрокатных заводах (серийный вариант будет доступен во втором квартале 2015 года). И уж совершенная экзотика – измерение скорости подводных аппаратов относительно среды (экспериментальный образец демонстрировался на форуме «Морская индустрия России»[3]). А также многое другое. Из-за ограниченного объема статьи здесь можно только посоветовать посетить сайт производителя.

Таким образом, наши бесконтактные датчики пути/скорости ни в чем не уступают мировым аналогам, а зачастую и превосходят их. При этом стоят на данный момент в несколько раз дешевле.

[3] IV Международный форум «Морская индустрия России» состоялся 20–22 мая 2014 года в Москве в выставочном комплексе «Гостиный двор».

С. Ф. Растопов, к. ф.-м. н., технический специалист,
ООО «Сенсорика-М», г. Москва,
тел.: (499) 753-3990, (499) 487-0363,
e-mail: info@sensorika.com,
www.sensorika.com