



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 535.241

## ЛИНЕЙНАЯ МЕРА НА ОСНОВЕ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

**Зайцев И.А.**

*ФГБОУ ВО "МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СТАНКИН», Москва, Россия (127055, г. Москва, Вадковский пер., 3А, стр. 1.), e-mail: zaitsev\_ilya99@mail.ru*

Перспективным направлением является разработка методов дистанционной метрологической поверки. Для реализации одного из таких методов в статье предлагается создать многозначную меру на основе акустооптического взаимодействия, воспроизводимую от частоты и управляемую дистанционно. Цена деления в этом измерительном приборе может изменяться в зависимости от частоты, а пространственное положение меры управляется изменением фазы возбуждающего шкалу сигнала. Создание дистанционно управляемой меры, воспроизводимой от частоты, позволит сократить затраты, связанные с метрологической поверкой станков, увеличить качество и производимой продукции, а также даст стимул к развитию новых приборов на основе акустооптики.

Ключевые слова: Акустооптика, линейные меры, метрология.

## A LINEAR MEASURE BASED ON ACOUSTIC-OPTICAL INTERACTIONS

**Zaitsev I.A.**

*MOSCOW STATE TECHNICAL UNIVERSITY «STANKIN», Moscow, Russia (127055, Moscow, Vadkovsky Lane, 3A, p. 1), e-mail: zaitsev\_ilya99@mail.ru*

A promising area is the development of remote metrological verification methods. To implement one of these methods, it is necessary to create a multivalued measure based on acousto-optical interaction, reproducible from frequency and controlled remotely. The division price in this measuring device can change depending on the frequency, and the spatial position of the measure is controlled by changing the phase of the signal exciting the scale. The creation of a remotely controlled measure, reproducible from frequency, will reduce the costs associated with metrological verification of machines, increase the quality of manufactured products, and also give an incentive to the development of new devices based on acousto-optics.

Keywords: Acousto-optics, linear measures, metrology.

### Введение

Технический прогресс в машиностроении невозможен без развития и улучшения измерительных инструментов. Особое значение имеют измерительно-отсчетные системы с широким диапазоном измерения линейных перемещений. Эти преобразователи перемещений являются ключевыми компонентами точных автоматических станков, измерительных приборов и различных систем автоматического управления, которые используют датчики линейных перемещений.

Одной из важнейших частей системы измерений является линейная мера. Для создания многозначных линейных мер используется механическое деление. Однако, с увеличением требований к точности линейных шкал, использование механического деления становится все сложнее. Поэтому необходимо искать новые физические основы для создания таких шкал.

Такой физической основой может служить широкое использование акустооптических явлений.

Достоинством акустооптических методов является не только исключение механического деления, как способа создания шкал, но и возможность управления измерительным процессом.

Благодаря этому свойству становится возможным создание акустооптических измерительных линейных шкал с быстродействующим компьютерным управлением. Применение управляемых шкал открывает новые пути для широкого использования кибернетических принципов с целью повышения точности, гибкости, приспособляемости и эффективности измерительных систем в реальных условиях измерений.

### **Виды измерительных линейных шкал**

Измерительная линейная шкала (ИЛШ) представляет собой тело с периодически распределенным по длине физическим свойством, период которого постоянен по длине и стабилен во времени. Периодичность физического свойства шкалы обнаруживается отсчетным устройством и преобразуется в нем в соответствующий сигнал, несущий информацию об измеряемой величине.

Поэтому измерительные линейные шкалы можно классифицировать по следующим двум признакам:

- 1) по способу распределения физических свойств;
- 2) по распределенному физическому свойству.

Первый классификационный признак обеспечивает разделение различных способов создания ИЛШ, каждый из которых придает шкалам свои особенности. Второй признак позволяет осуществить выбор измерительного преобразования, необходимого для обнаружения и отсчета периодов ИЛШ.[1]

По способу периодического распределения физического свойства измерительные линейные шкалы можно разбить на две большие группы:

- 1) ИЛШ, полученные способом механического деления,
- 2) ИЛШ, основанные на распространении волн различной физической природы.

Рассмотрим ИЛШ, основанные на механическом делении. Среди шкал этой группы известны и применяются шкалы с периодическим распределением следующих физических свойств:

- 1) геометрических,
- 2) магнитных,
- 3) оптических.

### **Геометрические измерительные шкалы**

Наиболее обширной по количеству возможных вариантов и конструкций является группа ИЛШ с периодическим распределением по длине геометрических свойств.

В качестве таких шкал используются тела, в которых периодически распределены различные геометрические поверхности: плоскость (рейки с плоскими вставками, с прямоугольными или пилообразными зубцами); винтовая поверхность (измерительные ходовые винты); цилиндрические поверхности (зубчатые рейки, рейки с цилиндрическими вставками) и другие поверхности. Периодичность геометрического свойства этих шкал

материализуется в виде выступов, зубцов, витков, отверстий и других элементов одинаковой формы, следующих друг за другом по длине шкалы строго через равные и постоянные интервалы. Примером такой шкалы может быть концевые меры длины Иогансона приведенные на Рисунке1.



Рисунок 1 – Концевые меры длины Иогансона

### Магнитные измерительные шкалы

Более перспективными являются электрические принципы отсчета. Высокая чувствительность электрических датчиков позволяет определять деления шкал с большой точностью (до  $\pm 0,1$  мкм и выше). При этом исключаются субъективные погрешности оператора и вырабатывается электрический сигнал, который может быть использован для автоматизации координатных перемещений. Электрические измерения осуществляются бесконтактным способом, и точность шкал с течением времени не нарушается.

Принцип действия некоторых магнитных измерительных шкал (рисунок 2) основан на эффекте Холла: под действием внешнего магнитного поля в проводнике с постоянным током возникает холловское напряжение (поперечная разность потенциалов). В таких источниках магнитного поля выполняет специальная магнитная лента, вдоль которой перемещается считыватель. Измерение осуществляется с помощью интегральной микросхемы со встроенным датчиком магнитного поля. [2]

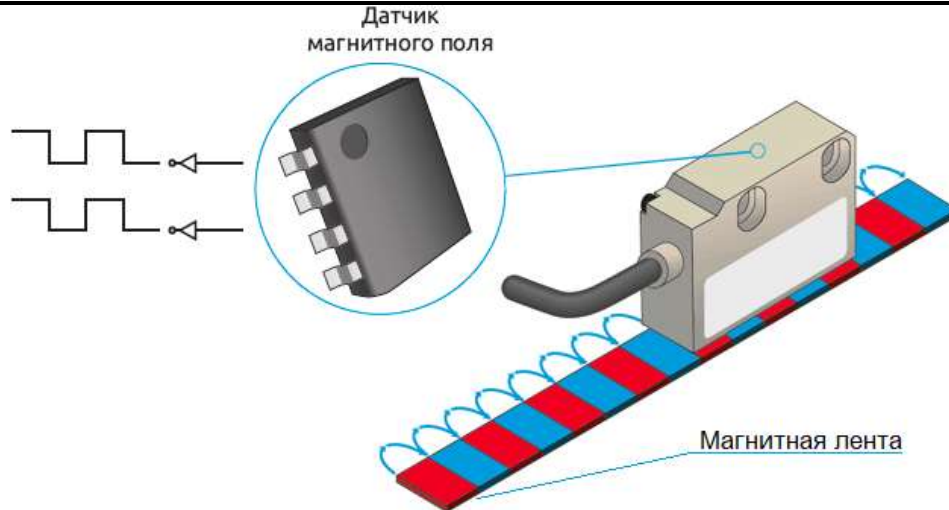


Рисунок 2 – Магнитная шкала на эффекте Холла

При перемещении датчика магнитного поля по магнитной ленте формируется выходной сигнал. Сигнал представляет собой последовательность импульсов, количество которых пропорционально пройденному расстоянию, а частота — скорости движения.

Использование электрических принципов с периодическим распределением геометрических свойств позволяет повысить точность линейных измерений до 10 мкм. Другие бесконтактные принципы отсчета этих свойств (пневматический, гидравлический и др.) применения не получили.

### Оптические измерительные шкалы

Наиболее точными являются шкалы с периодическим распределением по длине оптических свойств. К ним относятся ИЛШ с периодическим распределением коэффициента оптического поглощения или прозрачности (стеклянные штриховые шкалы, растры, дифракционные решетки, шаблоны и т.д.) и коэффициента оптического отражения (металлические плоские и цилиндрические штриховые шкалы, зеркальные валики, отражательные растры, дифракционные решетки).

Наибольшее распространение в измерительных системах точных станков и приборов получили плоские стеклянные и металлические штриховые меры длиной до 1-2 м. Материал для штриховых мер выбирается таким, чтобы его температурный коэффициент линейного расширения был близок к таковому для чугуна, стали ( $11,5 \cdot 10^{-6}$ ). [3]

Стремление к автоматизации измерения и уменьшению цены деления привело к созданию растровых измерительных систем. Примером может служить система, предложенная английской фирмой "HEIDENHAIN". (рисунок 3). Работа большинства датчиков HEIDENHAIN основана на фотоэлектрическом методе считывания. Фотоэлектрическое считывание производится без контакта, и поэтому отсутствуют изнашивающиеся элементы. Оно позволяет распознавать штрихи шириной в несколько микрометров и генерировать выходной сигнал с очень маленьким периодом.

Устройство состоит из шкалы типа DIADUR, источника света, считывающего устройства. После прохождения параллельных лучей света через шаблон, на определенном расстоянии отображается поле света и тени. Здесь находится счётная шкала. При движении шаблона и шкалы друг относительно друга, проходящий свет подвергается модуляции: если

зазоры на шаблонах совпадают, то свет проходит, если штрихи совпадают с зазорами, то свет перекрывается. Массив фотоэлементов преобразует эти световые изменения в электрический сигнал. Штрихи на шаблоне, структурированные специальным образом, фильтруют световой поток так, чтобы выходной сигнал был приближен к синусоидальной форме. Чем меньше период штрихов, тем меньше и точнее должно быть расстояние между шкалой и формирующим шаблоном.



Рисунок 3 – Измерительная система фирмы «HEIDENHAIN»

Описанные выше ИЛШ, несмотря на различия в физических явлениях, на которых они основаны, имеют одну общую характерную особенность: распределение по длине физического свойства получено в них способом механического деления. Действительно, перенос линейного размера от образцовой меры на шкалу осуществляется при этом способе через кинематические звенья разнообразных механических устройств: делительных машин, прецизионных токарно-винторезных, зуборезных, резьбо- и зубошлифовальных станков и других средств.

### Заключение

На сегодняшний день для создания многозначных линейных мер применяется механическое деление. Однако, с увеличением требований к точности линейных шкал, использование механического деления становится все сложнее. Поэтому необходимо искать новые физические основы для создания таких шкал. Такой физической основой может служить широкое использование акустооптических явлений.

Достоинством акустооптических методов является не только исключение механического деления, как способа создания шкал, но и возможность управления измерительным процессом.

Благодаря этому свойству становится возможным создание акустооптических измерительных линейных шкал с быстродействующим компьютерным управлением. Применение управляемых шкал открывает новые пути для широкого использования кибернетических принципов с целью повышения точности, гибкости, приспособляемости и эффективности измерительных систем в реальных условиях измерений

### Список литературы

1. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 312 с.

2. Сергеев А.Г. и др. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2005. – 536 с.
3. Сорочкин Б.М. Автоматизация измерений и контроля размеров деталей, Л. Машиностроение, 1990, 365 с.

### References

1. Burdun G.D., Markov B.N. Fundamentals of metrology: Textbook. The manual. – М.: Publishing House of Standards, 1984. – 312 p.
  2. Sergeev A.G. et al. Metrology, standardization, certification: Textbook. – М.: Logos, 2005. – 536 p.
  3. Sorochkin B.M. Automation of measurements and dimensional control of parts, L. Mashinostroenie, 1990, 365 p.
-