

## **МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОГО СЕЧЕНИЯ**

*Бучацкий Д.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Фёдоров Е.М., к.т.н., доцент отделения  
контроля и диагностики ТПУ*

При производстве протяженных изделий, например, кабелей, основным критерием является их качество, которое улучшается путем совершенствования технологии контроля основных, как электрических, так и геометрических параметров. Контроль геометрических параметров позволяет снизить использование сырья и материалов. Электрические характеристики связаны с геометрическими, следовательно, выход за допуски геометрических параметров приведет к изменению его электрических характеристик, что недопустимо. Еще одним условием является необходимость измерения геометрических характеристик в течение технологического процесса.

В настоящее время большое распространение получили кабели отличного от круглого сечения. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с кабелями круглого сечения (они будут перечислены ниже), связанные в основном с эксплуатацией. На данный момент распространены в основном зарубежные системы контроля. Они имеют ряд недостатков для российских потребителей, таких как высокая стоимость и неудовлетворительные эксплуатационные характеристики. Главной же причиной рассмотрения данного вопроса является практически полное отсутствие в данной отрасли отечественных производителей измерительных систем.

Наиболее интересными для исследования являются кабели секторной и плоской формы.

Все методы контроля делятся на контактные и бесконтактные. В первом случае чувствительный элемент имеет поверхность, которой он соприкасается с объектом измерения, во втором случае такой поверхности нет. Классификация методов измерения геометрических размеров представлена на рисунке 1.

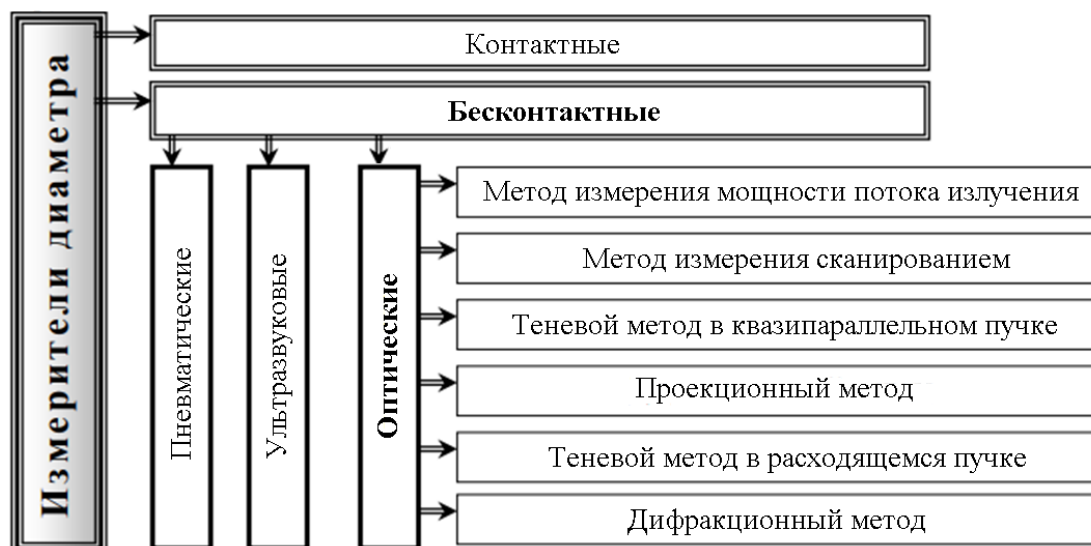


Рисунок 1 – Классификация методов измерения диаметра

В настоящий момент к измерителям геометрических параметров протяженных объектов предъявляются следующие основные требования:

- Отсутствие механического контакта измерителя с измеряемым изделием;
- Высокая точность измерения;
- Возможность использования в течение технологического процесса;
- Универсальность;
- Приемлемая стоимость;
- Простота эксплуатации.

Бесконтактные методы широко распространены в измерительных технических средствах, так как они имеют хорошие эксплуатационные и метрологические характеристики. Для данных типов измерений используются пневматические, ультразвуковые, оптические и другие первичные преобразователи, с помощью которых измеряемый параметр преобразуется в соответствующую физическую величину.

В производстве протяженных изделий, например, кабелей измерительные приборы бесконтактного типа являются более предпочтительными, за счет того, что они обеспечивают малую погрешность измерения (по сравнению с контактными), имеют достаточное быстродействие, позволяющее использовать их в течение технологического процесса и могут использоваться в системах автоматического регулирования.

Бесконтактные методы измерения бывают прямыми и косвенными. При прямых методах измеряемое значение сравнивается либо с измерительной шкалой, либо с длиной волны. В косвенных же методах

измерения используются функциональные зависимости измеряемого геометрического параметра от выходных параметров других блоков системы, например, от времени сканирования лучом рабочей зоны или от распределения минимумов и максимумов на дифракционной картине.

Самыми распространёнными в кабельной технике являются оптические методы измерения. Они так же являются наиболее современными и перспективными для создания измерителя, в полной мере удовлетворяющего всем выше названным требованиям.

Из оптических методов можно выделить метод измерения мощности потока излучения, метод измерения сканированием, теневой метод в квазипараллельном пучке, дифракционный метод для тонких объектов и теневой метод измерения в расходящемся пучке.

На данный момент из всех выше перечисленных методов в измерительных приборах используются в основном только два: метод со сканирующим узлом и теневой метод в расходящемся пучке. Первый метод используется в более старых измерителях, тогда как второй используется в продвинутых и современных. В данный момент существует несколько фирм, занимающихся созданием лазерных приборов для измерения диаметра, например, фирма Zumbach, Sikora, NDC Technologies, Cersa MSI.

Рассмотрим теневой метод в расходящемся пучке. Данный метод (Рисунок 2) заключается в том, что точечный источник излучения светит непосредственно на фотоприёмную линейку расходящимся пучком. В данной схеме в большинстве случаев используется лазер, так как излучение должно быть приближено к точечному. Плюсом данной схемы является отсутствие оптики. И-за использования расходящегося пучка невозможно по тени определить размер объекта, но, если отследить перемещение тени объекта с помощью такого же измерительного канала, который включен под углом 90 градусов.

Обработку сигналов фотоприемников и расчет истинного диаметра объекта выполняет микроконтроллер, входящий в состав прибора. Преимуществом данной схемы является точность (достигает долей микрона), которая ограничена дифракционными эффектами на границе тени. С другой стороны, расходящийся поток при перемещениях в зоне контроля вызывает изменение тени, поэтому приходится использовать более сложный математический аппарат.

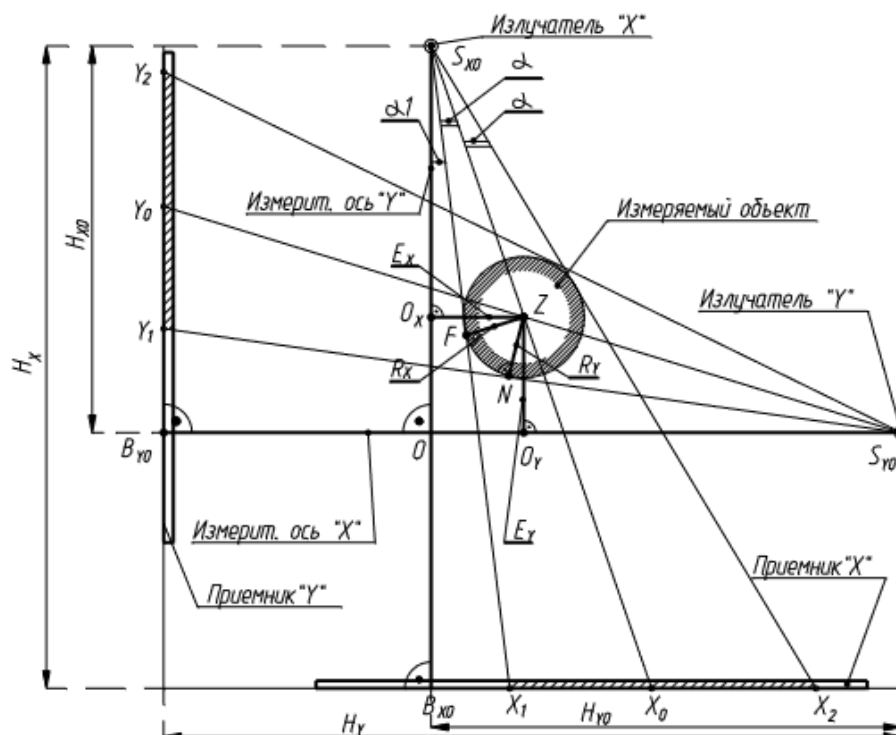


Рисунок 2. Схема контроля диаметра кабеля теньевым методом в расходящемся пучке

Схема рассматриваемого двухкоординатного измерителя показана на Рисунке 2. Прибор содержит два измерительных канала оси которых X и Y взаимно перпендикулярны.

В каждом канале лазер создает расходящийся световой поток, а многоэлементный линейный фотоприёмник измеряет размер тени. Объект контроля, находящийся в рабочей зоне, освещается двумя лазерами и образует две тени, которые отражаются на фотоприемниках.

Дальнейшим этапом работ станет создание универсального измерителя протяженных изделий сложного сечения на основе рассмотренного метода.

### Список информационных источников

1. Саакян А.Е. Технический контроль производства кабелей, проводов и шнуров с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией : учебное пособие / А. Е. Саакян. — М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1957. — 239 с. : ил. — Библиогр.: с. 240.
2. Свендровский А. Р. Контроль технологических параметров процесса изготовления кабельных изделий / А. Р. Свендровский; Труды Российской научно – технической конференции "Новейшие технологии в приборостроении". Ч. 2. – Томск, Изд-во ТПУ, 1997. – 68 – 71 с.

3. Fedorov E. M. , Koba A. A. Three-axis laser method for measuring the diameter of cylindrical objects // 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines, Dynamics 2016, Omsk, November 15-17, 2016. - New York: IEEE, 2017 - p. 1-4

4. Пешков И.Б. Мировые тенденции развития кабельной техники // Журнал кабели и провода. – 2002. – № 3. – С. 15 – 19.

5. Свендровский А.Р. и др. Опыт разработки устройства бесконтактного измерения диаметра кабельных изделий // Электротехника. – 1991.- № 3. –с. 26

6. Основы кабельной техники : учебное пособие / Под ред. В.А.Привезенцева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергия, 1975. — 472 с. Др. издание: Основы кабельной техники : учебное пособие / Под ред. В.А.Привезенцева. — М. : Энергия, 1967. — 464 с. — 1р.09к.

7. Кабели и провода : Учебное пособие для техникумов. — М. ; Л. : Энергия, 1959-Т. 3: Производство кабелей и проводов с пластмассовой и резиновой изоляцией, обмоточных проводов с эмалевой и волокнистой изоляцией / Н. И. Белоруссов, П. М. Глупушкин, М. В. Константинов и др. ; Под ред. Н. И. Белоруссова, В. А. Привезенцева. — 1964. — 470 с. : ил. — Библиогр.: с. 469-470.

8. Аникеенко, Владимир Михайлович. Основы кабельной техники : учебное пособие: в 2 ч. / В. М. Аникеенко ; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2005-. — (Учебники Томского политехнического университета).Ч. 1. — 2005. — 126 с. : ил. — Библиогр.: с. 124.

9. Аникеенко, Владимир Михайлович. Основы кабельной техники : учебное пособие: в 2 ч. / В. М. Аникеенко ; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2005-. — (Учебники Томского политехнического университета). Ч. 2. — 2005. — 167 с. : ил. — Библиогр.: с. 164.

10. Электроизоляционная и кабельная техника. Методы испытания электротехнических материалов и изделий : [сборник статей] / Иркутский политехнический институт (ИрПИ); под ред. Ю. Т. Плискановского. — Иркутск : Б. и., 1975. — 214 с. : ил. — Библиогр. в конце ст. 1шт.

11. Кижаяев, С. А. Интеллектуальные системы измерения в процессе экструзии в кабельной промышленности / С. А. Кижаяев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика : журнал. — М., 2004. — № 7. — С. 52-54. — (Измерения, контроль, диагностика) . — ISSN 0032-8154. — Библиогр.: 5 назв.

12. Кабели и провода : Учебное пособие для техникумов. — М. ; Л. : Энергия, 1959-Т. 3: Производство кабелей и проводов с пластмассовой и резиновой изоляцией, обмоточных проводов с эмалевой и волокнистой

изоляция / Н. И. Белоруссов, П. М. Глупушкин, М. В. Константинов и др. ; Под ред. Н. И. Белоруссова, В. А. Привезенцева. — 1964. — 470 с. : ил. — Библиогр.: с. 469-470.

13. Петров, Александр Васильевич. Методы испытаний электрической изоляции : практикум по курсу : учебное пособие / А. В. Петров ; Томский политехнический университет. — Томск : Изд-во ТПУ, 2005. — 121 с. : ил. — (Учебники Томского политехнического университета) . — Библиография в конце глав.