

Д. Н. Новиков, А. Я. Суранов

Разработка методики калибровки опто-электронного измерителя параметров профиля стеклопластиковых стержней*

D. N. Novikov, A. Ya. Suranov

Development of Techniques for Calibrating Opto-electronic Measuring Device of Fiberglass Rods Profile Settings

Рассмотрен процесс калибровки опто-электронного измерителя параметров протяженных объектов. Предложена методика калибровки с помощью штриховой миры. Выбрана оптимальная степень полинома, используемого для расчета реальных размеров объекта. Произведена калибровка прибора. Получены погрешности измерения.

Ключевые слова: опто-электронные измерения, измерение диаметра, калибровка, штриховая мира, многоэлементные фотоприемники.

DOI 10.14258/izvasu(2013)1.2-35

При производстве профилированных стеклопластиковых стержней возникает задача контроля их качества, которая сводится к сравнению геометрических параметров полученного профиля с заданными параметрами. Для стержней, имеющих винтовой профиль, необходимо контролировать внешний и внутренний диаметры, а также шаг резьбы. На рисунке 1 представлен внешний вид такого стержня. Контроль указанных параметров необходимо производить непосредственно в процессе протяжки стержня по технологической линии, что требует высокой скорости измерений.



Рис. 1. Вид профилированного стеклопластикового стержня

Помимо высокой скорости, необходимо обеспечить бесконтактность измерений и их приемлемую точность. Перечисленные требования могут быть выполнены при использовании опто-электронных методов и средств, в частности регистраторов изображения поперечного сечения стержня на базе линейных многоэлементных фотоприемников. При этом для определения

The paper examines the calibration of optical-electronic device for measuring parameters of extended objects. Calibration technique using the line target was proposed. The optimal degree of the polynomial dependence used to calculate the actual size of the object was selected. The device was calibrated. The measurement errors were obtained.

Key words: opto-electronic measurement, measurement of the diameter, calibration, line target, multielement photo detectors.

границ сечения стержня, фильтрации помех, импульсной засветки и расчета текущих параметров стержня целесообразно использовать современные 32-разрядные микроконтроллеры. Для разработки данного прибора выбор был сделан в пользу микроконтроллеров компании STMicroelectronics серии STM32 [1].

Бесконтактное измерение стержня достигается за счет регистрации теневой проекции поперечного сечения стержня в параллельном пучке света линейным многоэлементным фотоприемником [2]. С целью уменьшения габаритных размеров формирование параллельного пучка света в устройстве осуществляется с помощью параболического зеркала, в фокусе которого установлен светодиод (рис. 2).

Точность измерений описанной системы во многом зависит от точности ее калибровки по координате и степени параллельности светового пучка [3]. Калибровка системы производилась с использованием штриховой миры с шириной черных и прозрачных полос, равной 3 мм, устанавливаемой в плоскости осевого поперечного сечения измеряемого объекта.

На рисунке 3 представлена зависимость положения границ линий на линейке от их реального положения и аппроксимация зависимости полиномом 5 степени. Степень полинома была выбрана из соображений минимизации среднего квадратичного отклонения при аппроксимации.

На рисунке 4 показана зависимость среднего квадратичного отклонения от степени полинома.

* Работа выполнена при частичной поддержке Программы стратегического развития Алтайского государственного университета (НОК-2, подпроект 2.1.2.1).

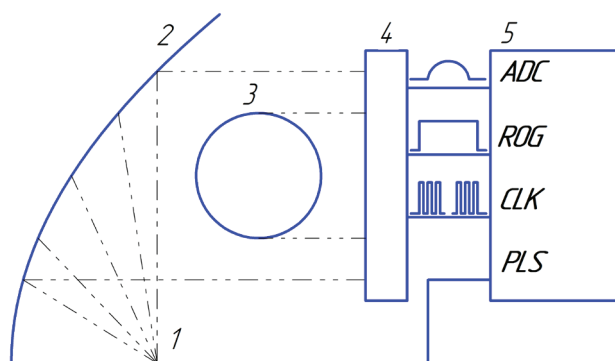


Рис. 2. Блок-схема опико-электронного измерителя

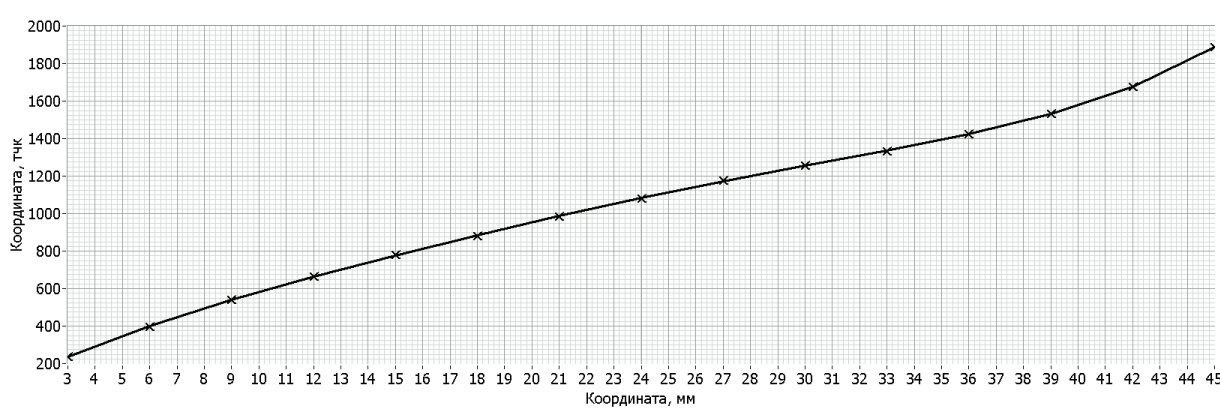


Рис. 3. Зависимость координаты границ линий от их реального положения

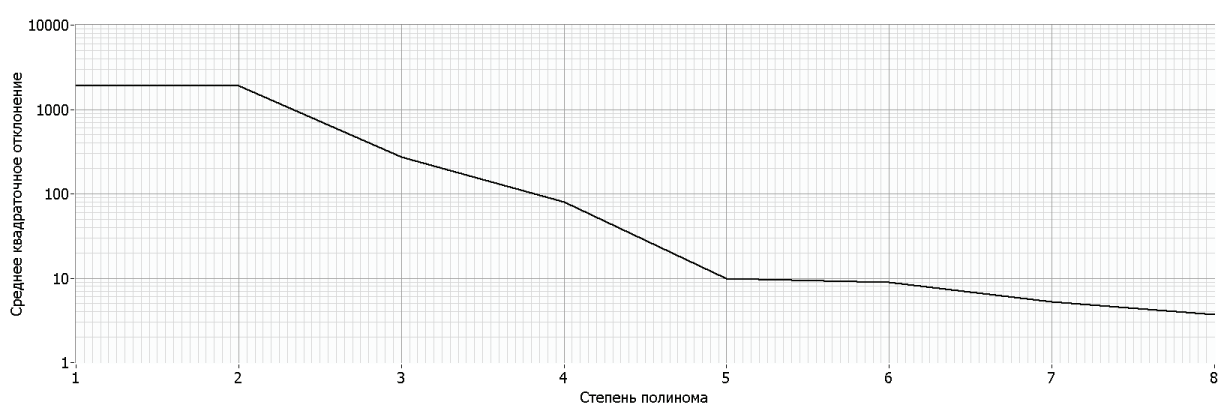


Рис. 4. Зависимость среднего квадратичного отклонения от степени полинома

Как видно на рисунке 4, с ростом степени полинома ошибка аппроксимации снижается. Однако при степенях больших 5 изменение ошибки становится незначительным.

Полученный полином описывает зависимость измеренной координаты границы линии от реальной. Однако для вычисления размеров измеряемого объекта большой интерес представляет обратная зависимость. Для ее получения необходимо построить обратный полином. Для этого построим зависимость вида $x = f(y)$ и проведем ее аппроксимацию (рис. 5).

На рисунке 6 представлена зависимость среднего квадратичного отклонения от степени обратного полинома. Как видно из рисунка, при степени полинома выше 4 степени повышение точности становится незначительным.

В качестве проверки точности калибровки были произведены измерения нескольких цилиндрических объектов. При измерении цилиндра диаметром 25,3 мм показания прибора составили 25,2 мм. При измерении цилиндра диаметром 20,3 мм показания прибора составили 20,1 мм.

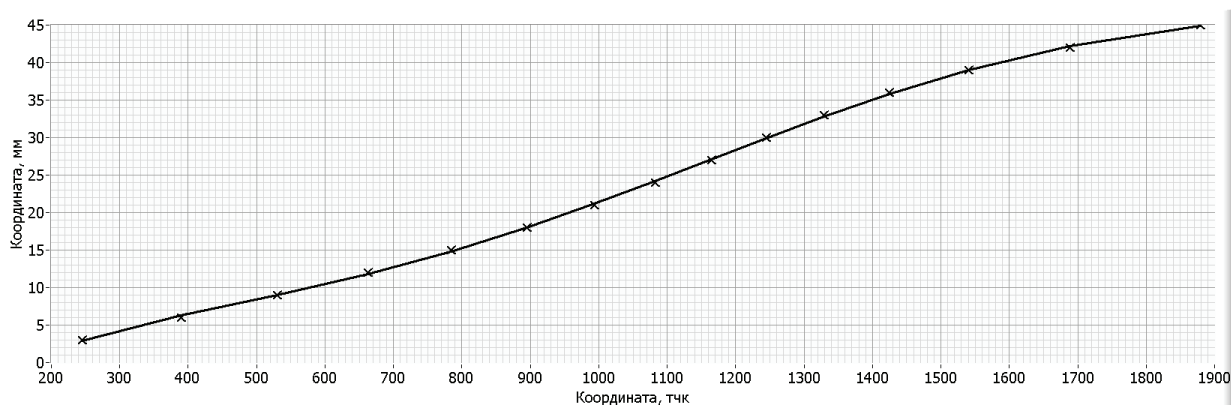


Рис. 5. Аппроксимация обратной зависимости полиномом 4-й степени

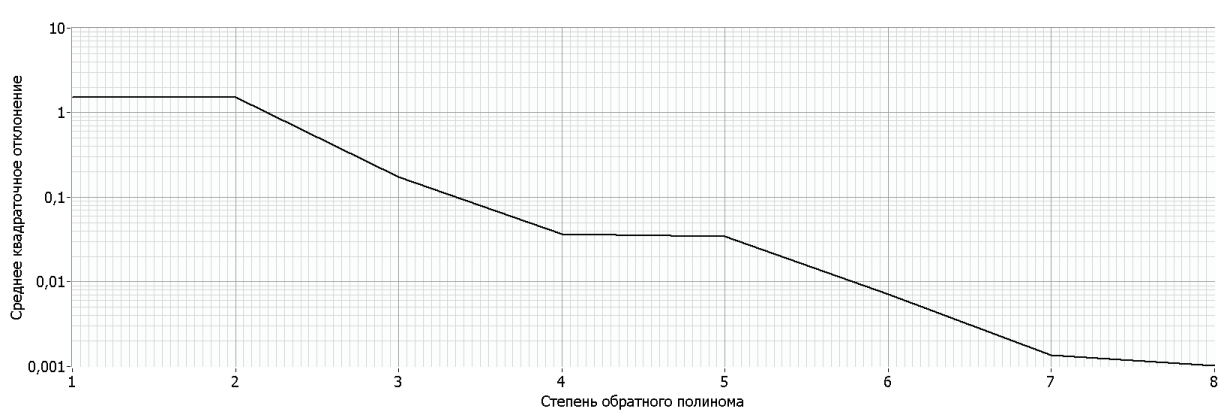


Рис. 6. Зависимость среднего квадратичного отклонения от степени обратного полинома

При перемещении объекта вдоль луча обнаружена слабая зависимость отображаемого размера от положения. Диапазон изменения составил 0,4 мм при перемещении объекта вдоль хода луча на 30 мм. Источником данной погрешности является неточность при формировании параллельного пучка света. Для устранения данной зависимости необходимо провести юстировку оптической системы.

В ходе работы была разработана методика калибровки оптико-электронного измерителя параметров протяженных объектов. Проведено исследование зависимости среднего квадратичного отклонения от степени. Исследование показало, что оптимальным

является 4 степень расчетного полинома. По предложенной методике была произведена калибровка измерителя геометрических параметров протяженных объектов, а также оценка погрешностей измерения и выявлены их источники. Дальнейшее исследование планируется проводить в направлении устранения зависимости показаний прибора от положения объекта в рабочей области.

Для устранения зависимости измерений от положения объекта в рабочей области необходимо провести юстировку оптической системы. Изменение параметров отображения системы может потребовать повторной калибровки прибора.

Библиографический список

1. STM32F103R8T6, техническое описание [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00161566.pdf>.
2. Свешникова И. С. Расчет и проектирование оптических систем. — М., 2009.
3. Сивцов Г.П. Пространственные оптические системы: монография. — Новосибирск, 2011.