

Список информационных источников

1. Атамальян Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин: учебное пособие для студ. Вузов. –М.:Мысш. шк., 1989. -384 с.
2. Полищука Е. С. Электрические измерения электрических величин, Издательское объединение «Высшая школа», 1984.

РАСЧЕТ ДИАМЕТРА В БЕСКОНТАКТНЫХ ТРЕХКООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЯХ С РАСХОДЯЩИМСЯ ЛАЗЕРНЫМ ПУЧКОМ

Коба А.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Федоров Е.М., к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества

Бесконтактные измерители диаметра круглых протяженных изделий, таких как кабель, канаты, трубы и т.п., использующие теневой метод измерения в расходящемся световом потоке, обладают целым рядом неоспоримых преимуществ, связанных с отсутствием в них элементов линзовой и зеркальной оптики. В частности, достижимая точность измерения таких приборов, составляет доли микрометра и ограничена только дифракционными эффектами на границах тени. Однако, работа в расходящемся световом потоке вызывает изменение размеров тени измеряемого объекта при его перемещениях в зоне контроля. Последнее требует использования сложных соотношений для расчета истинного диаметра объекта [1],[2].

Целью настоящей статьи является вывод соотношений для расчета диаметра в трехкоординатных измерителях. Трехкоординатный измеритель позволит измерять точный диаметр и овальность, в том числе минимальное и максимальное значение, в не зависимости от ориентации объекта относительно измерительных осей. Обычные двухкоординатные измерители обеспечивают получение приближенных размеров овальности, овальность оценивается по максимальному и минимальному значению. Эти величины напрямую зависят от ориентации овальности внутри измерительного поля. Трехкоординатный измеритель решает все эти проблемы.

Преимущества трехкоординатного измерителя в сравнении с двухкоординатным:

–Три синхронизированные измерительные оси на одной плоскости

–Точное измерение диаметра, в независимости от направления овальности

–Обнаружение любых отклонений от круглого очертания

–Вычисление размеров длины окружности и поперечного сечения

–Повышает точность измерения

Схема рассматриваемого трехкоординатного измерителя показана на рисунке 1. Прибор содержит три измерительных канала, оси которых X, Y и Z расположены относительно друг друга на угол 120°. В каждом канале имеется точечный излучатель, создающий расходящейся световой поток и фотоприёмник, измеряющий размер тени падающей от объекта. Объект измерения находится в зоне контроля, освещается тремя излучателями, и образуют три тени на фотоприемниках измерительных каналов.

Изначально известны следующие параметры конструкции прибора:

–Расстояния H_x , H_y и H_z от центра излучателя до плоскости приемника каждого из каналов: отрезки $(S_{x0}; B_{x0})$, $(S_{y0}; B_{y0})$ и $(S_{z0}; B_{z0})$.

–Расстояния H_{x0} , H_{y0} и H_{z0} от центра излучателя до центра рабочей зоны, т.е. до точки (0), являющейся пересечением измерительных осей.

–Шаг ячеек фотоприемника, позволяющий по числу ячеек приемника, закрытых тенью объекта, определить размер тени, т.е её ширину, а также определить смещение центра тени относительно "нулевой" ячейки приемника.

На основании известных данных необходимо определить радиусы объектов по трем каналам (R_x , R_y , R_z). Также определить средний радиус $R_{ср}$ и овальность ОВ. Для специальных измерений также требуется информация о положении объекта (смещение его центра Z) относительно рабочей зоны измерителя (точка "0"), т.е. величины E_x , E_y и E_z .

Точное решение задачи находится в три этапа[2]:

Этап 1 – определение положения проекции центра объекта Z на плоскости приемников "X", "Y" и "Z".

Положение проекции центра характеризуется величинами X_0 , Y_0 и Z_0 , которые представляют собой отрезки $(B_{x0}; X_0)$, $(B_{y0}; Y_0)$ и $(B_{z0}; Y_0)$. Из треугольника $(S_{x0}; B_{x0}; X_0)$ известно:

$$\operatorname{tg}(\alpha + \alpha_1) = \frac{X_0}{H_x}. \text{ Отсюда: } X_0 = H_x * \operatorname{tg}(\alpha + \alpha_1) \quad (1)$$

Величину α_1 , присутствующую в выражении (1), найдем из треугольника (S_{X0} ; B_{X0} ; X_1):

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{X_1}{H_Y}; \quad \alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{X_1}{H_X}. \quad (2)$$

Угол α определим из треугольника (S_{X0} ; B_{X0} ; X_2):

$$\operatorname{tg}(\alpha + \alpha + \alpha_1) = \frac{X_2}{H_X}; \quad (2\alpha + \alpha_1) = \operatorname{arctg} \frac{X_2}{H_X}.$$

С учетом выражения (2) соотношение для угла α примет вид:

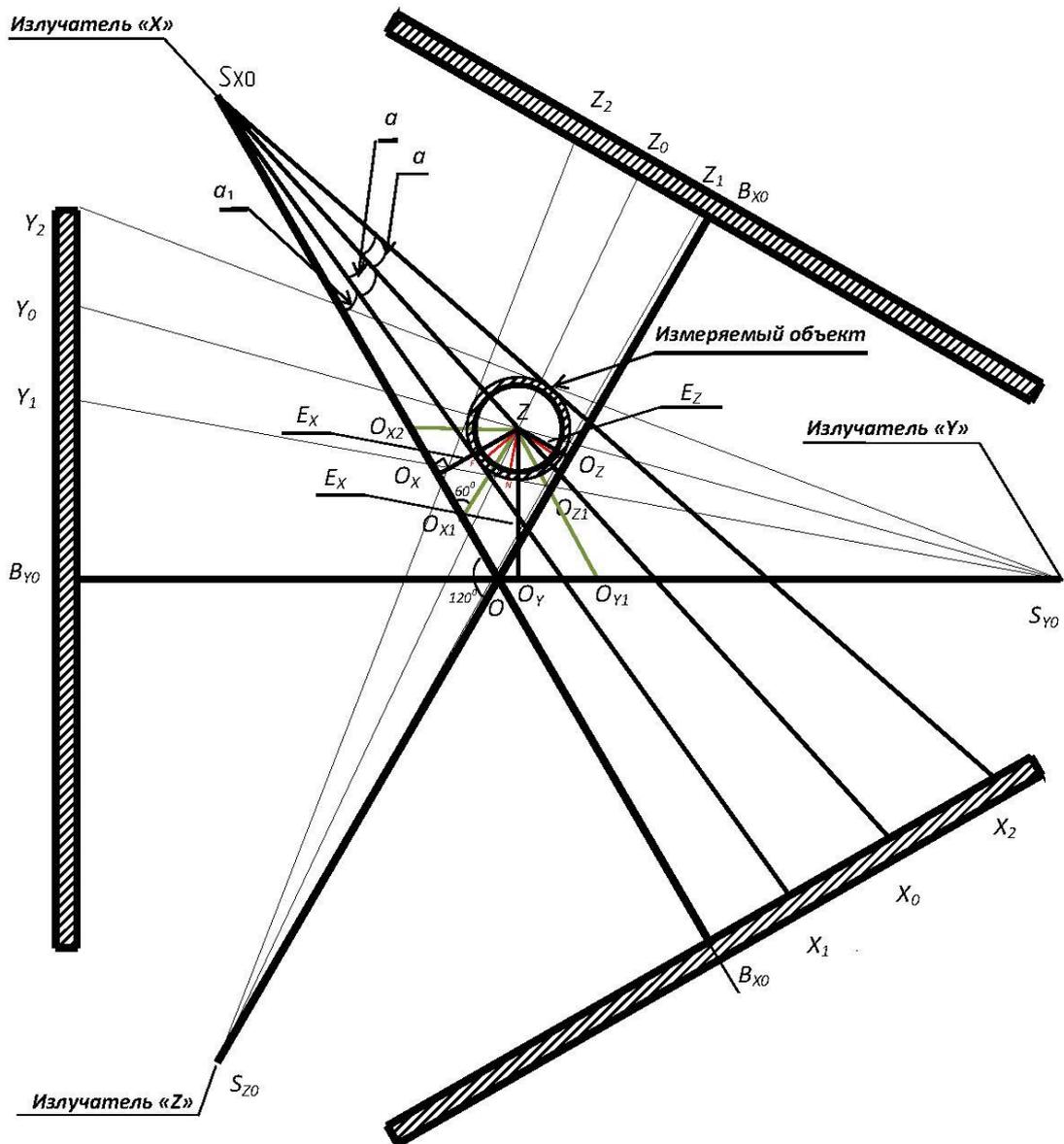


Рис. 1. Расчетная схема прибора

$$\alpha = \frac{1}{2}(\operatorname{arctg} \frac{X_2}{H_x} - \operatorname{arctg} \frac{X_1}{H_x}) \quad (3)$$

Подставив (3) и (2) в (1) и проведя преобразования, получим в итоге:

$$X_0 = H_x * \operatorname{tg} \frac{1}{2}(\operatorname{arctg} \frac{X_2}{H_x} + \operatorname{arctg} \frac{X_1}{H_x}) \quad (4)$$

Аналогично для величины Y_0 и Z_0 :

$$Y_0 = H_y * \operatorname{tg} \frac{1}{2}(\operatorname{arctg} \frac{Y_2}{H_y} + \operatorname{arctg} \frac{Y_1}{H_y}) \quad (5)$$

$$Z_0 = H_z * \operatorname{tg} \frac{1}{2}(\operatorname{arctg} \frac{Z_2}{H_z} + \operatorname{arctg} \frac{Z_1}{H_z}) \quad (6)$$

Этап 2 – определение смещения центра объекта Z относительно центра рабочей зоны. Смещение характеризуется величинами E_x , E_y и E_z (рис. 1).

Из подобия треугольников $(S_{X0}; B_{X0}; X_0)$ и $(S_{X0}; O_X; Z)$:

$$\frac{E_x}{X_0} = \frac{(S_{X0}; O_X)}{H_x}. \text{ Аналогично: } \frac{E_y}{Y_0} = \frac{(S_{Y0}; O_Y)}{H_y}; \frac{E_z}{Z_0} = \frac{(S_{Z0}; O_Z)}{H_z} \quad (7)$$

Величины отрезков $(S_{X0}; O_X)$, $(S_{Y0}; O_Y)$ и $(S_{Z0}; O_Z)$, присутствующие в (7), найдем, учитывая, что отрезок $(O; O_X)$ равен:

$$(O; O_X) = (Z; O_{Y1}) - (O_{X2}; O_X) = \frac{E_y}{\cos(\frac{\pi}{6})} - \frac{E_x}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})};$$

$$\text{отрезок } (O; O_Y) = (Z; O_{X2}) - (O_Y; O_{Y1}) = \frac{E_x}{\cos(\frac{\pi}{6})} - \frac{E_y}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}.$$

$$\text{отрезок } (O; O_Z) = (Z; O_{X1}) + (O_Z; O_{Z1}) = \frac{E_x}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_z}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}.$$

Тогда:

$$(S_{X0}; O_X) = H_{X0} - \frac{E_y}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_x}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}; (S_{Y0}; O_Y) = H_{Y0} - \frac{E_x}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_y}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})};$$

$$(S_{Z0}; O_Z) = H_{Z0} + \frac{E_x}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_z}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})} \quad (8)$$

С учетом выражения (8) пропорции (7) примут вид:

$$\frac{E_x}{X_0} = \frac{H_{x0} - \frac{E_y}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_x}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}}{H_x}; \frac{E_y}{Y_0} = \frac{H_{y0} - \frac{E_x}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_y}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}}{H_y};$$

$$\frac{E_z}{Z_0} = \frac{H_{z0} + \frac{E_x}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_z}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}}{H_z} \quad (9)$$

Выражения (9) представляют систему трех уравнений с тремя неизвестными E_x , E_y и E_z . Решая уравнения получим выражения для E_x , E_y и E_z в которых величины X_0 , Y_0 и Z_0 определяются соотношениями (4), (5) и (6). Расчет системы уравнений в буквенном виде приводит к объемным выражениям и в данной статье приводиться не будет.

Этап 3 – расчет радиусов R_x , R_y и R_z объекта.

Исходя из схемы, показанной на рисунке 1, радиус R_x , т.е. отрезок (F;Z), является стороной прямоугольного треугольника (S_{x0} ; Z;F). Из этого треугольника:

$$R_x = (S_{x0}; Z) * \sin \alpha \quad (10)$$

Отрезок (S_{x0} ; Z) найдем из другого прямоугольного треугольного (S_{x0} ; Z; O_x):

$$(S_{x0}, Z) = \sqrt{(O_x; Z)^2 + (O_x; S_{x0})^2} = \sqrt{E_x^2 + \left(H_{x0} - \frac{E_y}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_x}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}\right)^2}.$$

Подставив в (10) найденную величину отрезка (S_{x0} ; Z) и учитывая выражение (3) для угла α , определим окончательно радиус R_x .

$$R_x = \sqrt{E_x^2 + \left(H_{x0} - \frac{E_y}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_x}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}\right)^2} * \sin \frac{1}{2} (\operatorname{arctg} \frac{X_2}{H_x} - \operatorname{arctg} \frac{X_1}{H_x}) \quad (11)$$

Аналогично:

$$R_y = \sqrt{E_y^2 + \left(H_{y0} - \frac{E_x}{\cos(\frac{\pi}{6})} + \frac{E_y}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3})}\right)^2} * \sin \frac{1}{2} (\operatorname{arctg} \frac{Y_2}{H_y} - \operatorname{arctg} \frac{Y_1}{H_y}) \quad (12)$$

$$R_z = \sqrt{E_z^2 + \left(H_{z0} + \frac{E_x}{\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)} + \frac{E_z}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{3}\right)}\right)^2} * \sin \frac{1}{2} \left(\operatorname{arctg} \frac{Z_2}{H_z} - \operatorname{arctg} \frac{Z_1}{H_z}\right) \quad (13)$$

Зная величины радиусов R_x и R_y можно определить средний радиус объекта R_{cp} и овальность OB .

$$R_{cp} = \frac{|R_x| + |R_y| + |R_z|}{3}; \quad OB = (R_{\max} - R_{\min}) \quad (14)$$

Заключение

Выше выведены соотношения (11), (12), (13), (14), которые, совместно с соотношениями (4), (5) и (9) позволяют рассчитать точное значение радиусов объекта, координаты положения его центра, а также средний радиус и точное значение овальности по максимальному и минимальному значению.

Список информационных источников

1. Свендровский А. Р. и др. Опыт разработки устройства бесконтактного измерения диаметра кабельных изделий // Электротехника. -1991. -№3. –с. 26 – 28.
2. Свендровский А.Р. Расчёт диаметра в бесконтактных двухкоординатных измерителях // Научно технические проблемы приборостроения и машиностроения: Тез. докл. I Всеросс. конф. – Томск, 2005. – С. 31–33.

СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ЦИКЛОВ РАБОТЫ БЕТАТРОНА МИБ-4 И ЛИНЕЙНОГО ДЕТЕКТОРА ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ X-SCAN INE2

*Колomeйцев А.А., Смолянский В.А.,
Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Бориков В.Н., д.т.н., доцент, заведующий
кафедрой точного приборостроения*

Бетатроны, разрабатываемые в Томском политехническом университете, нашли широкое применение в различных отраслях человеческой деятельности. Одной из таких отраслей является промышленная дефектоскопия и томография промышленных объектов.