

УДК 681.5.08

**А. Д. Измайлов**, магистрант, **А. А. Плешаков**, аспирант, **А. Ю. Горелова**, аспирант,

Научный руководитель: **М. Г. Кристаль**, д.т.н., проф., Волгоградский государственный технический университет

E-mail: [godhear@yandex.ru](mailto:godhear@yandex.ru)

## **Новый способ измерения диаметров отверстий гильз гидроцилиндров**

*Предложен способ измерения диаметра номинально цилиндрического отверстия гильзы гидроцилиндра. Приведены аналитические выражения, описывающие данный способ и его реализацию.*

**Ключевые слова:** измерение отверстий, диаметр, датчики, гидроцилиндр.

**A. D. Izmaylov, A. A. Pleshakov, A. Y. Gorelova, M. G. Kristal**

## **New Method for Measuring Diameters of Hydrocylinder's Shells**

*A method for measuring diameter of nominally cylindrical bore of hydrocylinder has been proposed. Analytical expressions describing of method and the way of its implementation are given.*

**Keywords:** holes measuring, diameter, sensors, hydraulic actuator.

Изготовление гидроцилиндров, широко используемых в качестве приводов горнодобывающего оборудования, а также в механизированных крепях, относится к одному из ответственных технологических процессов. Для обеспечения заданного качества этих изделий необходим контроль выполнения диаметра поршневой полости гильзы гидроцилиндра.

Существует много способов измерения диаметра отверстий деталей.

Известна практика применения механических контактных методов для определения геометрических параметров отверстий, например, с помощью нутромеров и микрометров, которые позволяют осуществлять прямые измерения.

Существенным недостатком таких методов является невозможность измерения диаметра глубокого отверстия по всей его длине. К таким способам относят также измерения при помощи стальных линеек или гладких калибров [4, 5], которым свойственна простота исполнительных устройств и достаточная производительность.

Целый ряд способов измерения диаметра отверстия основан на записи круглограммы контролируемого сечения [1,2]. Здесь, при построении

круглограмм, выполняют их масштабирование, что приводит к получению изображений отверстий большого размера, по которым экстремальный диаметр определяют визуально, что неудобно, а также к пропорциональному масштабированию погрешности измерения. Кроме того имеет место высокая трудоемкость измерений.

В ряде случаев для контроля диаметров отверстий используют первичные преобразователи различного исполнения. Известно применение индуктивных датчиков измерения [3].

В данном случае [3] измерительную головку с двумя радиальными датчиками устанавливают внутрь измеряемого отверстия детали, после чего деталь или головку вращают относительно оси отверстия детали и по величине разностного и суммарного сигналов, одновременно снимаемых с датчиков, определяют величину диаметра отверстия детали.

Недостатком данного и подобных способов является наличие погрешности базирования измерительной головки относительно измеряемой поверхности, снижающей точность измерения.

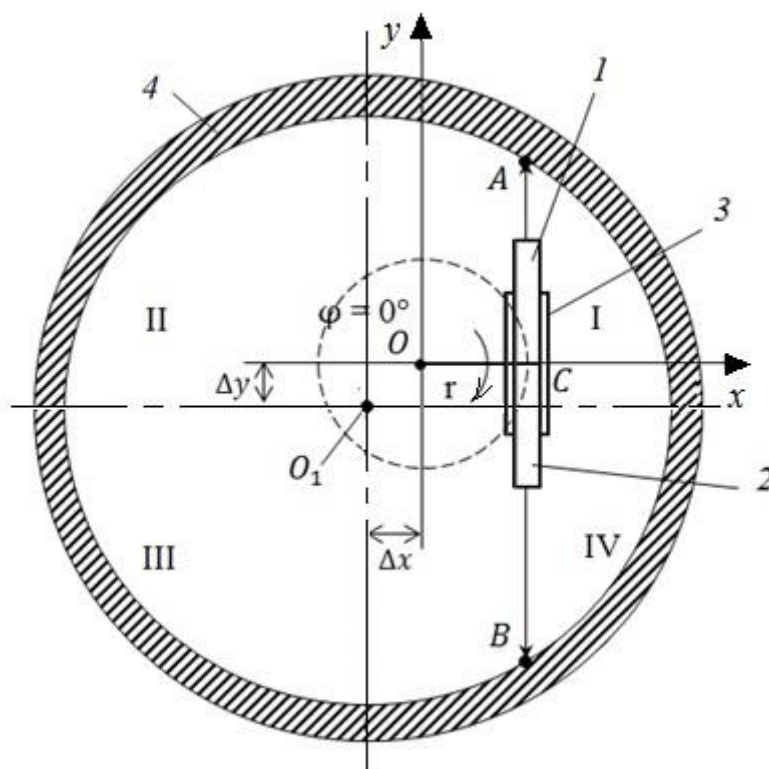
Для компенсации этого нами предложен способ измерения номинально цилиндрического отверстия детали с использованием измерительной головки с закрепленным на ней индуктивными датчиками 1 и 2 (рис. 1). Измерительную головку базируют относительно измеряемой поверхности с возможностью ее дискретного поворота относительно той же поверхности вокруг центра  $O$  поворота. Датчики в головке расположены оппозитно на одной оси, причем эта ось ортогональна радиусу  $r$  дискретного поворота вокруг центра  $O$ .

Способ осуществляют следующим образом.

Перед началом измерительных работ измерительную головку базируют в контролируемом сечении детали 4. Это положение головки принимают за начальное. С центром  $O$  связывают прямоугольную систему координат. Далее измерительную головку последовательно дискретно поворачивают на угол  $90^\circ$  три раза.

В каждом положении измерительной головки, включая начальное, получают величину разностного  $U_-$  и суммарного  $U_+$  сигналов датчиков и фиксируют в запоминающем устройстве.

На рис. 1 показано начальное положение измерительной головки, для которого угол поворота  $\varphi = 0^\circ$ .



**Рис. 1. Начальное положение измерительной головки:**  
1, 2 – датчики; 3 – измерительная головка; 4 – контролируемая деталь.

Суммарный сигнал, снимаемый с датчиков, соответствует хорде  $AB$ , то есть:

$$U_+ = AB, \quad (1)$$

В то же время для разностного сигнала справедливо соотношение:

$$AC + \Delta y = BC - \Delta y, \quad (2)$$

Откуда  $U_- = 2(BC - AC)$ , а

$$\Delta y = \frac{BC - AC}{2} = \frac{U_-}{2} \quad (3)$$

Аналогичным образом определяется отклонение  $\Delta x$  при повороте измерительной головки на угол  $\varphi = 90^\circ$ .

После определения величин отклонений  $\Delta x$  и  $\Delta y$  положения центра  $O$  поворота измерительной головки относительно оси измеряемой поверхности, делается вывод о том, в каком из квадрантов выбранной системы координат расположена ось сечения измеряемой поверхности.

Так, если  $U_{\varphi=0^\circ} > 0$ ,  $U_{\varphi=90^\circ} > 0$ , то ось детали смещена в I квадрант, при  $U_{\varphi=0^\circ} < 0$ ,  $U_{\varphi=90^\circ} > 0$ , ось детали смещена во IV квадрант, если  $U_{\varphi=0^\circ} < 0$ ,  $U_{\varphi=90^\circ} < 0$ , то ось детали смещена в III квадрант, а при  $U_{\varphi=0^\circ} > 0$ ,  $U_{\varphi=90^\circ} < 0$ , ось детали смещена в II квадрант.

Диаметр измеряемого отверстия определяют из прямоугольного треугольника  $AOD$  (рис. 2).



Рис. 2. Определение диаметра отверстия

Здесь отрезок  $AO$  соответствует радиусу измеряемого отверстия детали, отрезок  $AD$  равен половине хорды  $AB$ , а значит и половине суммарного сигнала  $U_+$ . Отрезок  $OD$  можно найти как сумму величин радиуса  $r$  и погрешности  $\Delta x$ .

Таким образом, диаметр отверстия детали, в зависимости от того, в какой квадрант системы координат будет смещена ось измеряемой поверхности, определяется как:

$$D = 2 \sqrt{\left(\frac{U_+^{\varphi=0^\circ}}{2}\right)^2 + \left(r + \frac{U_-^{\varphi=90^\circ}}{2}\right)^2}, \quad (4)$$

при  $U_-^{\varphi=0^\circ} > 0, U_-^{\varphi=90^\circ} > 0;$

$$D = 2 \sqrt{\left(\frac{U_+^{\varphi=90^\circ}}{2}\right)^2 + \left(r + \frac{U_-^{\varphi=0^\circ}}{2}\right)^2}, \quad (5)$$

при  $U_-^{\varphi=0^\circ} < 0, U_-^{\varphi=90^\circ} > 0;$

$$D = 2 \sqrt{\left(\frac{U_+^{\varphi=180^\circ}}{2}\right)^2 + \left(r + \frac{U_-^{\varphi=90^\circ}}{2}\right)^2}, \quad (6)$$

при  $U_-^{\varphi=0^\circ} < 0, U_-^{\varphi=90^\circ} < 0;$

$$D = 2 \sqrt{\left(\frac{U_+^{\varphi=270^\circ}}{2}\right)^2 + \left(r + \frac{U_-^{\varphi=0^\circ}}{2}\right)^2}, \quad (7)$$

при  $U_-^{\varphi=0^\circ} > 0, U_-^{\varphi=90^\circ} < 0$ .

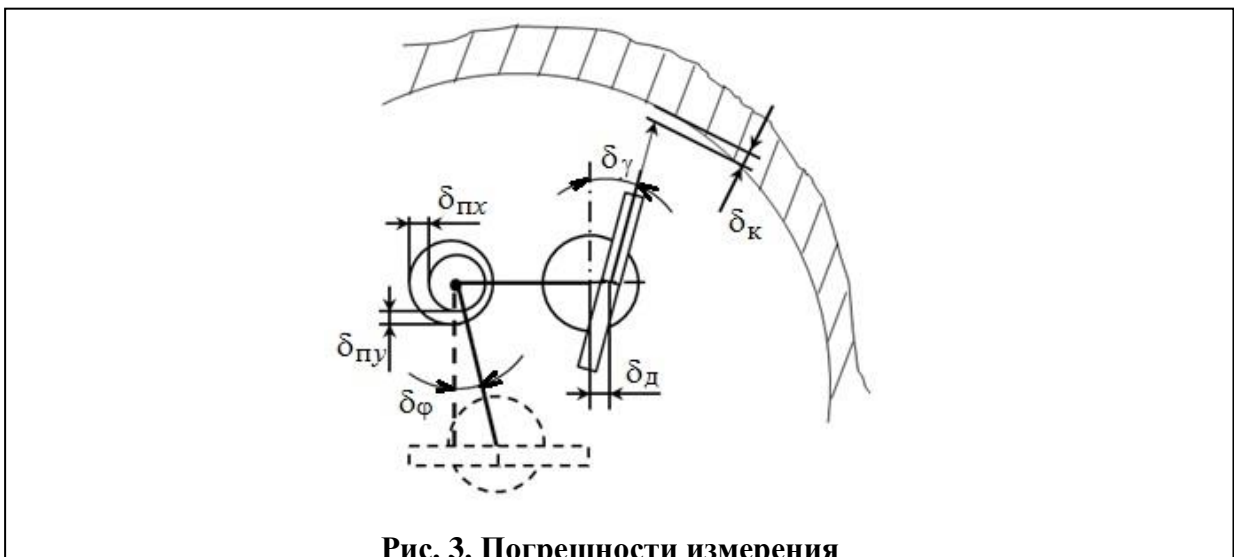
Как и в любой реальной технологической системе, при осуществлении измерений по предложенному способу, общая точность измерений ограничена величинами погрешностей, имеющих технический и технологический характер. К таким погрешностям (рис. 3), в данном случае относят погрешность  $\delta_k$  настройки датчиков по калибрам, погрешность  $\delta_\varphi$  поворота головки на дискретный угол  $90^\circ$ , погрешности  $\delta_{\text{пх}}$  и  $\delta_{\text{пу}}$ , вносимые узлом поворота, линейная  $\delta_d$  и угловая  $\delta_\gamma$  погрешности установки датчиков в измерительной головке.

Угловая  $\delta_\gamma$  составляющая погрешности приводит к тому, что вместо полного значения суммарного сигнала  $U_+$  мы будем иметь величину  $U'_+$ :

$$U'_+ = \frac{U_+}{\cos \delta_\gamma}. \quad (8)$$

Аналогичным образом погрешность дискретного поворота вносит коррекцию в величину разностного сигнала  $U_-$ :

$$U'_- = \frac{U_-}{\cos \delta_\varphi}. \quad (9)$$



**Рис. 3. Погрешности измерения**

Тогда общая зависимость для вычисления диаметра измеряемого отверстия гильзы гидроцилиндра примет вид:

$$D = 2 \sqrt{\left(\frac{U_+}{\cos \delta_\gamma} + \delta_{\text{пу}} + \delta_k\right)^2 + \left(r + \delta_{\text{пх}} + \delta_d + \frac{U_-}{2 \cos \delta_\varphi}\right)^2} \quad (10)$$

Измерение по данному способу кроме компенсации погрешности базирования измерительного устройства относительно измеряемой поверхности ведет еще и к повышению производительности. Этот эффект достигается за счет того, что для определения измеряемой величины достаточно трех дискретных поворотов измерительной головки.

Способ может быть использован также для измерения внешнего диаметра цилиндрической поверхности. При этом общая последовательность действий и расчетные формулы не меняются.

#### Список литературы

1. **А.с. 419711 (СССР).** Способ измерения размерных параметров / Дрейзин Э.А. // Б.И. – 1974. – №10.
2. **А.с. 1096488 (СССР).** Способ измерения размерных параметров цилиндрических деталей / Вайханский С.М., Сегалович Л.В., Шеметилло Г.Ф., Панин Г.И., Шеметилло В.А., Белкина Л.Г., Королев А.В., Андреев А.Т. // Б.И. – 1984. – №21.
3. **А.с. 1580140 (СССР).** Способ измерения диаметра отверстия детали / Кристаль М.Г., Кулагин Р.Н., Харькин О.С., Петров В.Н. // Б.И. – 1990. – №27.
4. **Пат. РФ №2005990.** Способ определения радиуса отверстия / Пимшин Ю.И. // Б.И. – 1994. – №9.
5. **Пат. РФ №2354928.** Способ косвенного измерения диаметра номинально цилиндрического отверстия / Железнов Г.С., Железнова С.Г. // Б.И. – 2009. – №13.