

УДК 681.523.5: 621.791.75

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-3-298-85-88

*Я. Ю. Якоби, С. В. Шостенко***РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМОДАТЧИКОВ
ДЛЯ МНОГООСООРДИНАТНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
СВАРКИ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: appaa1972@gmail.com, sergejshostenko@yandex.ru

В исследовании рассматриваются первичные струйные пневмопреобразователи щелевого типа, которые применяются при аргонодуговой сварке изделий из тонкого металла. Был проведен анализ статических характеристик пневмопреобразователей. Проведенное исследование статических характеристик щелевых первичных пневматических преобразователей позволяет сделать вывод о перспективности их применения.

Ключевые слова: пневмопреобразователь, тонкостенные изделия, сварка, статические характеристики

*Ya. Yu. Yakobi, S. V. Shostenko***DEVELOPMENT AND RESEARCH OF PNEUMATIC SENSORS
FOR MULTI-AXIS WELDING AUTOMATION SYSTEMS
FOR THIN-WALLED STRUCTURES****Volgograd State Technical University**

The study examines the primary jet pneumatic transformers of the slot type, which are used in argon arc welding of thin metal products. The analysis of static characteristics of pneumatic transducers was carried out. The conducted study of the static characteristics of slot primary pneumatic converters allows us to conclude that their application is promising.

Keywords: pneumatic converter, thin-walled products, welding, static characteristics

В современной промышленности находят применение тонкостенные конструкции, собираемые методом контактной и бесконтактной сварки. К таким изделиям относятся тонкостенные трубы, мембраны, сильфоны и другие.

Наиболее распространенным методом для создания таких изделий является аргонодуговая сварка с отбортовкой, которая используется для финишной сборки. Этот способ позволяет сваривать тонкостенные конструкции из нержавеющей стали, меди и латуни. Для их изготовления требуется высокая точность сварки, достигаемая за счет использования датчиков, контролирующих положение детали. Анализ показал, что наиболее универсальными в использовании являются пневматические датчики за счет осуществления бесконтактного контроля положения, простоты конструкции и высокой точности.

При выборе первичных преобразователей контроля положения стыка при сварке тонкостенных изделий рассматривались различные альтернативные решения (индуктивные, фотоэлектрические, электроконтактные и телевизионные датчики). Однако их применение существенно ограничено особенностями сварки тон-

костенных изделий. Предпочтительным представляется использование пневматических первичных преобразователей контроля положения. Были рассмотрены несколько видов пневматических первичных преобразователей, гораздо в меньшей степени в литературе рассмотрены преобразователи типа сопло-заслонка щелевого типа. Малые габариты измерительных сопел таких устройств позволяют применять их для контроля положения изделий шириной до 0,1 мм [1]. Учитывая малый объем научной информации о таких устройствах, было решено провести их исследование с целью определения параметров преобразователей для использования в разрабатываемой следящей системе управления положением сварочного инструмента.

Исследуемый пневмодатчик включает в себя входной цилиндрический дроссель 1 постоянного сечения и выходной переменный дроссель 2 щелевого типа. При исследовании определялись достижимые диапазоны измерения и чувствительность. В расчетах принималось допущение, что изменение параметров состояния воздуха в междроссельной камере происходит по изотермическому закону.

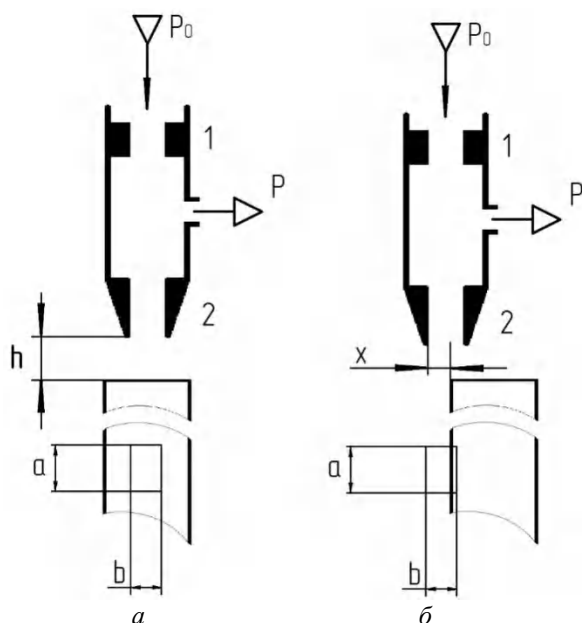


Рис. 1. Схемы измерений:
а – схема осевого смещения стыка; б – схема поперечного смещения стыка

Для схемы а (рис. 1) исследовалась зависимость изменения давления P на выходе преобразователя от величины измерительного зазора h ($P = f(h)$). В статике, при допущении, что истечение воздуха в атмосферу происходит только через боковой зазор между измерительным соплом и заслонкой, данная зависимость может быть получена из допущения о равенстве расходов газа через входной и выходной дроссели.

Для первичного преобразователя с прямоугольным в сечении измерительным соплом имеем [2]:

$$h = \frac{\alpha_1 \cdot d^2}{8\alpha_2(a+b)} \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P)}{P(P - P_a)}}, \quad (1)$$

где α_1 , α_2 – коэффициенты расхода воздуха через входной и выходной дроссели соответственно; a , b – размеры измерительного сопла в сечении; P_0 – давление питания; P_a – атмосферное давление; P – давление на выходе пневмодатчика; $\alpha_1=0,8$; $\alpha_2=0,3$; $a = 2$ мм; $b = 0,4$ мм; пределы изменения $P = 0,11$ МПа... P_0 .

При исследовании передаточных характеристик проводилось варьирование величинами d и P_0 . Исследуемая комбинация параметров представлена в таблице.

Параметры для исследования

Номер исследуемой комбинации	Диаметр входного дросселя d , мм	Давление питания P_0 , МПа
1	0,2	0,18
2	0,2	0,2
3	0,2	0,22
4	0,4	0,18
5	0,4	0,2
6	0,4	0,22
7	0,6	0,18
8	0,6	0,2
9	0,6	0,22
10	0,8	0,18
11	0,8	0,2
12	0,8	0,22
13	1	0,18
14	1	0,2
15	1	0,22
16	1	0,23
17	1	0,24
18	1	0,25

На рисунке 2 приведено семейство зависимостей $P = f(h)$, рассчитанных по формуле (1), а на рис. 1, а представлена схема измерения. Позиции кривых соответствуют номеру исследуемой комбинации в соответствии с таблицей.

Анализ полученных зависимостей показал, что значительное влияние на крутизну характеристики при данных размерах дросселей оказывает параметр P_0 . Датчик обеспечивает высокую чувствительность (до 550 Па/мкм для случая 18 таблицы). Протяженность линейных участков не превышает значений 100 мкм. Анализ зависимостей показал, что щелевые преобразователи могут работать на измерительных зазорах до 0,1 мм, что вполне удовлетворяет требованиям к преобразователю контроля положения стыка при дуговой сварке.

Датчик пневматической следящей системы должен отслеживать не только осевые, но и поперечные смещения стыка кромок. Поэтому необходимо было провести исследования работы таких устройств при поперечном смещении отслеживаемого стыка кромок и постоянном осевом зазоре.

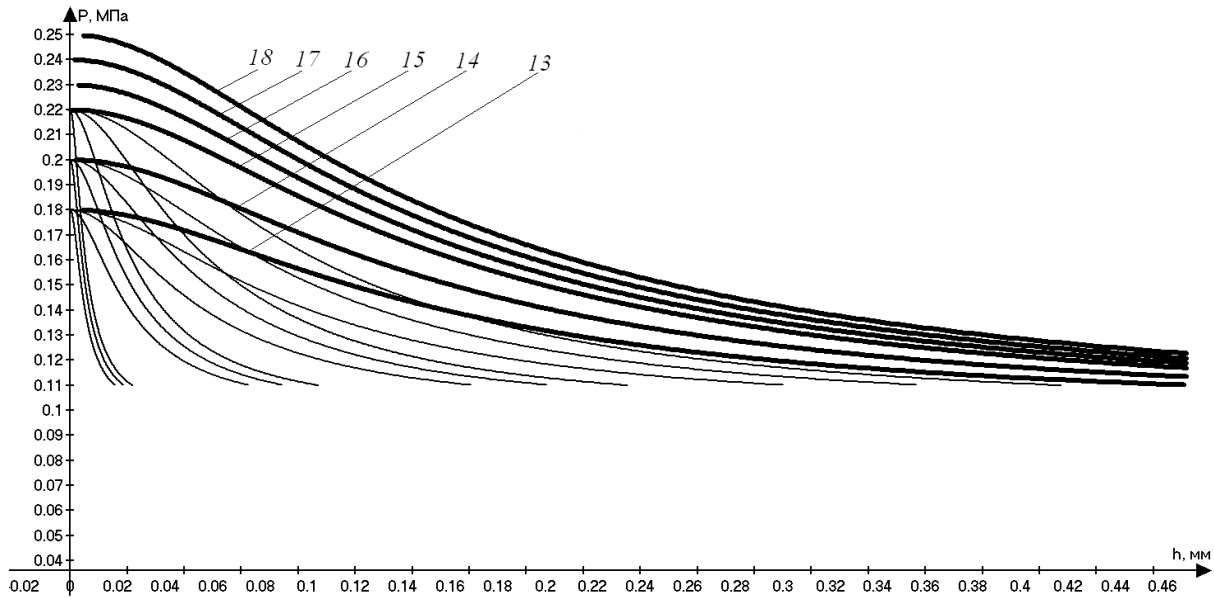


Рис. 2. Статические характеристики $P = f(h)$ щелевого пневмодатчика

Для расчетов мы воспользовались формулой из источника [1]. Изменение давления в междроссельной камере пневматического датчика зависит от величины перемещения заслонки и подчиняется закону:

$$P = \frac{P_0}{1 + \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} \right)^2 \times \frac{16}{\pi^2 d^2} \times \{ h[2(b-x) + a] + ax \}^2}, \quad (2)$$

где h – осевой зазор; x – контролируемое смещение кромки заслонки в перпендикулярном к оси сопла датчика направлении.

Значения констант в формуле (2) выбирались следующими:

$$P_0 = 0,25 \text{ МПа}; d = 1 \text{ мм}; \alpha_1 = 0,8;$$

$$\alpha_2 = 0,3; a = 2 \text{ мм}; b = 0,4 \text{ мм}.$$

Исследовалась зависимость $P = f(x)$ при различных фиксированных значениях зазора h (исследовались случаи $h_1 = 40$, $h_2 = 90$, $h_3 = 140$ мкм). На рис. 2 приведено семейство характеристик $P = f(h)$, вычисленных по формуле (2) для трех указанных значений h , а на рис. 1, б представлена схема измерения. Обозначения элементов на рис. 1, б аналогичны схеме по рис. 1, а.

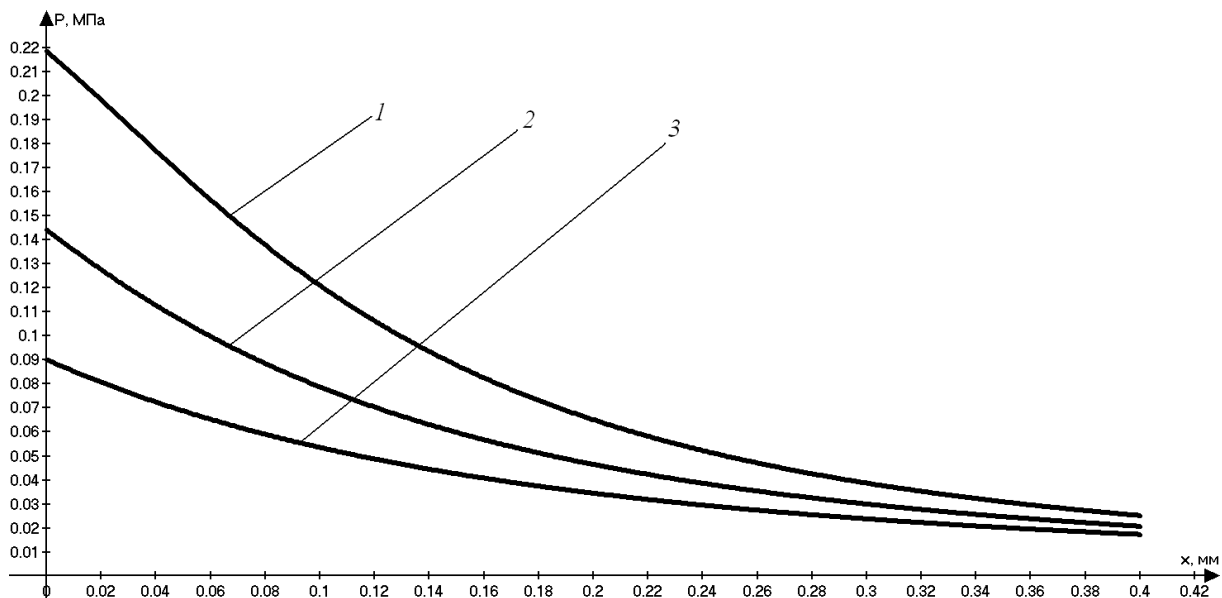


Рис. 3. Статические характеристики $P = f(x)$ пневмодатчика при поперечном смещении кромки

Установлено, что существенное влияние на полученные теоретические зависимости оказывает влияние параметр α_2 , который зависит от формы щелевого сопла и величины зазора h . Приведенные характеристики имеют линейные участки значительной протяженности (для случая 1 в диапазоне перемещений от 0 до 80 мкм относительное отклонение от линейности не превышает 2 %). Величина измерительного зазора при выбранной комбинации параметров не оказывает влияния на чувствительность пневматического датчика, что позволяет выделить сигнал поперечного перемещения заслонки из общего сигнала преобразователя. Чувствительность датчика составляет около 1008 Па/мкм (случай 1 на рис. 3), что вполне удовлетворяет требованиям к датчику поперечного смещения кромок при дуговой сварке. Ввиду малых размеров проходного сечения щелевого сопла

предлагаемый пневматический датчик можно подключить к струйному усилителю через маломощный точный повторитель любого типа.

Проведенное исследование статических характеристик щелевых первичных пневматических преобразователей позволяет заключить о перспективности их применения при построении многокоординатных систем управления положением инструмента при сварке тонкостенных изделий в защитных газах (аргон, гелий).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование пневматических щелевых преобразователей для слежения за кромкой изделия / М. Б. Диперштейн, А. И. Сутин, С. В. Шостенко ; ВолгГТУ. – Волгоград, 1995. – 10 с.
2. Котова, В. Г. Автоматическое управление движением сварочной горелки по линии стыка / В. Г. Котова, А. Ч. Галицкий, Г. А. Акопьян // Приборы автоматики. – 1970. – С. 32–39.