

УДК 681.2.08

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТИПА «СОПЛО–ПРИЕМНЫЙ КАНАЛ»

Васютенко А.П., Тараховский А.Ю.

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

E-mail: AYTarakhovskiy@sevsu.ru

Рассматривается вопрос совершенствования метрологических характеристик пневматических преобразователей контроля геометрических параметров деталей в машино-приборостроении, в том числе, приборов активного контроля. Приводится схема и описание пневматического преобразователя типа «сопло–приемный канал», зависимость давления воздуха в глухой камере преобразователя от расстояния между торцами сопла и приемного канала. Важными метрологическими характеристиками преобразователей являются чувствительность и диапазон измерения. В статье приводятся результаты моделирования статических характеристик преобразователя типа «сопло–приемный канал» и зависимости чувствительности и диапазона измерений от рабочего давления воздуха, диаметров входного сопла и диаметра отверстия приемного канала. Дана сравнительная оценка метрологических характеристик преобразователей типа «сопло–приемный канал» и «сопло–заслонка».

Ключевые слова: пневматический преобразователь, геометрические параметры деталей, «сопло–приемный канал», чувствительность, диапазон измерения.

STUDY OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PNEUMATIC CONVERTER OF TYPE "SOPPLOY-RECEIVING CHANNEL"

Vasytenko A.P., Tarakhovskiy A.Yu.

The issue of improving the metrological characteristics of pneumatic converters for controlling the geometric parameters of parts in machine-tool construction, including active control devices, is considered. The scheme and description of a pneumatic converter such as a nozzle-receiving channel, the dependence of the air pressure in the blind chamber of the converter on the distance between the ends of the nozzle and the receiving channel is given. Important metrological characteristics of the converters are the sensitivity and range of measurement. The article presents the results of modeling the static characteristics of the nozzle-receiving channel type and the dependence of the sensitivity and range of measurements on the operating air pressure, the diameters of the inlet nozzle and the diameter of the receiving-channel opening. The comparative estimation of metro-logical characteristics of converters of type "nozzle-receiving channel" and "nozzle- damper" is given.

Keywords: pneumatic transducer, geometrical parameters of parts, "nozzle-receiving channel", sensitivity, measuring range.

Введение

Первичные пневматические преобразователи широко применяются для контроля геометрических параметров деталей [3, 5]. Пневматические приборы имеют ряд преимуществ: обладают высокой точностью, позволяют выполнять дистанционные измерения; наличие малогабаритной измерительной пневматической оснастки позволит выполнять измерения в труднодоступных местах. Для контроля практически любых линейных параметров деталей можно создавать простые конструкции измерительных устройств. Нечувствительность к вибрациям, СОЖ, воздействию магнитных полей создают предпосылки использования пневматических преобразователей в приборах активного контроля, осуществляющих измерения размеров деталей в процессе обработки на плоско и круглошлифовальных станках и выработку управляющих команд, подаваемых в схему станка. Применение приборов активного контроля позволяет повысить точность и производительность обработки деталей за счет компенсации ряда, технологических погрешностей, таких как, тепловые и силовые деформации узлов станка, износ режущегося инструмента путем формирования команд «переход с черного на чистовое шлифование», «выхаживание», «конец обработки» [4].

Преобразователь «сопло–приемный канал»

Важными метрологическими характеристиками преобразователей являются чувствительность и диапазон измерения. В статье приводятся результаты определения указанных метрологических характеристик дроссельного пневматического преобразователя типа «сопло – приемный канал» с глухой пневматической камерой постоянного объема [1], схема которого показана на рисунке 1. Преобразователь состоит из сопла 1 и расположенного на расстоянии X от него приемного канала 2. Давление воздуха $P_{пит}$ подводится к соплу 1 от блока подготовки воздуха, включающего в себя фильтр 3, регулятор-стабилизатор давления воздуха 4 и манометр 5. К приемному каналу 2 подключён пьезоэлектрический датчик давления 6, обеспечивающий получение аналогового выходного электрического сигнала.

При постоянных значениях конструктивных параметров D_0 - диаметра сопла и D_T - внутреннего диаметра приемного канала, величина давления воздуха в глухой камере преобразователя является функцией расстояния x между торцами сопла и приемного канала $P_{k,Q=0} = f(x)$.

При размещении приемного канала на начальном участке струи $\frac{x}{D_0} \leq 5$ величина давления воздуха в глухой приемной камере $P_{k,Q=0}$ находится из выражения:

$$P_{kQ=0} = P_{num} \left[c_1 - c_2 \cdot \frac{D_T}{D_0} + c_3 \cdot \frac{1}{\left(\frac{D_T}{D_0}\right)} - c_4 \cdot \frac{1}{\left(\frac{D_T}{D_0}\right)^2} \right], \quad (1)$$

где:

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= 1 + \frac{1 - 0,2 \cdot \frac{x}{D_0}}{\frac{x}{D_0}}; & c_2 &= 1 + 0,0039 \cdot \left(\frac{x}{D_0}\right)^3; \\ c_3 &= \frac{(0,5 - 0,1 \cdot \frac{x}{D_0})^2}{0,252 \cdot \frac{x}{D_0}}; & c_4 &= \frac{(0,5 - 0,1 \cdot \frac{x}{D_0})^3}{0,126 \cdot \frac{x}{D_0}}; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

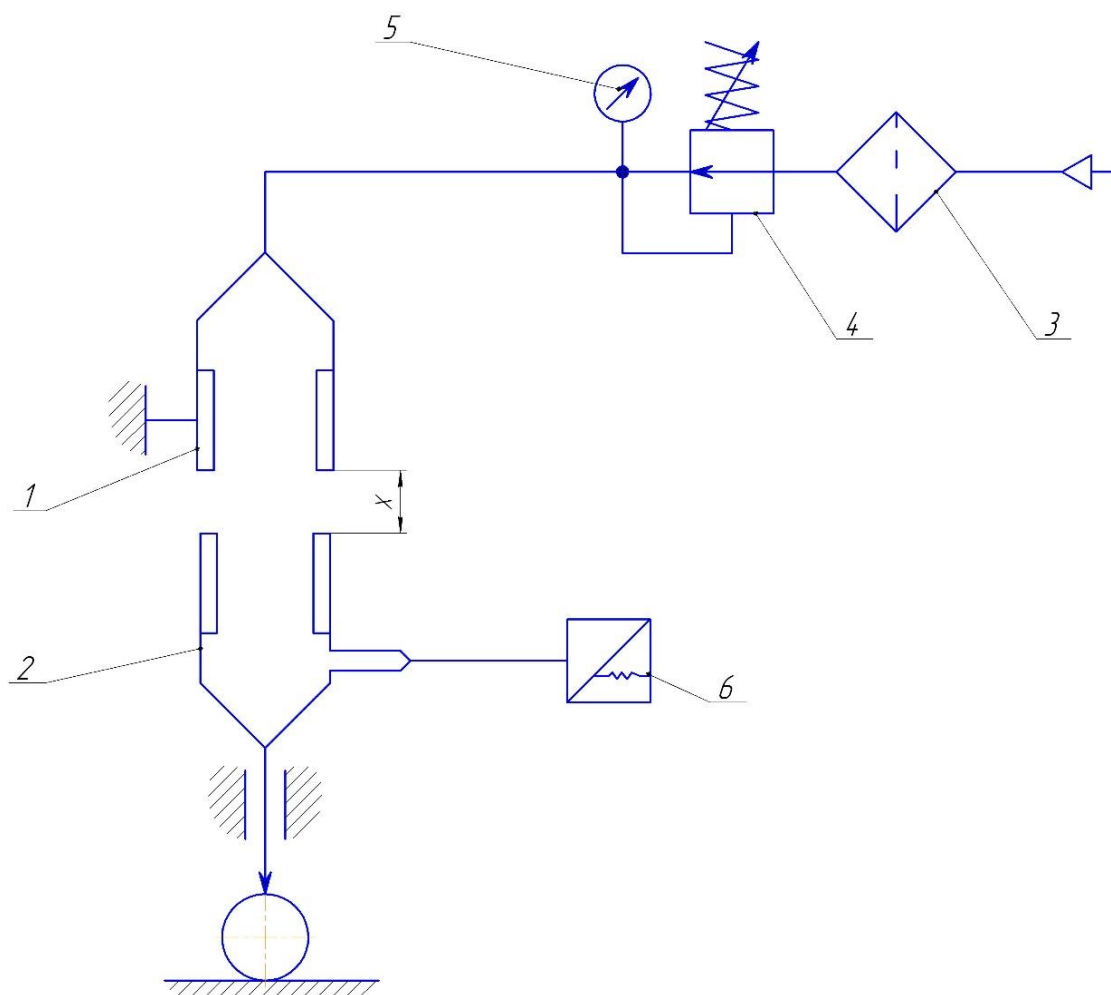


Рисунок 1 - Схема преобразователя типа «сопло – приемный канал»

Статические характеристики, чувствительность, диапазон измерения

Моделирование статических характеристик $P_{k,Q=0} = f(x)$ преобразователя типа «сопло – приемный канал» [2] проводилось при различных сочетаниях давление воздуха $P_{пит}$ и конструктивных параметров, значения которых указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Геометрические параметры пневматического преобразователя

$P_{пит}$, МПа	0,05	0,1	0,15	0,2	
X , мм	0,5	1	1,5	2	2,5
D_o , мм	0,5	1,0	1,2	1,5	
D_r , мм	1	2	4	5	

На рисунках 2–4 показаны графики зависимости $P_{k,Q=0} = f(x)$ для диаметра сопла $D_o=1,5$ мм и давление питания $P_{пит}=0,05; 0,1; 0,15; 0,2$ МПа

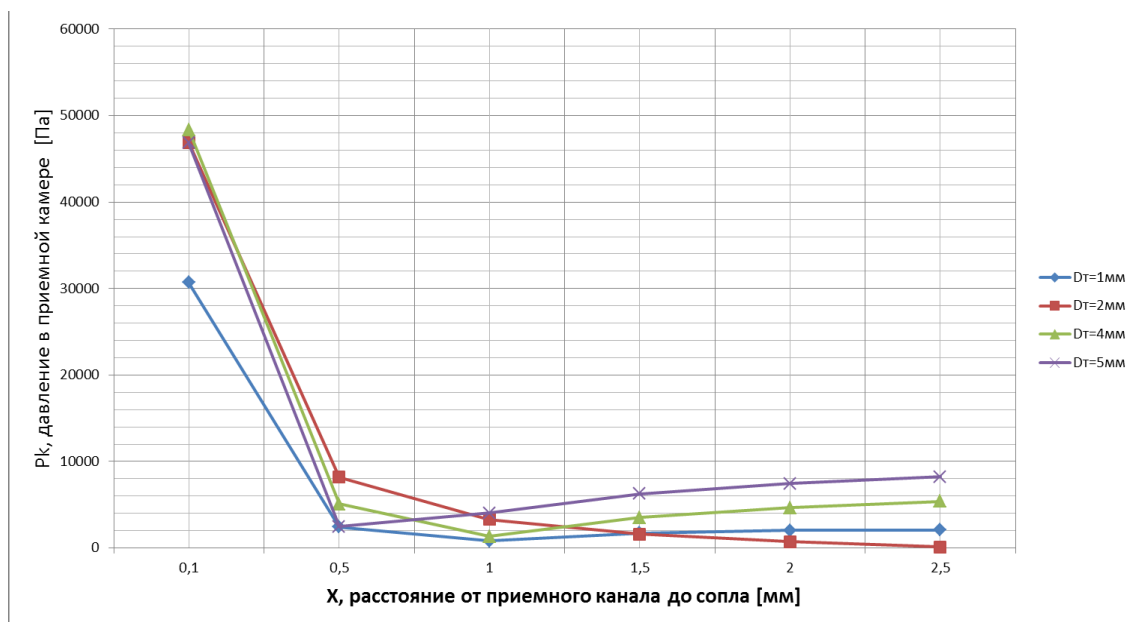


Рисунок 2 - Статическая характеристика преобразователя типа «сопло - приемный канал» при $D_o=1,5$ мм и $P_{пит}=0,05$ МПа

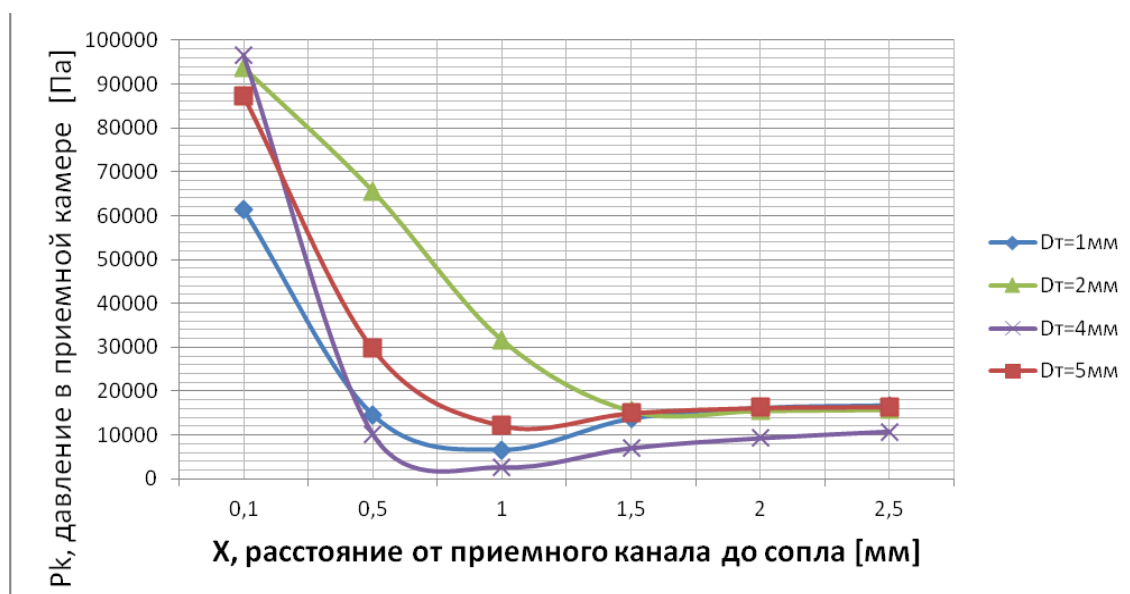


Рисунок 3 - Статическая характеристика преобразователя типа «сопло - приемный канал» при $D_o=1,5$ мм и $P_{пит}=0,1$ МПа

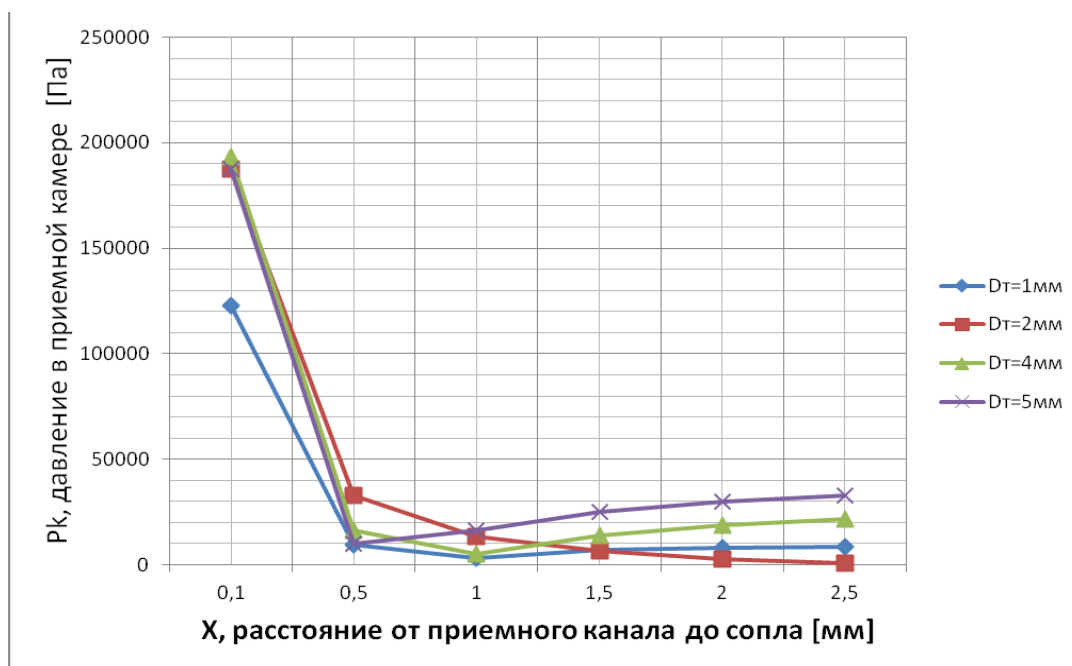


Рисунок 4 - Статическая характеристика преобразователя типа «сопло - приемный канал» при $D_0=1,5$ мм и $P_{пит}=0,2$ МПа

На основе анализа результатов моделирования статических характеристик $P_{k,Q=0} = f(x)$ определены значения пневматических передаточных отношений измерительного преобразователя типа «сопло-приемный канал» при различных сочетаниях диаметров входного сопла D_0 , приемного канала D_r и рабочих давлений воздуха, (рисунки 5-8).

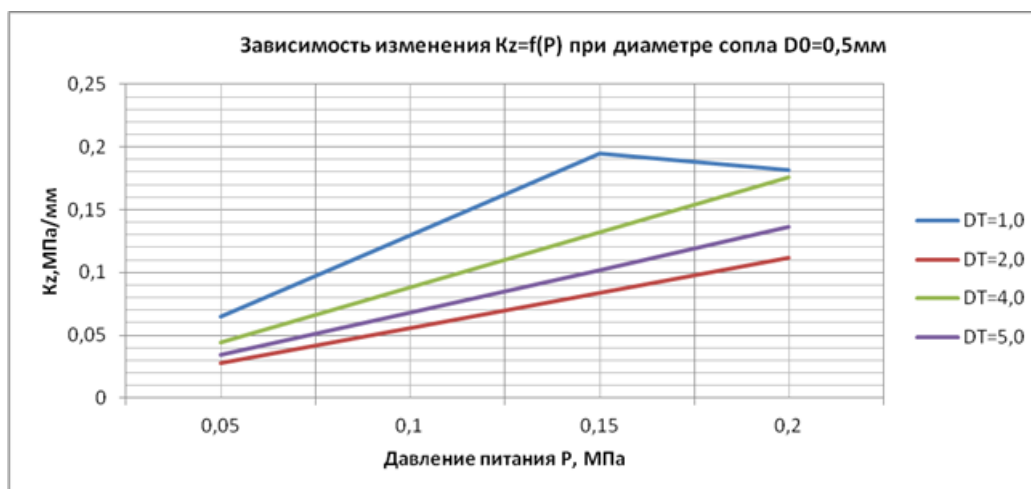


Рисунок 5 - График зависимости $Kz=f(P)$ при постоянном диаметре $D_0=0,5$ мм

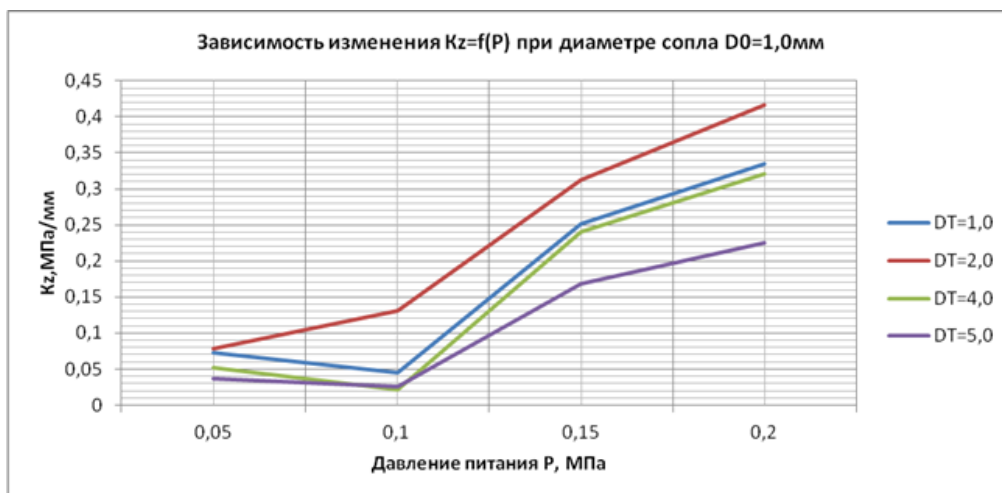


Рисунок 6 - График зависимости $Kz=f(P)$ при постоянном диаметре $D_0=1,0$ мм

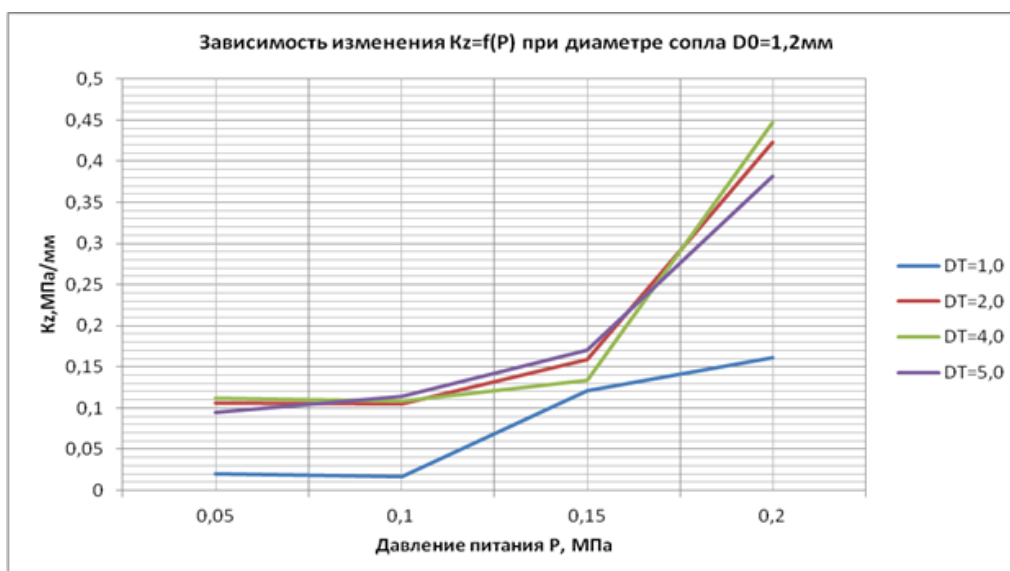


Рисунок 7 - График зависимости $Kz=f(P)$ при постоянном диаметре $D_0=1,2$ мм

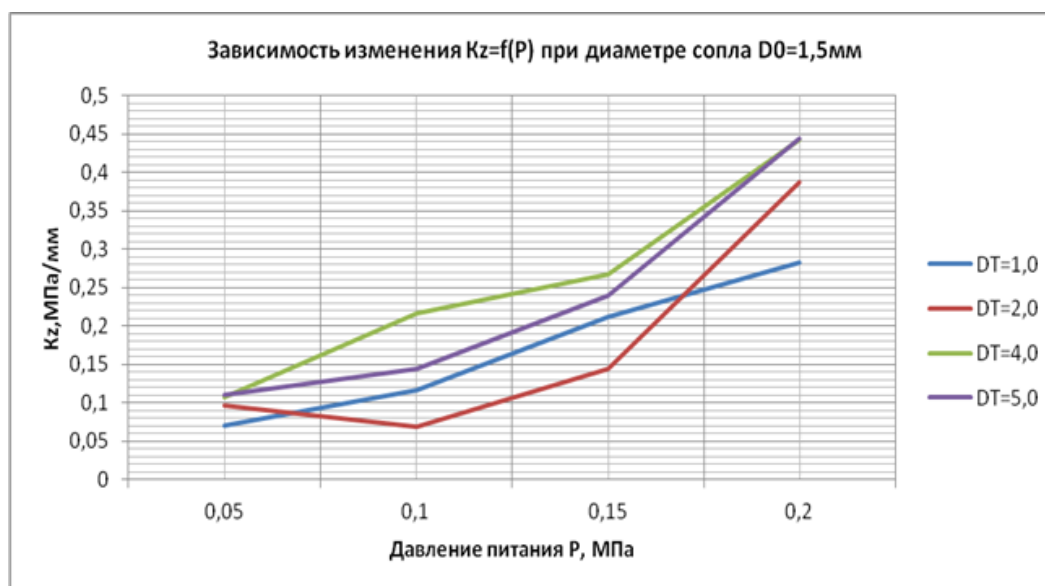


Рисунок 8 - График зависимости $Kz=f(P)$ при постоянном диаметре $D_0=1,5$ мм

Анализ графических зависимостей $K_z=f(P)$ показывает, что наибольшее значения передаточного отношения соответствует следующим параметрам: давление питания $P_{пит}=0,2$ МПа, диаметры входных сопел $D_0=1,2 - 1,5$ мм, диаметры приемных каналов $D_T=1,0 - 5,0$ мм.

Наибольшее значение диапазона измерения соответствует параметрам преобразователя $D_0=1,5$ мм, $D_T=2,0$ мм, $P_{пит}=0,15$ МПа

Выводы

1. Проведено моделирование статических характеристик $P_{k,Q=0} = f(D_0)$ преобразователя типа «сопло - приемный канал» при различных сочетаниях конструктивных параметров.
2. Результаты моделирования показали, что, передаточные отношения дроссельного пневматического преобразователя типа «сопло – приемный канал» лежат в пределах $K_z = 0,065 - 0,444$ МПа/мм, что соответствует нижним пределам K_z пневматических измерительных преобразователей типа «сопло - заслонка».
3. Диапазоны измерения ΔX преобразователей типа «сопло - приемный канал» лежат в пределах $\Delta X=0,4-0,9$ мм при $P_{k,Q=0}=0,1$ и $0,15$ МПа соответственно.
4. Применение преобразователей типа «сопло - приемный канал» позволяет от 3 раз увеличить прямолинейный участок характеристики при давлении питания $P_{пит} = 0,1; 0,2$ МПа и от 5 раз при $P_{пит} = 0,15$ МПа по сравнению с пневматическим преобразователем типа «сопло - заслонка».

Список литературы

1. Васютенко А. П., Ефремова Л. В., Тараховский А.Ю. Дроссельный пневматический преобразователь типа «сопло-приемный канал» // Science in the modern information society X: Proceedings of the Conference. North Charleston, 12-13.12.2016, Vol. 3—North Charleston, SC, USA:CreateSpace, 2016, PP.109-115 p.
2. Васютенко А.П., Ефремова Л.В. Моделирование характеристик пневматического преобразователя «сопло - приемный канал». // В книге: Автоматизация и приборостроение: проблемы, решения Материалы Международной научно-технической конференции. Научный редактор В.Я. Копп. 2017. С. 122-123.
3. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебное пособие / С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстов, Р.В. Меркулов. М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 464 с.
4. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / под ред. В.В. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.
5. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений: учебник для вузов – 3-е изд., стер. / М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 336 с.