

УДК 681.2.08

А.П. Васютенко, доцент, канд. техн. наук,**Л.В. Недобой, ассистент,****М.И. Гарматюк, инженер***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: ps@sevntu.com.ua***ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ОБКАТНЫМ РОЛИКОМ**

Приведены схема измерительной системы с амплитудно-частотным пневматическим преобразователем и обоснование принципа измерения, рассмотрены результаты моделирования с целью определения оптимальных параметров преобразователя.

Ключевые слова: измерение, активный контроль, пневматический преобразователь, амплитудно-частотная характеристика.

Особенностью автоматизации контрольных операций в процессе токарной обработки являются ограничения, накладываемые на конструкцию измерительного устройства и связаны с активным стружкообразованием, вибрациями в процессе обработки, использованием СОЖ. Исследуется возможность использования пневматического преобразователя в сочетании с эксцентриком, скорость вращения которого n связана с диаметром обрабатываемой детали D зависимостью

$$n = \frac{D}{d} N, \quad (1)$$

где d – диаметр обкатного ролика; N – скорость вращения обрабатываемой детали.

Схема измерительной системы показана на рисунке 1. Обрабатываемая деталь 1 установлена в патрон 2 и поджимается задним центром 3. С поверхностью детали контактирует обкатной ролик 4, закреплённый на рычаге 5. Прижим ролика к детали осуществляется пружиной 6.

Принцип действия измерительного устройства заключается в том, что измеряется скорость вращения обкатного ролика n , которая зависит от диаметра D обрабатываемой детали, при постоянной скорости её вращения N . Скорость вращения ролика измеряется с помощью пневмо-индуктивного преобразователя 7, а скорость вращения детали – фотоэлектрическим преобразователем, включающим в себя источник света 8, конденсор 9, отражающий элемент 10, который закреплён на шпинделе станка и фотоприемник 11.

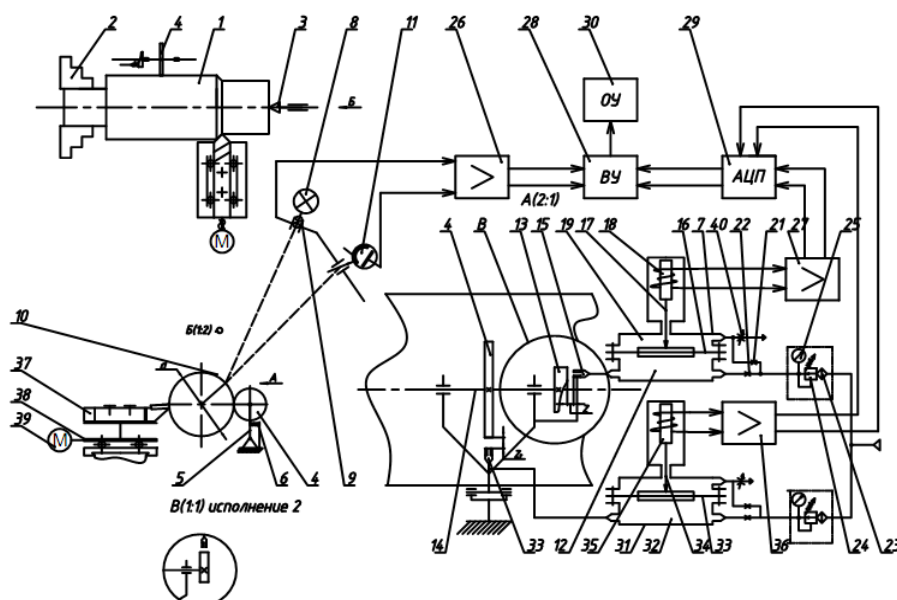


Рисунок 1 – Кинематическая схема измерительного устройства с обкатным роликом

Принцип измерения основан на зависимости давления воздуха h_u в измерительной камере 12, от скорости вращения торцового кулачка 13, закреплённом на общем валу с обкатным роликом 4.

При вращении торцового кулачка 13 зазор Z между ним и измерительным соплом 15 будет изменяться по синусоидальному закону, а давление воздуха в измерительной камере h_u – по

экспоненциальному, в зависимости от частоты вращения кулачка. При увеличении скорости вращения давление воздуха в измерительной камере будет уменьшаться, что приводит к перемещению упругой мембраны 16 и измерительного штока 17 индуктивного преобразователя 18. Давление воздуха h_n в камере противодействия 19 постоянное, и подаётся от блока подготовки воздуха 20 через входное сопло 21.

Воздух к измерительному соплу 15 и в измерительную камеру 12 подаётся через входное сопло 22. Блок подготовки воздуха состоит из фильтра 23, регулятора – стабилизатора 24 и манометра 25.

Сигналы измерительной информации от фотоэлектрического преобразователя 11 и индуктивного – 18 поступают на усилители 26, 27, а затем – в вычислительное устройство 28. Для преобразования аналогового выходного сигнала индуктивного преобразователя служит аналого-цифровой преобразователь 29. Вычислительное устройство сравнивает значения скорости вращения детали N и ролика n и вычисляет значение диаметра детали при известном постоянном диаметре ролика 4.

Для компенсации температурной деформации обкатного ролика, путём введения соответствующих поправок в результат расчёта диаметра детали, служит пневмо-индуктивный преобразователь 31, к измерительной камере 32 которого подключено измерительное сопло 33. Зазор Z_T между измерительным соплом 33 и радиальной поверхностью обкатного ролика 4 будет зависеть от температуры ролика. Увеличение температуры ролика 4 приводит к уменьшению зазора Z_T , и увеличению давления в измерительной камере 32. Сигнал с индуктивного преобразователя 35 поступает на усилитель 36, а затем в вычислительное устройство 28, где определяется величина поправки P_T и уточнённое значение диаметра детали.

Измерительная система предусматривает возможность регулирования диаметра обрабатываемой детали путём изменения настройки положения резца 37 с помощью электромеханического привода 39. Резец 37 крепится в резцедержателе на подвижной каретке 38.

Амплитудно-фазовая характеристика (АФХ) системы в общем виде описывается выражением

$$W(i\omega) = \frac{x_{\text{вх}}(i\omega)}{x_{\text{вх}}(i\omega)} = \frac{A_{\text{вх}}(\omega) \cdot e^{i\varphi_{\text{вх}}(\omega)}}{A_{\text{вх}}(\omega) \cdot e^{i\varphi_{\text{вх}}(\omega)}} = \frac{A_{\text{вх}}(\omega)}{A_{\text{вх}}(\omega)} \cdot e^{i[\varphi_{\text{вх}}(\omega) - \varphi_{\text{вх}}(\omega)]} = A(\omega) \cdot e^{i\varphi(\omega)}, \quad (2)$$

где $A(\omega) = \frac{A_{\text{вх}}(\omega)}{A_{\text{вх}}(\omega)}$ — амплитудно-частотная характеристика (АЧХ).

Экспериментальные исследования пневматических преобразователей позволили получить уравнение, с достаточной точностью (1...2 %) описывающее их АЧХ в диапазоне от 0 до 300 пер/мин синусоидально изменяющегося входного сигнала (изменение зазора между торцовым кулаком и мерительным соплом)

$$A(n) = \frac{A_{\text{дин}}}{A_{\text{ст}}} = \frac{1}{1 + a_{100} \left(n \frac{V}{100} \right)^{3/2}}, \quad (3)$$

где $A_{\text{дин}}$ и $A_{\text{ст}}$ — соответствующие динамическая и статическая амплитуды колебаний, выраженные в одних и тех же единицах; n — число периодов в минуту синусоидального изменяющегося размера; V — объём измерительной камеры в см^3 ; a_{100} — коэффициент, зависящий от параметров пневматической измерительной системы: диаметра входного сопла d_1 , рабочего давления воздуха H , и объёма пневмокамеры V .

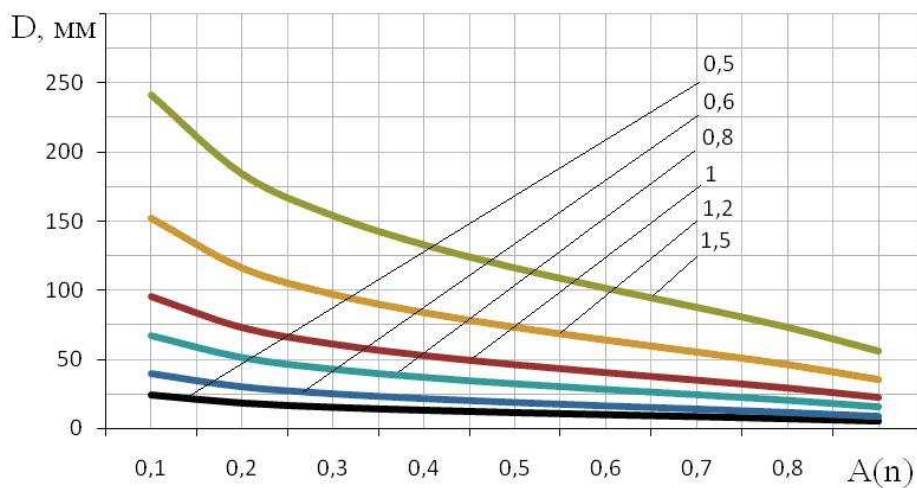
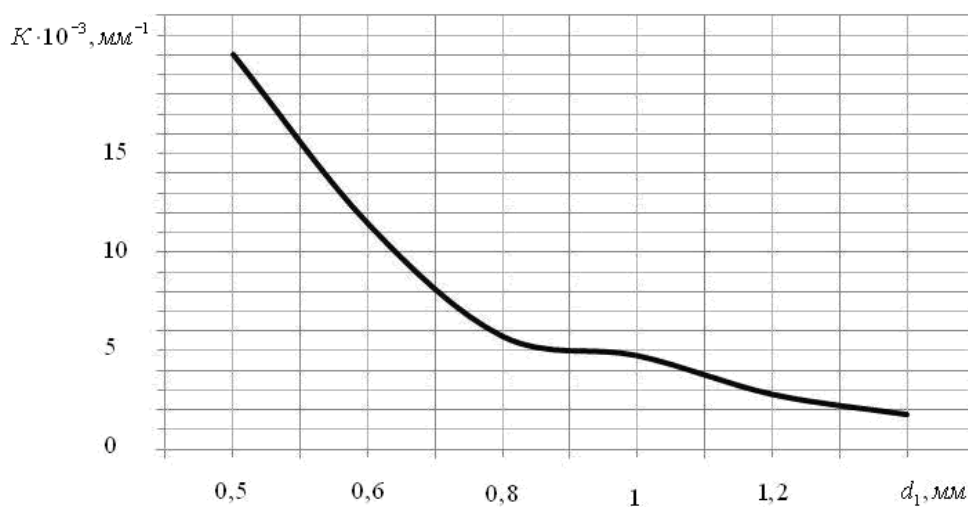
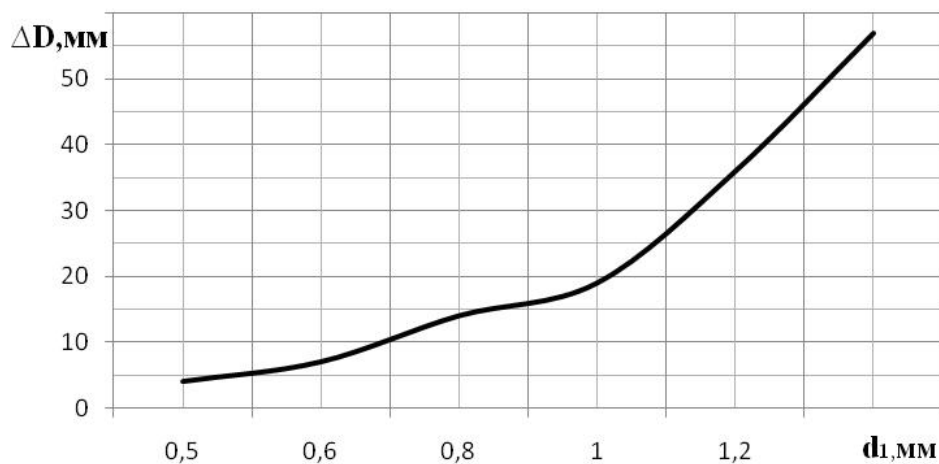
Выразив n из формулы 3 и подставив в 1, получим

$$D = \frac{d}{N} \frac{100}{a_{100}^{2/3} V} \sqrt[3]{\left(\frac{1}{A(n)} - 1 \right)}. \quad (4)$$

Это выражение описывает взаимосвязь между диаметром обрабатываемой детали D и амплитудно-частотной характеристикой пневматического измерительного преобразователя $A(n)$, которая может принимать значения $A(n) = 0...1$.

При автоматизации измерительных операций возникает необходимость в создании устройств, как с малым диапазоном измерения ΔD и высокой чувствительностью k , так и с широким диапазоном, для измерения деталей диаметром от 20 до 200 мм и выше. Поэтому при моделировании статических характеристик измерительной системы с обкатным роликом рассматривались различные сочетания рабочих давлений воздуха ($H = 0,1; 0,15; 0,2$ МПа), диаметров входных сопел ($d_1 = 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5$ мм) и объёмов измерительных камер ($V = 40; 60; 100$ см^3).

На рисунке 2 показаны графические зависимости диаметра детали и АЧХ $D = f(A(n))$ при различных диаметрах входных сопел $d_1 = 0.5 \dots 1.5$ мм, рабочем давлении воздуха $H = 0.2$ МПа и объеме измерительной камеры $V = 100 \text{ см}^3$. На графиках (рисунки 3 и 4) показаны зависимости чувствительности $K = \frac{\Delta A(n)}{\Delta D}$ от диаметра входного сопла $K = f(d_1)$ и диапазона измерения $\Delta D = f(d_1)$.

Рисунок 2 – График зависимости $D = f(A(n))$ Рисунок 3 – График зависимости $K = f(d_1)$ Рисунок 4 – График зависимости $\Delta D = f(d_1)$

Анализ графических зависимостей $D = f(A(n))$, $\Delta D = f(d_1)$ и $K = f(d_1)$ показывает, что наибольшая чувствительность и диапазон измерений соответствуют рабочему давлению воздуха $H = 0,2$ МПа.

На рисунках 5 и 6 показаны зависимости $k = f(d_1)$ и $\Delta D = f(d_1)$ для диаметров входных сопел $d_1 = 0,5 \dots 1,5$ мм, объемов пневмокамер $V = 40, 60, 100$ см³ при рабочем давлении воздуха $H = 0,2$ МПа.

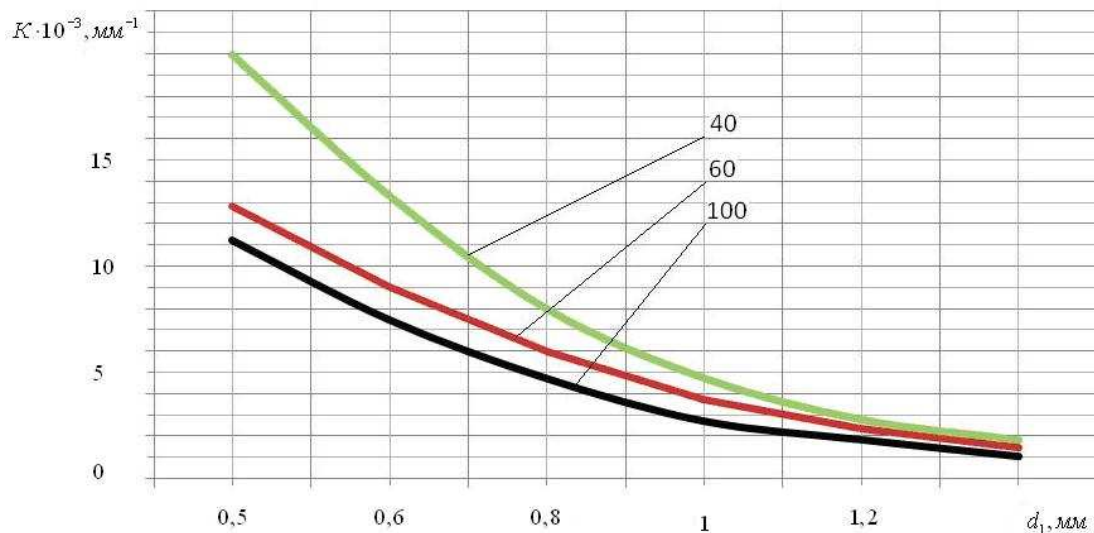


Рисунок 5 – График зависимости $K = f(d_1)$ при $H = 0,2$ МПа

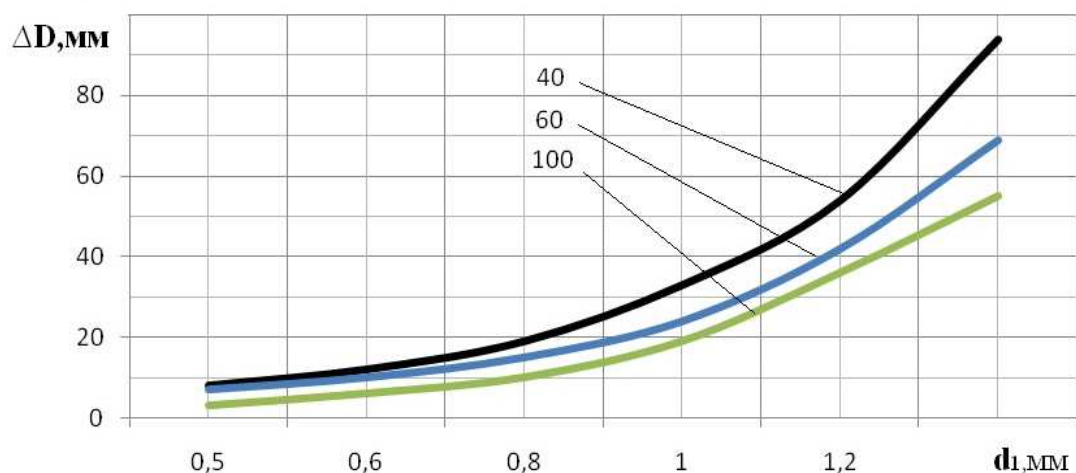


Рисунок 6 – График зависимости $\Delta D = f(d_1)$ при $H = 0,2$ МПа

Анализ расчетных данных графических зависимостей (рисунок 5) $K = f(d_1)$ показывает, что наибольшая чувствительность при соответствующих давлениях возникает при объеме измерительной камеры $V = 100$ см³.

Зависимости $\Delta D = f(d_1)$, представленные на рисунке 6 показывают, что наибольший диапазон измерения при соответствующих давлениях возникает при объеме измерительной камеры $V = 40$ см³. Максимальное значение диапазона соответствует давлению воздуха $H = 0,2$ МПа.

Таким образом, с учетом максимальных значений чувствительности K и диапазона измерения ΔD оптимальным является давление воздуха $H = 0,2$ МПа, а объем пневматической камеры $V = 60$ см³.

Библиографический список использованной литературы

1. Высоцкий А.В. Пневматические измерения линейных размеров / А.В. Высоцкий. — М.: Машиностроение, 1983. — 267 с.
2. Педь Е.Н. Активный контроль в машиностроении: справ. пособие / Е.Н. Педь, А.В. Высоцкий, М.В. Машинистов. — М.: Машиностроение, 1975. — 336 с.

Поступила в редакцию 16.05.2011 г.

Васютенко О.П., Недобой Л.В., Гарматюк М.И. Пневматична вимірювальна система з обкатним роликом

Наведено схему вимірювальної системи з амплітудно-частотним пневматичним перетворювачем та обґрунтування принципу вимірювання, розглянуто результати моделювання з метою визначення оптимальних параметрів перетворювача.

Ключові слова: вимірювання, активний контроль, пневматичний перетворювач, амплітудно-частотна характеристика.

Vasjutenko A.P., Nedoboj L.V., Garmatjuk M.I. A pneumatic measuring system with the flow forming roller

The scheme of the measuring device with the flow forming roller is obtained, the theoretical substantiation of a principle of measurement is given, calculation and the analysis is carried out.

Keywords: measurement, the active control, the pneumatic converter, the peak-frequency characteristic.