

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***ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО С АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫМ ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

Приведена схема измерительного устройства с обкатным роликом, дано теоретическое обоснование принципа измерения, проведен расчет и анализ амплитудно-частотных характеристик пневматического измерительного преобразователя.

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

Измерение деталей диаметром свыше 100...200 мм при обработке их на токарных и расточных станках представляет значительные трудности, так как применение традиционных измерительных средств, например, скоб, нутромеров, затруднено из-за их большой массы и габаритных размеров. При контроле деталей большого диаметра используют бесконтактные оптические измерительные устройства с изменяющейся площадью светового потока. Общим недостатком бесконтактных оптических устройств является их высокая чувствительность к состоянию поверхности обрабатываемой детали. При наличии на поверхности детали загрязнений или пленки смазочно-охлаждающей жидкости резко возрастает погрешность оптических измерительных устройств. Область их применения – это специальные виды процессов обработки без применения охлаждения.

Бесконтактные датчики размера с применением ионизирующих излучений менее чувствительны к состоянию поверхности контролируемой детали. Такие датчики строятся по схеме оптических с заменой источника света источником ионизирующего излучения. Однако они не получили широкого распространения, так как ионизирующее излучение представляет определенную опасность для здоровья оператора.

При автоматическом контроле получил распространение косвенный метод измерения с использованием обкатного ролика, скорость вращения которого зависит от диаметра детали. Ролик имеет небольшие размеры, легко устанавливается на станках и позволяет производить абсолютные измерения диаметров. К приборам, основанным на методе обкатывания, предъявляют ряд требований: величина измерительного усилия должна обеспечивать качение ролика без скольжения; преобразователь угла поворота измерительного ролика не должен создавать дополнительного сопротивления вращению ролика.

Целью работы является исследование измерительного устройства с обкатным роликом на базе амплитудно-частотного пневматического преобразователя угла поворота для контроля деталей большого диаметра при токарной обработке.

Принципиальная схема измерительного устройства изображена на рисунке 1.

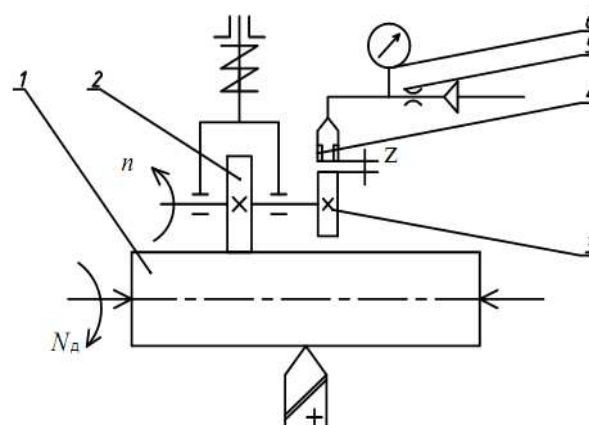


Рисунок 1 – Принципиальная схема измерительного устройства

Принцип действия следующий. В процессе обработки детали 1 измеряется угловая скорость вращения шпинделя N_D . С поверхностью детали контактирует прижимной ролик 2, на оси которого закреплен эксцентрик 3. К поверхности эксцентрика 3 подведено измерительное сопло 4 с зазором z , соответствующим середине прямолинейного участка характеристики преобразователя. Воздух к измерительному соплу подается от стабилизатора через входное сопло 5. При вращении эксцентрика 3 зазор у сопла 4 изменяется от $z_{\min}$ до $z_{\max}$ за один его оборот. Измерительное давление h , отсчитываемое по манометру 6, будет зависеть от скорости вращения эксцентрика 3. Скорость вращения последнего n зависит от диаметра обрабатываемой детали D и скорости её вращения N_D

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

где d – диаметр обкатного ролика 2, мм; n – угловая скорость вращения ролика 2 и соответственно эксцентрика 3, c^{-1} ; N_D – скорость вращения обрабатываемой детали, c^{-1} .

В схеме устройства в качестве информативного параметра используется амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) пневматического преобразователя, описываемая выражением

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

где $A_{дин}$ и $A_{ст}$ – соответственно динамическая и статическая амплитуды колебаний измерительного давления h ; n – скорость вращения ролика (число периодов в минуту синусоидального изменяющего размера); V – объем измерительной камеры, $см^3$; a_{100} – коэффициент, зависящий от параметров пневматической измерительной системы.

После преобразования выражения (2) получим

$$n = \frac{100}{a_{100}^{2/3} V} \sqrt[3]{\left(\frac{A_{ст}}{A_{дин}} - 1 \right)}. \quad (3)$$

Подставим значение n согласно (3) в формулу (1) и получим зависимость $D = f(A(n))$, т.е.

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

Статическую характеристику пневматического преобразователя с достаточной точностью можно описать следующей математической функцией:

$$h = \frac{H}{1 + \left(\frac{4d_2}{d_1^2} \right)^2 z^2}. \quad (5)$$

Здесь H – рабочее давление воздуха, поступающего к входному соплу; d_1 – диаметр входного сопла; d_2 – диаметр измерительного сопла; z – зазор между торцом сопла 4 и эксцентриком 3.

Амплитуда $A_{ст}$ есть ни что иное, как изменение измерительного давления в пневмосистеме $\Delta h_{ст}$, которые можно найти, вычислив частную производную по z в выражении (5) и умножив полученное значение на Δz

$$A_{ст} = \Delta h_{ст} = \frac{\partial h}{\partial z} z, \quad (6)$$

где $\Delta z = 2e$; e – эксцентриситет.

После дифференцирования получим

$$\Delta h_{ст} = A_{ст} = -32 \frac{H d_2^2 z}{\left(1 + 16 \frac{d_2^2 z^2}{d_1^4} \right)^2 d_1^4} \Delta z. \quad (7)$$

Подставив (7) в (4), получим

$$D = \frac{d}{N} \frac{100}{a_{100}^{2/3} V} \sqrt[3]{\frac{1}{A_{дин}} \left(-32 \frac{H d_2^2 z}{\left(1 + 16 \frac{d_2^2 z^2}{d_1^4} \right)^2 d_1^4} \Delta z \right) - 1}. \quad (8)$$

Так как динамическая амплитуда меньше статической $A_{дин} < A_{ст}$ и диаметр детали связан с изменением давления $\Delta h_{дин}$ зависимостью

$$D = f(A_{дин}) = \phi(\Delta h_{дин}), \quad (9)$$

то при изменении диаметра детали, а следовательно, и скорости вращения обкатного ролика $\Delta h_{дин} = A(n) \Delta h_{ст}$, где $A(n) = 0,1 \dots 0,9$.

Тогда выражение (8) можно представить в виде:

$$D = \frac{d}{N} \frac{100}{a_{100}^{2/3} V} \sqrt[3]{\left(\frac{1}{A(n)} - 1 \right)}. \quad (10)$$

Выражение (10) описывает зависимость, связывающую между собой диаметр обрабатываемой детали, параметры пневмосистемы и динамическую характеристику пневматического преобразователя.

Расчет амплитудно-частотных характеристик $A(n) = f(n)$ производился для рабочих давлений воздуха $H = 0,1; 0,15; 0,2$ МПа, объемов пневматической камеры $V = 40; 60; 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, диаметров входных сопел $d_1 = 0,6; 0,8; 1,5$ мм, диаметра измерительного сопла $d_2 = 2$ мм.

На рисунках 2 и 3 показаны графики АЧХ $A(n) = f(n)$ при рабочем давлении воздуха $H = 0,15$ МПа, $V = 40; 60; 100 \times 10^{-6} \text{ м}^3$ и $d_1 = 0,8; 1,5$ мм.

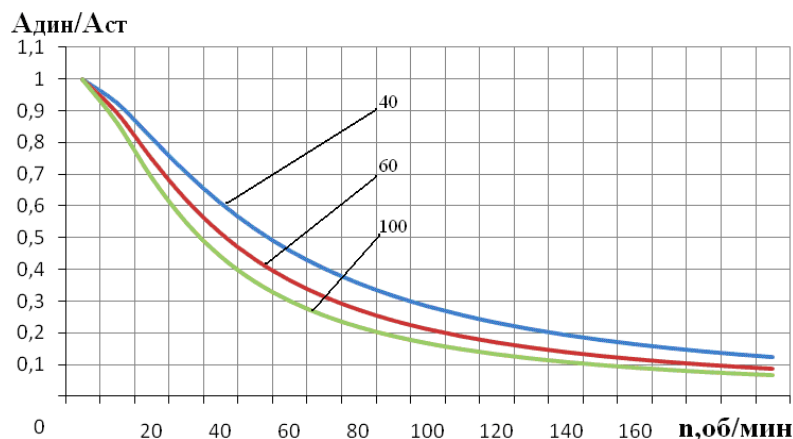


Рисунок 2 – График зависимости $\frac{A_{дин}}{A_{ст}} = f(n)$ при $d_1 = 0,8$ мм

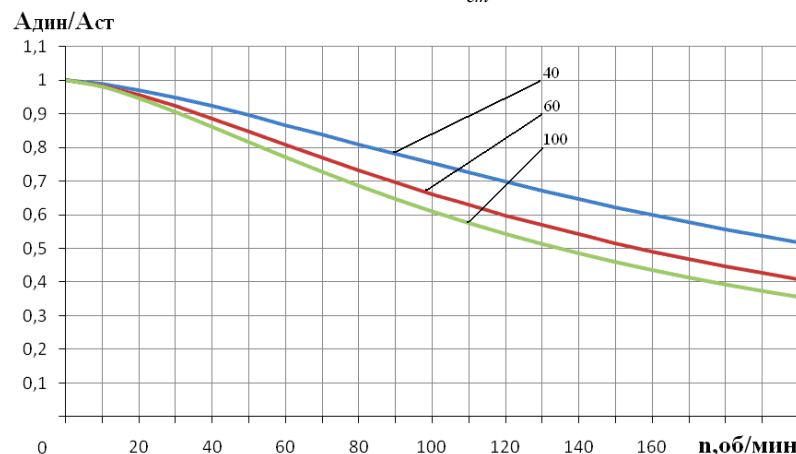


Рисунок 3 – График зависимости $\frac{A_{дин}}{A_{ст}} = f(n)$ при $d_1 = 1,5$ мм

Анализ расчетных данных и графиков показывает существенную зависимость АЧХ от диаметра входных сопел и наличие в АЧХ участков с высокой чувствительностью динамической амплитуды от частоты изменения входной величины (размера или зазора). При этом наибольшая чувствительность соответствует диаметрам входных сопел 0,5...0,8 мм. Диапазон скоростей вращения эксцентрика лежит в пределах от 20 до 200 мин^{-1} (при $d_1 = 1,5$ мм).

Скорость вращения детали определяется передаточным отношением $i = D/d$, которое зависит от сочетания диаметра детали D и диаметра обкатного ролика d , и с учетом ограничений, налагаемых АЧХ пневматической измерительной системы, может составлять $N_d = 60...600 \text{ мин}^{-1}$, что соответствует технологическим режимам токарной обработки.

В дальнейшем представляет интерес провести моделирование работы измерительного устройства, определить чувствительность, диаметры и погрешность измерения.

Бibliографический 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. Машинов. — М.: Машиностроение, 1975. — 336 с.

Поступила в редакцию 16.05.2011 г.

Васютенко О.П., Недобой Л.В., Гарматюк М.І. Вимірювальний пристрій з амплітудно-частотним пневматичним перетворювачем

Наведено схему вимірювального пристрою з обкатним роликом, дається теоретичне обґрунтування принципу вимірювання, проведено розрахунок й аналіз амплітудно-частотних характеристик пневматичного вимірювального перетворювача.

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

Vasjutenko A.P., Nedoboj L.V., Garmatjuk M.I. The Measuring Device with the Peak-frequency Pneumatic Converter

The scheme of the measuring device with flow forming roller is obtained, the theoretical substantiation of the principle of measurement is given, calculation and analysis of peak-frequency characteristics of the pneumatic measuring converter is carried out.

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