

УДК 621.9.06

В.Н. Шкиль, А.Н. Коробочка, В.В.Дорофеев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА «AUTOCAD» ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК КАСАНИЯ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ С ЧПУ

Введение. При проектировании новых современных металлорежущих станков, станков-автоматов, автоматизированных линий и контролирующих приборов применяют аналитические, графические и графо-аналитические методы. Развитие современного машиностроения связано с широким использованием специальных математических знаний. Графические и графо-аналитические методы значительно упрощают и ускоряют решение многих задач.

В машиностроении, приборостроении графические методы расчетов применяют для быстрого, удобного и наглядного решения теоретических и прикладных задач. Графическое проектирование во многом эквивалентно аналитическим операциям. Но в графических построениях практически всегда неизбежны погрешности, которые носят как систематический так и случайный характер. Например, неточность градуировки шкал, несовершенство органов зрения и т.п.

Применение современной вычислительной техники значительно упрощает аналитические расчеты и графические построения. Использование высокоточных профессиональных графических редакторов позволяет выполнить графические построения с высокой точностью. В настоящее время одним из таких графических редакторов является система AutoCAD, которая позволяет выполнять расчёты с точностью до 10^{-8} м. При этом следует помнить, что точность построений в системе не связана с оптическим разрешением монитора или качеством используемого плоттера.

Постановка задачи исследований. Целью данной работы является разработка графического метода расчета в среде AutoCAD погрешностей головок касания, которые зависят от допусков на номинальные размеры опорных деталей измерительных устройств.

Результаты исследований. В настоящее время широкое распространение для измерения геометрических параметров деталей, которые обрабатываются на металлорежущих станках с ЧПУ, нашли измерительные головки касания. Основными элементами

измерительной головки [1] является опорное кольцо 1 и фланец 2 измерительного стакана, между которыми в соосных цилиндрических отверстиях под углом 120° расположены три шарика 3, через которые пропущены струны 4 (рис.1).

Величина погрешности измерительного устройства в значительной степени зависит от точности изготовления шариков и соосных с ними цилиндрических отверстий опорного кольца и фланца стакана.

На рис.2 представлена расчетная схема для графического определения с помощью пакета AutoCAD величин погрешностей измерительной головки касания, зависящей от отклонений номинальных размеров шариков и соосных с ними цилиндрических отверстий.

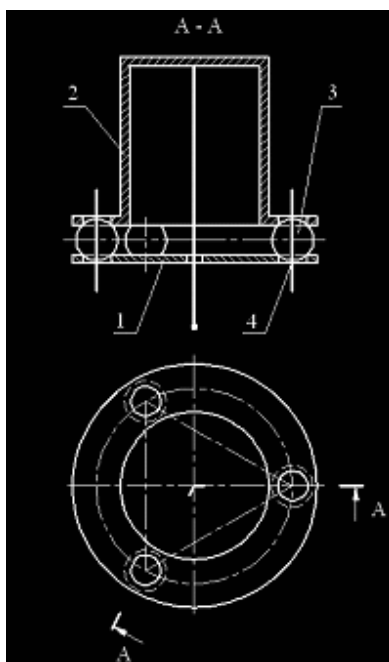


Рисунок 1 - Измерительная головка касания

Величина погрешности измерительной головки составляет [2]:

$$\Delta S = l_n \operatorname{tg} \left(\frac{2}{\sqrt{3}l} \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2 - Z_1 Z_2 - Z_1 Z_3 - Z_2 Z_3} \right), \quad (1)$$

где l_n – длина измерительного наконечника;

l - расстояние между центрами цилиндрических отверстий;

Z_1, Z_2, Z_3 - координаты Z точек A, B, C.

Для определения максимальной величины погрешности головки касания рассмотрим функцию.

$$U = \Delta S^2 \frac{4\ell_H}{3\ell^2} (Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2 - Z_1 Z_2 - Z_1 Z_3 - Z_2 Z_3) \quad (2)$$

Определим частные производные функции U по Z_n ($n=1, 2, 3$) и приравняем их к нулю ($\frac{\partial U}{\partial Z_n} = 0$):

$$\begin{cases} 2Z_1 - Z_2 - Z_3; \\ -Z_1 + 2Z_2 - Z_3; \\ -Z_1 - Z_2 + 2Z_3. \end{cases} \quad (3)$$

Определитель системы уравнений (3) также равен нулю. При этом каждое уравнение является следствием двух других. Рассмотрим первые два уравнения системы и решив их относительно Z_1 и Z_2 , получим $Z_1 = Z_2$.

Таким образом, при $Z_1 = Z_2$ (то есть при $D_1 = D_2 = D_{ш}$ и $d_1 = d_2 = d_0$) величина погрешности измерительного устройства принимает максимальное значение. Приведенный анализ показывает, что начальным условием для графического определения максимальной погрешности головки касания является равенство диаметров двух шариков и двух соосных с ними цилиндрических отверстий опорного кольца, фланца стакана и равенство нулю отклонений номинальных размеров двух шариков и соосных с ними двух цилиндрических отверстий.

Последовательность графического построения в пакете AutoCAD [3] и определение максимальной величины погрешности измерительной головки касания, зависящей от номинальных размеров шариков и соосных с ними цилиндрических отверстий опорного кольца и фланца стакана, должна быть следующей:

1. При известных диаметрах шариков, соосных с ними цилиндрических отверстий и радиусе окружности, на которой расположены центры цилиндрических отверстий, строим в плане (рис. 2б) расположение центров шариков. Учитывая то, что для определения максимальной величины погрешности головки касания необходимым условием является равенство диаметров двух шариков (D_1 и D_2) и двух соосных с ними цилиндрических отверстий (d_1 и d_2) и равенство нулю их предельных отклонений, расположим центры двух цилиндрических отверстий на одной вертикальной прямой (ось i), точки (см. рис.2). Отрезок O_1O_2 примем за ось вращения опорной плоскости Ω фланца стакана при $D_1 = D_2 \neq D_3$ и $d_1 = d_2 \neq d_3$. Пересечение осей x и y является точкой крепления измерительного наконечника (точка O). При $D_1 = D_2 = D_3$ и $d_1 = d_2 = d_3$ опорная плоскость Ω фланца

стакана будет касательной к трем сферам, радиусы которых соответственно равны $r_1 = r_2 = r_3$. Точки А, В, С задают положение плоскости Ω относительно плоскости xOy (рис.2а). При $D_1 = D_2$ и $d_1 = d_2$ плоскость Ω будет перпендикулярной к плоскости чертежа.

2. Используя объектную привязку “Intersection” командой “Circle” из точки $O_1(O_2)$ как из центра вращения плоскости Ω проводим окружность радиусом $R = O_1O$.

При $D_1 = D_2 = D_{ш}$, $D_3 + \Delta T_d$ и $d_1 = d_2 = d_0$, $d_3 + \Delta T_d$ (ΔT_d и ΔT_D – это отклонения номинальных размеров третьего шарика и соосных с ними цилиндрических отверстий) опорная плоскость – фланца стакана повернется на угол 2γ . При этом измерительный наконечник переместится из точки N в точку N' . Расстояние $NN' = \Delta S_D (\Delta S_d)$ является погрешностью измерительной головки касания, зависящей от отклонений номинальных размеров шариков и соосных с ними цилиндрических отверстий опорного кольца и фланца стакана.

3. Командой “Line”, применяя объектную привязку “Tangent”, проводим касательную к окружности $r_1(r_2)$ и r_3' .

4. Опцией “3 Point” переносим в плоскости чертежа начало системы координат в точку O' – точку пересечения касательной с окружностью радиуса R . Положительное направление оси x указываем по направлению касательной, положительное направление оси y будет перпендикулярным к касательной.

5. Из точки O' как из начала системы координат в отрицательном направлении оси y строим отрезок $N'O'$, равный длине измерительного наконечника головки касания.

6. Командой “Liner Dimension” указываем на чертеже размер отрезка NN' .

В таблице 1 приведены величины максимальной погрешности измерительной головки касания, рассчитанной графическим методом в пакете AutoCAD и на основании математической зависимости [4]:

$$\Delta S_R = \frac{8\ell_H R_w}{\sqrt{3}\ell\sqrt{4R_w^2 - d_w^2}} \cdot \Delta T_R, \quad (4)$$

где ℓ_H – длина измерительного наконечника;

R_w – номинальный радиус шарика;

ℓ – расстояние между центрами соосных цилиндрических отверстий;

Анализ результатов расчетов, выполненных на основании использования математической зависимости (4) и графического метода с помощью пакета AutoCAD, показывает, что максимальная величина погрешности вычислений находится в пределах от 0,02% до 0,03%.

В таблице 2 приведены величины максимальной погрешности головки касания, зависящей от отклонений номинальных размеров соосных цилиндрических отверстий, вычисленные графическим методом в пакете AutoCAD.

Таблица 1

Величина максимальной погрешности ΔS_D головки касания при отклонении номинальных размеров шарика ($d_0=3 \cdot 10^{-3}$ м, $D_{ш}=5 \cdot 10^{-3}$ м, $\ell_H=70 \cdot 10^{-3}$ м, $\ell=26 \cdot 10^{-3}$ м)

Степень точности шарика	Отклонение размера диаметра шарика, 10^{-6} м	Величина погрешности, ΔS_D		
		аналитически, 10^{-6} м	в пакете AutoCAD, 10^{-6} м	величина погрешности и Δ , %
3	0,08	0,31	0,3206	0,033
5	0,13	0,50	0,4907	0,019
10	0,25	0,97	0,9437	0,027
16	0,4	1,56	1,5099	0,032
20	0,5	1,94	1,8874	0,027

Таблица 2

Величина максимальной погрешности ΔS_d головки касания при отклонении номинальных размеров цилиндрических отверстий ($d_0=3 \cdot 10^{-3}$ м, $D_{ш}=5 \cdot 10^{-3}$ м, $\ell_H=70 \cdot 10^{-3}$ м, $\ell=26 \cdot 10^{-3}$ м)

Квалитет	Отклонение размера отверстия, 10^{-6} м	Величина погрешности ΔS_d , 10^{-6} м
5	4	4,8588
6	6	7,5068
7	10	12,1677
8	14	17,0542

На рис.3 представлены графики зависимости максимальных величин погрешностей измерительной головки касания ΔS_D и ΔS_d , зависящих от отклонений номинальных размеров шариков и соосных с ними цилиндрических отверстий опорного кольца и фланца стакана.

Выводы. Таким образом, разработанный в пакете AutoCAD графический метод определения погрешностей измерительной

головки касания, зависящей от отклонении номинальных размеров шариков и соосных с ними цилиндрических отверстий опорного кольца и фланца стакана значительно упрощает решение задачи и наглядно отображает результаты решения. При этом погрешность вычислений не превышает 0,03%.

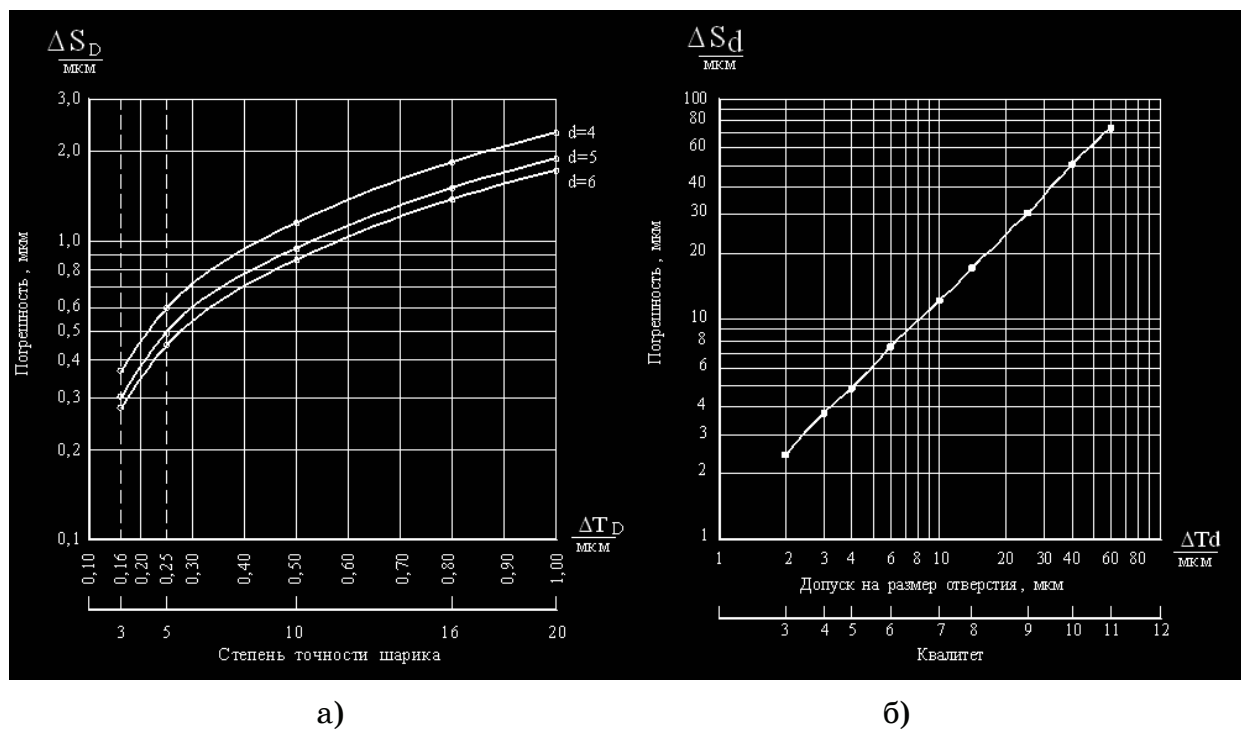


Рисунок 3 - Зависимости погрешностей ΔS_D (а) и ΔS_d (б) измерительной головки касания

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкиль В.Н. Измерительная головка касания // Придніпровський науковий вісник: Машинобудування та технічні науки.-1997.-№44(55).- С. 25-27.
2. Шкиль В.Н., Коробочка А.Н., Стеблянко П.А. Суммарная погрешность головки касания при измерении деталей // Системні технології: Дослідження динаміки і оптимізація параметрів технологічних процесів.- Дніпропетровськ: ДВНП “Системні технології”.-1998.-№2.- С.144-149.
3. Элен Финкельштейн. AutoCAD 2004. Библия пользователя: Пер. с англ.- М.; Издательский дом “Вильямс”, 2004-1100с.
4. Шкиль В.Н., Коробочка А.Н., Стеблянко П.А. Определение погрешности измерения головками касания на станках с ЧПУ // Системные технологии: Автоматизация вспомогательных процессов в машиностроении.-Днепропетровск: Гос.НПП мин. Образования “Системні технології”.-1997.-№1.С.85-87.

Получено __. __.2006 г.