

УДК 621.9.06

Хусаинов Р.М., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ТОЧНОСТИ ОТРАБОТКИ КРУГОВОЙ ТРАЕКТОРИИ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы обеспечения точности обработки на станках с ЧПУ. Предлагается конструкция устройства для испытания точности обработки круговой траектории на станке. По результатам испытания можно определить параметры для компенсации некоторых геометрических погрешностей станка.

Ключевые слова: металлорежущие станки, диагностика, геометрическая точность.

В современной практике эксплуатации станков с числовым программным управлением (ЧПУ) широко применяется в качестве диагностического средства испытание точности круговой интерполяции [1, с. 3]. Такой тест позволяет определить как точностные возможности станка в плане обработки сложных поверхностей, так и (при наличии соответствующего программного обеспечения) оценить геометрическую точность станка вообще. Наиболее эффективно выполнять испытание точности круговой траектории с применением системы типа ballbar, например, фирмы Renishaw, или KGM фирмы Heidenhain. Однако такая оснастка имеет весьма высокую стоимость, и не все предприятия могут позволить себе это оснащение. К тому же, фиксированные размеры такой оснастки не позволяют производить измерения с одинаковой эффективностью на станках различных габаритов.

Предлагаемое устройство и способ определения показателей геометрической точности предназначены для определения геометрических погрешностей металлорежущих станков с целью их последующей программной компенсации, и могут применяться на станках с числовым программным управлением фрезерной группы для повышения точности обработки заготовок на них (рис. 1).

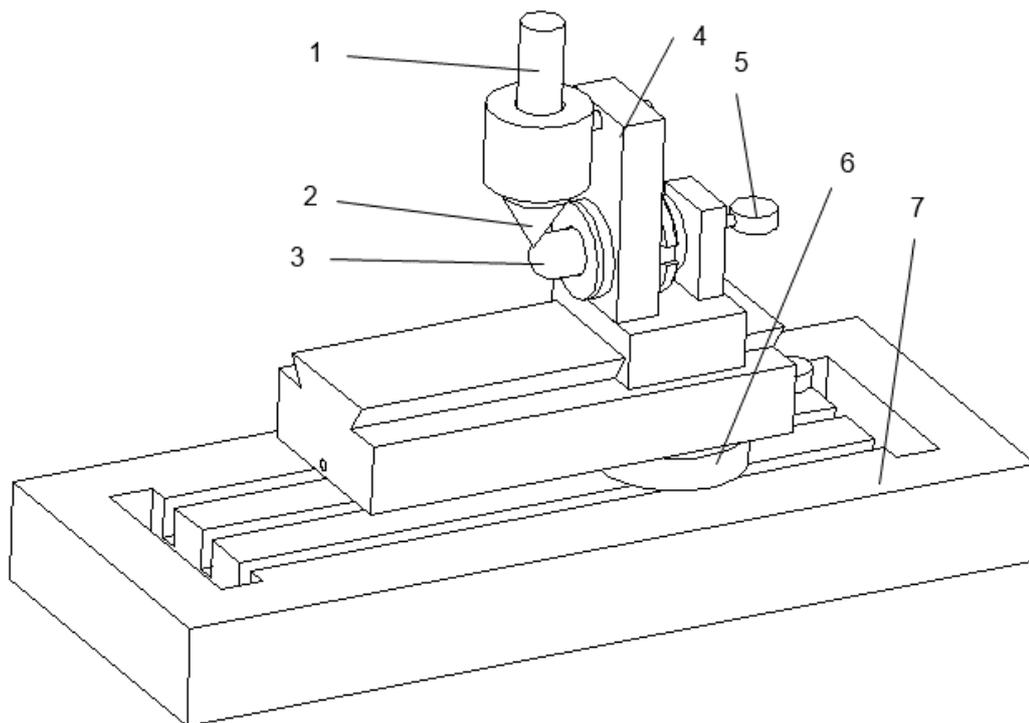


Рис. 1. Устройство для контроля точности обработки круговой траектории

Устройство содержит шпиндельную оправку 1 с коническим концом 2, с которым контактирует щуп 3, установленный на направляющих качения стойки 4. Смещение щупа контролируется индикатором 5. Стойка установлена на цилиндрическом шарнире 6, закрепленном на столе 7 станка. Столу станка по программе задается плоское движение по круговой траектории с центром, соответствующим оси шпинделя станка (рис. 2, показаны положения измерительной системы через 90° , шпиндельная оправка в этих положениях условно смещена от центра).

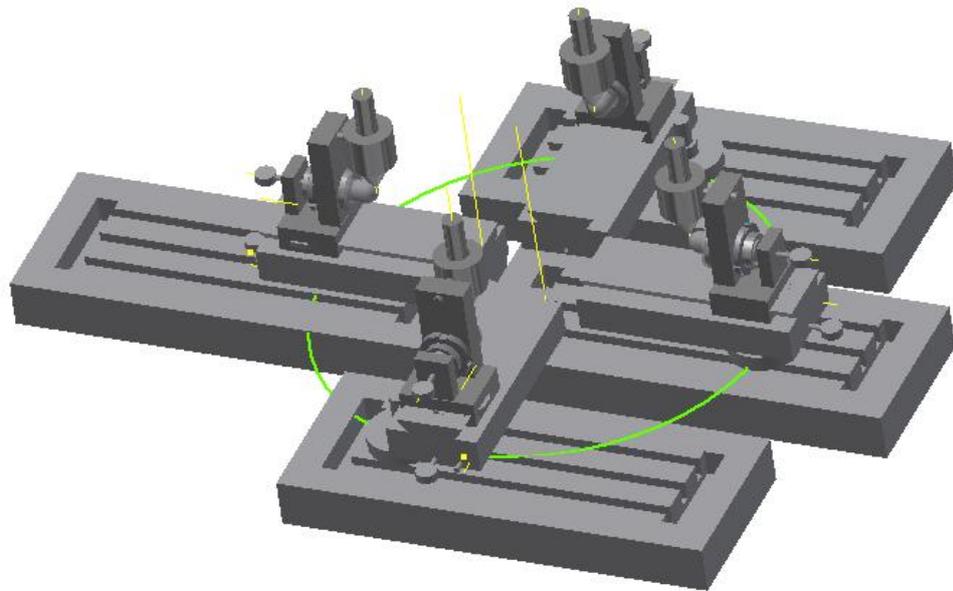


Рис. 2. Положения измерительной системы при проведении испытания

Методика применения устройства основана на измерении отклонения радиус–вектора круговой траектории относительно неподвижного центра. Неподвижный центр материализуется вершиной конуса 2 оправки 1 (рис. 1). Радиус–вектор этой круговой траектории материализуется в виде щупа 3, расположенного между вершиной конуса оправки 2 и индикатором 5. Геометрические погрешности станка проявляются в виде искажения круговой траектории, в частности в виде изменения ее радиуса, что измеряется индикатором 5.

Для реализации методики испытания необходимо набрать и отработать в режиме ручного ввода данных программу круговой интерполяции по часовой стрелке ($G2$), фиксируя показания индикатора через равные интервалы траектории. Радиус, с которым производится перемещение, должен быть равен:

$$R = (l_x/2 - s) \quad 1),$$

где l_x – минимальная длина хода по наиболее короткой оси станка, s – величина запаса, рекомендуется 10 мм.

Конструкция устройства позволяет реализовать круговую траекторию с максимально возможным на станке радиусом, что позволяет наиболее полно учесть погрешности по осям станка.

Центр круговой траектории будет находиться в центре стола. Можно выполнять движение по дуге с обычной рабочей подачей порядка 100 мм/мин, останавливаясь через каждые 5° . В системе ЧПУ SINUMERIK 840D кадр такого перемещения может выглядеть так:

$$G2G54G91AR=5RP=50F100 \quad 2).$$

После прохождения определенного полярного угла θ фиксируется погрешность радиус-вектора δr , измеряемая по индикатору 5, а также текущие координаты X и Y точки круговой траектории.

После прохождения полной окружности необходимо построить график отклонений δr в зависимости от угла θ в полярной системе координат:

$$\delta r = f(\theta) \quad 3).$$

Аналогично обрабатывается программа круговой интерполяции против часовой стрелки ($G3$), после чего строится график в той же системе координат (рис. 3).

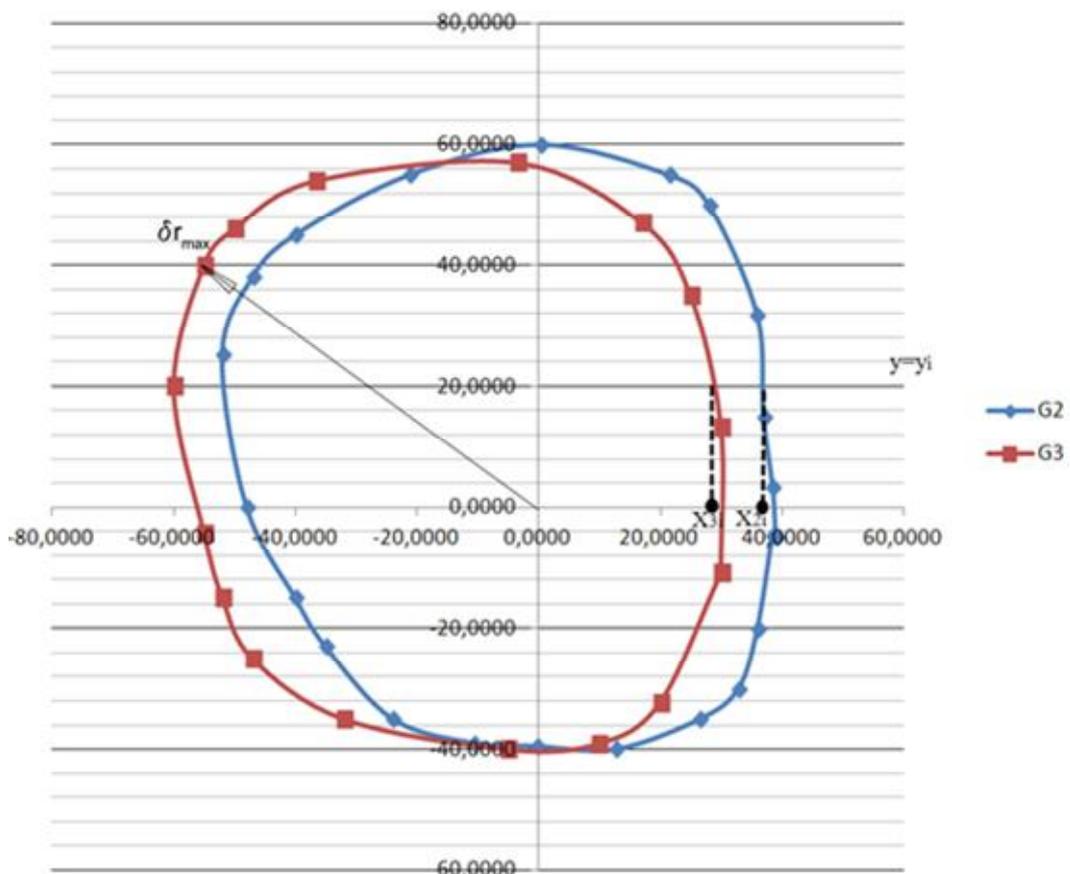


Рис. 3. Графики точности обработки круговой траектории

По результатам испытания можно определить следующие геометрические погрешности станка:

1. Отклонение от круглости траектории круговой интерполяции. В качестве результата принимается наибольшее значение $\delta r - \delta r_{max}$ (рис. 3).

2. Погрешности позиционирования по осям.

Необходимо иметь в виду, что для компенсации геометрических погрешностей станка, нужно, чтобы координаты, при которых вводятся значения компенсации, находились на равном расстоянии друг от друга. Поэтому нужно будет значения интерполированной функции брать не на равных углах θ , а на углах, соответствующих равномерным значениям координат X и Y .

Для этого предварительно необходимо аппроксимировать полученные графики сплайнами. В результате аппроксимации получается зависимость вида:

$$r(\theta) = \sum_{i=0}^n B_i(\theta) \cdot R_i \quad 4),$$

где $r(\theta)$ – радиус-вектор точек кривой, заданной сплайном; $B_i(\theta)$ – i -ый базисный сплайн; R_i – радиус-вектор i -ой контрольной точки.

Рассматривая малые приращения полярного угла θ_j , на каждом шаге можно определить погрешности позиционирования по оси, например Y , как проекции δr на ось Y при положительном направлении движения:

$$\Delta Y_j \uparrow = r(\theta_j) \sin \theta_j; \quad \theta_j \in [0; 180^0] \quad 5).$$

На интервале от 180^0 до 0^0 определяются погрешности позиционирования при отрицательном направлении движения:

$$\Delta Y_j \downarrow = r(\theta_j) \sin \theta_j; \quad \theta_j \in [180^0; 0] \quad 6).$$

Аналогично определяются показатели точности позиционирования по оси Y .

3. Люфты в приводах подачи.

По результатам испытания люфт по оси определяется как разность абсцисс для оси X или ординат для оси Y точек графиков интерполяции G2 и G3. Для определения люфта по оси X необходимо рассмотреть малые приращения по оси Y. На каждом шаге определяются точки пересечения прямой с кривыми G2 и G3, аппроксимированными по соотношениям вида $y=y_i$ (рис. 3). Разность координат X этих точек пересечения даст величину люфта на соответствующем шаге.

$$\Delta_x = X_{2i} - X_{3i} \quad 7).$$

Обработывая полученные данные, можно найти максимальную и среднюю величину люфта по оси. Среднюю величину можно занести в память системы ЧПУ для программной компенсации погрешности.

Аналогично определяются результаты по оси Y.

По результатам расчетов можно определить параметры, которые можно внести в программу компенсации системы ЧПУ. Например, по оси Y программа компенсации выглядит следующим образом (рис. 4, для систем ЧПУ Sinumerik):

```
MD:MM_ENC_COMP_MAXPOINTS [ 0, Y]=6
```

```
$AA_ENC_COMP_STEP[0,Y]=20
```

```
$AA_ENC_COMP_MIN[0,Y]= -50
```

```
%_N_EECDAT_EEC_INI
```

```
$ AA_ENC_COMPSTEP [ 0, Y] = 20
```

```
$AA_ENC_COMP_MIN[0,Y]= -50
```

```
$AA_ENCCOMP_MAX[ 0, Y] = 50
```

```
$AA_ENC_COMP[0,0,Y]= 0
```

```
$AA_ENC_COMP[0,1,Y]= -37.207
```

```
$AA_ENC_COMP [0,2,Y] = -10.627
```

```
$AA_ENC_COMP[0,3,Y]= -8.017
```

```
$AA_ENC_COMP[0,4,Y]= -12.079
```

```
$AA_ENC_COMP[0,5,Y]= 93.407
```

```
M17
```

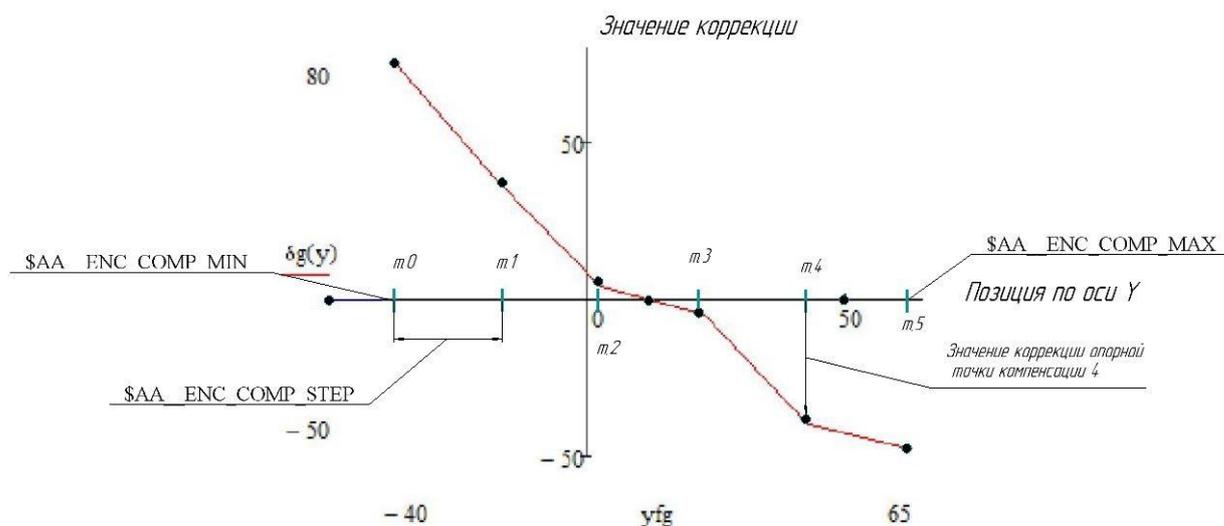


Рис. 4. Программа компенсации погрешностей по оси Y.

Указанные мероприятия позволяют компенсировать некоторые геометрические погрешности станка, что в итоге может обеспечить необходимую точность обработки на станке.

Литература

1. ГОСТ 30544–97. Станки металлорежущие. Методы проверки точности и постоянства отработки круговой траектории. - М.: Изд-во стандартов, 2001 – 6 с.
2. ГОСТ 27843–2006. Испытания станков. Определение точности и повторяемости позиционирования осей с числовым программным управлением. - М.: Стандартинформ, 2007 – 7 с.

Khusainov R.M. candidate of technical sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

APPLICATION OF TEST RESULTS TRACK DEVIATION CIRCULAR
TRAJECTORY FOR COMPENSATION GEOMETRICAL ERRORS OF
MACHINE-TOOLS

Abstract: This article deals with the issues of the accuracy of processing on CNC machines. It is proposed the construction of apparatus for testing the accuracy of working out a circular path on the machine. The testing results allow to define the parameters to compensate for some geometric errors of the machine.

Keywords: machine-tools, diagnostics, geometric accuracy.