

В. А. Тимирязев, А. А. Гололобова, Ю. А. Кареев, МГТУ «Станкин», г. Москва

Управление позиционными связями многоцелевых станков

Предложен способ корректировки управляемых координат многоцелевых станков, позволяющий оперативно вносить изменения в программу управления станком.

Ключевые слова: многоцелевые станки, управляющая программа, управляемые координаты.

V. A. Timiryazev, A. A. Golobova, Yu. A. Kareev

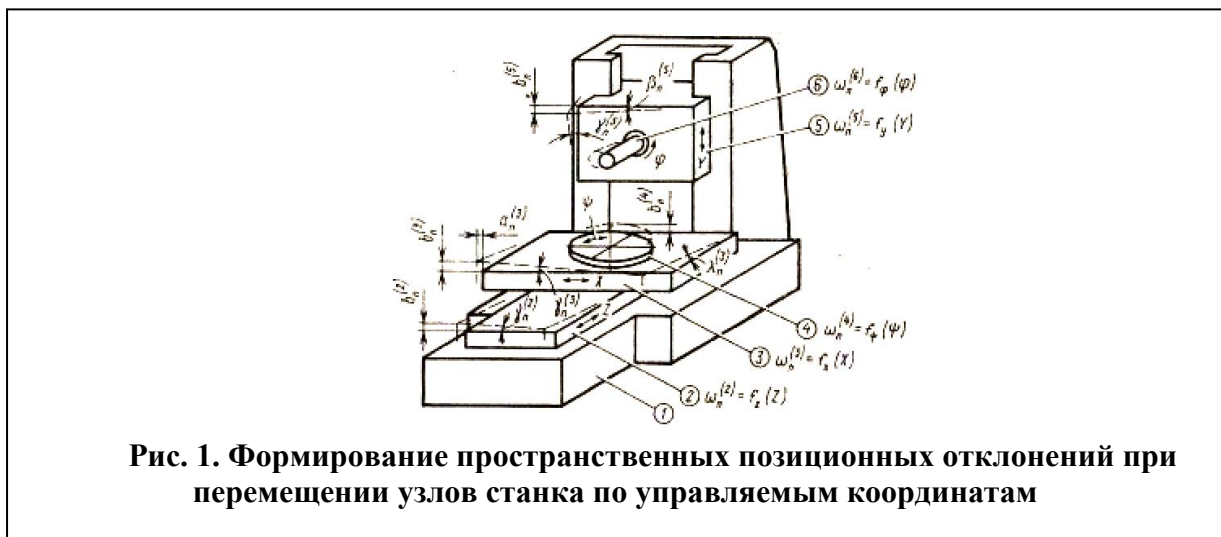
Office of the Positional Relationships of Multi-Purpose Machines

The way of updating of operated coordinates of the multi-purpose machine tools is offered, allowing operatively to make changes to the program of management of the machine tool.

Keywords: multi-purpose machine tools, the operating program, operated coordinates.

Движения формообразования при обработке деталей на станках создаются соответствующими относительными перемещениями исполнительных поверхностей станка, на которых базируются заготовка и режущий инструмент. При этом требуемая траектория относительного движения исполнительных поверхностей достигается в результате перемещения по управляемым координатам X, Y, Z, φ, ψ подвижных узлов станка (столов, суппортов, кареток), базирование которых осуществляется по соответствующим направляющим.

На рис.1. представлен многоцелевой станок горизонтальной компоновки, управляемые координаты которого образуют вектор управления $U = (X, Y, Z, \varphi, \psi)$.



Точность позиционных перемещений каждого из перемещаемых узлов характеризует текущий вектор установки $\omega_{\Pi}^{(i)} = (a_{\Pi}^{(i)}, b_{\Pi}^{(i)}, c_{\Pi}^{(i)}, \lambda_{\Pi}^{(i)}, \beta_{\Pi}^{(i)}, \gamma_{\Pi}^{(i)})$ параметры которого меняются с изменением соответствующей управляемой координаты. При этом параметры вектора установки в данном случае имеют нижний индекс «П», так как характеризуют отклонения, возникающие при позиционировании узлов станка. Верхний индекс i обозначает номер перемещаемого узла.

Привод по каждой управляемой координате определяет точность только одного из шести параметров вектора позиционирования определенного узла:

продольный стол $\omega_{\Pi}^{(2)}(z) = (a_{\Pi}^{(2)}, b_{\Pi}^{(2)}, [c_{\Pi}^{(2)}], \lambda_{\Pi}^{(2)}, \beta_{\Pi}^{(2)}, \gamma_{\Pi}^{(2)})$, координата $Z \rightarrow [c_{\Pi}^{(2)}]$;

поперечный стол $\omega_{\Pi}^{(3)}(x) = ([a_{\Pi}^{(3)}], b_{\Pi}^{(3)}, c_{\Pi}^{(3)}, \lambda_{\Pi}^{(3)}, \beta_{\Pi}^{(3)}, \gamma_{\Pi}^{(3)})$, координата $X \rightarrow [a_{\Pi}^{(3)}]$;

поворотный стол $\omega_{\Pi}^{(4)}(\psi) = (a_{\Pi}^{(4)}, b_{\Pi}^{(4)}, c_{\Pi}^{(4)}, \lambda_{\Pi}^{(4)}, [\beta_{\Pi}^{(4)}], \gamma_{\Pi}^{(4)})$, координата $\psi \rightarrow [\beta_{\Pi}^{(4)}]$;

шпиндельная бабка $\omega_{\Pi}^{(5)}(\psi) = (a_{\Pi}^{(5)}, [b_{\Pi}^{(5)}], c_{\Pi}^{(5)}, \lambda_{\Pi}^{(5)}, \beta_{\Pi}^{(5)}, \gamma_{\Pi}^{(5)})$, координата $Y \rightarrow [b_{\Pi}^{(5)}]$.

Значения остальных пяти составляющих вектора позиционирования для рассматриваемых узлов зависят от геометрической точности станка – от прямолинейности направляющих, от величины зазоров в направляющих и других систематических и случайных факторов, определяющих точность перемещения узла.

Таким образом, позиционирование узла по одной из управляемых координат приводит к возникновению на замыкающем звене пространственных отклонений по всем шести параметрам вектора ω_{Π} . Это означает, что при перемещении по одной управляемой координате одновременно происходит формирование отклонений в других направлениях, движение по которым не программируется. При этом формируемые отклонения могут превышать точность позиционирования по соответствующей координате в 1,5...3 раза. Все эти отклонения формируются на этапе статической настройки, в процессе позиционирования рабочих органов станка в соответствии с заданной управляющей программой.

Таким образом, если каждому значению управляемой координаты $U = (X, Y, Z, \varphi, \psi)$ поставить в соответствие связанные с ними значения параметров векторов позиционирования $\omega_{\Pi}^{(2)}; \omega_{\Pi}^{(3)}; \omega_{\Pi}^{(4)}; \omega_{\Pi}^{(5)}$, то можно определить согласно (17.8) отклонения вектора статической настройки $\Delta k_{c\Pi}$ в любой точке $N_i(x_i, y_i, z_i)$ рабочего объема станка:

$$N_i(x_i, y_i, z_i) \Rightarrow \Delta c_i(\Delta_{cx\Pi}, \Delta_{cy\Pi}, \Delta_{cz\Pi}).$$

Схема пространственных позиционных отклонений в рабочей зоне многоцелевого станка фрезерно-расточного типа (см. рис. 1), полученная в результате аттестации его геометрической точности представлена на рис. 2.

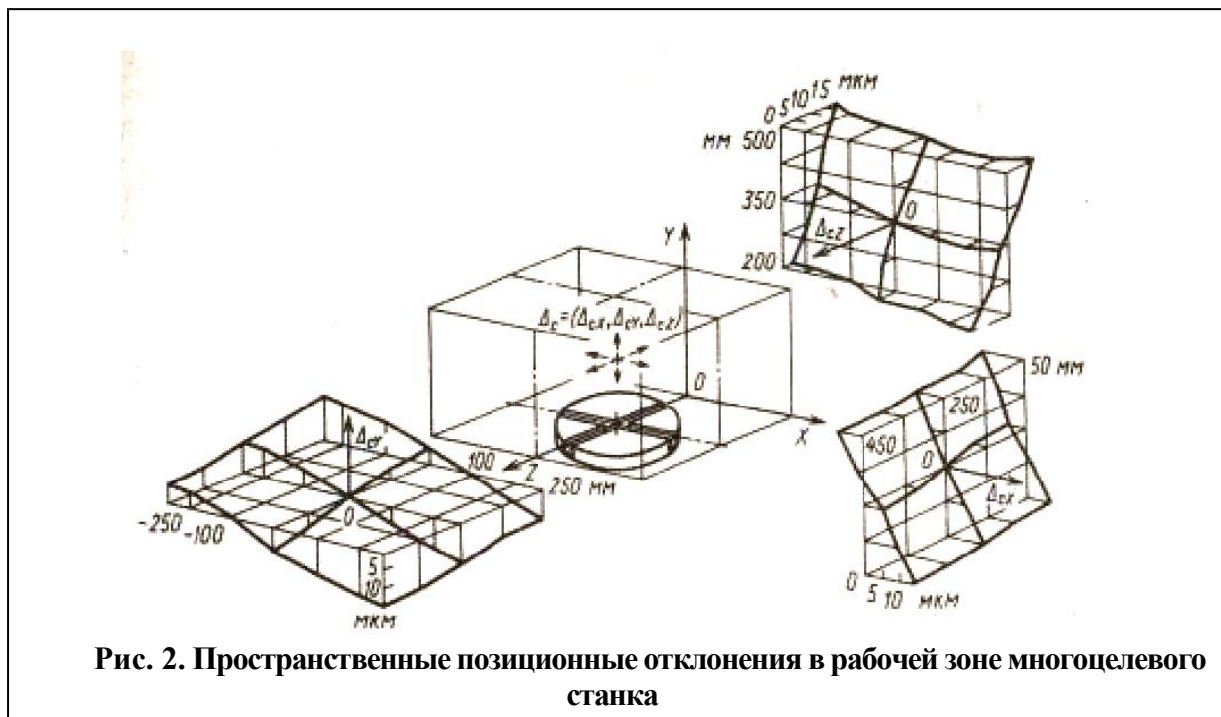


Рис. 2. Пространственные позиционные отклонения в рабочей зоне многоцелевого станка

Для компенсации возникающих позиционных отклонений $\Delta k_{СП}$ применяют способ коррекции. Он заключается в том, что в соответствии с выявленными значениями отклонений в определенной точке рабочей зоны станка $\Delta c_i = (\Delta_{cx} П, \Delta_{cy} П, \Delta_{cz} П)$ автоматически вносится необходимая поправка в управляемые координаты соответствующего кадра программы:

$$(K_{xi}, K_{yi}, K_{zi}) = [(-\Delta_{cxi}), (-\Delta_{cxi}), (-\Delta_{czi})],$$

для $x_i \in (x_{\max} \dots x_{\min})$; $y_i \in (y_{\max} \dots y_{\min})$; $z_i \in (z_{\max} \dots z_{\min})$.

Управление многоцелевым станком с использованием ЭВМ позволяет реализовать способ внесения коррекции в программу управления станком путем изменения текстов кадров программы непосредственно перед подачей получаемой от них информации на обработку станком.

Такой способ коррекции позволяет оперативно по ходу выполнения обработки вносить требуемые изменения в текст соответствующего кадра управляющей программы. При этом ограничением корректирующей процедуры может явиться лишь время, необходимое на изменение требуемого параметра, при котором не нарушается непрерывность процесса обработки детали.

Согласно алгоритму управления, реализуемому с помощью ЭВМ, в начале происходит чтение каждого из кадров программы, заданных в коде ISO-7bit, а затем при необходимости выполняется коррекция заданных значений управляющих координат по формулам:

$$\begin{vmatrix} X^* \\ Y^* \\ Z^* \\ \psi^* \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \\ \psi \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} K_X \\ K_Y \\ K_Z \\ K_\psi \end{vmatrix},$$

где (X, Y, Z, ψ) — координаты, заданные в исходной программе управления станком; K_X, K_Y, K_Z, K_ψ — значения коррекции по каждой из управляющих координат; X^*, Y^*, Z^*, ψ^* — откорректированные значения координат, передаваемые на обработку исполнительным механизмам станка.

Коррекция, вносимая по каждой управляющей координате, определяется, в свою очередь, выражением:

$$\begin{vmatrix} K_X \\ K_Y \\ K_Z \\ K_\psi \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z & a_\psi \\ b_x & b_y & b_z & b_\psi \\ c_x & c_y & c_z & c_\psi \\ d_x & d_y & d_z & d_\psi \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \\ \psi \end{vmatrix}, \quad (1)$$

или в краткой форме записи $K = A \cdot Y$,

где A — матрица функциональных коэффициентов, учитывающих влияние текущих координат на значение корректирующего воздействия.

Элементы матрицы A определяют согласно выражению (1) путем составного преобразования, связанного с суммированием соответствующих элементов прямоугольных матриц, учитывая при этом связь между координатами точек обрабатываемой поверхности детали (x_D, y_D, z_D), размерами вылета инструмента ($x_{ин}, y_{ин}, z_{ин}$) и текущими значениями управляемых координат (X, Y, Z) .

Таким образом, при выполнении установочных и формообразующих движений обеспечивается коррекция относительных перемещений детали и режущего инструмента K_X, K_Y, K_Z с целью компенсации пространственных отклонений $\Delta_{сi} = (\Delta_{сx}, \Delta_{сy}, \Delta_{сz})$ в каждой точке рабочей зоны, обусловленных погрешностью позиционных перемещений и отклонениями геометрической точности оборудования. Коррекция относительного поворота K_ψ осуществляется при наличии угловых отклонений Δ_ψ в положении устанавливаемой детали и спутника. В тех случаях, когда компенсируется только часть позиционных отклонений, определяемая как «погрешность позиционирования по заданной координате», возникающая в результате неточности изготовления ходовых винтов и обработки программы, выражение (2) принимает вид:

$$\begin{vmatrix} K_X^* \\ K_Y^* \\ K_Z^* \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_x^* & & 0 \\ & b_y^* & \\ 0 & & c_z^* \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}. \quad (2)$$

В выражении (2) элементы $a_x^*; b_y^*; c_z^*$ представляют собой диагональные элементы матрицы A (см. 1), которые учитывают

отклонения трех параметров смещения по осям X , Y , Z , возникающие в результате неточности работы привода по соответствующей координате.

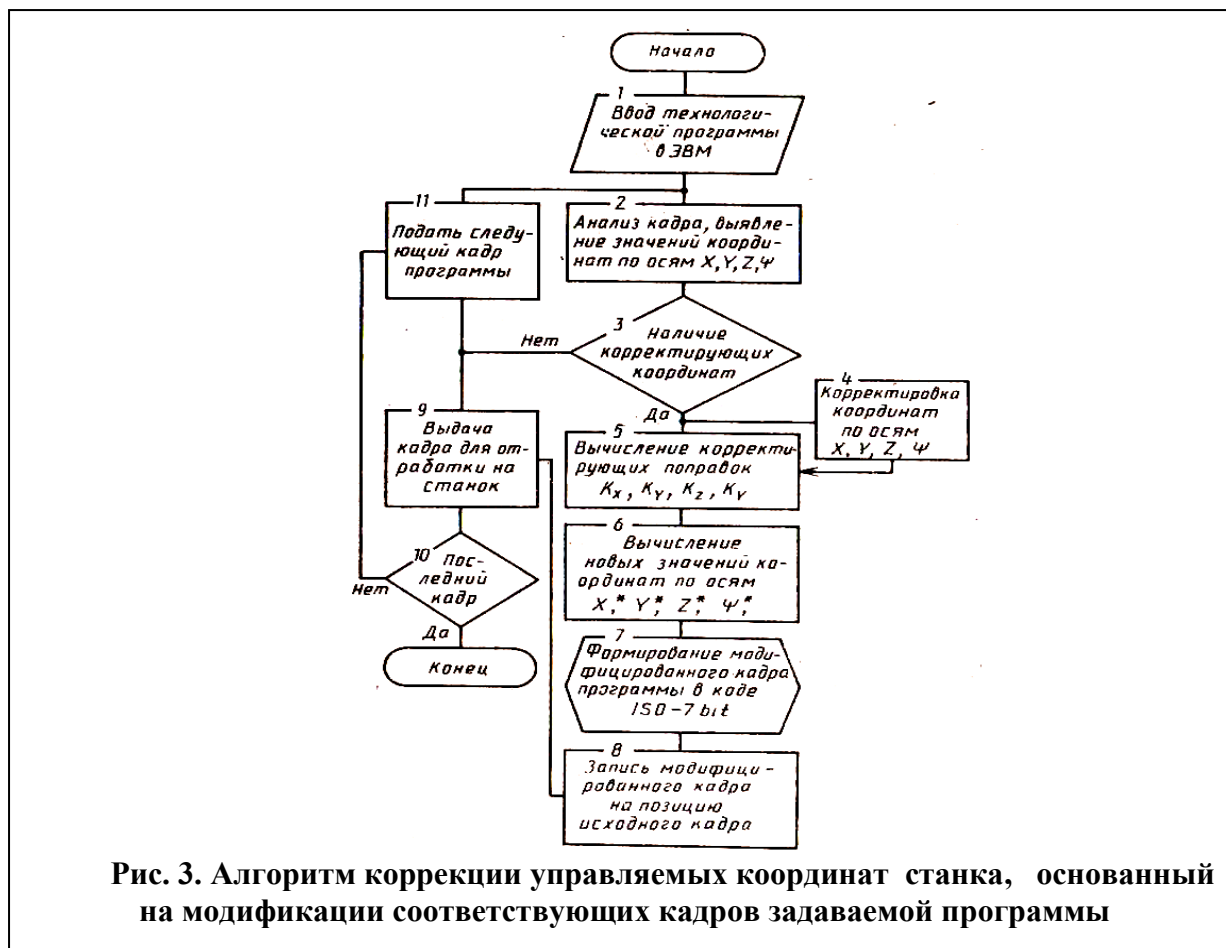
Автоматическое внесение требуемой коррекции в программу станка по ходу обработки означает, что заданные в исходной программе установочные и формообразующие движения дополняются малыми перемещениями, обусловленными действием корректирующих процедур.

Управление станка путем использования ЭВМ или микропроцессора позволяет реализовать предложенный способ управления точностью в виде программно-реализованной корректирующей процедуры, составленной как рабочая программа, размещенная в памяти ЭВМ. Разработанная программа коррекции точности позиционных перемещений имеет иерархическую модульную структуру. Это позволяет путем введения дополнительных программных блоков компенсировать не только отклонения геометрической точности станка, но также температурные деформации, размерный износ инструмента и другие постоянные и систематические факторы, в том числе и отклонения, обусловленные погрешностью установки детали, спутника и инструмента.

Алгоритм выполнения коррекции на основе модификации заданных в программе значений управляемых координат представлен на рис. 3. Выполнение корректирующей процедуры осуществляется в процессе обработки детали при трансляции управляющей программы на станок, т. е. непосредственно перед подачей соответствующего кадра на отработку в систему ЧПУ. Это означает выполнение требований управления станком в реальном масштабе времени.

В процессе трансляции поочередно просматриваются все кадры технологической программы, и для выполнения корректирующей процедуры выбираются те из них, в которых содержится информация о значении задаваемых перемещений в направлении соответствующих управляемых координат. Таким образом, основные исходные параметры, определяющие значение и точность задаваемых перемещений, получают автоматически непосредственно из технологической программы. Обращение к программному блоку для расчета корректирующих поправок происходит на основе полученной информации. Значения функциональных коэффициентов, учитывающих влияние текущих координат на значение корректирующего воздействия, задают в ЭВМ до начала обработки.

Для введения в ЭВМ необходимой информации о геометрической точности станка могут быть использованы также программные таблицы, ставящие в соответствие значения управляемых координат X , Y , Z , ψ и необходимых корректирующих поправок K_x, K_y, K_z .



Новые значения управляющих координат, полученные после введения корректирующих поправок, помещаются на место прежних, и модифицированный кадр передается для отработки на станок. Предложенный способ пространственной коррекции позиционных отклонений может быть реализован также и на обычных многоцелевых станках и станках с ЧПУ, не имеющих канала прямого управления от ЭВМ. В этом случае корректирующая процедура выполняется до начала обработки. В ЭВМ загружают технологическую программу обработки детали и на выходе получают модифицированную управляющую программу станка, в которой учитывается геометрическая точность станочного оборудования, используемого для обработки данной детали.

Список литературы

1. Тимирязев В.А., Кутин А.А., Схиртладзе А.Г., Основы технологии машиностроения. Учебник для Вузов. МГТУ «Станкин». 2011. 363 с.
2. Адаптивное управление технологическими процессами (на металлорежущих станках). ЮМ. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, С.П. Протопопов и др. М.: Машиностроение. 1980. 535с.