

В. Д. Парадеев, А. А. Ибатуллин, ОАО «Арматурно-фланцевый завод»

ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ В АРМАТУРОСТРОЕНИИ

При производстве трубопроводной арматуры, в т.ч. малых диаметров, в настоящее время используется универсальное оборудование. Такая ситуация позволяет обеспечить объемы выпуска, устойчивые рынком, однако вынуждает иметь участки с оборудованием, настроенным на механическую обработку конкретных типоразмеров. Это приводит к увеличению станочного парка, производственных площадей, а, главное, к росту численности персонала.

Сейчас становятся реальными возможности укомплектования производства оборудованием с числовым программным управлением (ЧПУ), организации гибких производственных систем (ГПС). Например, при механической обработке задвижек DN 50, 80, 100 станок с ЧПУ самостоятельно распознает типоразмер детали, помещенной в зону обработки, и запускает соответствующую программу, обеспечивая требуемую точность обработки всех поверхностей, в т.ч. за одну установку. Точность геометрических размеров в течение длительного времени функционирования системы без вмешательства человека определяется стабильностью налаженности и настроенности ГПС. В данной работе рассмотрены принципы построения системы автоматического контроля и регулирования (САК), обеспечивающей автоматическое поддержание

состояния настроенности и налаженности процесса путем выработки и внесения в ГПС необходимых коррекций. Структурная схема САК в ГПС представлена на рисунке 1.

Управляющая программа (УП) задает значение параметра обработки (размер детали) $L_3(t)$. Система ЧПУ рассчитывает траекторию движения режущего инструмента и формирует управляющие воздействия на приводы координатных перемещений станка. В результате взаимных перемещений инструмента и детали получается фактическая (случайная) величина размера $L_\phi(t)$. После механической обработки производится контроль выбранных геометрических параметров системы «станок-приспособление-инструмент-деталь» с помощью измерительной головки (ИГ). Результатом измерения являются координаты контрольных точек, расположенных на поверхностях объектов контроля. Эти данные поступают в систему управления точностью обработки (препроцессор).

Система управления точностью дифференцирует рассчитанные погрешности на линейные и угловые составляющие и формирует величины линейных и угловых коррекций.

Коррекции реализуются в виде управляющих воздействий на приводы соответствующих элементов станка с ЧПУ, и начинается новый цикл механической обработки.

Объектом управления является технологический процесс механической обработки в ГПС. Система управления является замкнутой. Обратная связь обеспечивается измерительной системой на базе ИГ. Реализуется система регулирования $L_\phi(t) \cong L_3(t)$ требуемого размера детали при механической обработке. Система управления является дискретной с периодом квантования, равным времени обработки одной детали и относится к классу подналадочных.

Расчетная схема обобщенной пространственной модели представлена на рисунке 2. Здесь $OсХс YсZс$ – система коор-

Рисунок 1. Структурная схема САК в ГПС

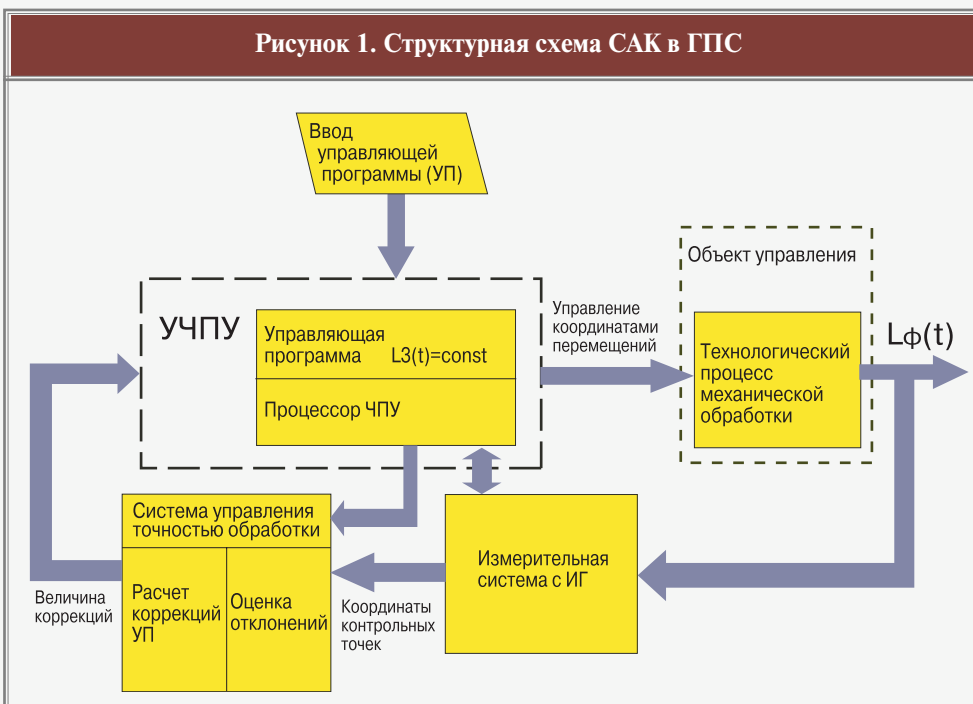
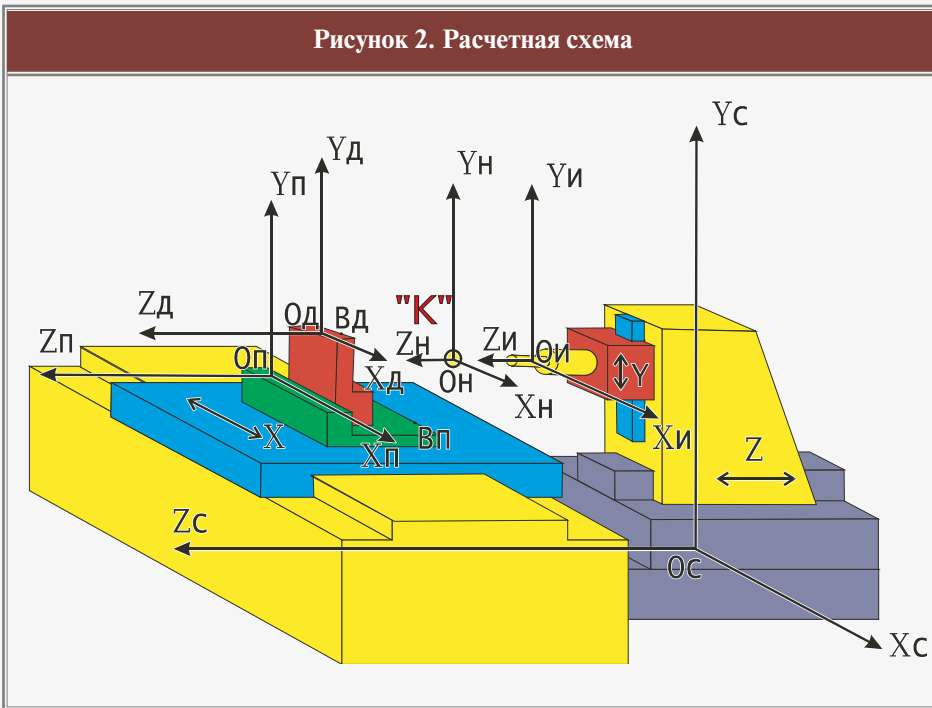


Рисунок 2. Расчетная схема



динат станка; $O_n X_n Y_n Z_n$ – система координат приспособления-спутника; $O_d X_d Y_d Z_d$ – система координат детали; $O_h X_h Y_h Z_h$ – система координат измерительного наконечника измерительной головки (ИГ); $O_u X_u Y_u Z_u$ – система координат инструмента.

Положению точки контакта "К" измерительной головки в системе координат станка соответствует радиус-вектор \vec{r}_{kc} .

Фактическое положение фиксируют 12 параметров, определяющих линейные и угловые погрешности установки и закрепления приспособления на столе и детали на приспособлении. Использование обобщенной модели предполагает:

1) определение значений координат контрольных точек приспособления и заготовки перед обработкой и расчет 12-ти линейных и угловых погрешностей установки и закрепления детали на приспособлении и приспособления на станке: $\Delta X_{одн}, \Delta Y_{одн}, \Delta Z_{одн}, \varphi_{нд}, \psi_{нд}, \theta_{нд}, \Delta X_{onc}, \Delta Y_{onc}, \Delta Z_{onc}, \varphi_{nc}, \psi_{nc}, \theta_{nc}$;

2) совместное измерение контрольных точек приспособления и обработанных поверхностей детали после обработки для оценки тенденции изменения линейных погрешностей во времени, позволяющее вести косвенную диагностику состояния режущего инструмента.

Линейные и угловые отклонения представляют величины малого порядка, поэтому возникло предположение о необходимости оценки адекватности предлагаемой модели, описываемой трансцендентными уравнениями.

Для численного решения использована система *MathCAD*, получившая широкое распространение в научных исследованиях.

При модельных исследованиях были приняты следующие условия:

1) поворот системы координат инструмента относительно системы координат измерительного наконечника отсутствует, а погрешность положения начала координат наконечника в системе координат инструмента равна нулю;

2) погрешности формы (плоскостность, не параллельность и т.д.) не учитываются.

Модель позволяет путем сравнения измеренных координат приспособления и детали и координат, заложенных в УП СЧПУ станка, рассчитать погрешности установки, закрепления и обработки: $\Delta X_{одн}, \Delta Y_{одн}, \Delta Z_{одн}, \varphi_{нд}, \psi_{нд}, \theta_{нд}, \Delta X_{onc}, \Delta Y_{onc}, \Delta Z_{onc}, \varphi_{nc}, \psi_{nc}, \theta_{nc}$.

С другой стороны, назначив некоторые значения линейных и угловых погрешностей,

модель естественно позволит рассчитать вышеуказанные отклонения координат, измеренных и заданных в УП СЧПУ станка (обратная задача).

Оценка адекватности производится следующим образом. Отталкиваясь от назначенных отклонений $\Delta X_{одн}, \Delta Y_{одн}, \Delta Z_{одн}, \varphi_{нд}, \psi_{нд}, \theta_{нд}, \Delta X_{onc}, \Delta Y_{onc}, \Delta Z_{onc}, \varphi_{nc}, \psi_{nc}, \theta_{nc}$, были рассчитаны отклонения координат. Используя последние, были вновь рассчитаны отклонения $\Delta X_{одн}, \Delta Y_{одн}, \Delta Z_{одн}, \varphi_{нд}, \psi_{нд}, \theta_{нд}, \Delta X_{onc}, \Delta Y_{onc}, \Delta Z_{onc}, \varphi_{nc}, \psi_{nc}, \theta_{nc}$, которые естественно должны совпадать. Но в силу трансцендентности уравнений и численных методов расчета следует ожидать несовпадений.

В результате было выяснено, что значения заданных линейных погрешностей с фактически совпадают независимо от характера выбора контрольных точек, а совпадение заданных угловых отклонений от фактических зависит от положения контрольных точек. Т.е. поверхность приспособления (заготовки, детали) разделяется на области верного (совпадение заданного и расчетного значений с относительной погрешностью, не превышающей 0,3%) и неверного решения (отклонения достигают 110%).

Следовательно, при назначении контрольных операций технологического процесса необходимо проводить проверочные расчеты с использованием предлагаемой модели. Кроме того, остается открытым вопрос о возможности применения результатов системы *MathCAD* на действующих станках с ЧПУ, т.к. возможности систем ЧПУ станков ограничены. Требуется дополнительная проработка вопроса алгоритмизации расчета, тестирования выбранных методов численного решения, а также области применимости предлагаемой модели.