

## АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА СТАНКАХ, ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМАМИ ЧПУ "АКСИОМА КОНТРОЛ"

Л.И. Мартинова, А.В. Стась, А.С. Григорьев (МГТУ «СТАНКИН»)

Обоснована актуальность решения задачи автоматического выполнения контрольно-измерительных операций на станках с ЧПУ. Представлены алгоритмы и структуры данных для реализации циклов калибровки измерительного датчика и контроля параметров точности деталей в системе ЧПУ «АксиОМА Контрол».

Ключевые слова: системы ЧПУ, операционный контроль, циклы калибровки, измерительные циклы, контроль качества заготовок.

Оборудование с ЧПУ ориентировано на реализацию малолюдных или безлюдных технологий, поэтому автоматическое обеспечение точности обработки является первоочередной задачей [1, 2]. При обработке заготовок на станках с ЧПУ помимо погрешностей, присущих обычному оборудованию, возникают и специфические погрешности, связанные как с работой технологического комплекса в автоматическом режиме, так и со спецификой работы системы ЧПУ [3, 4]. Современные системы ЧПУ используют механизмы и методы компенсации геометрических, кинематических и тепловых погрешностей. Основная суть указанных механизмов и методов состоит в том, что они базируются на использовании информации о реальном текущем состоянии системы «станок-приспособление-инструмент-деталь» (СПИД) и возможности внесения изменений непосредственно в технологический процесс изготовления детали, находящейся в процессе обработки [5, 6].

Проверка точности изготовления детали непосредственно на станке позволяет контролировать все этапы технологического процесса, выявляя ошибки на ранних стадиях, вносить необходимые коррекции, избегая повторной установки детали на станок, выявлять бракованные детали для исключения их из дальнейшей обработки, регулировать или заменять изношенный инструмент [7]. Контроль деталей на станках в процессе обработки заготовок становится неотъемлемой частью технологического процесса [8,9], в том числе и благодаря тому, что точность позиционирования современных станков с ЧПУ обеспечивает погрешность измерения, достаточную для контроля большинства размеров. Измерения выполняются по специальным циклам, которые реализуют замер координат отдельных характерных точек поверхности детали, после чего по соответствующему алгоритму рассчитывается показатель точности [10].

На мировом рынке средств автоматизации на протяжении многих лет представляются измерительные системы таких известных зарубежных производителей. Их продукция комплектуется ПО для реализации измерительных циклов. Однако это закрытый продукт, который предназначен для использования лишь в импортных системах ЧПУ. В рамках создания отечественной системы ЧПУ «АксиОМА Контрол», а также в целях решения задач импортозамещения кафедры компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

разрабатывает ПО для реализации контрольно-измерительных операций, базовую часть которого составляют циклы. Различают циклы калибровки датчика, предназначенные для обеспечения точности измерений, и измерительные циклы, которые реализуют измерение определенных параметров заготовки или детали.

В настоящее время номенклатура измерительных циклов активно расширяется, в том числе за счет того, что станкостроители заказывают их разработчикам систем ЧПУ, тогда как квалификации технолога-программиста вполне достаточно для создания циклов. В отличие от управляющих программ обработки, измерительные циклы не генерируются САМ-системами, а пишутся с использованием языка высоко-

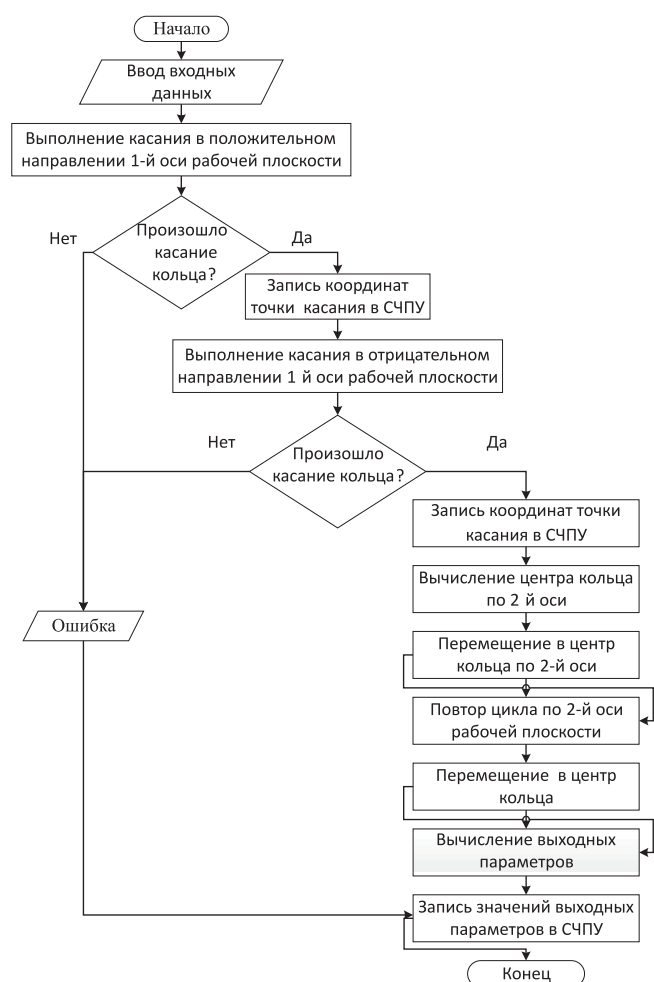


Рис. 1. Алгоритм цикла калибровки

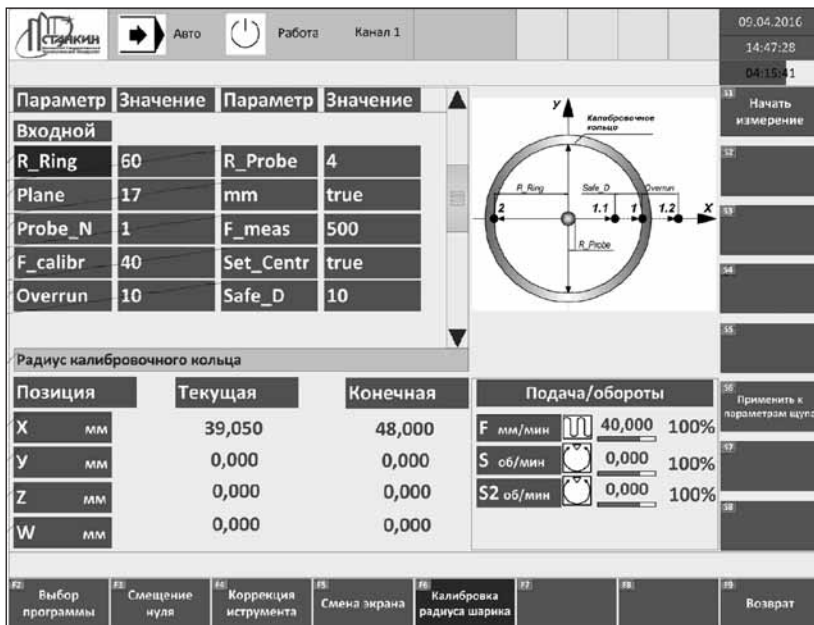


Рис. 2. Экран цикла калибровки измерительного датчика

кого уровня технологами-программистами. В статье проиллюстрировано, как можно создавать собственные циклы и расширять имеющиеся библиотеки измерительных циклов.

**Цикл калибровки радиуса шарика измерительного датчика**

Калибровка датчика выполняется для обеспечения надежных результатов измерений. Состоит она в определении фактических параметров датчика, значения которых учитываются системой ЧПУ при выполнении измерительных операций. Одним из таких параметров является радиус шарика измерительного стержня датчика. Цикл калибровки радиуса шарика измерительного датчика выполняется непосредственно на станке с использованием калибровочного кольца. Цикл калибровки реализуется в автоматическом режиме, он предусматривает подвод измерительного стержня датчика в зону измерения и приближение его к предполагаемой точке касания на рабочей скорости (скорости подвода) и перемещения на скорости калибровки для выполнения непосредственно калибровки. Для выполнения калибровочных и измерительных циклов используется специальный тип интерполяции — линейная интерполяция до касания — G75.

Работу цикла измерительного щупа поясняют рис. 1, таблица и экран цикла калибровки, реализованного в системе ЧПУ «АксиОМА Контрол», апробированный с использованием щупа TT 140 фирмы Heidenhain с проводной передачей данных (рис. 2).

Наконечник измерительного стержня датчика вводится во внутреннюю зону кольца. Затем выполняются последовательные перемещения датчика в положительных и отрицательных направлениях осей (на рис. 2 это направления +X и -X) сначала на рабочей скорости (скорости подхода) до точки 1.1,

Таблица. Пояснения к экранам цикла калибровки измерительного датчика и обмера прямоугольного кармана

Имя параметра	Описание параметра
R_Ring	Радиус калибровочного кольца
R_Probe	Предварительный радиус шарика щупа
Plane	Рабочая плоскость
Probe_N	Позиция щупа в магазине инструментов
F_meas	Скорость подачи
F_calibr	Скорость калибровки
Set_Centr	Известный или неизвестный центр калибровочного кольца/прямоугольного кармана
Safe_D	Безопасное расстояние между шариком щупа и измеряемой точкой
Width/Weigh	Ширина/Высота прямоугольного кармана
Overrun	Величина перебега

далее на скорости калибровки до касания с поверхностью кольца в ожидаемой точке срабатывания щупа (точка

1). Если в точке 1 касание не произошло, щуп перемещается до точки 1.2, после чего выдается сигнал об ошибке. После фиксирования координат точки 1 щуп перемещается таким же способом в точку 2 (или 2.1) — отрицательное направление вдоль первой оси рабочей плоскости. Аналогичным образом выполня-

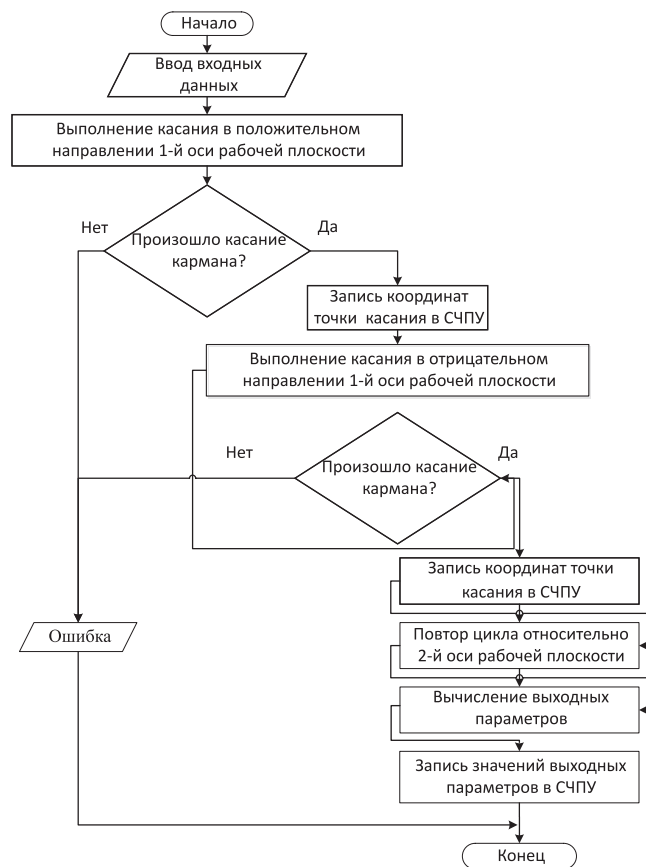


Рис. 3. Алгоритм цикла обмера прямоугольного кармана

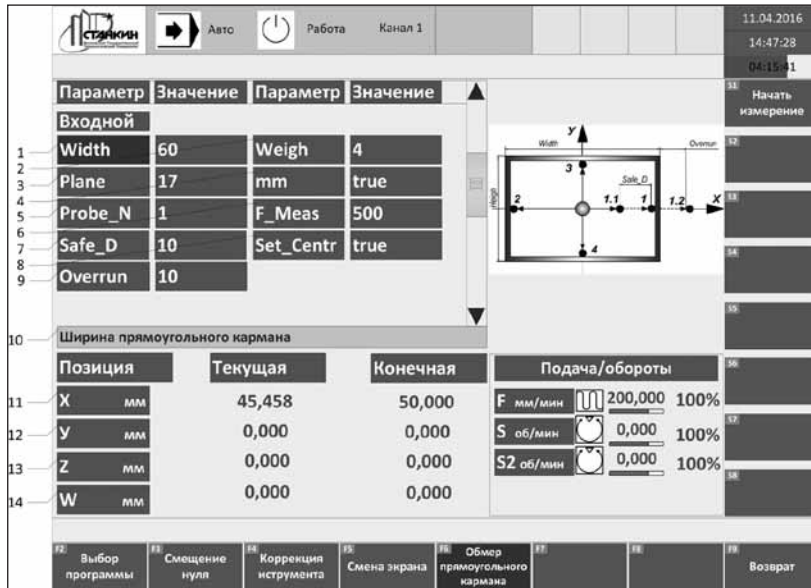


Рис. 4. Экран цикла обмера прямоугольного кармана

ются измерения по оси У. Реальный радиус шарика щупа вычисляется после фиксирования координат анализируемой точки

С использованием зафиксированных координат точек касания вычисляется величина радиуса шарика измерительного стержня датчика. Помимо радиуса шарика калибруются: несовпадение оси шпинделя с осью измерительного щупа, длина щупа. Выходные параметры записываются в системные переменные, в дальнейшем они используются при реализации измерительных циклов.

#### Реализация цикла обмера прямоугольного кармана

Цель цикла обмера прямоугольного кармана — определение длины, ширины и координат центра прямоугольного кармана. В вычислительном алгоритме используется величина радиуса шарика щупа, определенная с помощью цикла калибровки.

Выходными параметрами цикла обмера прямоугольного кармана являются: действительные координаты центра кармана, ширина и высота кармана. С помощью цикла определяется отклонение действительных значений параметров от заданных.

Работу цикла обмера прямоугольника поясняют **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, таблица и экран цикла обмера прямоугольного кармана (рис. 4). После введения оператором входных параметров выполняется цикл обмера кармана по четырем точкам. Сначала щуп позиционируют на ускоренной подаче в положительном направлении вдоль первой оси (например, +ОХ) к точке 1.1. От точки 1.1 до предполагаемой точки срабатывания 1 щуп движется со скоростью подхода. Вычисленное расстояние используется для подхода к точке на сниженной скорости.

При отсутствии сигнала срабатывания по достижению предполагаемой точки срабатывания 1 щуп движется до достижения величины перебега. Пре-

дельная позиция в этом направлении — точка 1.2. По достижению щупом этой границы и отсутствии сигнала о его срабатывании система ЧПУ выдает сигнал об ошибке и останавливает приводы станка. Координата точки 1 записывается в системную переменную. Далее щуп возвращается от точки срабатывания на расстояние радиуса шарика измерительного стержня. От этой позиции происходит повторный обмер точки 1 со скоростью измерения для более точного замера. Подобным образом осуществляется обмер точки 2 в отрицательном направлении вдоль первой оси (ОХ). После присвоения координат точки 2 системной переменной система ЧПУ пересчитывает центр относительно оси ОУ и присваивает эти значения соответствующей переменной. Щуп возвращается в центр прямоугольника, после чего таким же образом замеряет точки 3 и 4, двигаясь параллельно второй оси (ОУ), используя системные переменные. После этого рассчитывается положение центра относительно ОХ. Щуп возвращается в абсолютный центр (в системе ХОУ) и выполняется повторный замер длины относительно ОХ для уточнения длины прямоугольника. Данные, полученные в результате выполнения измерительного цикла, используются для внесения коррекций в управляющую программу.

Программный код калибровочных и измерительных циклов реализован на языке высокого уровня стандарта ANSI C, позволяющем вызывать кадры языка ISO-7bit. В системе ЧПУ «АксиОМА Контрол» циклы в виде подпрограммы располагаются в определенной директории. Станкостроителям и конечным пользователям могут быть предоставлены права доступа к этой директории для расширения библиотек измерительных циклов под конкретные нужды.

#### Вывод

Операционный контроль обработки, выполняемый непосредственно на станке позволяет значительно повысить эффективность оборудования с числовым программным управлением. Предлагаемое на рынке программное обеспечение для выполнения контрольно-измерительных операций узко специфицировано для импортных систем ЧПУ и далеко не всегда удовлетворяет запросы пользователей систем ЧПУ. Разработаны схемы и алгоритмы автоматических циклов калибровки измерительных датчиков и измерения геометрических параметров детали для оценки точности ее изготовления. Реализованное программное обеспечение позволяет адаптировать циклы в соответствии с задачами пользователей. Циклы реализованы в отечественно системе ЧПУ «АксиОМА Контрол» и апробированы с использованием измерительных

щупов фирмы Heidenhain с проводной передачей данных. Измерительные циклы ориентированы на выполнение контроля непосредственно в ходе технологических операций для использования результатов в ходе управления качеством изготовления деталей, в частности для коррекции управляющих программ.

#### Список литературы

1. Григорьев С.Н., Кутин А.А., Долгов В.А. Принципы построения цифровых производств в машиностроении // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 4 (31). С. 10-15.
2. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И. Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления // Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 1 (28). С. 92-97.
3. Martinov G.M., Ljubimov A.B., Grigoriev A.S., Martinova L.I. Multifunction numerical control solution for hybrid mechanic and laser machine tool // Procedia CIRP. 2012. Т. 1. С. 260-264.
4. Мартинова Л.И., Пушков Р.Л., Козак Н.В., Трофимов Е.С. Решение задач синхронизации и точного позиционирования осей в системе ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2011. № 5. С. 30-35.
5. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Григорьев А.С. Специфика разработки программного обеспечения для систем управления технологическим оборудованием в реальном времени // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2009. № S2. С. 121-124.
6. Martinova L.I., Grigoryev A.S., Sokolov S.V. Diagnostics and forecasting of cutting tool wear at CNC machines // Automation and Remote Control. 2012. Т. 73. № 4. С. 742-749.
7. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А. Разработка средств визуализации и отладки управляющих программ для электроавтоматики, интегрированных в систему ЧПУ // Вестник МГТУ «Станкин». №4(23). 2012. с. 134-138.
8. Абдуллаев Р.А. Практические аспекты реализации управления разнородным технологическим оборудованием электроавтоматикой в системах ЧПУ // Вестник МГТУ «Станкин». №1(24). 2013. с. 52-55.
9. Никишечкин П.А. Практические аспекты разработки модуля диагностики и контроля режущего инструмента в системе ЧПУ // Вестник МГТУ «Станкин». №4(23). 2012. с. 93-97.
10. Мартинова Л.И., Стась А.В. Исследование и реализация измерительных циклов контроля детали для системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» // СИТ-2014. с. 44-48.

*Мартинова Лилия Ивановна — канд. техн. наук, доцент, Стась Анна Владимировна — аспирант, Григорьев Антон Сергеевич — канд. техн. наук, научный сотрудник кафедры КСУ ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН». Контактный телефон (499) 972-9440. E-mail: e-mail@ncsystems.ru*