



УНИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ В ДИАЛОГОВОМ РЕЖИМЕ

Л.И. Мартинова, Н.Н. Фокин (МГТУ «СТАНКИН»)

Рассмотрены проблемы переноса готовых управляющих программ на различные стойки ЧПУ. На основе анализа инструментария диалогового программирования разработана унифицированная форма записи циклов выполнения типовых технологических переходов для токарно-фрезерной обработки. На примере цикла глубокого сверления массива отверстий с отводом инструмента для ломки стружки продемонстрировано унифицированное решение, позволяющее использовать готовые управляющие программы на разных станках и разных стойках ЧПУ.¹

Ключевые слова: управляющая программа, система ЧПУ, диалоговое программирование, перенос управляющих программ, станочные циклы, параметры циклов.

Введение

Диалоговое программирование систем ЧПУ часто практикуется на машиностроительных предприятиях в единичном, мелко- и даже среднесерийном производстве [1, 2]. Так, системы диалогового программирования для токарно-фрезерных станков с ЧПУ позволяют без особых усилий создавать управляющие программы для обработки до 90% типовых деталей. Наличие меню подсказок, графических пиктограмм, станочных циклов и режима графической имитации обработки позволяет непосредственно на стойке системы ЧПУ создавать, верифицировать и корректировать управляющие программы.

Однако эти системы являются одноцелевыми, то есть существующие в них приложения (циклы) могут быть использованы только для программирования «своих» систем ЧПУ, в частности, из-за того, что имеют различную структуру геометрических и технологических параметров. Например, в программах,

написанных в ShopTurn (Siemens) не указываются M-коды, так как они заложены в исходные шаблоны обработки и автоматически подключаются при генерации программы, тогда как в ManualGuide (Fancu), напротив: в шаблоны заложены только геометрические параметры, а смена инструмента, включение/выключение шпинделя, СОЖ и прочие функции вводятся вручную. В работе излагается подход к решению указанной проблемы.

Анализ инструментария диалогового программирования

Базовый инструментальный диалогового программирования на стойках — это циклы обработки типовых поверхностей, путем последовательного выбора которых формируется управляющая программа [5, 6]. Проблема переноса управляющей программы с одной стойки на другую состоит в том, что каждая система ЧПУ использует свою логику организации перемещений и форму задания геометрических и технологических параметров для каждого типа обработки, поэтому шаблоны циклов для обработки одинаковых геометрических форм различаются у систем ЧПУ разных производителей и разных стоек [7]. Помимо того, на конкретной стойке производителем может быть не предусмотрено некоторых циклов или шаблонов, поэтому возникает необходимость в покупке дополнительного программного обеспечения для максимального использования вычислительного потенциала системы ЧПУ и реализации техно-

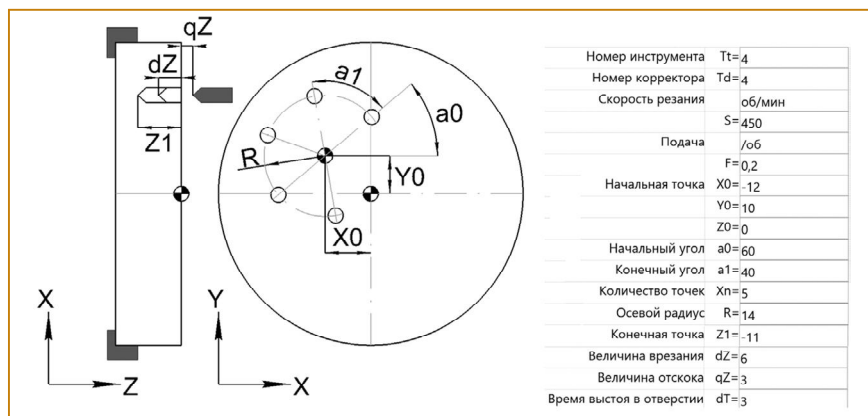


Рис. 1. Геометрические параметры цикла глубокого сверления массива отверстий с отводом инструмента для ломки стружки и меню ввода параметров

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения Госзадания (№ 2.1237.2017/4.6) и проводилось с использованием оборудования, предоставленного центром коллективного пользования МГУ «СТАНКИН».

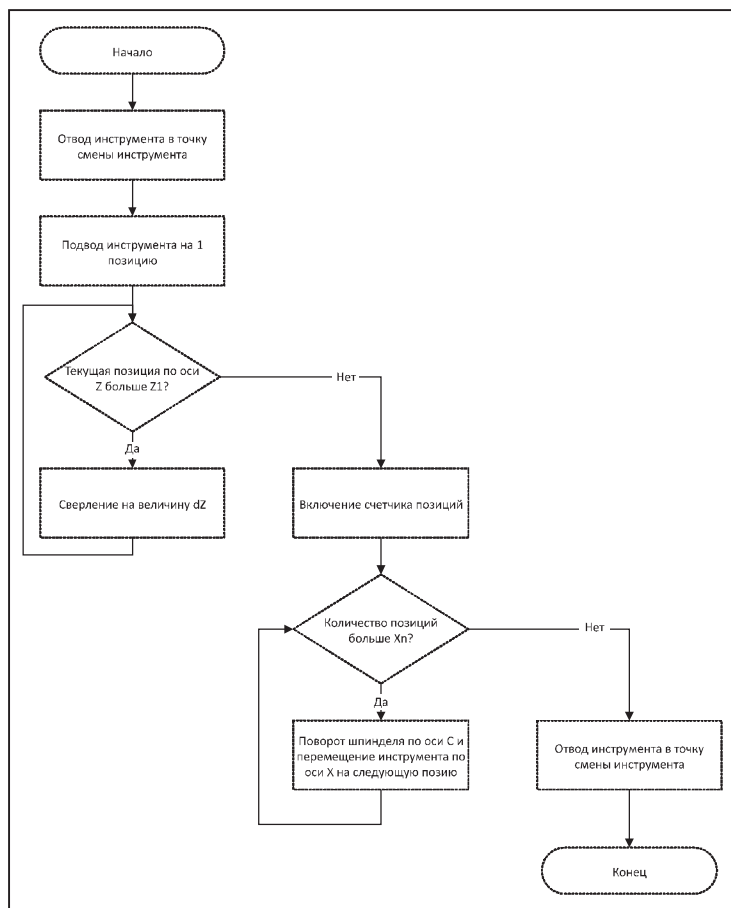


Рис. 2. Алгоритм работы цикла сверления массива отверстий с отводом

гии изготовления деталей [8, 9]. Например, для одной из распространенных на отечественных предприятиях стоек зарубежного производителя в цикле обработки канавок не предусмотрено притупление острых кромок, а цикла токарной обработки канавок под выход резьбы нет. Другой пример — не все стойки ЧПУ имеют циклы расположения отверстий, поэтому, если у детали имеется массив отверстий, то позицию каждого отверстия необходимо вычислять и использовать в составе стандартного цикла обработки отверстий — сверления, зенкерования, нарезания резьбы метчиком [10].

Таблица. Обобщение параметров цикла глубокого сверления массива отверстий с отводом инструмента для ломки стружки

Назначение параметра	Обобщенный параметр	Обозначение параметра в системе ЧПУ				
		Siemens	Fanuc	Аксиома	Балт-Систем	
№ инструмента	Tt	DRL1	#1	A	dr11	E11
№ корректора	Td	DRL2	#2	B	dr12	E12
скорость резания	S	DRL6	#3	C	dr16	E28
подача	F	DRL8	#7	D	dr18	E29
начальная точка по оси X	X0	DRL12	#8	E	dr12	E31
начальная точка по оси Y	Y0	DRL13	#9	F	dr13	E32
начальная точка по оси Z	Z0	DRL14	#11	H	dr14	E33
начальный угол	a0	DRL15	#4	I	dr15	E34
конечный угол	a1	DRL16	#5	J	dr16	E35
количество точек	Xn	DRL17	#6	K	dr17	E36
осевой радиус	R	DRL21	#19	S	dr21	E40
конечная точка по оси Z	Z1	DRL24	#20	T	dr24	E41
величина врезания	d	DRL25	#21	U	dr25	E42
величина отскока	q	DRL26	#22	V	dr26	E43
время выстоя в отверстии	dT	DRL27	#23	W	dr27	E44

При этом у всех систем с увеличением числа точек обработки будет увеличиваться число кадров с угловым перемещением, величина которого должна быть дополнительно рассчитана.

Разработка унифицированной формы записи циклов

Для реализации приведенных примеров разработаны стандартные циклы, в которых учитываются как геометрия технологических элементов, так и режимы резания — скорость, подача, величина врезания и последовательность выполнения рабочих и вспомогательных перемещений инструмента и поворот шпинделя вокруг оси C.

Разработан набор универсальных шаблонов для диалогового программирования типовых технологических переходов в формате стандартных циклов [6]. Механизм унификации записи циклов на языке высокого уровня применим для наиболее популярных в России систем ЧПУ, таких как Siemens, Fanuc, АксиОМА Контрол, Балт-Систем, но он может быть распространен и на более широкую номенклатуру систем с учетом используемого в них синтаксиса.

Разработана управляющая программа Turn-Mill NC Editor реализующая последовательность вызовов макропрограмм или подпрограмм с предварительным заданием значений для переменных, отвечающих за формообразующие и вспомогательные движения инструмента и шпинделя.

Правила записи подпрограмм в память различных систем ЧПУ сохраняются, как предусмотрено производителем. Так, для СЧПУ Siemens подпрограммы можно записать в область подпрограмм или пользовательских циклов. В СЧПУ Fanuc подпрограммы должны записываться, строго соответственно их именам в область макропрограмм O9001-O9999, дальнейший их вызов осуществляется с помощью команды G65 P9001-9999. В СЧПУ «Аксиома Контрол» необходимо, чтобы исполняемые шаблон и программа с последовательно-

стью обработки находились в одной папке и имели одинаковое расширение, либо необходимо указывать полный путь к файлам. В СЧПУ «Балт-Систем» подпрограммы должны быть скопированы в область MP3, так как в управляющей программе они вызываются строго из этого раздела памяти.

Так как каждая стойка имеет уникальный принцип работы с переменными, был проведен анализ на выявления универсальной формы заполнения. Например, в СЧПУ «Балт-Систем» форма записи прямого вычисления в кадре перемещения G0 X (E31+E32/E32) не допускается. Необходимо вычислить зна-

Siemens	OO9133(DRL1, DRL2, DRL6, DRL8, DRL12, DRL13, DRL14, DRL15, DRL16, DRL17, DRL21, DRL24, DRL25, DRL26, DRL27)
Fanuc	G65 P9133 A[dr1] B[dr2] C[dr6] D[dr8] E[dr12] F[dr13] H[dr14] I[dr15] J[dr16] K[dr17] S[dr21] T[dr24] U[dr25] V[dr26] W[dr27]
Аксиома	OO9133(dr1, dr2, dr6, dr8, dr12, dr13, dr14, dr15, dr16, dr17, dr21, dr24, dr25, dr26, dr27)
Балт-Систем	(CLS, O9133/MP3) E11=dr1, E12=dr2, E28=dr6, E29=dr8, E31=dr12, E32=dr13, E33=dr14, E34=dr15, E35=dr16, E36=dr17, E40=dr21, E41=dr24, E42=dr25, E43=dr26, E44=dr27

Рис. 3. Унификация формы записи цикла глубокого сверления массива отверстий с отводом инструмента на ломку стружки

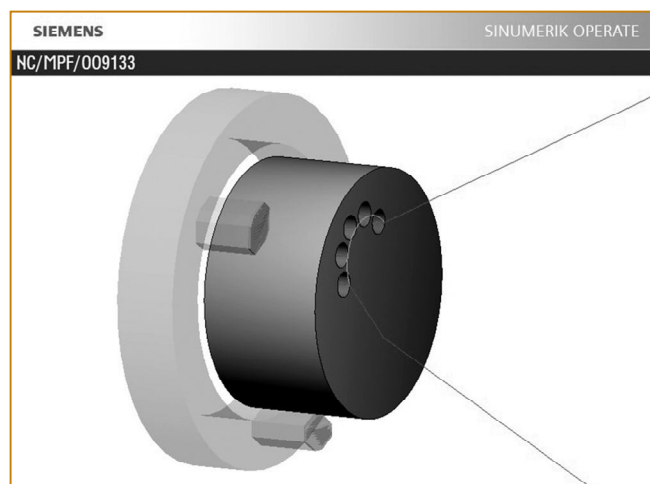


Рис. 4. Отработка цикла сверления массива отверстий на эмуляторе Siemens SinuTrain 4.7

чение переменной, а только потом подставить в кадр с заданием координаты.

Правильная форма записи выглядит следующим образом:

$$E34 = E31 + E32 / E32$$

$$G0 XE34$$

Программирование СЧПУ «Аксиома Контрол» аналогично программированию на языке ANSI C, что значительно упрощает процесс задания циклов, исключая необходимость промежуточного расчета переменных.

Унификация шаблона цикла глубокого сверления массива отверстий с отводом инструмента для ломки стружки

Функция цикла состоит в следующем. Инструмент осуществляет сверление с запрограммированным числом оборотов шпинделя S и скоростью подачи F до заданной промежуточной глубины сверления посредством многократной пошаговой подачи dZ; после каждого шага осуществляется отвод на заданное расстояние qZ для ломки стружки (рис. 1). По достижении конечной глубины сверления запрограммировано время ожидания dT.

В коде цикла задается стандартный счетчик, реализованный через циклы сравнения if goto или while. Локальными переменными задается число точек, начальный и конечный угол, радиус окружности. Счетчик работает, пока не достигнет заданного числа отверстий.

Последовательность вводимых переменных полностью соответствует последовательности ввода в приложении Turn-Mill NC Editor. Алгоритм перемещений следующий (рис. 2).

Перед началом цикла инструмент находится в точке с координатами, соответствующими координатам, определяющим позицию первого отверстия по осям X, Z и углу поворота шпинделя C (пересчитанная ось Y).

Сверло перемещается на ускоренном ходу (G0) в начальную точку обработки с учетом безопасного расстояния по оси Z. Далее происходит пошаговое врезание на рабочей подаче (G1) с отводом на ломку стружки. По достижении заданной глубины выполняется задержка (G04), после чего инструмент выводится на точку старта цикла с учетом безопасного расстояния. Следующий шаг — шпиндель совершает поворот на величину угла, соответствующего угловому шагу расположения отверстий. Счетчик работает, пока значение конечного угла поворота не совпадет с заданным. В таблице представлены обобщенные параметры цикла для разных систем ЧПУ.

В каждой системе ЧПУ вызов макропрограмм с передачей локальных параметров осуществляется своим уникальным способом: имя макропрограммы СЧПУ Siemens и «Аксиома Контрол» должно начинаться с двух букв или символа «_», у СЧПУ Fanuc область макропрограмм определена производителем с 9000 до 9999, а в СЧПУ Балт-Систем зона подпрограмм — MP3. Вызов цикла обработки массива отверстий для разных систем ЧПУ также осуществляется в каждой системе по-разному (рис. 3).

Во всех разработанных макропрограммах идет одновременное движение позиционирования по осям X, Z и C. На рис. 4 представлен процесс отработки сгенерированной управляющей программы в системе ЧПУ Siemens.

Заключение

Разработанная унифицированная форма записи циклов выполнения типовых технологических переходов токарно-фрезерной обработки позволяет создавать управляющие программы, непривязанные к конкретной стойке ЧПУ. Механизм унификации записи циклов на языке высокого уровня применим как для популярных в настоящее время в России систем ЧПУ, так и может быть распространен и на более широкую номенклатуру систем с учетом используемого в них синтаксиса.

Список литературы

1. Martinova L.I., Martinov G.M. Automation of Machine-Building Production According to Industry 4.0. In: 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications. Vladivostok, 2018, pp.1 - 4.
2. Martinov G.M., Martinova L.I. Trends in the numerical control of machine-tool systems. Russian Engineering Research, 30(10), 2010, pp.1041-1045.

3. *Martinov G.M., Kozak N.V., Nezhmetdinov R.A., Grigoriev A.S., Obukhov A.I., Martinova L.I.* Method of decomposition and synthesis of the custom CNC systems // Automation and Remote Control. March 2017, Vol. 78, Issue 3, pp 525-536.
4. *Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л., Евстафьева С.В., Мартинова Л.И.* Построение специализированной системы ЧПУ для многокоординатных токарно-фрезерных обрабатывающих центров // Автоматизация в промышленности. 2014. № 6. С. 25-28.
5. *Grigoriev S. and Martinov G.* An ARM-based Multi-channel CNC Solution for Multi-tasking Turning and Milling Machines. Procedia CIRP, 46, 2016, pp.525-528.
6. *Martinova L.I., Fokin N.N.* An approach to creation of a unified system of programming CNC machines in the dialog mode. In: MATEC Web Conf. Volume 224, 2018. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018). Sevastopol, Russia, September 10-14, 2018. pp.1-5.
7. *Мартинова Л.И., Фокин Н.Н.* Исследование и разработка унифицированного средства генерации управляющих программ. В сб.: Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2017) Тр. XVII международной научно-практической конференции. Под ред. А.В. Толока, ИПУ РАН. 2017. С. 361-363.
8. *Pushkov R., Salamatin E., Evstafieva S.* Method of developing parametric machine cycles for modern CNC systems using high-level language. In: MATEC Web Conf. Volume 224, 2018. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018). Sevastopol, Russia, 2018. Pp.1-7.
9. *Martinova L.I., Kozak N.V., Nezhmetdinov R.A., Pushkov R.L., Obukhov A.I.* The russian multi-functional CNC system AxiOMA control: practical aspects of application. Automation and Remote Control. 2015. T. 76. № 1. С. 179-186.
10. *Martinov G.M., Stas A.V., Kudinov O.A.* The approach of creating a particular postprocessor and using CNC measuring cycles. In: MATEC Web Conf. Volume 224, 2018. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018). Sevastopol, Russia, 2018. Pp.1-7.

*Мартинова Лилия Ивановна – канд. техн. наук, доцент,
Фокин Николай Николаевич – аспирант ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»,
Контактный телефон (499) 972-94-40,
E-mail: e-mail@ncsystems.ru*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ С ЧПУ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Л.И. Мартинова, Н.В. Козак, А.В. Стась (МГТУ «СТАНКИН»)

Представлен анализ погрешностей, определяемых циклом контроля положения заготовок. Описан процесс измерения точности положения заготовки на станке с ЧПУ. Разработана методика использования цикла контроля положения заготовок и добавления новых пользовательских элементов. Продемонстрировано применение в управляющей программе цикла определения и контроля положения заготовок на столе станка с ЧПУ¹.

Ключевые слова: система ЧПУ, контроль положения заготовок, определение положения заготовок, измерительные циклы, алгоритм цикла, математическая модель цикла, пользовательский экран цикла.

Сегодня акцент делается на создание безлюдных и малолюдных промышленных производств. В связи с этим в процессе выполнения последовательности технологических операций актуальной задачей является точность автоматической установки заготовки на станок с ЧПУ [1–3]. При изготовлении деталей требуется контроль реального положения заготовки в системе координат станка, а в случае необходимости также возможность компенсации погрешностей, возникших при базировании и закреплении заготовки.

Определение положения и контроль точности установки заготовок на станках с ЧПУ осуществляется с применением специальных измерительных циклов, по результатам которых выполняется реальная переустановка или виртуальная коррекция положения заготовки [4]. В целях импортозамещения и расширения функциональных возможностей отечественных систем управления осуществляется разработка

измерительных циклов для определения положения и контроля точности установки заготовок в рамках отечественной системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» [5].

Погрешности, определяемые циклом контроля положения заготовок

При использовании цикла контроля положения заготовок на столе станка следует учитывать различные виды погрешностей. Их можно разделить на компенсируемые и некомпенсируемые (рис. 1). Цикл контроля положения заготовки определяет погрешности ее установки на столе станка, данные о которых используются для корректировок в управляющей программе ЧПУ. В структуру компенсируемых погрешностей входят погрешности приводов станка и калибровки шупа. Данные об этих погрешностях должны определяться заранее и использоваться при контроле положения заготовок.

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения Госзадания (№ 2.1237.2017/4.6) и проводилось с использованием оборудования, предоставленного центром коллективного пользования МГТУ «СТАНКИН».