
**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

УДК 621.9.06-529:681.3/.5

**РАСШИРЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СТАНКОВ С ЧПУ НА ОПЕРАЦИЯХ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИ
ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ АТОМНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

© 2014 г. Ю.Н. Кудриков*, Ю.Н. Казеннов *, С.А. Томилин**, Р.А. Ольховская**

* Филиал ОАО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск

** Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.

В работе предложены G-функции, созданные посредством параметрического программирования, расширяющие программное обеспечение станков с числовым программным управлением, оснащенных FMS-3000(3200), при выполнении операций фрезерования в процессе изготовления изделий атомного машиностроения.

Ключевые слова: система управления FMS-3000(3200); станок с числовым программным управлением (ЧПУ); фрезерование; параметрическое программирование; G-функции; изделия атомного машиностроения.

Поступила в редакцию 25.11.2014 г.

Развитие современной компьютерной техники привело к тому, что при достаточно низкой стоимости компьютеры по своим характеристикам превосходят традиционные стойки станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Несмотря на то, что применяемые в компьютерах операционные системы, строго говоря, не функционируют в режиме реального времени, высокая тактовая частота работы процессора позволяет пренебречь этим при обработке процессов длительностью более 0,1 мс. Поскольку компьютер изначально оснащен оперативным запоминающим устройством, постоянной памятью, устройствами ввода и вывода информации, то при дополнении его PCI-адаптером ввода-вывода, соответствующим математическим программным обеспечением, а также при определенной адаптации программы электроавтоматики, можно получить аналог стойки управления станком ЧПУ. Примером такой «трансформации» служит Нижегородская система управления FMS-3000(3200), выполненная на платформе обычного персонального компьютера. Постоянное совершенствование математического программного обеспечения такой системы обеспечивает обновление набора функций для реализации все возрастающих по сложности производственных задач. [1]

Целью данной работы является расширение программного обеспечения станков, оснащенных системой FMS-3000(3200), при выполнении фрезерных операций посредством создания G-функций на основе применения параметрического программирования.

Первоначально параметрическое программирование на станках с ЧПУ использовалось для упрощения написания и сокращения длины управляющей программы при изготовлении деталей:

– сложной формы, поверхность которых можно описать математически с помощью системы параметров;

- с повторяющимися формами поверхностей с некоторыми изменениями форм или изменением пространственного положения этих форм на поверхности детали;
- сложных сечения или формы, если при этом требуется применение инструмента с переменным радиусом.

Сегодня большинство разработчиков систем ЧПУ кроме решения указанных выше основных задач, предоставляют и другие возможности:

- создание новых G-функций с целью расширения базового программно-математического обеспечения ЧПУ;
- вариантность вычисления в процессе выполнения программы с помощью применения логических операторов;
- контроль ресурса работоспособности инструмента;
- при работе с проходами инструмента, как с объектами, открываются возможности организации сложных циклов для 3D-обработки;
- создание циклов измерения и контроля;
- обращение к определенным параметрам системы ЧПУ в процессе выполнения программы с целью внесения или считывания данных (текущее положение рабочих органов станка в системе координат; коррекция на размер инструмента; текущее значение G или M-кода);
- доступ к системным переменным и определенным ячейкам электроавтоматики.

Рассматриваемая система управления FMS-3000(3200) является сегодня одной из наиболее передовых и перспективных. Она позволяет решать все перечисленные выше задачи, кроме контроля ресурса работоспособности инструмента. При этом важно отметить, что далеко не каждая система ЧПУ имеет такие обширные возможности в плане расширения своего функционала. Система FMS-3000(3200) позволяет, например:

- выполнять вычислительные операции получения новых опорных точек сложных контуров для построения программы во время ее выполнения;
- производить расчет опорных точек при обработке фрезерованием поверхностей тел вращения;
- составлять параметрические подпрограммы, глобальные модальные циклы, специализированные параметрические циклы под определенные виды обработки или типовые детали с помощью системных, глобальных и локальных параметров и переменных и т.д.;
- определять требуемый текущий переменный радиус инструмента при изготовлении изделий со сложным сечением профиля;
- создавать циклы для работы с датчиком касания в автоматическом режиме.

Рассмотрим одну из этих возможностей. В качестве примера используем цикл фрезерования фаски в отверстии обечайки с переменным углом к оси отверстия. Обработка такой совокупности поверхностей широко распространена на предприятиях при изготовлении изделий атомного машиностроения. Важно отметить, что такие изделия, учитывая высокие требования к качеству их изготовления и стоимости заготовок, например, для крупногабаритных корпусных изделий, предполагают проведение значительного по времени и трудозатратам подготовительного этапа, который может предусматривать и создание специальных G-функций для управляющих программ станков с ЧПУ.

Итак, в основной части управляющей программы станочник в кадре вызова цикла с помощью буквенных параметров задает минимум необходимой исходной информации:

G292 H1600 D800 S70 R40 A40 B80 K240 V7 F500.

Здесь G292 – номер G-функции (цикла); H1600 – диаметр обечайки (1600 мм); D800 – диаметр отверстия (800 мм); S70 – толщина стенки обечайки (70 мм); R40 –

радиус инструмента (40 мм); A40 – начальный угол фаски (40°); B80 – срединный угол фаски (80°); K240 – количество строчек на полный круг; V7 – глубина строчки при фрезеровании предварительной выборки; F500 – рабочая подача (500 мм/мин).

В итоге основная часть программы получается весьма компактной и имеет следующий вид:

N1 G54 S800 M3

N2 G292 H1600 D800 S70 R40 A40 B80 K240 V7 F500

N3 G0 Z100 M5

N99 M30

В кадре N1 управляющей программы ЧПУ активирует группу смещения нулей G54, включает вращение шпинделя по командам S800 M3 (в данном случае, скорость вращения 800 об/мин, M3 – вращение по часовой стрелке). В кадре N2 активируется функция G292, которая по своей сути является параметрической подпрограммой, с ее помощью и производится обработка фаски (краткое описание подпрограммы G292 приведено ниже). В кадре N3 основной части управляющей программы командой G0 Z100 производится отвод инструмента от изделия на безопасное расстояние (в данном случае это 100 мм) и осуществляется выключение вращения инструмента по команде M5. В кадре N99 командой M30 объявляется конец программы.

Рассмотрим теперь описание подпрограммы G292. С помощью функций `paramactive` и `getparameter` производится проверка наличия и считывание требуемых параметров из кадра вызова подпрограммы. Эти параметры трансформируются в переменные, необходимые для последующего расчета траектории движения инструмента. Далее производится расчет и выполнение выборки для более легкого начала чистового фрезерования. Если предварительная обработка не требуется, то в кадре вызова подпрограммы параметр V не указывается. В этом случае с помощью оператора условного перехода `if then goto` производится логический обход этой части подпрограммы.

Чистовая обработка делится на 4 части, что обусловлено выбором более простого метода расчета опорных точек по четвертям (квадрантам) окружности. Соответственно эта часть подпрограммы содержит 4 идентичных цикла повторов кадров, организованных с помощью операторов повтора `for to` и `next`. При вычислениях используются алгебраические и тригонометрические функции `frac`, `abs`, `int`, `sqrt`, `sin`, `cos`, `tan`. При отработке циклов повтора для каждой строчки определяются опорные точки, по которым строится траектория перемещений.

На рисунке 1 приведен фрагмент текста рассмотренной подпрограммы G292.

При использовании традиционных методов создания управляющих программ имеется ряд неудобств, а именно:

- расчет программы осуществляется инженером-программистом предварительно (т.е. заранее);
- длина управляющей программы превышает программу из приведенного примера многократно (в 50 и более раз);
- требуется перевод программы на перфоленту или дискету для переноса ее в ЧПУ станка и в случае потребности корректировки программы неизбежен простой оборудования;
- требуется содержать библиотеку отработанных программ.

Предложенный в настоящей работе подход к подготовке управляющих программ имеет целый ряд существенных преимуществ:

- программа готова практически в течение нескольких минут;

- не требуется привлечение инженерного состава, достаточно только рабочего высокой квалификации;
- отсутствует необходимость хранения отдельных программ в виде файлов на компьютере или в виде рулонов недолговечной и весьма уязвимой перфоленты;
- программа быстро корректируется в случае внесения изменений в рабочий чертеж;
- программа быстро корректируется в случае замены обрабатывающего инструмента;
- с помощью одного цикла, хранящегося в библиотеке станка, можно создать бесконечное множество вариантов подобных программ.

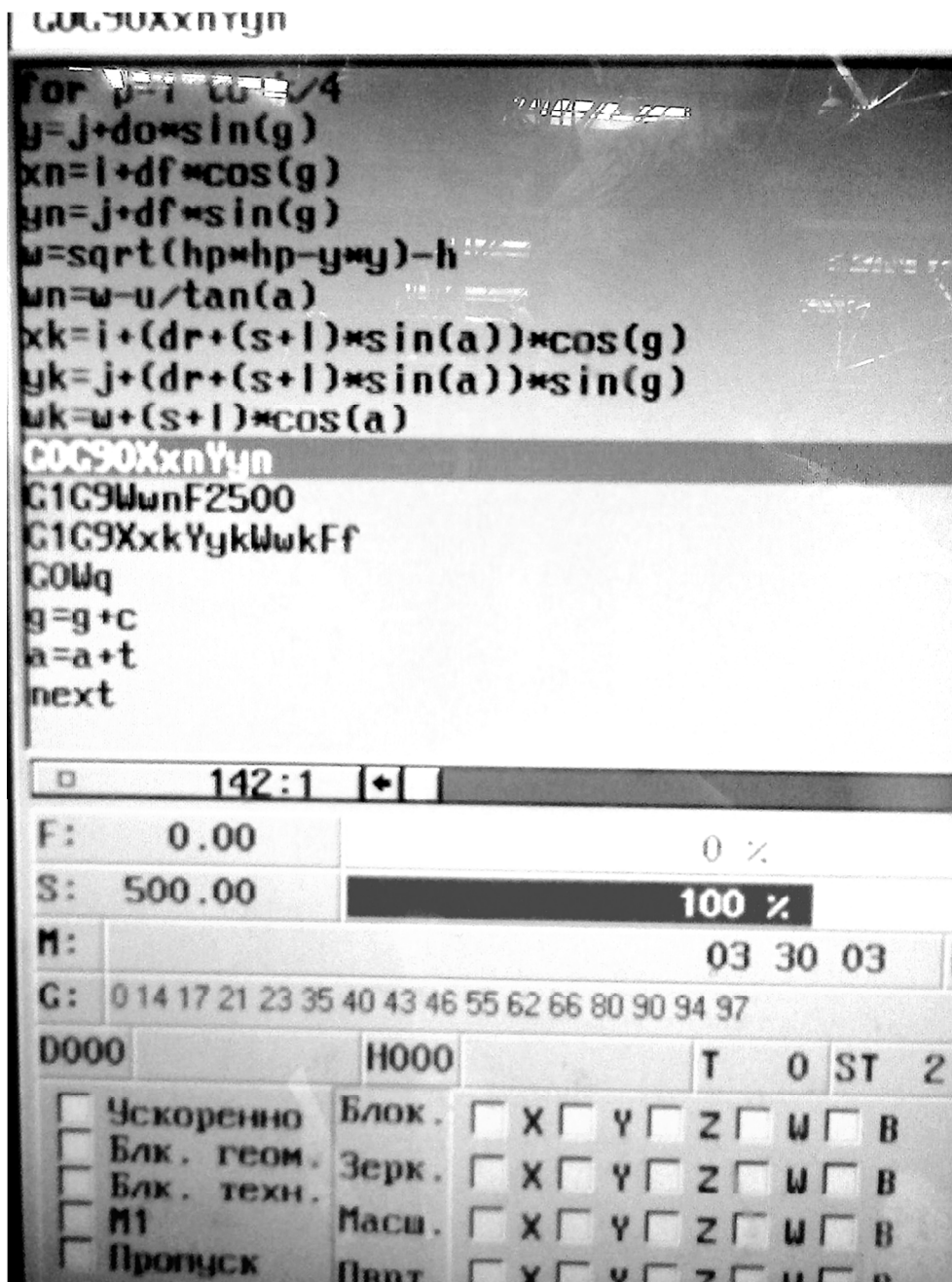


Рис. 1. – Фрагмент текста подпрограммы G292

Таблица 1. – Перечень авторских G-функций

Код	Содержание функции
G12	геликоидальная интерполяция с автоматическим расчетом требуемых данных
G70	модальный цикл фрезерования произвольно расположенных отверстий в семи вариантах исполнений
G71	модальный цикл фрезерования произвольно расположенных пазов в шести вариантах исполнений, возможен поворот оси обработки
G89	модальный комбинированный цикл глубокого сверления в четырех вариантах исполнения
G181	специализированный модальный цикл обработки отверстий развертками и зенкерами
G184	модальный цикл нарезки резьбы метчиками с автоматическим расчетом подачи в зависимости от скорости вращения шпинделя и заданного шага резьбы
G200	функция плавного приращения подачи до заданной в процессе отработки кадра
G291-G294	циклы фрезерования фаски на отверстиях в обечайке под приварку патрубка
G296,G298,G299	циклы фрезерования фаски на патрубках
G360	цикл фрезерования фаски на кромке с дуговой боковой образующей в четырех вариантах исполнения
G364	цикл обработки шестигранных поверхностей (спецболты)
G365	цикл построчной обработки плоскостей и уступов на цилиндрических поверхностях
G366	цикл обработки контура эллипса
G367	цикл обработки канавки по спирали (торцевая резьба)
G371	модальный цикл обработки произвольно расположенных пазов и отверстий с помощью подпрограммы P, возможен поворот оси обработки, (программирование двумя кадрами)
G372	цикл расчета начальных точек, расположенных на окружности, под последующую обработку циклами G70 и G71, (программирование двумя кадрами)
G373	цикл расчета точек, расположенных на окружности под последующую обработку циклами G81-G89, G181 и G184, (программирование двумя кадрами)
G374	цикл обработки поля отверстий циклами G81-G89, G181
G375	цикл обработки поля пазов или отверстий с помощью циклов G70 и G71
G376	цикл обработки поля пазов или отверстий с помощью подпрограммы P
G750-G755	циклы расчета координат центров отверстий под последующую обработку циклами G81-G89, G70 и G181 при изготовлении трубных досок

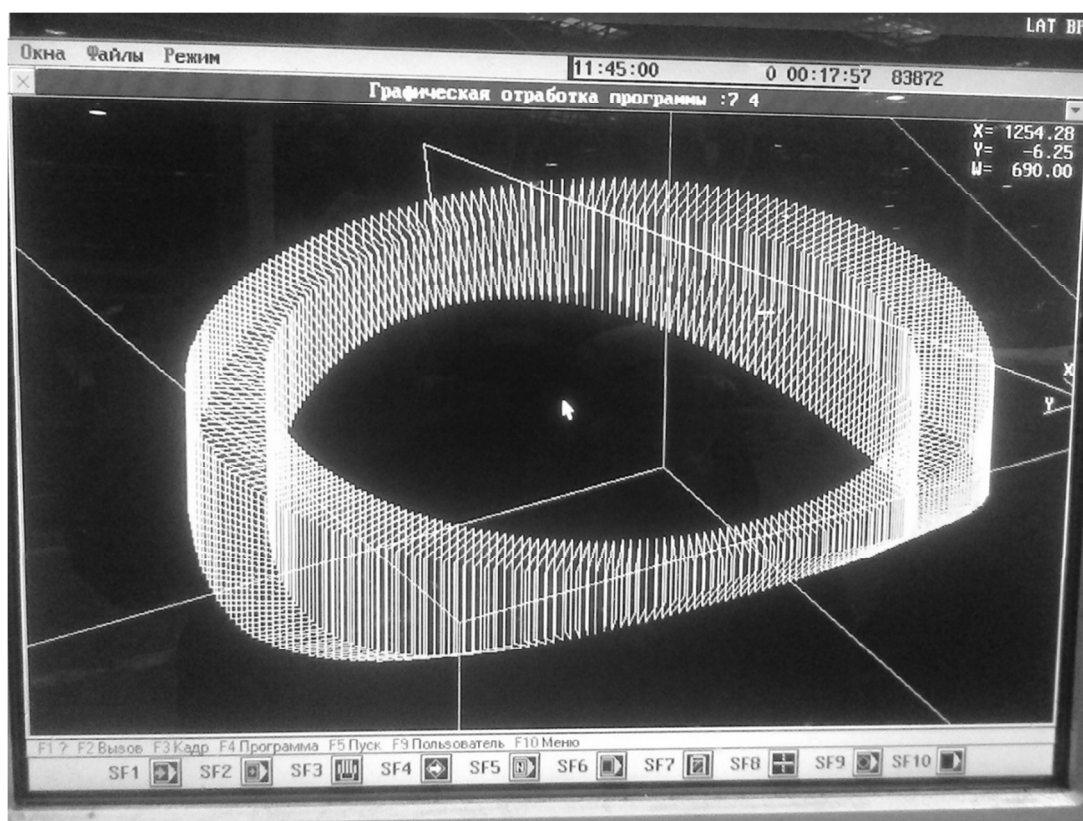


Рис. 2. – Графическая прорисовка обрабатываемой программы в изометрии

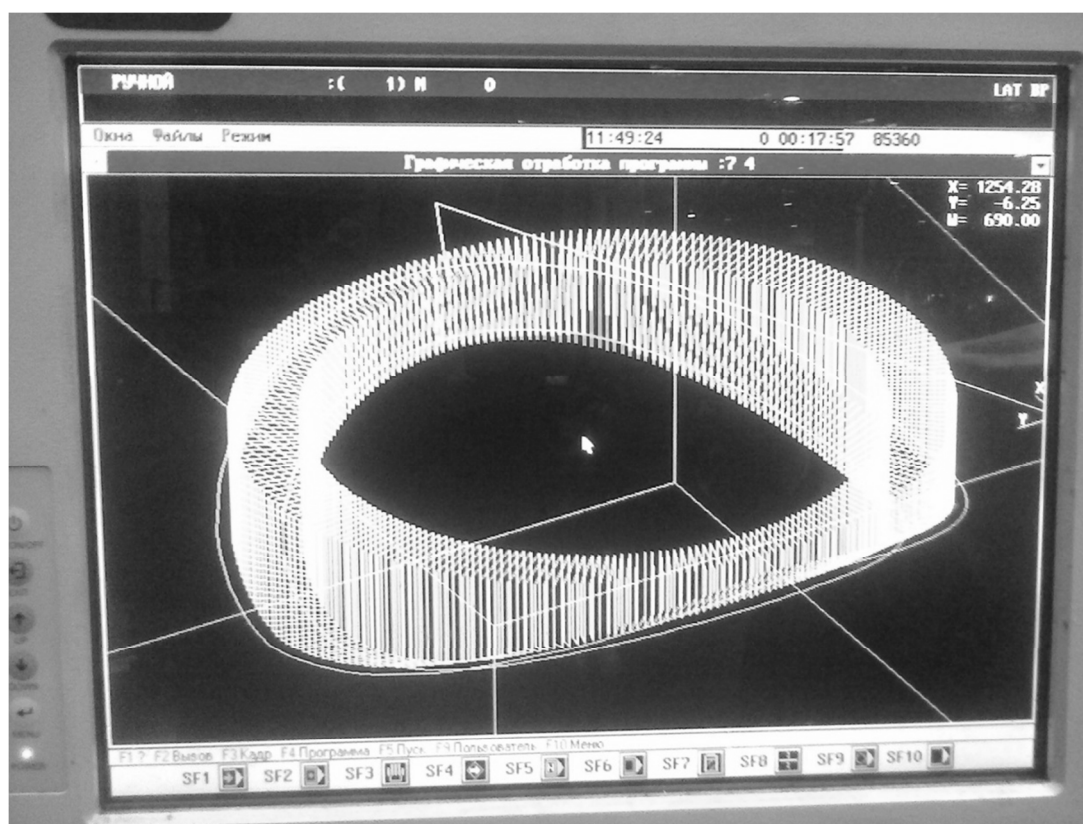


Рис. 3. – Совместная графическая прорисовка обрабатываемой программы и контура фаски

В таблице 1 приведен перечень авторских G-функций, аналогов большинству из которых у ведущих мировых производителей систем ЧПУ на текущий момент не найдено.

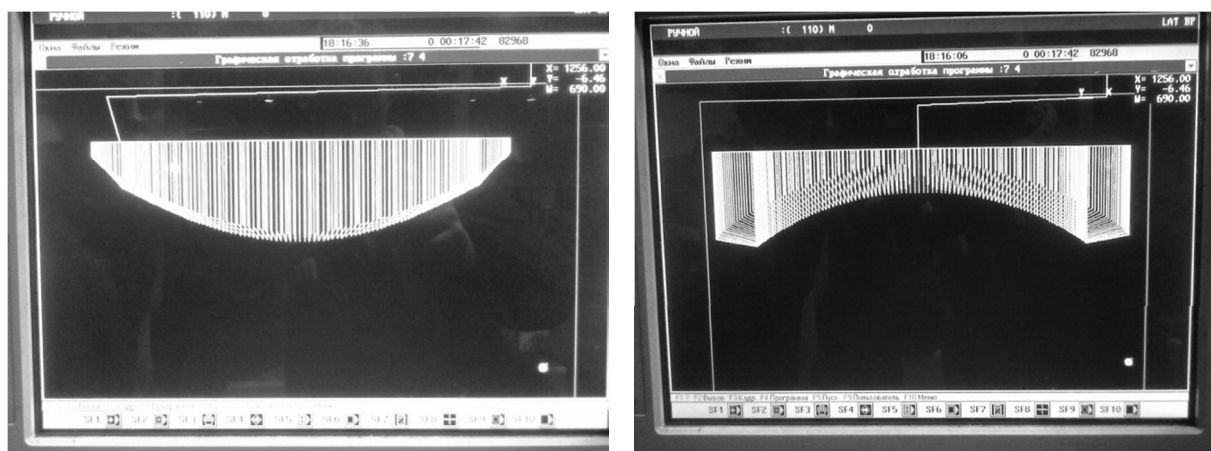


Рис. 4. – Графическая прорисовка обрабатываемой программы:
а) – фронтальная проекция; б) – профильная проекция

На рисунках 2–4 показана графическая прорисовка работы, выполняемой на станке с ЧПУ при фрезеровании фасок в отверстиях на номинально цилиндрических поверхностях детали. На рисунке 5 приведены фотографии имитаторов, изготовленных для проверки подпрограмм (циклов) G292, G298.

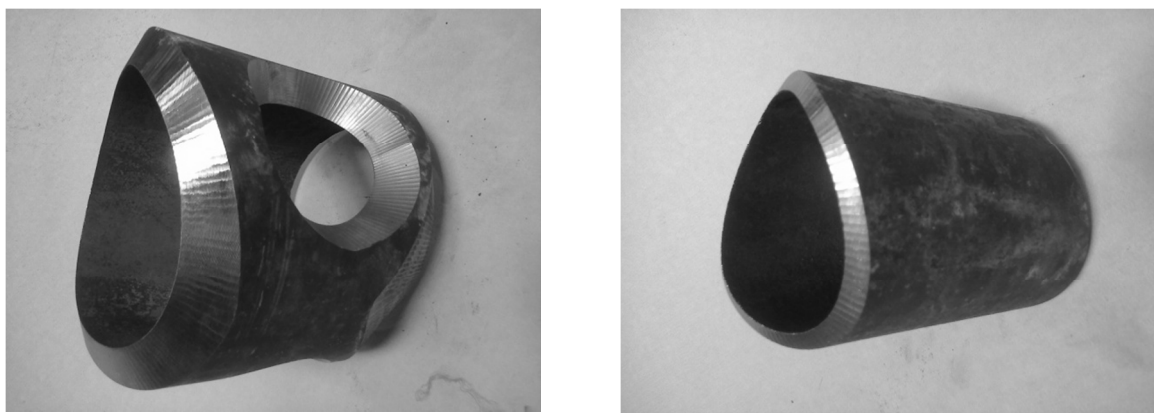


Рис. 5. – Имитаторы для проверки подпрограмм

Описанный подход к программированию наиболее целесообразен, по мнению авторов, при изготовлении патрубков сосудов высокого давления, а также при обработке других ответственных изделий атомного машиностроения с аналогичными поверхностями. В заключение, необходимо отметить, что из мировых лидеров по производству систем ЧПУ возможности, подобные описанным в настоящей работе, предоставляют концерны FANUC в некоторых системах ЧПУ и Siemens (Sinumerik-840(840D)).

По мнению авторов настоящей работы, данные подходы к программированию станков с ЧПУ являются весьма перспективными и могут иметь различное применение, несмотря на то, что сегодня им уделяется недостаточное внимание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G-код. Основы CNC (ЧПУ) программирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://cncexpert.ru/CNC-milling/CNC-programming.php> – 20.08.2014.

Extension of the CNC Machines Software During Milling Operations When Producing Power Machine Building Goods

Yu.N. Kudrikov*¹, Yu.N. Kazennov*, S.A. Tomilin**², R.A. Olkhovskaya**³

** A branch of JSC "AEM-technologies" Atommash,
Volgodonsk¹ e-mail: kng_2997@mail.ru*

*** Volgodonsk Engineering Technical Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360² e-mail:
SATomilin@mephi.ru ;³ e-mail: RAOlkhovskaya@mephi.ru*

Abstract – In work the G-functions created by means of parametrical programming, expanding the CNC machines software equipped with FMS-3000(3200) during milling operations when producing power machine building goods are offered.

Keywords: FMS-3000(3200) control system, computer numerical control (CNC) machine, milling, parametrical programming, G-functions, power machine building goods.

REFERENCES

- [1] G-kod. Osnovy CNC (ChPU) programmirovaniya [G-code. Bases of CNC (ChPU) of programming]. 2014. Available at: <http://cncexpert.ru/CNC-milling/CNC-programming.php> (in Russian)