

*УСТРОЙСТВО*  
*ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ*

**Феникс**

**Руководство программиста**

## Содержание.

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ</b> .....	<b>6</b>
<b>БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ</b> .....	<b>8</b>
Состав программы.....	8
Кадр управляющей программы.....	12
<i>Выражения</i> .....	14
<i>Комментарии</i> .....	15
<i>Обращение к системным переменным</i> .....	15
Подпрограммы .....	17
Циклические повторения и циклы.....	18
<b>ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ</b> .....	<b>20</b>
Подготовительные функции, действующие по умолчанию .....	23
Стандартные функции перемещения .....	23
<i>G00 – позиционирование на быстром ходу</i> .....	24
<i>G01 – линейная интерполяция</i> .....	24
<i>G02/G03 – круговая интерполяция</i> .....	26
<i>G04 – пауза</i> .....	29
<i>G09 – точный останов</i> .....	30
Управление программированием на диаметр .....	30
<i>G26 – программирование на радиус</i> .....	30
<i>G27 – программирование на диаметр</i> .....	31
<i>G30 – выход в исходную точку станка</i> .....	31
<i>Функции коррекции инструмента</i> .....	32
<i>G45 – включение коррекции инструмента</i> .....	33
<i>G46 – выключение коррекции инструмента</i> .....	33
<i>Функции коррекции плавающих нулей</i> .....	34
<i>G50 – отмена коррекции плавающего нуля</i> .....	34
<i>G54, G55, G56, G57, G505-G599 – выбор плавающего нуля</i> .....	34
Функции сложных движений .....	35
<i>Функция G31 – нарезание резьбы резцом с автоматическим распределением припуска по проходам</i> ...	35
<i>G32 – нарезание резьбы резцом</i> .....	39
Управление стружкодроблением .....	42
<i>G67 – включение стружкодробления</i> .....	42
<i>G68 – выключение стружкодробления</i> .....	43

УПРАВЛЕНИЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕМ КООРДИНАТ .....	43
<i>G90 – программирование в абсолютных размерах</i> .....	43
<i>G91 – программирование в приращениях</i> .....	44
УПРАВЛЕНИЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕМ ПОДАЧИ.....	45
<i>G94 режим минутной подачи</i> .....	45
<i>G95 – режим оборотной подачи</i> .....	45
УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ РЕЗАНИЯ .....	46
<i>G96 – режим сохранения постоянной скорости резания</i> .....	46
<i>G97 – отмена постоянства скорости резания</i> .....	48
<b>ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ.....</b>	<b>49</b>
Вспомогательные функции, действующие по умолчанию .....	49
Функции управления выполнением программы .....	50
<i>M00</i> .....	50
<i>M02, M30</i> .....	50
<i>M17</i> .....	51
<i>M20</i> .....	51
Функции управления электрооборудованием станка .....	52
<i>M03</i> .....	52
<i>M04</i> .....	52
<i>M05</i> .....	53
<i>M08</i> .....	53
<i>M09</i> .....	53
<i>M10</i> .....	54
<i>M19</i> .....	54
<i>M38</i> .....	54
<i>M39</i> .....	55
<i>M40</i> .....	55
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ .....</b>	<b>56</b>
<b>ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ .....</b>	<b>57</b>
<b>СТАНДАРТНЫЕ ЦИКЛЫ. ....</b>	<b>61</b>
Функция <i>G70</i> – однопроходный продольный цикл.....	61
Функция <i>G71</i> – однопроходный поперечный цикл.....	62
Функция <i>G72</i> – глубокое поперечное резание .....	63
Функция <i>G73</i> – глубокое сверление (точение) .....	65
Функция <i>G74</i> – нарезание торцевых канавок .....	66
Функция <i>G75</i> – нарезание цилиндрических канавок.....	68
Функция <i>G77</i> – многопроходный продольный цикл .....	70

---

---

Функция G78 – многопроходный поперечный цикл .....	71
Циклы сверления .....	72
<i>Функция G810</i> .....	73
<i>Функция G811</i> .....	75
<i>Функция G812</i> .....	77
Циклы растачивания .....	79
<i>Функция G820</i> .....	79
<i>Функция G821</i> .....	81
<i>Функция G822</i> .....	83
<i>Функция G823</i> .....	85
<i>Функция G824</i> .....	87
<i>Функция G825</i> .....	89
<i>Функция G826</i> .....	91
ФОРМИРОВАНИЕ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ .....	93
<i>Общее описание параметров</i> .....	93
<i>Подготовительные функции группы G85</i> .....	96
<i>Функция G851</i> .....	96
<i>Функция G852</i> .....	99
<i>Функции обработки группы G85</i> .....	103
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИЙ И АДРЕСОВ В ОДНОМ КАДРЕ</b> .....	<b>106</b>

## Введение

Данное руководство объясняет общую структуру управляющей программы, описывает общие способы построения программы и базовые функции, с примерами их использования.

В последних разделах руководства рассмотрены стандартные технологические циклы, описание каждого из которых сопровождается рисунком, поясняющим его работу и пример использования цикла при обработке.

УЧПУ «Феникс» позволяет производить линейное перемещение рабочего органа станка по 9 осям. Принятые обозначения осей сведены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение	Описание
Z	Ось станка, параллельная шпинделю главного движения, вращающего инструмент в станках сверлильно-фрезерно-расточной группы или вращающего заготовку в станках токарной группы.
X	Ось станка, перпендикулярная оси шпинделя.
Y	Ось станка, образующая с осями Z и X правую прямоугольную систему координат.
A, B, C	Оси вращательного движения вокруг осей, параллельных осям X, Y, Z соответственно
U, V, W	Вторичные оси движения, параллельные осям X, Y, Z соответственно.

Оси, соответствующие прямолинейным движениям, не параллельным осям X, Y, Z обозначаются по выбору U, V, W.

### Технические характеристики системы

Технические характеристики системы числового программного управления «Феникс» представлены в табл. 2.

Таблица 2.

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1.	Количество управляемых осей	9
2.	Количество одновременно управляемых осей	3
3.	Количество плавающих нулей (нулей заготовки)	99
4.	Количество обрабатываемых инструментов	ограничивается при привязке (мат. ограничение 255)
5.	Количество корректоров для каждого инструмента	4
6.	Максимальное программируемое перемещение:	
7.	- линейные, мкм	99 999 999
8.	- угловые, град	359.99
9.	Минимальное программируемое перемещение	
10.	- линейные, мкм	1
11.	- угловые, град	0.01
12.	Диапазон скоростей рабочей подачи, мм/мин	ограничивается при привязке (мат.
13.	Диапазон скоростей вращения шпинделя об/мин	ограничение 99999999).
14.	Автоматическое ускорение и замедление (по линейному закону)	+
15.	Задание перемещений в абсолютных величинах и приращениях	+
16.	Линейная интерполяция	+
17.	Круговая интерполяция	+
18.	Позиционирование	+
19.	Пауза	+
20.	Торможение в конце кадра	+
21.	Выход в исходную точку	+
22.	Коррекция длины инструмента	+
23.	Коррекция инструмента по радиусу	+

24.	Нарезание резьбы резцом	+
25.	Сверление	+
26.	Растачивание сложных профилей	+
27.	Ручная коррекция скорости рабочей подачи	+
28.	Ручная коррекция скорости вращения шпинделя	+
29.	Стандартные циклы	+
30.	Покадровая отработка	+
31.	Ускоренная обработка	+
32.	Блокировка перемещений по заданным осям	+
33.	Блокировка технологических функций	+
34.	Зеркальная обработка по заданным осям	+
35.	Запуск программы с базового пульта СЧПУ и станочного пульта	+
	Останов программы:	
36.	- функциями, заданными в программе	+
37.	- в конце кадра	+
38.	- командами базового пульта СЧПУ и станочного пульта	+
	Запуск прерванной программы:	
39.	- с точки останова	+
40.	- с нужного кадра	+
41.	Кодирование управляющих программ	Язык ISO
42.	Модификация управляющих программ с базового пульта СЧПУ	+
	Сохранение УП:	
43.	- во внутреннюю энергонезависимую память СЧПУ	+
44.	- на устройство переноса программ	+
45.	Модификация программ ЭА	+
46.	Язык программирования функций электроавтоматики	IEC 61131: ST
47.	Система подготовки программ ЭА	на базе PC, ОС Win2000, WinXP

## Базовые принципы программирования

### Состав программы

Обработка детали на станке с ЧПУ ведется по программе, в которой задается траектория движения исполнительного органа станка, его скорость, указывается информация об используемом инструменте и т.д. Такую программу называют *управляющей программой* (УП).

Методы кодирования УП в УЧПУ «Феникс» соответствуют ГОСТ 20999-83. Все элементы управляющей программы являются символами кода ASCII (КОИ-7).

В управляющих программах используются следующие группы символов:

- символы и знаки, кодирующие управляющие функции и адреса;
- символы и знаки операций, используемых в выражениях;
- символы, используемые в комментариях;
- символы, используемые в стандартных циклах и циклах пользователя.

Перечень символов кодирования УП и их назначение приведен в табл. 3.



Таблица 3.

Символ	Назначение	Пример использования
<b>%</b>	Начало программы	% Программа, в которой нет символа начала программы, УЧПУ отработана не будет
<b>L</b>	Подпрограмма	<i>Описание подпрограммы:</i> L01 ; объявление подпрограммы N1 X10. Z-12 ... N6 M17 ; конец описания подпрограммы <i>Вызов подпрограммы из основной:</i> N56 G90 Z-50 N57 L01
<b>N</b>	Номер кадра	N12 G90
<b>:</b>	Главный кадр	Знак, обозначающий главный кадр УП. Записывается в кадре вместо адреса N. Применение символов главного кадра, например, в кадрах со сменой инструмента, улучшает читаемость программы и обеспечивает их быстрый поиск при просмотре и редактировании программы. :1000 T1 D2
<b>//</b>	Комментарий	// Текст комментария
<b>;</b>	Комментарий	; Текст комментария
<b>G</b>	Подготовительная функция	Список функций см. табл. 6
<b>X, Y, Z</b>	Перемещение по главным осям	N12 X100 Z-10.22 Y0.1
<b>I, J, K</b>	Параметры интерполяции параллельно осям X, Y, Z	G2 X10 Z10 I10 K0
<b>F</b>	Скорость подачи	N12 G94 F100; установили скорость рабочей подачи 100 мм/мин N15 G95 F0,2; установили скорость рабочей подачи 0,2 мм/об
<b>S</b>	Скорость главного движения	N15 G97 S100 M3; установили скорость вращения шпинделя 100 об/мин N25 G96(100,600) S30; установили скорость резания 30 м/мин
<b>T</b>	Функция выбора инструмента	N24 T6
<b>D</b>	Функция выбора корректора инструмента	N26 T3 D2; выбрали инструмент №3 и его корректор №2
<b>M</b>	Вспомогательная функция	Список функций см. табл. 10

Символ	Назначение	Пример использования
<b>N</b>	Циклическое повторение	Начало циклического повторения N-раз со следующего кадра N94 H4 N95 G91 Z-4 F100 ... N101 X.. Z.. N102 M20;      конец блока повторений
<b>R1..R100</b>	Формальный параметр	Используются для построения выражений
<b>0..9</b>	Цифры	
<b>&lt;, &gt;, =</b>	Операторы выражений	0.5>sin(R1) \$a>\$b
<b>(</b>	Круглая скобка – левая	Используются для присваивания значений формальным параметрам и указания параметров функций
<b>)</b>	Круглая скобка – правая	
<b>\$</b>	Обращение к обычной или системной переменной	\$a(20) \$1>\$24 Переменные вида \$буква/комбинация букв используется только в стандартных циклах и циклах пользователя. Системные переменные с номерами 0-19 включительно, используются только в стандартных циклах и циклах пользователя. Системные переменные с номерами 20-255 могут использоваться и в циклах, и в УП (табл. 5).
<b>@</b>	Заголовок цикла	@810 Используется только в стандартных циклах и циклах пользователя. Цифра, которая стоит после символа “@” определяет номер G функции, которая будет вызывать этот цикл.
<b>#</b>	Конец цикла	# Используется только в стандартных циклах и циклах пользователя. Заканчивает блок описания цикла. Если при описании цикла символ “#” не указан, окончанием блока цикла считается начало описания следующего цикла, или конец файла циклов пользователя.
<b>~</b>	Оператор условного перехода	~(\$a>\$b) N110 Используется только в стандартных циклах и циклах пользователя. Если условие в скобках выполняется, происходит переход к кадру с номером, указанным далее через адрес N.

Управляющая программа может быть формально разделена на следующие составные части:

- основная программа;
- подпрограммы;
- циклы.

*Пример:*

L01;	подпрограмма
N1...;	кадры подпрограммы
...	
N10...M17;	последний кадр подпрограммы с функцией возврата
%;	символ начала программы
; Деталь АБВГ123.456.789;	комментарий с наименованием программы или
; сопроводительная информация	
N20...;	кадр основной программы
...	
N40 L01;	вызов подпрограммы
...	
N47...;	кадр основной программы
...	
N94 X10 Z-12 H4;	начало блока повторений
N95 G91 Z-4 F100;	кадр программы блока повторений
...	
N101 X-5 Z10	
N102 M20;	конец блока повторений
N120 X(20+sin(95));	кадр, перемещение задается выражением
N130 T16M6;	кадр
...	
N410 G812(2,-25,5,,8,7,,0.12);	вызов стандартного цикла глубокого сверления
N500M2;	последний кадр с функцией “конец программы”

Основная программа должна всегда начинаться с символа %. Если этого символа нет в программе, она отработана не будет.

При отработке программы УЧПУ будет работать по командам программы. Если в программе встречается команда обращения к циклу (в примере, приведенном выше, – это кадр N410), то дальнейшее поведение УЧПУ определяется командами цикла. Далее, если во время выполнения цикла встречается команда возвращения в

программу (символ “#”), дальнейшее поведение УЧПУ определяется командами программы.

Метод выбора нужной программы и файла циклов описан в документе “Руководство оператора”.

### Кадр управляющей программы

Структурной единицей любой УП является кадр. Кадр представляет собой записанную в соответствии с выбранным методом кодирования последовательность символов. Каждый кадр УП записывается в отдельной строке. Максимальное число символов в кадре – 255.

Все кадры в УП должны иметь номера (номер кадра задается после адреса N или символа главного кадра “:”). Соблюдения сплошной нумерации кадров не требуется. Если программа содержит несколько кадров с одним номером, или нумерация кадров изменяется хаотично, они выполняются в строгом соответствии с порядком их следования в программе. Для удобства работы с УП рекомендуется, чтобы номера кадров возрастали от начала программы (или подпрограммы) к концу.

#### *Пример 1:*

```
N1 G90 G94 G26  
:1000 T4 D4  
N10 G0 X100  
N9 Z0  
N12 G1 X50 F500
```

Такая программа будет выполнена точно так же, как если бы номера кадров возрастали от первого кадра к последнему:

#### *Пример 2:*

```
N1 G90 G94 G26  
N2 T4 D4  
N3 G0 X100  
N4 Z0  
N5 G1 X50 F500
```

Структура типичного кадра:

**N G X Z F S M T**

- N – номер кадра,
- G – символ подготовительной функции или постоянного цикла
- X, Z – символы перемещения по осям
- F – скорость подачи
- S – скорость главного движения или скорость резания в зависимости от режима программирования (G96/G97)
- M – вспомогательная функция
- T – функция выбора инструмента

Символы функций могут разделяться между собой знаками пробела или горизонтальной табуляции. Код подготовительной функции (если он имеется) может быть указан в любом месте кадра (как до, так и после указания перемещений по осям). Кадр программы интерпретируется целиком, порядок следования функций роли не играет<sup>1</sup>. Допускается указывать несколько подготовительных функций в одном кадре, если они из различных групп. В приложении 1 приведена таблица, в которой символом “\*” отмечены функции, применение которых в одном кадре допустимо. После точки с запятой могут быть записаны любые символы, которые следует рассматривать как комментарий. В кадре может быть записана только одна M- или T-функция.

Число, следующее непосредственно за буквенным символом (адресом), является значением функции.

---

<sup>1</sup> Исключением являются операторы присваивания, операторы условного перехода (используются при описании технологических циклов и при использовании формальных параметров), оператор вызова подпрограммы и функции возврата из подпрограммы и циклического повторения (M17, M20). Эти операторы выполняются последовательно в порядке, заданном в кадре.

*Пример:*

N10 G26 X-15 Z20 G91 T7; кадр с номером 10, перемещение по оси X на 15 мм в отрицательном направлении, перемещение по Z на 20 мм в положительном направлении, подготовительная функция G91 (перемещения в приращениях), функция выбора инструмента 7.

Вместо чисел, непосредственно указывающих величину перемещения, допускается использовать выражения и формальные параметры. Выражения указываются в круглых скобках.

*Пример:*

N10 G91 G26 X (2+7);      перемещение по оси X на 2+7=9мм;  
 ...  
 N9 R1(30);                присваивание значения формальному параметру R1  
 N10 G91 G26 X(2+R1);    перемещение по оси X на 32мм

**Выражения**

Для задания значений адресов и аргументов функций возможно использование выражений. При исполнении кадра сначала вычисляется значение выражения, а затем производится действие с полученным значением. Если в кадре УП используется выражение с формальными параметрами, то они должны быть определены в предыдущих кадрах.

Выражения описываются в круглых скобках, (возможно многократное вложение) и допускают использование операций и арифметических функций, описанных в табл. 4.

Таблица 4.

Символ операции или функции	Описание
+	Арифметическое сложение
-	Арифметическое вычитание
*	Арифметическое умножение
/	Арифметическое деление
<b>Sin()</b>	Синус
<b>Cos()</b>	Косинус

<b>Tan()</b>	Тангенс
<b>Asin()</b>	Арксинус
<b>Acos()</b>	Арккосинус
<b>Atan()</b>	Арктангенс
<b>Ln()</b>	Натуральный логарифм
<b>Lg()</b>	Логарифм по основанию
<b>Pw()</b>	Возведение в степень
<b>\$</b>	Обращение к значению системной переменной (см. табл. 5)
<b>(, )</b>	Скобки

*Пример:*

N1 G91 G26 X (2+7);            перемещение по оси X на 2+7=9мм;

...

N9 R1(30) G90; присваивание значения формальному параметру R1, установка режима программирования в абсолютных размерах

N10 G26 X(\$24+R1); перемещение по оси X на 30мм

N11 G27 X(\$24+R1); перемещение по оси X еще на 15мм

## Комментарии

Комментарии в программах определяются символами “;”-точка с запятой или “//” две наклонных черты.

В комментариях допускается использование всех русских или латинских букв верхнего или нижнего регистра, а также всех других допустимых символов функций и цифр. Окончанием комментария считается конец соответствующего кадра.

*Пример:*

N10 G0 X25 Z10 F40            ; это комментарий в конце кадра

//N10 G2 G0 X25 Z10 F40    ; этот кадр, интерпретируется как комментарий

;N10 G2 G0 X25 Z10 F40    ; этот кадр, интерпретируется как комментарий

N10 G2 G0 X25 Z10 F40    // это комментарий в конце кадра

## Обращение к системным переменным

Выражения вида

\$номер

обеспечивают доступ к системным переменным в соответствии табл. 5.

Таблица 5.

Название	Номер	Косвенное изменение (если возможно)	Примечания
Рабочая подача	20	В кадре полем F: N100F100	
Обороты шпинделя (скорость резания)	21	В кадре полем S: N100S200	В зависимости от текущего режима программирования обороты шпинделя (если активна G97) или скорость резания (если активна G96)
Режим подачи	22	G0 - движение на ускоренной подаче; G1, G2, G3 – движение на рабочей подаче	0 – ускоренная подача 1 – рабочая подача
Зарезервировано	23		
X	24	В кадре полем X: N100X100	Значение координаты X достигнутой по программе, без учета перемещения запрограммированного в текущем кадре, на радиус, если действует G26 или на диаметр, если действует G27.
Y	25	В кадре полем Y: N100Y100	Значение координаты Y достигнутой по программе, без учета перемещения запрограммированного в текущем кадре.
Z	26	В кадре полем Z: N100Z100	То же по оси Z.
C	27	В кадре полем C: N100C100	То же по оси C.
U	28	В кадре полем U: N100U100	То же по оси U.
Стружкодробление	29	G67 – включение G68 – выключение	1 – включено 0 – выключено
Величина прохода до прерывания стружки	30	С помощью функции G67 (первый параметр)	



<b>Отвод инструмента по направлению подачи</b>	31	С помощью функции G67 (второй параметр)	
<b>Прерывание стружки на последнем проходе</b>	32	С помощью функции G67 (третий параметр)	1 – включено 0 – выключено
<b>Величина паузы при прерывании стружки</b>	33	С помощью функции G67 (четвертый параметр)	

*Пример 1:*

N10F(\$20+100)G94;                   увеличение рабочей подачи на 100 мм/мин.

*Пример 2:*

N10F(\$20\*1.2);                   увеличение рабочей подачи на 20 процентов.

## Подпрограммы

Для описания и вызова подпрограмм в СЧПУ Феникс используется адрес L. Описание подпрограммы начинается с программирования адреса L (без номера кадра) с соответствующим номером подпрограммы. Признаком окончания подпрограммы служит вызов функции M17. Вызов подпрограммы производится с помощью адреса L с соответствующим номером в кадре программы. Номер подпрограммы может задаваться в пределах от 0 до 99. Вызов подпрограммы должен быть записан в конце кадра, адреса и функции, записанные в кадре после вызова L, не обрабатываются.

*Пример:*

L1;   начало подпрограммы L1  
N10 G91G3K-5Z-10F100  
N11 M17;                                   конец подпрограммы  
%  
N1 G90G26  
N2 X15Z0G0  
N3 L1;                                   вызов подпрограммы  
N4 Z-20  
N5 L1 G91;                               вызов подпрограммы, функция G91 не обрабатывается,

; так как записана в кадре после вызова подпрограммы  
N6 Z-100L1  
N7 M2

Приведенная выше часть формирует последовательность кадров и обрабатывается точно так же как и часть программы без использования адреса L, приведенная ниже:

```
%  
N1 G90G26  
N2 X15Z0G0  
N10 G91G3K-5Z-10F100; кадр вместо вызова подпрограммы  
N4 Z-20  
N10 G91G3K-5Z-10F100; кадр вместо вызова подпрограммы  
N6 Z-100  
N10 G91G3K-5Z-10F100; кадр вместо вызова подпрограммы  
N7 M2
```

При помощи подпрограмм может быть организовано повторение части программы. Для этого часть программы, которая будет повторяться, описывается как подпрограмма. Ниже приведена та же программа, что и в предыдущих примерах, но подпрограмма описана как часть программы (обратите внимание на положение символа начала программы “%”):

```
%  
N1 G90G26  
N2 X15Z0G0  
L1; начало подпрограммы  
N10 G91G3K-5Z-10F100  
N11 M17; конец подпрограммы  
N4 Z-20  
N5 L1  
N6 Z-100L1  
N7 M2
```

## Циклические повторения и циклы

Для программирования циклических повторений части программы используется адрес N с последующей числовой информацией, определяющей число повторе-

ний. Признаком окончания блока циклических повторений служит вызов функции M20.

*Пример:*

```
N9G91M3S100
N10H5G90; начало блока, повторяющегося пять раз
N11G91G27X-.5
N12G91G32F1X-5Z-65
N13M20
N14M2
```

Приведенная выше часть программы формирует последовательность кадров и обрабатывается точно так же, как и часть программы без использования адреса N, приведенная ниже:

```
N9G91M3S100
N10G90;
N11G91G27X-.5
N12G91G32F1X-5Z-65
N11G91G27X-.5
N12G91G32F1X-5Z-65
N11G91G27X-.5
N12G91G32F1X-5Z-65
N11G91G27X-.5
N12G91G32F1X-5Z-65
N11G91G27X-.5
N12G91G32F1X-5Z-65
N14M2
```

Под циклами понимается последовательность движений, необходимых для выполнения тех или иных технологических операций (сверление, расточка, резьбо-нарезание и т.п.). Как правило, циклы раскладываются на простые движения типа G0, G1, G4. Технологические циклы отличаются от подпрограмм тем, что имеют параметры, хранятся в отдельном файле и могут вызываться во всех программах. Язык программирования технологических циклов несколько отличается от языка написания программ. Подробнее технологические циклы описаны в разделе «Программирование технологических циклов».

### Подготовительные функции

Под адресом G с последующей числовой информацией задаются подготовительные функции, перечень которых приведен в табл. 6.

Таблица 6.

Код	Группа	Модальность	Наименование
<i>Стандартные функции перемещения</i>			
G00	1	M <sup>1</sup>	Позиционирование со скоростью быстрого хода
G01		M	Линейная интерполяция
G02			Круговая интерполяция, движение по часовой стрелке
G03			Круговая интерполяция, движение против часовой стрелки
<i>Функции останова</i>			
G04	1		Пауза
G09	2		Останов в конце кадра
<i>Управление программированием диаметра</i>			
G26	5	M	Программирование на радиус (перемещения по оси X задаются для соответствующего изменения радиуса)
G27		M	Программирование на диаметр (перемещения по оси X задаются для соответствующего изменения диаметра)
<i>Функции коррекции координат</i>			
G30	1		Выход в исходную точку
G46	3	M	Отмена коррекции инструмента
G45		M	Включение коррекции инструмента
G50		M	Отмена коррекции плавающего нуля
G54.. G57, G505 ..599	4	M	Выбор плавающего нуля
<i>Функции сложных движений</i>			
G32	1		Нарезание резьбы резцом

<sup>1</sup> Модальная функция.

Код	Группа	Модальность	Наименование
<b><i>Управление стружкодроблением</i></b>			
G67	6	M	Стружкодробление включено
G68		M	Стружкодробление выключено
<b><i>Технологические НЦ-циклы</i></b>			
G70	1		Однопроходный продольный цикл
G71			Однопроходный поперечный цикл
G72			Глубокое поперечное резание
G73			Глубокое сверление (точение)
G74			Нарезание торцевых канавок
G75			Нарезание цилиндрических канавок
G77			Многопроходный продольный цикл
G78			Многопроходный поперечный цикл
<b><i>Управление программированием координат</i></b>			
G90	7	M	Программирование в абсолютных размерах
G91		M	Программирование в приращениях
<b><i>Управление программированием подачи</i></b>			
G94	8	M	Программирование минутной подачи
G95		M	Программирование оборотной подачи
<b><i>Управление скоростью резания</i></b>			
G96	9	M	Постоянство скорости резания
G97		M	Отмена постоянства скорости резания
<b><i>Циклы сверления по оси Z</i></b>			
G810	-1		Сверление по оси Z без паузы в конечной точке
G811			Сверление по оси Z с паузой в конечной точке
G812			Глубокое сверление по оси Z
<b><i>Циклы растачивания по оси Z</i></b>			
G820	-1		Растачивание по оси Z
G821			Растачивание по оси Z с остановом шпинделя перед выводом инструмента из заготовки
G822			Глубокое растачивание по оси Z
G823			Цикл глубокого растачивания по оси Z с остановом шпинделя при выводе инструмента
G824			Широкое растачивание по оси Z

Код	Группа	Модальность	Наименование
G825			Широкое растачивание по оси Z с остановом шпинделя перед выводом инструмента
G826			Универсальный цикл растачивания по оси Z
<b>Циклы формирования сложного профиля</b>			
G851	_1		Подготовительная функция для описания параметров обработки фасок и галтелей циклов формирования профиля
G852			Подготовительная функция для описания параметров геометрии циклов формирования профиля
G853			Цикл формирования продольной канавки
G855			Цикл формирования поперечной канавки

Подготовительные функции делятся на группы. Одновременно внутри кадра возможно действие только одной функции из группы. Если в кадре задано несколько функций, принадлежащих различным группам, то все они исполняются.

Подготовительные функции подразделяются на *модальные* и *немодальные*. Модальные функции сохраняют свое состояние до тех пор, пока оно не будет изменено вызовом другой функции той же группы.

Если в одном кадре с *модальными* функциями G26, G27, G90, G91, G94, G95, G96, G97 задано перемещение или адрес любой оси (X, Y, Z и т.д.), то они действуют только на текущий кадр. Перемещениями считаются: круговая интерполяция, линейная интерполяция, движение без интерполяции, переход в абсолютный ноль станка, ориентация шпинделя, поворот шпинделя на угол. Иначе функции являются модальными и действуют на последующие кадры до отмены.

Модальными являются также адреса из табл. 7, помеченные буквой М.

<sup>1</sup> Вызов технологического цикла должен осуществляться отдельным кадром. Обработка функций и адресов, заданных в одном кадре с вызовом стандартного цикла не гарантируется.

Таблица 7.

Адрес	Модальность	Описание
<b>F</b>	М	Скорость подачи
<b>L</b>		Вызов подпрограммы
<b>H</b>		Вызов блока повторений
<b>R</b>		Формальный параметр
<b>S</b>	М	Скорость вращения шпинделя (скорость резания)
<b>T</b>	М	Выбор инструмента
<b>D</b>	М	Выбор корректора инструмента

### Подготовительные функции, действующие по умолчанию <sup>1</sup>

При включении питания эффективными являются следующие подготовительные функции для токарных станков.

**G01** – линейная интерполяция

**G27** – программирование на диаметр

**G45** – коррекция инструмента включена

**G68** – стружкодробление выключено

**G91** – программирование в приращениях

**G94** – задание оборотной подачи (в мм/мин)

**G97** – постоянство скорости резания отключено.

### Стандартные функции перемещения

К стандартным функциям перемещения относятся G00, G01, G02, G03. Они определяют характер движения исполнительного органа станка.

---

<sup>1</sup> для токарного станка

## **G00 – позиционирование на быстром ходу**

Функция позиционирования на быстром ходу применяется для перемещения инструмента в точку с указанными координатами (при программировании в абсолютных величинах) или на заданное перемещение (при программировании в приращениях) со скоростью быстрого хода.

Одновременно можно запрограммировать перемещение по всем осям. При этом рабочий орган будет двигаться независимо по всем осям со скоростью быстрого хода, которая определяется параметрами станка. Задание скорости перемещения с помощью адреса F при этом невозможно. Достижение заданной точки по осям может происходить не одновременно, поэтому траектория движения рабочего органа не является прямой линией.

*Формат вызова:*

**G0X $p_x$ Z $p_z$**

**$p_x$**  – координата конечной точки по оси X, в зависимости от действующего режима программируется в абсолютных значениях или в приращениях (G90/G91), на диаметр или на радиус (G27/G26);

**$p_z$**  – координата конечной точки по оси Z, в зависимости от действующего режима программируется в абсолютных значениях или в приращениях (G90/G91).

*Пример:*

N10 G0 G26 X30 Z15;

## **G01 – линейная интерполяция**

Функция линейной интерполяции применяется для одновременного перемещения по нескольким координатам с обеспечением постоянства заданной скорости подачи F вдоль траектории. Траектория перемещения при линейной интерполяции всегда прямая линия (см. рис. 4). Инструмент достигает конечной точки по всем координатам одновременно. Функция G1 – модальная.



*Пример:*

N10 G1 G26 X15 Z30 G94 F100;

*Формат вызова:*

**G1(P0)XpxZpzSpsFpf**

**P0** – угол между направлением движения по указанной в кадре оси и направлением движения к конечной точке. Положительным считается угол, который отсчитывается против часовой стрелки;

**px** – координата конечной точки по оси X, в зависимости от действующего режима программируется в абсолютных значениях или в приращениях (G90/G91), на диаметр или на радиус (G27/G26);

**pz** – координата конечной точки по оси Z, в зависимости от действующего режима программируется в абсолютных значениях или в приращениях (G90/G91);

**ps** – скорость главного движения или скорость резания в зависимости от действующего режима (G96/G97). Определяет число оборотов шпинделя. Если скорость главного движения не задана, действует установленная ранее. Если установлена нулевая скорость главного движения или шпиндель не включен (M3/M4) и действует обратная подача, генерируется ошибка 124 в первом кадре, в котором действует функция G1 и задано перемещение;

**pf** – величина рабочей подачи. В зависимости от действующего режима задается в мм/мин (G94) или в мм/об (G95). Если подача не задана, действует установленная ранее. Если установлена нулевая подача, генерируется ошибка 124 в первом кадре, в котором действует функция G1 и задано перемещение.

Конечную точку линейного перемещения можно задать двумя способами:

- указав конечные координаты;
- указав конечную координату по одной из осей и угол между направлением движения по этой оси направлением движения рабочего органа (параметром P0). Если в кадре с вызовом G1 указаны и обе координаты конечной точки и угол, генерируется ошибка 150.

По умолчанию при старте системы G1 является активной.

*Пример 1:*

N10 G01 G90 G26 X5 Z3 G94 F100; движение в точку  $X = 5$  мм,  $Z = 3$  мм со скоростью 100 мм/мин

N11 G01 G91 G27 X-5,5 Z-2 G95 F0.1 S100; перемещение на величину  $\Delta X = -2,75$  мм,  $\Delta Z = -2$  мм со скоростью 0.1 мм/об, скорость шпинделя 100 об/мин

*Пример 2:*

N5 G90 G0 Z0; переход в начальную точку  $Z=0$

N10 G01(-45) G90 Z5 G94 F100; перемещение на расстояние  $\Delta X = 5$  мм,  $\Delta Z = 5$  мм на подаче 100 мм/мин

N11 G01(-45) G91 G27 X2 G95 F1.2; перемещение на расстояние  $\Delta X=1$  мм,  $\Delta Z=1$  мм на подаче 1.2 об/мин

**G02/G03 – круговая интерполяция**

Функции круговой интерполяции предназначены для организации движения рабочего органа станка по окружности с заданной скоростью рабочей подачи. При задании функции G02 исполнительный орган станка осуществляет движение по часовой стрелке, при задании функции G03 – против часовой стрелки.

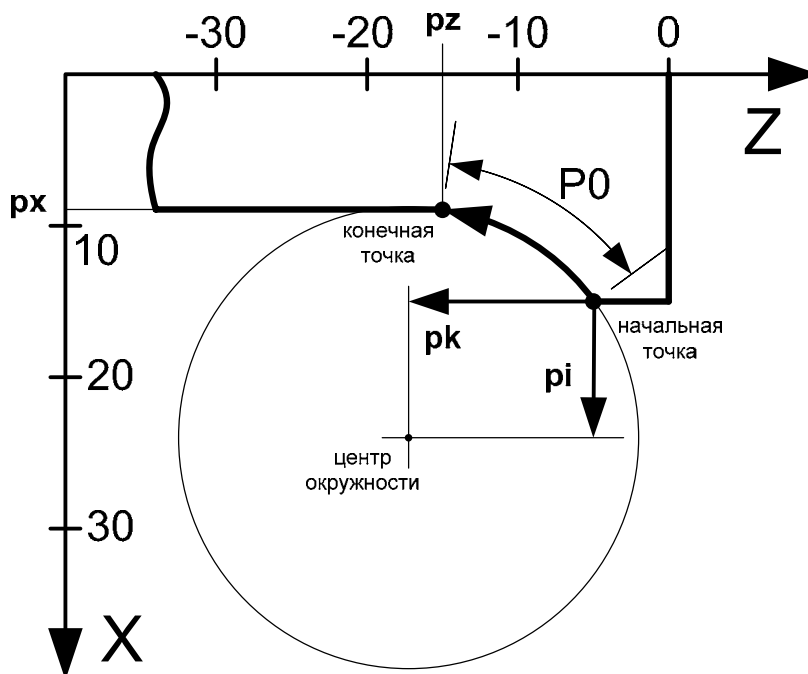


Рис. 1. Функция G3.

*Формат вызова:*

G2(P0)XpxIpiZpzKpkSpsFpf

G3(P0)XpxIpiZpzKpkSpsFpf

**P0** – угол дуги окружности. Знак заданного угла не учитывается, направление интерполяции определяется выбором функции G2/G3;

**px** – координата конечной точки по оси X, в зависимости от действующего режима программируется в абсолютных значениях или в приращениях (G90/G91), на диаметр или на радиус (G27/G26);

**pi** – координата центра дуги по оси X, программируется в приращениях относительно начальной точки дуги независимо от выбранного функциями G90/G91 режима. Программируется на диаметр или на радиус в зависимости от выбранного режима (G27/G26);

**pz** – координата конечной точки по оси Z, в зависимости от действующего режима программируется в абсолютных значениях или в приращениях (G90/G91);

**pk** – координата центра дуги по оси Z, программируется в приращениях относительно начальной точки дуги независимо от выбранного функциями G90/G91 режима;

**ps** – скорость главного движения или скорость резания в зависимости от действующего режима (G96/G97). Определяет число оборотов шпинделя. Если скорость главного движения не задана, действует установленная ранее. Если установлена нулевая скорость главного движения или шпиндель не включен (M3/M4) и действует обратная подача, генерируется ошибка 124;

**pf** – величина рабочей подачи. В зависимости от действующего режима задается в мм/мин (G94) или в мм/об (G95). Если подача не задана, действует установленная ранее. Если установлена нулевая подача, генерируется ошибка 124.

Если при программировании G2/G3 расстояние между начальной точкой дуги и центром не равно расстоянию между конечной точкой дуги и центром генерируется ошибка 151.

Если при программировании функций G2/G3 задано нулевое перемещение относительно начальной точки, угол дуги принимается равным 360 градусам. Если заданный угол дуги больше допустимого (180 для токарных станков, 360 для фрезерных), генерируется ошибка 156.

Если при вызове функций G2/G3 указаны и координаты центра и угол дуги (P0), учитывается только угол дуги.

Функции G2/G3 немодальные. В следующем за G2/G3 кадре, если не указано другого, действует функция G1.

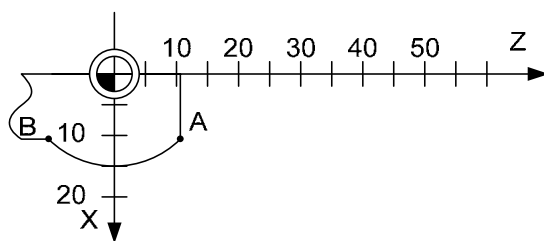


Рис. 2. Функция G2.

*Пример 1:*

Обработка участка АВ контура, показанного на рис. 2. Программирование через координаты центра.

N5 G0 G90 X0 Z12

N10 G1 G90 G94 F200 Z10.607

N15 G91 G26 X10.607

N20 G2 G90 G26 Z-10.607 I-10.607 K-10.607 G94 F100; начальная точка дуги окружности X=10.607 мм, Z = 10.607 мм; смещение центра дуги относительно начальной точки I = -10.607 мм, K = -10.607 мм; конечная точка X=10.607 мм, Z=-10.607мм, движение по часовой стрелке.

*Пример 2:*

Обработка участка АВ контура, показанного на рис. 2. Программирование через величину дуги.

N5 G0 G90 X0 Z12 M3 S100

N10 G1 G90 G95 F.2 Z10.607

N15 G91 G27 X21.214

N20 G2(90) G91 Z-21.214; начальная точка дуги окружности X=10.607 мм, Z = 10.607 мм; дуга окружности 90°; конечная точка X=10.607 мм, Z=-10.607мм, движение по часовой стрелке.



## G09 – точный останов

Для программирования точного останова в конце кадра применяется функция G9.

Использование этой функции замедляет обработку, однако значительно повышает точность отработки контура, особенно на больших подачах.

Функция G9 немодальная.

*Формат вызова:*

G9

*Пример:*

N10G1G90G27X20Z5G9G94F1000; точный останов в точке X=10 мм, Z=5 мм

## Управление программированием на диаметр

### G26 – программирование на радиус

Функция дает указание системе интерпретировать все перемещения, задаваемые по оси X, как изменение радиуса заготовки (в том числе, и заданное через адрес I смещение центра окружности относительно начальной точки). Если в кадре вместе с функцией G26 не задано перемещения рабочего органа станка, то она носит модальный характер и сохраняет свое действие на все последующие кадры. Если в кадре присутствует перемещение, то действие функции G26 распространяется только на текущий кадр. По умолчанию при старте системы G26 является пассивной.

*Формат вызова:*

G26

*Пример:*

N10G90G26G94F1000; подготовительный кадр: программирование в абсолютных размерах, на радиус, подача минутная, заданная подача 1000 мм/мин.

## **G27 – программирование на диаметр**

Функция дает указание системе ЧПУ интерпретировать все перемещения, задаваемые по оси X, как изменение диаметра заготовки (в том числе и заданное через адрес I смещение центра окружности относительно начальной точки). Если в кадре вместе с функцией G27 не задано перемещение рабочего органа станка, то она носит модальный характер и сохраняет свое действие на все последующие кадры. Если в кадре присутствует перемещение, то действие функции G27 распространяется только на текущий кадр. По умолчанию при старте системы G27 является активной.

*Формат вызова:*

G27

*Пример:*

N10G27 G96(200, 600) S40; подготовительный кадр: программирование на диаметр, режим постоянства скорости резания, заданная скорость резания 40 м/мин.

## **G30 – выход в исходную точку станка**

Функция G30 предназначена для установки измерительной системы станка в ноль (зануления). Выход в ноль осуществляется по одной или нескольким осям в соответствии с указанными параметрами. Если параметр привязки R0108 установлен в 1, то при выполнении функции G30 производится поиск нулевого концевика, а затем нуль-метки для определения абсолютного нуля станка. В точке, где нуль-метка найдена, абсолютная координата принимается равной нулю. Если параметр привязки R0108 установлен в 0, поиска нулевого концевика не производится, нулевым положением по оси зануления принимается текущая точка (в текущей точке абсолютная координата станка становится равной 0).

При занулении используются следующие параметры, установленные при привязке станка:

- скорость движения до концевика замедления (если установлен);
- скорость движения до концевика зануления;
- скорость движения до нуль-метки;
- направление движения до концевика зануления;
- направление поиска нуль-метки.

Числовые задания на перемещение по выбранным осям при задании функции G30 СЧПУ не обрабатывается.

*Формат вызова:*

G30

*Пример:*

G30X0Z-5;	выход по осям X, Z одновременно, перемещение Z = -5 мм не обрабатывается
N1G30XZ;	выход по всем осям одновременно
NG30X0;	выход по оси X
N10G30Z;	выход по оси Z

## Функции коррекции инструмента

Обработка контура производится инструментами, имеющими определенные размеры. Координаты режущей точки в абсолютных координатах станка для различных инструментов будут разными. Чтобы не учитывать смещения точки резания при программировании, значения смещений режущей точки относительно нуля станка для каждого инструмента заносятся в таблицу корректоров инструмента. При смене инструмента или номера корректора система автоматически корректирует координаты на значение, записанное в таблице. Значения смещений для каждого инструмента вводятся в память системы управления заблаговременно, до начала обработки детали.

В системе ЧПУ «Феникс» для каждого инструмента запоминается 4 корректора, которые выбираются программированием адреса D. Если при смене инструмента корректор не указан, то по умолчанию выбирается первый корректор (D1).



*Пример:*

N10 T1D4 ; устанавливается первый инструмент, выбирается четвертый корректор этого инструмента

### **G45 – включение коррекции инструмента**

Функция G45 предназначена для включения коррекции нуля детали относительно нуля станка. При вызове этой функции относительные координаты положения рабочего органа станка по осям автоматически корректируются в соответствии с таблицей корректоров, действующим инструментом и активным номером корректора. Функция G45 модальная. По умолчанию при старте системы G45 является активной.

*Формат вызова:*

G45

*Пример:*

N12 G45; включение коррекции инструмента

### **G46 – выключение коррекции инструмента**

Функция G46 предназначена для выключения коррекции нуля детали относительно нуля станка. При вызове этой функции относительные координаты положения рабочего органа станка по осям автоматически корректируются так, что ноль системы координат детали совпадает с нулем станка. Если коррекция плавающего нуля не активна (действует функция G50), то после вызова G46 ноль станка совпадает и с нулем программы. Функция G46 модальная. По умолчанию при старте системы G46 является пассивной.

*Формат вызова:*

G46

*Пример:*

N12 G46; выключение коррекции инструмента

## Функции коррекции плавающих нулей

### G50 – отмена коррекции плавающего нуля

Функция G50 предназначена для отмены коррекции текущего плавающего нуля. При вызове этой функции относительные координаты положения рабочего органа станка по осям автоматически корректируются СЧПУ таким образом, что ноль детали и ноль программы совпадают. Если не активна коррекция инструмента (действует функция G46), то после вызова G50 ноль программы совпадает также и с нулем станка. Функция G50 модальная. При первом включении функция G50 активна. В дальнейшем при сохранении параметров сохраняется номер действующей функции из группы коррекции плавающего нуля. При старте системы эта функция становится активной.

*Формат вызова:*

G50

*Пример:*

N12 G50;                      отмена коррекции плавающего нуля

### G54, G55, G56, G57, G505-G599 – выбор плавающего нуля

Группа функций G54, G55, G56, G57, G505...G599 предназначена для выбора необходимой системы координат программы для определения связи нуля программы и нуля детали.

Назначение функций следующее:

G54..G57                      –                      выбор 1...4 плавающего нуля;  
G505..G599                    –                      выбор 5...99 плавающего нуля.

Каждый плавающий ноль ассоциируется с определенной точкой в системе координат детали. Как правило, эта точка определяется способами установки (зажима)

заготовки в технологическом приспособлении. Координаты плавающего нуля вводятся в память системы управления заблаговременно, до начала обработки детали.

Обработка некоторых деталей может потребовать переустановки детали в процессе обработки, при этом может измениться ноль программы, а соответственно, и номер текущего плавающего нуля.

При смене плавающего нуля текущие относительные координаты положения рабочего органа станка по осям автоматически корректируются СЧПУ в соответствии с выбранным нулем. Функции выбора плавающего нуля модальные. При первом включении коррекция плавающего нуля не активна. В дальнейшем при сохранении параметров сохраняется номер действующей функции из группы коррекции плавающего нуля. При старте системы эта функция становится активной.

*Формат вызова:*

G5xxx

xxx – номер функции для выбора/отмены плавающего нуля;

*Пример:*

N12 G510;                    установка 10-го плавающего нуля

## **Функции сложных движений**

### **Функция G31 – нарезание резьбы резцом с автоматическим распределением припуска по проходам**

Функция G31 предназначена для программирования левой или правой, цилиндрической или конической резьбы с автоматическим распределением припуска по проходам. Начало резьбового движения синхронизировано с нуль-меткой шпинделя. Тип и параметры резьбы определяются заданными в кадре данными. Функция G31 немодальная.

Основной осью резьбового движения будем называть ось, вдоль которой программируется длина резьбы. При нулевой конусности основная ось совпадает с осью, вдоль которой проходит снятие материала.

Вспомогательной осью резьбового движения, или осью подвода инструмента, будем считать ось, вдоль которой программируется глубина резания. Если угол подвода нулевой, то подвод производится вдоль этой оси.

За основную ось резьбы для функции G31 автоматически принимается ось с наибольшим перемещением, заданным в кадре; соответственно, за вспомогательную ось принимается ось с наименьшим перемещением, заданным в кадре. Если по обеим осям заданы одинаковые перемещения, генерируется ошибка 153.

Формат вызова:

G31(P0, P1, P2, P3, P4)XpxZpzSpsFpf

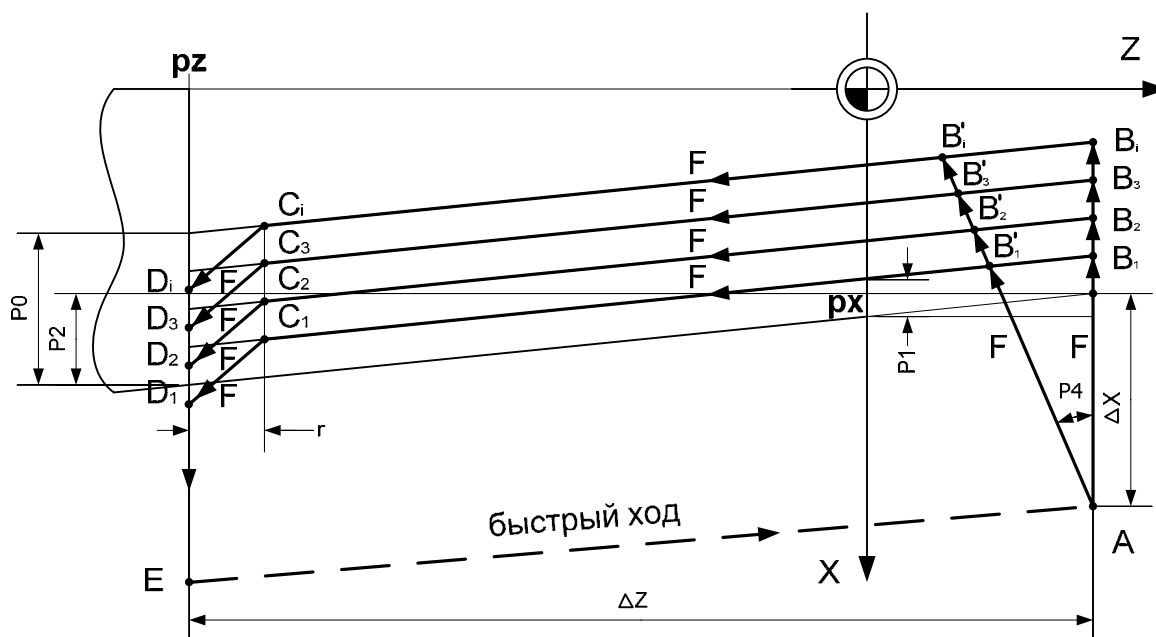


Рис. 3. Последовательность операций функции G31.

Переход в цикле осуществляется последовательно по точкам: A-B<sub>i</sub>-C<sub>i</sub>-D<sub>i</sub>-E-A, где *i* – номер прохода.

*r* – концевой сбеги резьбы по оси Z, который зависит от величины рабочей подачи и максимального ускорения приводов подач, рассчитывается автоматически.

**R0** – глубина резьбы. Задается на радиус, в приращениях, без учета знака.

**R1** – глубина резания за один проход. Задается на радиус, в приращениях, без учета знака.

Опускание параметров **R0** и **R1** означает, что резьба режется за один проход, при этом координатой по вспомогательной оси задается внутренний диаметр резьбы.

**R2** – конусность резьбы. Задается на диаметр, в приращениях. Параметр может быть как положительным (вдоль прохода движение по вспомогательной оси в направлении выхода из резьбы, см. рис. 3), так и отрицательным (вдоль прохода движение по вспомогательной оси в направлении врезания).

**R3** – количество ниток резьбы. Положительный параметр по умолчанию принимается равным 1 – однозаходная резьба.

**R4** – угол врезания, задается без учета знака (см. рис. 3). Параметр следует выбирать на  $2-4^\circ$  меньше, чем половина угла при вершине резьбы. В этом случае съем большей части материала производится передней кромкой резца, задняя кромка формирует профиль резьбы. По умолчанию параметр принимается равным  $28.0^\circ$ , что соответствует метрической резьбе. Для подвода резца перпендикулярно вспомогательной оси резания следует задавать этот параметр равным 0. Для нарезания дюймовых резьб угол врезания выбирается в диапазоне  $23.5^\circ-25.5^\circ$  в зависимости от материала и режима резания.

**px** – координата по оси X (в зависимости от того, основная ось X или вспомогательная, длина резьбового движения или подвод к контуру соответственно).

**pz** – координата по оси Z (в зависимости от того, основная ось Z или вспомогательная, длина резьбового движения или подвод к контуру соответственно).

**ps** – скорость главного движения. Определяет число оборотов шпинделя. Необходимо учитывать, что заданное число оборотов шпинделя ограничено максимальной скоростью подачи и допустимой точностью контроля скорости вращения

шпинделя (параметры привязки P0202 и P2622 соответственно). Так как заданная подача не должна превышать скорость быстрого хода, максимальные обороты шпинделя для выбранного шага резьбы можно рассчитать как  $S_{\max} = \frac{V_{\text{бх}} \cdot (100 - \delta)}{100 \cdot h}$ , где

$V_{\text{бх}}$  – скорость быстрого хода (P0202),

$\delta$  – допустимое отклонение скорости шпинделя от заданной, в процентах (P2622),

$h$  – заданный шаг резьбы.

Если заданные в кадре обороты шпинделя превышают максимальные, генерируется ошибка 153.

**pf** – величина оборотной подачи, численно равна шагу резьбы. При вызове функции G31 система автоматически переходит в режим оборотной подачи (после выполнения функции восстанавливается режим, установленный до кадра с G31). Если в кадре с вызовом G31 не задано значение оборотной подачи, выдается ошибка 153, обработка программы останавливается.

Движение по основной и вспомогательной осям может задаваться как вращениях (если действует G91), так и в абсолютных координатах (если действует G90). При этом движение по вспомогательной оси программируется как подвод к контуру, который выполняется до начала основного движения резьбы. На эту же величину производится отвод резца по вспомогательной оси после завершения основного движения.

Перемещение по основной оси резьбового движения должно задаваться с учетом пути разгона и пути торможения при разгоне рабочего органа станка до требуемой скорости подачи. Путь разгона рекомендуется выбирать равным 3-4 шагам резьбы. Более точно значение пути разгона и торможения можно рассчитать по формуле:  $l = \frac{(V + a) \cdot V}{2a}$ , где

$l$  – путь разгона (равен пути торможения),

$a$  – ускорение приводов подач (параметр привязки P0201),

$$V = \frac{S \cdot h \cdot (100 + \delta)}{100} \text{ – наибольшая допустимая скорость подачи при резьбовом}$$

движении в мм/мин,

S – обороты шпинделя, заданные в кадре резьбового движения,

h – шаг резьбы,

$\delta$  – допустимое отклонение скорости шпинделя от заданной, в процентах

(P2622).

Шаг резьбы задается по траектории движения выбором рабочей подачи и численно равен ей (в кадре возможно задание только оборотной подачи). При вызове функции G31 величина рабочей подачи должна быть обязательно указана в кадре, заданная ранее подача не обрабатывается.

При резьбовом движении нажатие клавиши СТОП приводит к останову суппорта только в конце выполняемого в момент нажатия прохода.

## G32 – нарезание резьбы резцом

Функция G32 предназначена для программирования резьбового движения левой или правой, цилиндрической или конической резьбы. Начало резьбового движения синхронизировано с нуль-меткой шпинделя. Тип и параметры резьбы определяются заданными в кадре данными. Контур обработки резьбы при помощи функции G32 задается теми же параметрами, что и для G31 с нулевой глубиной резьбы. Функция G32 немодальная.

Как и для функции G31, *основной осью* резьбового движения будем называть ось, вдоль которой программируется длина резьбы. При нулевой конусности основная ось совпадает с осью, вдоль которой проходит снятие материала.

*Вспомогательной осью* резьбового движения, или *осью подвода инструмента*, будем считать ось, вдоль которой программируется глубина резания. Если угол подвода нулевой, то подвод производится вдоль этой оси.

За основную ось резьбы для функции G32 автоматически принимается ось с наибольшим перемещением, заданным в кадре; соответственно, за вспомогательную ось принимается ось с наименьшим перемещением, заданным в кадре. Если по обеим осям заданы одинаковые перемещения, генерируется ошибка 153.

*Формат вызова:*

**G32(P0, P1)XpxZpzSpsFpf**

**P0** – конечная точка по вспомогательной оси задается в приращениях относительно начальной точки обработки, определяет конусность резьбы. Параметр может быть как положительным, так и отрицательным.

**P1** – угол в градусах с которого начинается обработка, определяется относительно нуль-метки шпинделя. По умолчанию принимается равным 0. Этот параметр используется при нарезании многозаходной резьбы. Например, для трехзаходной резьбы нужно три раза вызвать функцию G32: первый раз с параметром P1=0, второй раз с P1=120, третий раз с P1=240.

**px** – координата по оси X (в зависимости от того, основная ось X или вспомогательная, длина резьбового движения или подвод к контуру соответственно)

**pz** – координата по оси Z (в зависимости от того, основная ось Z или вспомогательная, длина резьбового движения или подвод к контуру соответственно)

**ps** – скорость главного движения. Определяет число оборотов шпинделя. Необходимо учитывать, что заданное число оборотов шпинделя ограничено максимальной скоростью подачи и допустимой точностью контроля скорости вращения шпинделя (параметры привязки P0202 и P2622 соответственно). Так как заданная подача не должна превышать скорость быстрого хода, максимальные обороты шпинделя для выбранного шага резьбы можно рассчитать как  $S_{\max} = \frac{V_{\dot{ax}} \cdot (100 - \delta)}{100 \cdot h}$ , где

$V_{\dot{ax}}$  – скорость быстрого хода (P0202),

$\delta$  – допустимое отклонение скорости шпинделя от заданной, в процентах (P2622),



$h$  – заданный шаг резьбы.

Если заданные в кадре обороты шпинделя превышают максимальные, генерируется ошибка 153.

**pf** – величина оборотной подачи, численно равна шагу резьбы. При вызове функции G32 система автоматически переходит в режим оборотной подачи (после выполнения функции восстанавливается режим, установленный до кадра с G32). Если в кадре с вызовом G32 не задано значение оборотной подачи, выдается ошибка 153, обработка программы останавливается.

Движение по основной и вспомогательной осям может задаваться как вращениях (если действует G91) так и в абсолютных координатах (если действует G90). При этом движение по вспомогательной оси программируется как подвод к контуру, который выполняется до начала основного движения резьбы (параметр **px**). На эту же величину производится отвод резца по вспомогательной оси после завершения основного движения.

Перемещение по основной оси резьбового движения должно задаваться с учетом пути разгона и пути торможения при разгоне рабочего органа станка до требуемой скорости подачи (см. рис. 11). Путь разгона рекомендуется выбирать равным 3-4 шагам резьбы. Более точно значение пути разгона и торможения можно рассчитать по формуле:  $l = \frac{(V + a) \cdot V}{2a}$ , где

$$l = \frac{(V + a) \cdot V}{2a}, \text{ где}$$

$l$  – путь разгона (равен пути торможения),

$a$  – ускорение приводов подач (параметр привязки P0201),

$V = \frac{S \cdot h \cdot (100 + \delta)}{100}$  – наибольшая допустимая скорость подачи при резьбовом

движении в мм/мин,

$S$  – обороты шпинделя, заданные в кадре резьбового движения,

$h$  – шаг резьбы,

$\delta$  – допустимое отклонение скорости шпинделя от заданной, в процентах (P2622).

Шаг резьбы задается по траектории движения выбором рабочей подачи и численно равен ей (в кадре возможно задание только оборотной подачи). При вызове функции G32 величина рабочей подачи должна быть обязательно указана в кадре, заданная ранее подача не обрабатывается.

## Управление стружкодроблением

Для управления стружкодроблением предназначены функции G67, G68. Функция G67 включает режим стружкодробления, G68 – выключает его.

Установка данных функций оказывает влияние только на отработку стандартных циклов.

Функции управления стружкодроблением изменяют системную переменную, которая доступна для чтения из технологических циклов. Во всех стандартных циклах, реализованных в УЧПУ «Феникс», производится анализ этого параметра и в соответствии с его состоянием производится или не производится стружкодробление.

### G67 – включение стружкодробления

Функция G67 устанавливает в 1 системную переменную \$29, и заполняет значение параметров стружкодробления. Функция G67 модальная. По умолчанию при старте системы G67 является пассивной.

*Формат вызова G67:*

G67 (P0, P1, P2, P3)

- |    |   |
|----|---|
| P0 | Величина прохода до прерывания стружки. Указывается в приращениях. По умолчанию – величина установленная ранее (при первом вызове 5 мм).          |
| P1 | Отвод по направлению подачи при прерывании стружки. Указывается в приращениях. По умолчанию – величина установленная ранее (при первом вызове 0). |
| P2 | Прерывание стружки на последнем проходе.<br>0 – нет прерывания стружки на последнем проходе (чистовой проход)                                     |

1 – стружкодробление на последнем проходе.

По умолчанию параметр остается установленным ранее (при первом вызове 0).

- R3 Величина паузы при прерывании стружки в мс. По умолчанию равна 100 (0,1с). Если параметр выбран слишком малым, возможно проскакивание инструмента, если слишком большим – увеличивается время выполнения циклов. Рекомендуется использовать значение по умолчанию.

*Пример:*

N10G67(10); включение стружкодробления. Проход до отлома стружки 10 мм.

## **G68 – выключение стружкодробления**

Функция G68 устанавливает в 0 системную переменную \$29. Функция G68 модальная. По умолчанию при старте системы G68 является активной.

*Формат вызова G68:*

G68

*Пример:*

N10G67(10); включение стружкодробления. Проход до отлома стружки 10 мм.

...

N100G68; выключение стружкодробления.

## **Управление программированием координат**

### **G90 – программирование в абсолютных размерах**

Функция дает указание системе ЧПУ интерпретировать все параметры адресов осей как абсолютные координаты точек контура обработки.

Действие функции не распространяется на задание параметров функций, если это указано в описаниях соответствующих функций (так, например, координаты центра окружности в функциях G2/G3 всегда указываются в приращениях относительно начальной точки движения).

Если в кадре вместе с функцией G90 не задано перемещения рабочего органа станка, то она носит модальный характер и сохраняет свое действие на все последующие кадры до отмены ее функцией G91. Если в кадре присутствует перемещение, то действие функции G90 распространяется только на текущий кадр.

*Формат вызова:*

G90

*Пример:*

N10 G94 G1 X10 F50; установить скорость подачи 50мм/мин и линейную интерполяцию

N11 X15; сохраняется скорость подачи и линейная интерполяция

N12 G90 G0 G26 X15 F200; скорость подачи меняется на 200 мм/мин, устанавливается функция позиционирования на быстром ходу, рабочий орган перемещается в точку X=15мм.

По умолчанию при старте системы является пассивной.

## **G91 – программирование в приращениях**

Функция дает указание системе ЧПУ интерпретировать все параметры адресов осей как приращения координат относительно текущей точки обработки.

Действие функции не распространяется на задание параметров функций, если это указано в описаниях соответствующих функций.

Если в кадре вместе с функцией G91 не задано перемещения, то она носит модальный характер и сохраняет свое действие на все последующие кадры до отмены ее функцией G90. Если в кадре присутствует перемещение, то действие функции G91 распространяется только на текущий кадр.

По умолчанию при старте системы G91 является активной.

*Формат вызова:*

G91

*Пример:*

N10G27 G91 G97 F0.3; подготовительный кадр: программирование на диаметр, в приращениях, программирование подачи – оборотная, заданная рабочая подача 0.3 мм/об.

## Управление программированием подачи

### G94 режим минутной подачи

Функция дает указание системе ЧПУ интерпретировать значение, заданное адресом F, как скорость подачи в мм/мин.

Если в кадре вместе с функцией G94 не задано перемещения рабочего органа станка, то она носит модальный характер и сохраняет свое действие на все последующие кадры. Если в кадре присутствует перемещение, то действие функции G94 распространяется только на текущий кадр.

По умолчанию при старте системы G94 является пассивной.

*Формат вызова:*

G94

*Пример:*

N5 G0 G27 G90 X50 Z0; переход в начальную точку

N10G90 G94 F100 G1 X50 Z-10; обработка диаметра 50мм до Z=-10мм на подаче 100 мм/мин.

### G95 – режим оборотной подачи

Функция дает указание СЧПУ интерпретировать значение, заданное адресом F, как скорость подачи в мм/об.

Если в кадре вместе с функцией G95 не задано перемещения рабочего органа станка, то она носит модальный характер и сохраняет свое действие на все последующие кадры. Если в кадре присутствует перемещение, то действие функции G95 распространяется только на текущий кадр.

При активной функции G95 и изменении оборотов шпинделя, система автоматически рассчитывает новое значение скорости движения рабочего органа станка, сохраняя оборотную подачу постоянной. Для перевода оборотной подачи в минутную используется формула:

$$F_{\text{мин}} = F_{\text{об}} \cdot S ,$$

где  $S$  – скорость вращения шпинделя в об/мин.

По умолчанию при старте системы G95 является активной.

*Формат вызова:*

G95

*Пример:*

N5 G0 G27 G90 X50 Z0 G97 M3 S600; переход в начальную точку, включение шпинделя  
N10G90 G95 F0.2 G1 X50 Z-10; обработка диаметра 50мм до Z=-10мм на подаче 0.1 об/мин.

## Управление скоростью резания

### G96 – режим сохранения постоянной скорости резания

В токарной обработке скорость резания зависит от обрабатываемого диаметра и определяется как

$$F_{\text{обр}} = S \cdot \pi \cdot d .$$

Соответственно, при увеличении обрабатываемого диаметра, если обороты шпинделя не изменяются, скорость снятия материала растёт, что может привести к нарушению технологического режима и, как следствие, к поломке инструмента или порче заготовки. С другой стороны, если скорость вращения шпинделя определяется максимальным обрабатываемым диаметром, то при движении к центру заготовки скорость снятия материала уменьшается, следовательно растёт время обработки.

В системе ЧПУ предусмотрен режим сохранения постоянной скорости резания, который позволяет увеличить производительность работы, сократив время обработки. Включение этого режима осуществляется функцией G96. При ее включении скорость вращения шпинделя автоматически регулируется в зависимости от обрабатываемого диаметра, при этом нулевым диаметром считается положение рабочего органа станка, в котором координата по оси X с учетом текущего плавающего

нуля и корректора инструмента равна 0. При активной G96 через адрес S передается значение скорости резания в м/мин.

*Формат вызова:*

**G96 (P0, P1)Sps**

**P0** – минимальное число оборотов шпинделя при обработке. По умолчанию сохраняется значение, заданное ранее. При старте системы минимальные обороты в этом режиме ограничены значением параметра привязки P2619 (минимальная скорость шпинделя);

**P1** – максимальное число оборотов шпинделя при обработке. По умолчанию сохраняется значение, заданное ранее. При старте системы максимальные обороты в этом режиме ограничены значением параметра привязки P2617 (максимальная скорость вращения шпинделя);

**ps** – скорость резания, заданная в м/мин.

*Пример:*

N5 G96(100, 600)S40; поддержание постоянной скорости резания 40 м/мин в диапазоне оборотов шпинделя от 100 до 600.

Если функция G96 вызывается с параметром или параметрами, выходящими за допустимые значения или с параметром P1 меньшим параметра P0, кадр не обрабатывается и выдается ошибка 154 (см. Руководство оператора, ошибки системы).

При включении режима постоянства скорости резания система автоматически переходит в режим оборотной подачи (функция G95 активна). Переход в режим минутной подачи (G94) также отменяет и режим постоянства скорости резания.

Если в кадре вместе с функцией G96 не задано перемещения рабочего органа станка, то она носит модальный характер и сохраняет свое действие на все последующие кадры. Если в кадре присутствует перемещение, то действие функции G96 распространяется только на текущий кадр.

По умолчанию при старте системы G96 является пассивной.

## G97 – отмена постоянства скорости резания

Функция G97 отменяет режим сохранения постоянной скорости резания, скорость вращения шпинделя поддерживается на заданном уровне. Если не задано новое значение S, то скорость вращения шпинделя остается соответствующей заданной ранее скорости резания для диаметра, при котором G97 была вызвана.

Если в кадре вместе с функцией G97 не задано перемещения, то она носит модальный характер и сохраняет свое действие на все последующие кадры. Если в кадре присутствует перемещение, то действие функции G97 распространяется только на текущий кадр.

По умолчанию при старте системы G97 является активной.

*Формат вызова:*

G97

*Пример:*

N1 G90 G27; подготовительный кадр, выбор режима программирования  
N5 G0 X50 Z0.2 M3; переход в начальную точку, включение шпинделя  
N10 G96(100, 600)S40; поддержание постоянной скорости резания 40 м/мин в диапазоне оборотов шпинделя от 100 до 600  
N20 G1 X-0.2 F0.3; обработка торца детали на подаче 0.3 мм/об  
N30 G97; отмена постоянства скорости резания. Так как диаметр близок к 0 обороты шпинделя далее по программе сохранятся на уровне 600 об/мин (параметр P1 функции G96)  
N40 X0; дальнейшая обработка  
N40 Z0;  
N40 X29;  
N50 X30 Z-.5  
...



### Вспомогательные функции

Перечень вспомогательных функций приведен в табл. 8.

Таблица 8

Код	Модальность	Наименование
<b>M0</b>		Останов
<b>M2, M30</b>		Конец программы
<b>M3</b>	M	Вращение шпинделя по часовой стрелке
<b>M4</b>	M	Вращение шпинделя против часовой стрелки
<b>M5</b>	M	Останов шпинделя
<b>M8</b>	M	Включение охлаждения
<b>M9</b>	M	Выключение охлаждения
<b>M10</b>	M	Реверс шпинделя
<b>M17</b>		Возврат из подпрограммы
<b>M19</b>		Ориентированный останов шпинделя
<b>M20</b>		Конец блока повторений
<b>M38..43</b>	M	Выбор диапазона вращения шпинделя

M-функции, перечисленные в табл. 8, являются стандартными. В системе также могут действовать дополнительные вспомогательные функции, определяемые электроавтоматикой станка. Функции из табл. 10, помеченные буквой M являются модальными.

### Вспомогательные функции, действующие по умолчанию

При включении питания эффективными являются следующие вспомогательные функции:

**M5** – шпиндель остановлен;

**M9** – охлаждение выключено.

Какая из функций **M38..43** действует по умолчанию, определяет электроавтоматика станка.

Вспомогательные функции, действующие по умолчанию, можно изменить при программировании функций электроавтоматики конкретного станка.

Вспомогательные функции М условно можно разделить на две группы:

группа функций управления исполнением программы (M00, M02, M30, M17, M20);

группа функций управления электрооборудованием станка (M03, M04, M05, M08, M09, M10, M19, M38..M43).

### **Функции управления выполнением программы**

Все функции группы управления исполнением программы должны задаваться в отдельных кадрах.

#### **M00**

Выполнение кадра с функцией M0 вызывает безусловный останов выполнения программы. Состояние всех внутренних переменных сохраняется. Продолжение обработки возможно при подаче команды с пульта оператора.

*Формат вызова:*

M0

*Пример:*

N30 M0; останов обработки (например для смены установки детали)

#### **M02, M30**

Функции означают конец программы. После выполнения этих функций система завершает обработку программы и производит переход в ее начало. Повторный запуск программы осуществляется кнопкой «ПУСК» (см. Руководство оператора).

*Формат вызова:*

M2

M30

*Пример:*

...

N150 M5; останов шпинделя

N160 M2

## **M17**

Возврат из подпрограммы. При выполнении этой функции происходит передача управления в основную программу на кадр, следующий за кадром вызова подпрограммы. Никаких действий по управлению станком и никаких сигналов оператору не выдается.

*Формат вызова:*

M17

*Пример:*

L1

N10 G27G91X-0.15G0; уменьшение текущего обрабатываемого диаметра на 0.15 мм

N20 G1; переключение на рабочую подачу

N30 M17; возврат из подпрограммы

%

...

## **M20**

Конец блока повторений. Функция записывается сразу за последним кадром блока. Никаких действий по управлению станком и никаких сигналов оператору не выдается.

*Формат вызова:*

M20

*Пример:*

; обточка заготовки (снимаем 10 мм на диаметр за 10 проходов)

N50 H10; задаем число проходов

N60 G1 G91 Z-50 G95 F.2 S600; проточка

N70 G91 G0 G27 X2; отвод от контура

N80 G91 Z50; возврат к торцу

N90 G91 G27 X-3; углубление

N100 M20; конец блока циклических повторений

## Функции управления электрооборудованием станка

### M03

Вращение шпинделя по часовой стрелке. Функция вызывает вращение шпинделя с текущей скоростью  $S$  по часовой стрелке, если смотреть со стороны шпинделя.

*Формат вызова:*

M3

*Пример:*

N10 M3 S100

### M04

Вращение шпинделя против часовой стрелки. Функция вызывает вращение шпинделя с текущей скоростью  $S$  против часовой стрелки, если смотреть со стороны шпинделя.

*Формат вызова:*

M4

*Пример:*

N10 M4 S100

**M05**

Останов шпинделя. При выполнении данной функции происходит останов шпинделя.

*Формат вызова:*

M5

*Пример:*

%; начало программы

N10 M3 S100; пуск шпинделя

...

N200 M5; стоп шпинделя

N210 M2; конец программы

**M08**

Включение подачи охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону обработки.

*Формат вызова:*

M8

*Пример:*

N10 M8; включить СОЖ

**M09**

Выключение подачи охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону обработки.

*Формат вызова:*

M9

*Пример:*

%; начало программы

N10 M8; включить СОЖ

...

N200 M9; выключение СОЖ

N210 M2; конец программы

**M10**

Производит изменение вращения шпинделя на противоположное. Действие аналогично последовательности функций M3 M5 M4 или M4 M5 M3. Скорость равна текущей скорости S.

*Формат вызова:*

M10

*Пример:*

N10 M3 S100; шпиндель вращается по часовой стрелке

N20 M10; шпиндель вращается против часовой стрелки

N30 M5; шпиндель остановлен

N40 M10 S100; шпиндель остановлен

**M19**

Ориентированный останов шпинделя. По команде M19 производится ориентированный останов шпинделя и шпиндель ставится на слежение.

Формат вызова функции:

*Формат вызова:*

M19

*Пример:*

N10 M19; ориентация шпинделя, включение слежения по шпинделю

N20 G15(720)S100; повернуть шпиндель на 3 оборота со скоростью 100 об/мин

**M38**

Команда контроля положения редуктора шпиндельной бабки и задание первого диапазона вращения шпинделя.

*Формат вызова:*

M38

*Пример:*

N10 M38  
N20 M3 S100

### **M39**

Команда контроля положения редуктора шпиндельной бабки и задание второго диапазона вращения шпинделя.

*Формат вызова:*

M39

*Пример:*

N10 M39  
N20 M3 S100

### **M40**

Команда контроля положения редуктора шпиндельной бабки и задание третьего диапазона вращения шпинделя.

*Формат вызова:*

M40

*Пример:*

N10 M40  
N20 M3 S100

### Технологические циклы

Для удобства программирования и сокращения времени на разработку управляющей программы применяются технологические циклы.

Под циклами понимается часто повторяющаяся последовательность движений, необходимых для выполнения тех или иных операций (сверление, расточка и т.п.). Как правило, циклы раскладываются на простые движения типа G0, G1, G4. Конкретные характеристики цикла задаются параметрами:

Gxxx(P1, P2, P3, P5);

где xxx – номер технологического цикла.

Формат вызова циклов построен таким образом, что в последние позиции вынесены редко используемые параметры циклов.

*Пример:*

N410 G812(2,-25,5,,8,7,,0.12); ; цикл глубокого сверления



## Программирование технологических циклов

Этот раздел описывает язык программирования технологических циклов, при помощи которого можно создавать собственные циклы и использовать их в дальнейшем в УП. С точки зрения программирования технологические циклы представляют собой параметрические подпрограммы, которые отличаются от обычных подпрограмм способом вызова и наличием параметров. После загрузки файлов технологических циклов (см. Руководство оператора; файла циклов два: файл стандартных циклов и файл циклов пользователя) они могут вызываться в любой УП.

При описании технологических циклов часто необходимо производить анализ переданных параметров, чтобы защитить программиста-технолога от наиболее явных ошибок. В языке ISO программ нет операций условного перехода и механизма работы с переменными (как будет видно из последующих примеров, при использовании подобных механизмов программы усложняются, их читаемость резко падает), эти возможности предусмотрены только при программировании технологических циклов.

При программировании технологических циклов используются следующие операторы и символы:

- заголовок цикла: @номер (название) цикла. Номером может быть номер любой, еще не использовавшейся G-функции.

Пример: @81 – заголовок для цикла G81

- символ конца цикла: # (см. пример в конце раздела). Символ конца цикла можно не писать, тогда цикл будет выполняться до начала следующего (или до конца файла описания).
- \$номер – параметр или системная переменная. Если номер находится в диапазоне от 0 до 19 включительно, выражение равно параметру технологического цикла с соответствующим номером. Если номер 20 или бо-

лее, выражение обеспечивает доступ к системной переменной в соответствии с табл. 5.

Пример: N100G90G0X\$4 – ускоренное перемещение по оси X до координаты заданной пятым параметром при вызове стандартного цикла.

- \$буква/комбинация букв – переменная. Регистр буквы не учитывается. В слове (комбинации букв) учитывается только первая буква: выражения “\$x”, “\$xmove”, “Xrel” обеспечивают доступ к одной и той же переменной x.

Пример: N100G0G90X\$a – ускоренное перемещение по оси X до координаты записанной в переменной a.

- \$буква/комбинация букв(выражение) – операция присваивания. Переменной с указанным именем присваивается результат вычисления выражения в скобках.

Пример: N110\$a(10) –присвоить переменной a значение 10.

Буфер переменных един для всех стандартных циклов. На практике это означает, что, инициализировав переменные в одном цикле, можно использовать их значение в другом. Если переменная не инициализирована, ее значение не определено.

*Внимание:* хотя для правильной интерпретации приведенных выше кадров не требуется заключать выражения в скобки (одинаково интерпретируется и N100G0X\$a и N100G0X(\$a) ), однако в некоторых случаях (см. пример) отсутствие скобок может привести к ошибке, поэтому настоятельно рекомендуется при использовании переменных и параметров применять скобки.

Пример: кадр N100G0X\$aF200 является ошибочным. Действительно после символа ‘\$’ стоят символы ‘aF’, которые интерпретируются как имя переменной ‘a’. В соответствии с этим произойдет перемещение по оси X на содержащуюся в переменной a величину, однако установки рабочей подачи F200 не произойдет. Правильным будет следующее написание кадра: **N100G0X(\$a)F200.**

- ~(условие) Nxxx.

При выполнении условия происходит переход к кадру с номером xxx.

При этом *условие* вычисляется по следующим правилам:

- Результатом операции сравнения является 1 в случае верного выражения и 0 в случае неверного.
- В условии могут применяться любые арифметические операции и операции сравнения
- Условие считается не выполненным, если результат его вычисления равен 0 и выполненным в противном случае.

Пример: N110~(\$a<\$b) N150;

Если значение переменной a меньше значения переменной b происходит переход к кадру с номером 150. Если кадра с таким номером в данном стандартном цикле не существует, перехода не происходит и генерируется сообщение об ошибке.

При программировании технологических циклов могут также использоваться любые функции, циклы и операторы языка ISO (в том числе и технологические циклы).

Формат описания стандартных циклов не отличается от формата описания циклов пользователя, поэтому файл стандартных циклов может рассматриваться как базис для создания собственных циклов. Файлы стандартных циклов и циклов пользователя разделены только для удобства ввода циклов пользователя в СЧПУ.

*Пример:*

ниже приведены коды стандартных циклов G81 и G810:

@81; сверление по оси Z (вспомогательный цикл)

N100~(\$29) N101

N101\$d(\$30)\$b(-\$31)\$i(\$4)\$L(\$2)

N102~(\$L<>0) N104

N103\$L(\$0)

N104~(1) N126

N105~(\$i<>0) N107

N106\$i(\$30)

N107~(\$i>0) N109 ; в i положительное значение

N108\$i(-\$i)

N109~(\$1>\$0) N111

N110\$d(-\$30)\$b(\$31)\$i(-\$i)

N111~(((\$1-\$0-\$i)\*(\$1-\$0)<0) N126;если точка P0+\$i лежит между P0 и P1 выражение >0  
N112G91G1Z\$ih(((\$1-\$0-\$i)/\$30)~(\$h>0) N115; первый проход  
N113\$h(-\$h)~(\$h<0) N115  
N114~(1) N123;если проходов нет (h=0)  
N115G4(\$33)  
N116G91G0Z(\$b)  
N117\$z(\$0+\$i)H(\$h-1); цикл  
N118\$z(\$z+\$d)G90G1Z\$z  
N119G4(\$33)  
N120G91G0Z(\$b)M20  
N121~((((\$1-\$z)\*(\$1-\$z-\$d))<0) N126; есть ли проходы вообще  
N122\$z(\$z+\$d)G90G1Z\$z  
N123~(\$26=\$1) N127;последний проход  
N124G4(\$33)  
N125G91G0Z(\$b)  
N126G90G1Z\$1  
N127G91Z0; пустой кадр  
#  
@810; сверление по оси Z без паузы  
N140G90G0Z\$0\$f(\$20)  
N141~(\$5=0) N143  
N142F\$5  
N143G81(\$0,\$1,\$2,\$3,\$4)  
N144G0G90Z(\$L)F\$f  
#

## Стандартные циклы.

## Функция G70 – однопроходный продольный цикл

Функция G70 предназначена для чистовой обработки цилиндрических и конических ступеней с подторцовкой.

Формат вызова:

G70(P0, P1)X $p_x$ Z $p_z$

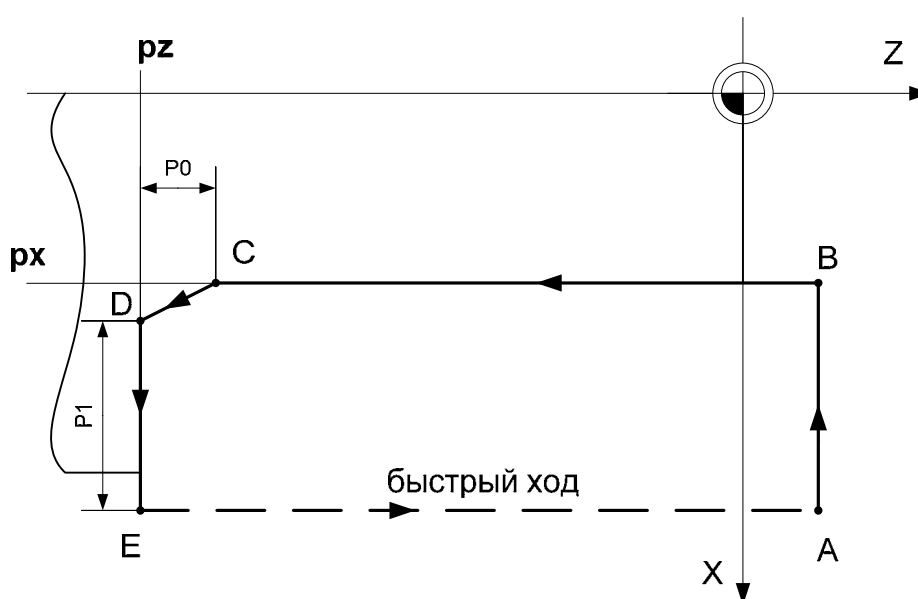


Рис. 4. Последовательность операций функции G70.

Переход в цикле осуществляется последовательно по точкам: А-В-С-D-E-А.

P0, P1– параметры цикла (могут при необходимости опускаться). P1 задается на диаметр;

$p_x$  – конечная координата по оси X;

$p_z$  – конечная координата по оси Z.

Величины  $p_x$  и  $p_z$ , в зависимости от режима, указываются в абсолютных размерах или в приращениях.

Величины рабочей подачи и оборотов шпинделя могут быть заданы ранее, в управляющей программе, или в кадре с вызовом функции G70.

Если в кадре действует или запрограммирована функция G0 (ускоренное перемещение), установка резца на глубину резания (участок А-В на рис. 4) производится на быстром ходу. Если же в кадре действует или запрограммирована функция G1, то установка на глубину резания производится на рабочей подаче.

### Функция G71 – однопроходный поперечный цикл

Функция G71 аналогична функции G70 и отличается от нее тем, что снятие припуска происходит в поперечном направлении.

*Формат вызова:*

G71(P0, P1)XpxZpz

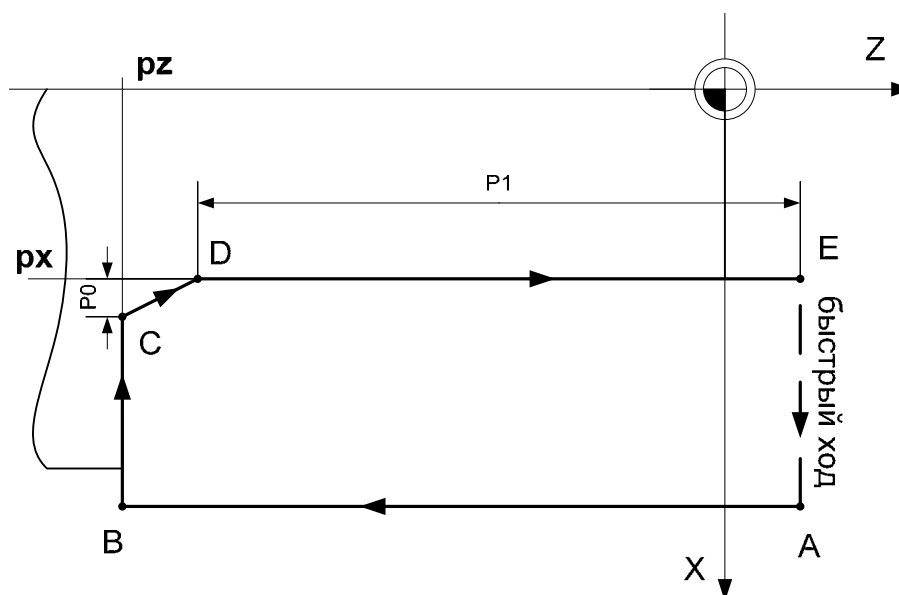


Рис. 5. Последовательность операций функции G71.

Переход в цикле осуществляется последовательно по точкам: А-В-С-Д-Е-А.

P0, P1– параметры цикла (могут при необходимости опускаться). P0 задается на диаметр;

**px** – конечная координата по оси X;

**pz** – конечная координата по оси Z.

Величины **px** и **pz**, в зависимости от режима, указываются в абсолютных размерах или в приращениях.

Величины рабочей подачи и оборотов шпинделя могут быть заданы ранее, в управляющей программе, или в кадре с вызовом функции G71.

Если в кадре действует или запрограммирована функция G0 (ускоренное перемещение), установка резца на глубину резания (участок А-В на рис. 5) производится на быстром ходу. Если же в кадре действует или запрограммирована функция G1, то установка на глубину резания производится на рабочей подаче.

### **Функция G72 – глубокое поперечное резание**

Функция G72 предназначена для обработки глубоких поперечных канавок (отрезка, торцевание).

*Формат вызова:*

**G72(P0)XpxZpz**

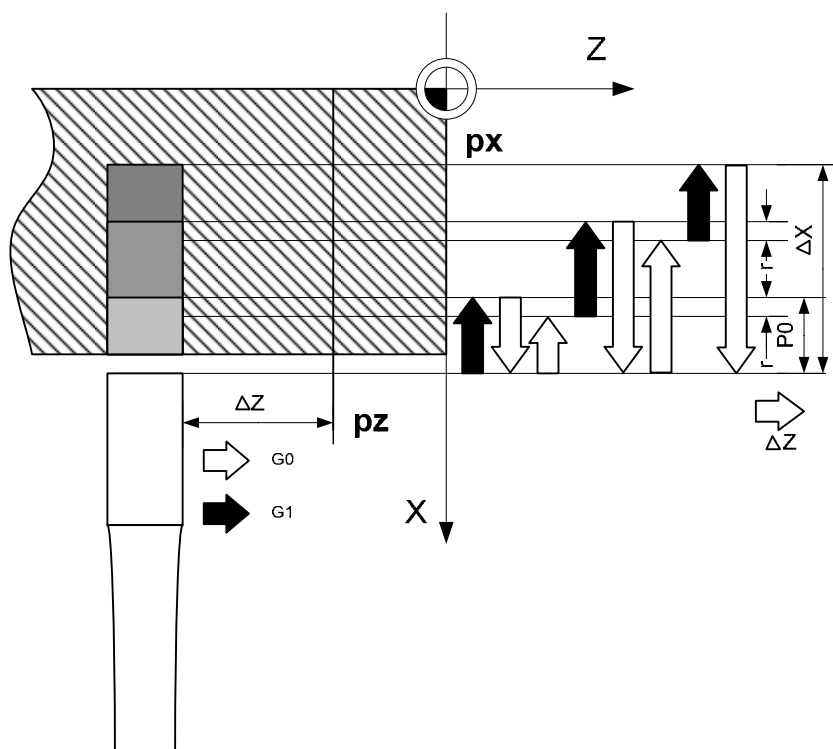


Рис. 6. Последовательность операций функции G72.

$г$  – недоезд в циклах (параметр привязки P404);

$\Delta X$  – изменение координаты X, заданное в кадре;

$\Delta Z$  – изменение координаты Z, заданное в кадре;

$P0$  – глубина врезания за 1 проход. Задается в приращениях, на диаметр, без учета знака;

$рх$  – конечная координата (смещение) по оси X;

$рz$  – координата (смещение) по оси Z после обработки канавки. Если адрес Z в кадре не программируется, смещения после обработки не происходит, инструмент остается в начальной точке цикла.

Величины  $рх$  и  $рz$ , в зависимости от режима, указываются в абсолютных размерах или в приращениях.

Величины рабочей подачи и оборотов шпинделя могут быть заданы ранее, в управляющей программе, или в кадре с вызовом функции G72.



### Функция G73 – глубокое сверление (точение)

Функция G73 предназначена для сверления глубокого отверстия, ось которого совпадает с осью Z.

Формат вызова:

G73(P0)XpxZpz

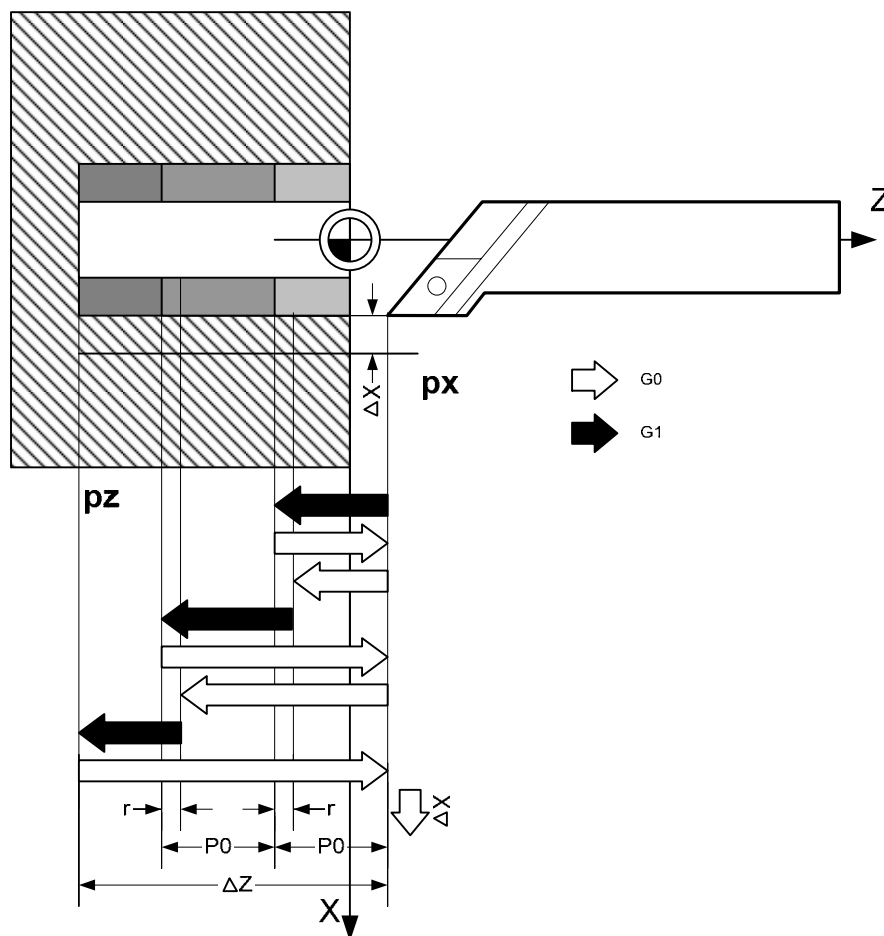


Рис. 7. Последовательность операций функции G73.

- г – недоезд в циклах (параметр привязки P404);
- $\Delta X$  – изменение координаты X, заданное в кадре;
- $\Delta Z$  – изменение координаты Z, заданное в кадре;
- P0 – глубина врезания за 1 проход. Задается в приращениях без учета знака;

**рх** – координата (смещение) оси сверла после операции сверления. Если адрес X в кадре не задан, то инструмент после завершения цикла остается на оси отверстия;

**рz** – конечная координата (смещение) по оси Z.

Величины **рх** и **рz**, в зависимости от режима, указываются в абсолютных размерах или в приращениях.

Величины рабочей подачи и оборотов шпинделя могут быть заданы ранее, в управляющей программе, или в кадре с вызовом функции G73.

### **Функция G74 – нарезание торцевых канавок**

Функция G74 предназначена для нарезания на торце концентрических канавок или одной широкой канавки.

*Формат вызова:*

**G74(P0)XрхZрz**

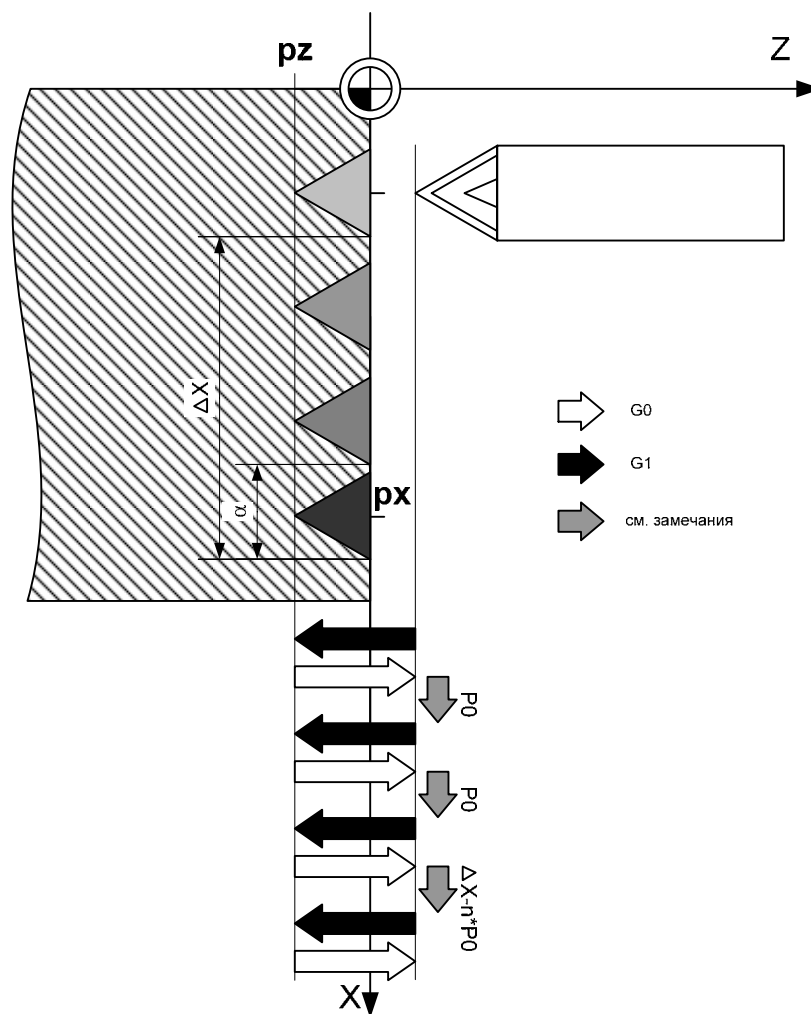


Рис. 8. Последовательность операций функции G74.

*Замечание:* если в кадре действует или запрограммирована функция G0 (ускоренное перемещение), движение по оси X производится на быстром ходу. Если же в кадре действует или запрограммирована функция G1, то движение по оси X производится на рабочей подаче.

**P0** – шаг канавки (резания). Задается на диаметр, в приращениях, без учета знака;

**px** – координата по оси X исходной точки последней канавки (последнего резания широкой канавки);

**pz** – координата по оси Z до дна канавки.

Величины **px** и **pz**, в зависимости от режима, указываются в абсолютных размерах или в приращениях.

Величины рабочей подачи и оборотов шпинделя могут задаваться как ранее, в управляющей программе, так и в кадре с вызовом функции G74.

$\alpha$  – немерный остаток припуска,  $\alpha = \Delta X - P0 \cdot n$ , где n – целое число проходов, P0 – параметр цикла,  $\Delta X$  - смещение по оси X относительно начальной точки цикла.

После завершения цикла инструмент остается в точке начала обработки последней канавки.

### **Функция G75 – нарезание цилиндрических канавок**

Функция G75 предназначена для нарезания группы канавок или одной широкой канавки вдоль оси Z. Функция аналогична G74 и отличается от нее тем, что обрабатываются канавки вдоль оси Z.

*Формат вызова:*

**G75(P0)XpxZpz**

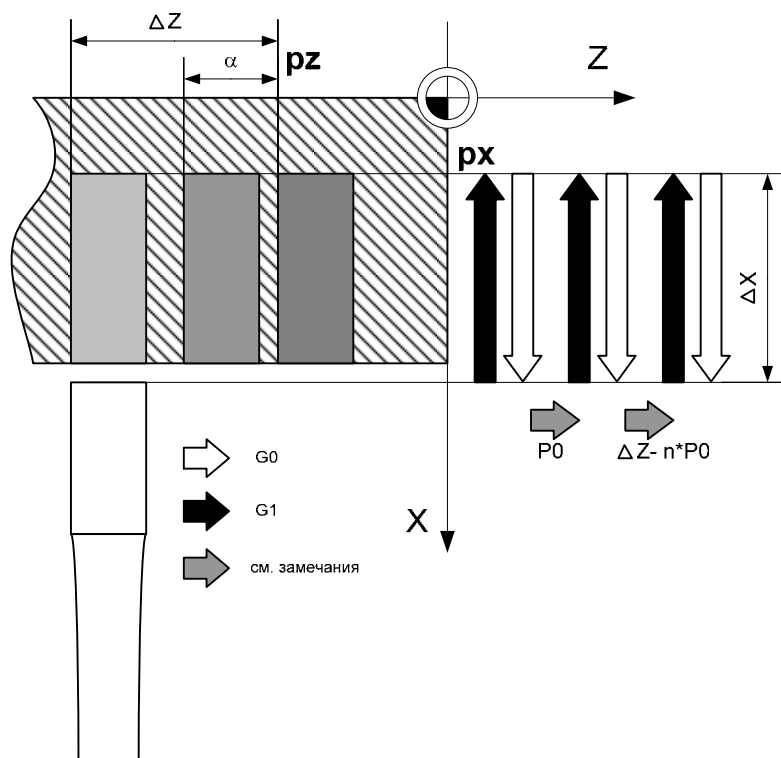


Рис. 9. Последовательность операций функции G75.

*Замечание:* если в кадре действует или запрограммирована функция G0 (ускоренное перемещение), движение по оси Z производится на быстром ходу. Если же в кадре действует или запрограммирована функция G1, то движение по оси Z производится на рабочей подаче.

**P0** – шаг канавки (резания). Задается в приращениях, без учета знака;

**px** – координата по оси X до дна канавки;

**pz** – координата по оси Z исходной точки последней канавки (последнего резания широкой канавки).

Величины **px** и **pz**, в зависимости от режима, указываются в абсолютных размерах или в приращениях.

Величины рабочей подачи и оборотов шпинделя могут быть заданы ранее, в управляющей программе, или в кадре с вызовом функции G75.

$\alpha$  – немерный остаток припуска,  $\alpha = \Delta Z - P_0 \cdot n$ , где  $n$  – целое число проходов,  $P_0$  – параметр цикла,  $\Delta Z$  – смещение по оси  $Z$  относительно начальной точки цикла.

После завершения цикла инструмент остается в точке начала обработки последней канавки.

### Функция G77 – многопроходный продольный цикл

Функция G77 предназначена для черновой обработки цилиндрических и конических ступеней.

Формат вызова:

G77(P0, P1)XpxZpz

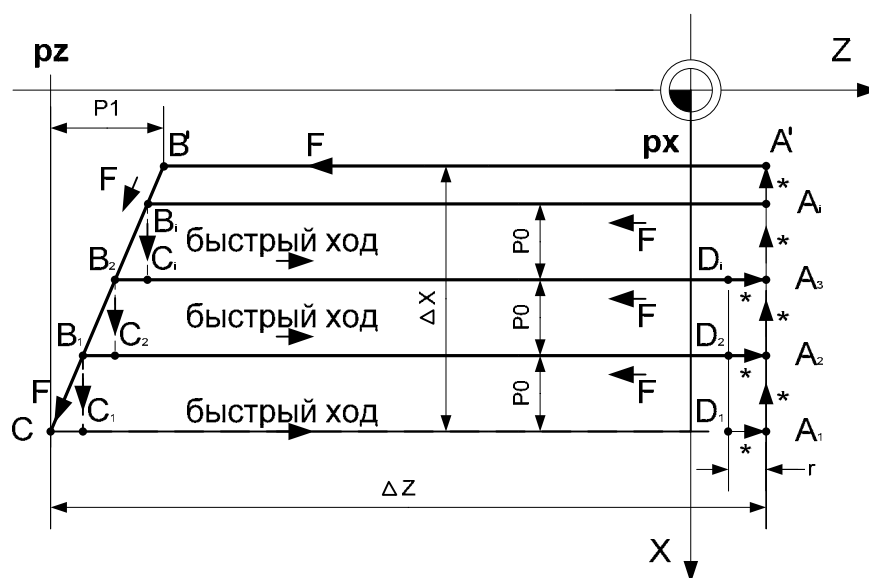


Рис. 10. Последовательность операций функции G77.

Переход в цикле осуществляется последовательно по точкам:  $A_1-A_2-B_1-C_1-D_1-A_1-A_3-B_2-\dots-A_3-A'-B'-C-A_1$ , где  $i$  – номер прохода. В заключительной стадии цикла, когда оставшийся припуск  $\leq$  величины прохода  $P_0$ , осуществляется проход с подторцовкой (участок  $A_3-A'-B'-C-A_1$ ). После окончания цикла инструмент находится в начальной точке ( $A_1$ ).

Если в кадре действует или запрограммирована функция G0 (ускоренное перемещение), движения, отмеченные символом «\*», производятся на быстром ходу. Если же в кадре действует или запрограммирована функция G1, то эти движения производятся на рабочей подаче.

**г** – недоезд в циклах (параметр привязки P404);

**P0** – припуск на проход. Задается на диаметр, в приращениях, без учета знака;

**P1** – величина скоса по Z. Задается в приращениях без учета знака;

**px** – конечная координата по оси X;

**pz** – конечная координата по оси Z.

Величины **px** и **pz**, в зависимости от режима, указываются в абсолютных размерах или в приращениях.

Величины рабочей подачи и оборотов шпинделя могут задаваться как ранее, в управляющей программе, так и в кадре с вызовом функции G77.

### Функция G78 – многопроходный поперечный цикл

Функция G78 предназначена для черновой обработки цилиндрических и конических ступеней. Функция G78 аналогична функции G77 и отличается от нее тем, что снятие припуска происходит в поперечном направлении.

*Формат вызова:*

**G78(P0, P1)XpxZpz**

Переход в цикле (см. рис. 23) осуществляется последовательно по точкам:  $A_1-A_2-B_1-C_1-D_1-A_1-A_3-B_2-\dots-A_3-A'-B'-C-A_1$ , где  $i$  – номер прохода. В заключительной стадии цикла, когда оставшийся припуск  $\leq$  величины прохода P0, осуществляется проход с подторцовкой (участок  $A_3-A'-B'-C-A_1$ ). После окончания цикла инструмент находится в начальной точке ( $A_1$ ).

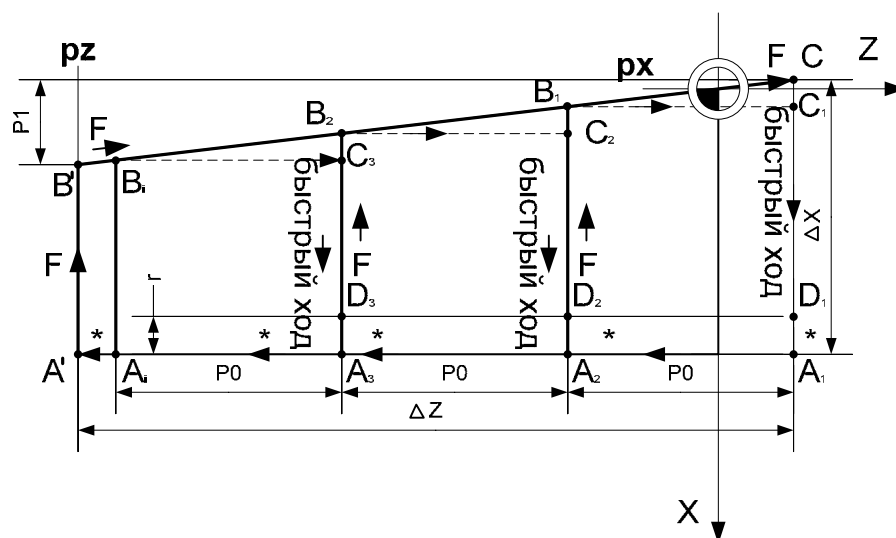


Рис. 11. Последовательность операций функции G78.

Если в кадре действует или запрограммирована функция G0 (ускоренное перемещение), движения, отмеченные символом «\*», производятся на быстром ходу. Если же в кадре действует или запрограммирована функция G1, то эти движения производятся на рабочей подаче.

$r$  – недоезд в циклах (параметр привязки P404);

P0 – припуск на проход. Задается в приращениях, без учета знака;

P1 – величина скоса по X. Задается на диаметр, в приращениях без учета знака;

$px$  – конечная координата по оси X;

$pz$  – конечная координата по оси Z.

Величины  $px$  и  $pz$  в зависимости от режима указываются в абсолютных размерах или в приращениях.

Величины рабочей подачи и оборотов шпинделя могут задаваться как ранее, в управляющей программе, так и в кадре с вызовом функции G78.

## Циклы сверления



## Функция G810

*Формат вызова:*

G810(P0, P1, P2, P3, P4, P5)

Функция G810 предназначена для сверления отверстий по оси Z без паузы перед выводом инструмента

*Параметры функции G810:*

- P0** Точка подвода инструмента. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод в режиме ускоренного перемещения.
- P2** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным **P0**.
- P3** Зарезервировано
- P4** Глубина первого прохода до отлома стружки. Указывается относительно точки подвода. По умолчанию равна **величине прохода до прерывания стружки**. Действует только при включенном стружкодроблении.
- P5** Величина рабочей подачи. По умолчанию **действует установленная ранее**.

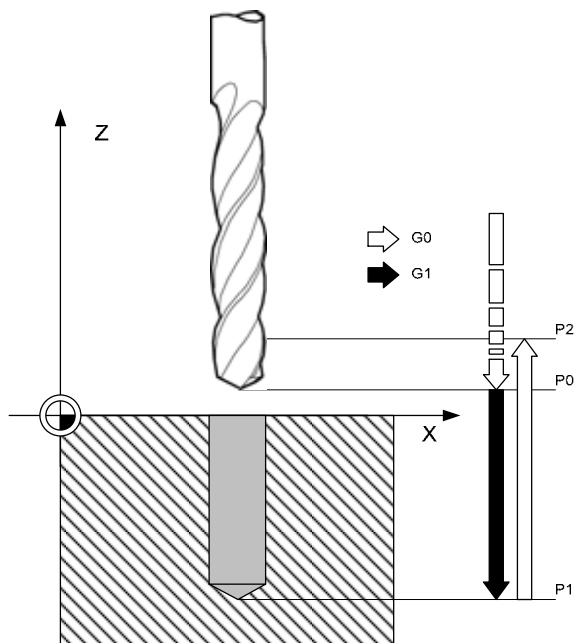


Рис. 12. Цикл сверления G810.

Вызов функции для формирования отверстия представленного на рис. 12, в общем виде будет выглядеть так (не меняем величину подачи, не указываем параметры стружкодробления): G810(P0, P1, P2);

## Функция G811

*Формат вызова:*

G811(P0, P1, P2, P3, P4, P5)

Функция G811 предназначена для сверления отверстий по оси Z с паузой в конечной точке

*Параметры функции G811:*

- P0** Точка подвода инструмента. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод в режиме ускоренного перемещения.
- P2** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным **P0**.
- P3** Время выдержки инструмента в конечной точке, программируется аналогично функции G4. По умолчанию принимается равным **10** (0,01 сек).
- P4** Глубина первого прохода до отлома стружки. Указывается относительно точки подвода. По умолчанию равна **величине прохода до прерывания стружки**. Действует только при включенном стружкодроблении.
- P5** Величина рабочей подачи. По умолчанию действует установленная ранее.

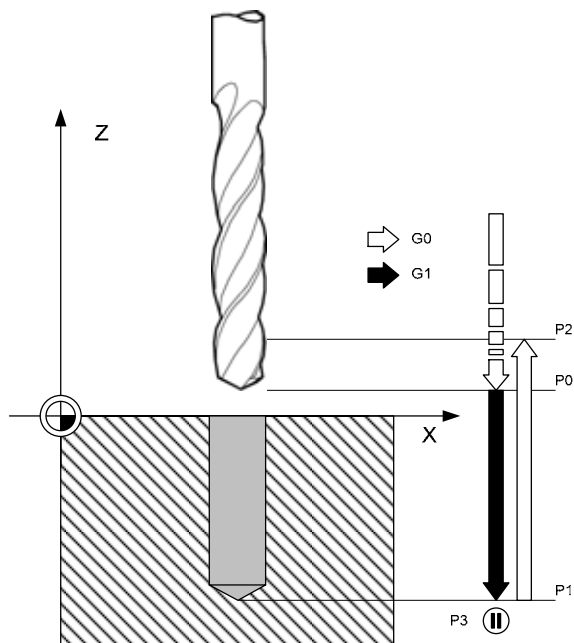


Рис. 13. Цикл сверления G81.

Вызов функции для формирования отверстия представленного на рис. 13, в общем виде будет выглядеть так (не меняем величину подачи, не указываем параметры стружкодробления, пауза 10мс): G81(P0, P1, P2)

## Функция G812

Функция G812 предназначена для глубокого сверления по оси Z. Пользуясь только этой функцией с различной комбинацией параметров, можно формировать любые отверстия. Функции G810 и G811 введены для удобства использования.

*Формат вызова:*

G812(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8)

*Параметры функции G812:*

- P0** Точка подвода инструмента. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод в режиме ускоренного перемещения.
- P2** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным **P0**.
- P3** Время выдержки инструмента в конечной точке каждого прохода, программируется аналогично функции G4. По умолчанию – **без паузы**.
- P4** Глубина первого прохода. Указывается относительно точки подвода. По умолчанию **1мм**.
- P5** Глубина последующих проходов. Указывается в приращениях. По умолчанию **1мм**.
- P6** Время выдержки инструмента после выведения из зоны сверления после каждого из проходов. По умолчанию – **без паузы**.
- P7** Величина рабочей подачи. По умолчанию **действует установленная ранее**.
- P8** Выдержка инструмента в точке P1. Программируется аналогично функции G4. По умолчанию параметр равен **времени выдержки инструмента в конечной точке каждого прохода**.

Обязательными являются параметры P0, P1.

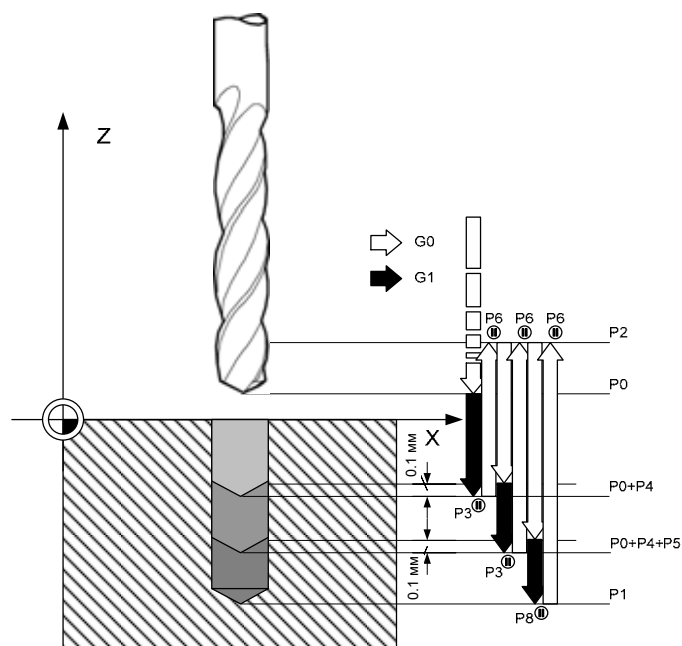


Рис. 14. Цикл глубокого сверления.

Вызов функции для формирования отверстия представленного на рис. 14 в общем виде будет выглядеть так (не меняем величину подачи, не указываем параметры стружкодробления, пауза 100мс в конце последнего прохода, без пауз в середине цикла):

G812(P0, P1, P2,, P4, P5,,, 0.1);      чистовое сверление

## Циклы растачивания

### Функция G820

Формат вызова:

G820(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9)

Функция G820 предназначена для растачивания отверстий по оси Z. В функции учитываются установленные параметры стружкодробления.

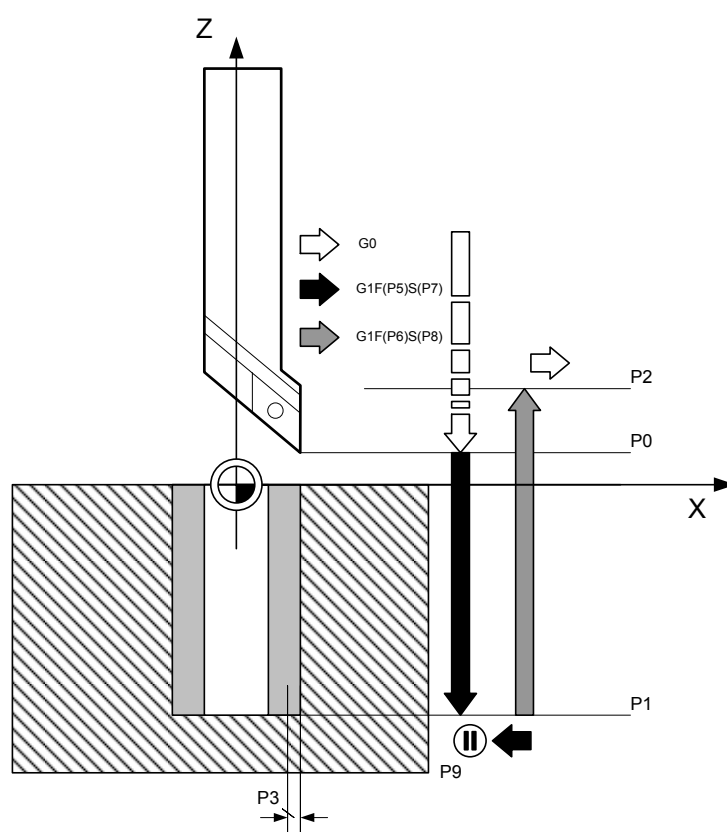


Рис. 15. Цикл G820.

*Параметры функции G820:*

- P0** Точка подвода инструмента по оси Z. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка по оси Z. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод инструмента. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P2** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным **P0**.
- P3** Отвод инструмента по оси X при выводе. Указывается в приращениях *с учетом знака*. По умолчанию принимается равным **0**.
- P4** Глубина первого прохода до отлома стружки. Указывается в приращениях относительно точки подвода. По умолчанию параметр принимается равным **величине прохода до прерывания стружки установленной функцией G67**. Действует только при включенном стружкодроблении.
- P5** Величина рабочей подачи. По умолчанию (или при нулевом значении) равна заданной ранее (или **действующей в кадре**). Если величина рабочей подачи задана и в кадре и параметром – действует заданная параметром.
- P6** Подача при отводе инструмента. По умолчанию (или при нулевом значении) – **режим ускоренного перемещения**.
- P7** Обороты шпинделя при растачивании. Если величина не задана, действует **установленная ранее**.
- P8** Обороты шпинделя при отводе инструмента. По умолчанию параметр **равен предыдущему**.
- P9** Время выдержки инструмента в конечной точке, программируется аналогично функции G4. По умолчанию принимается равным **0 (без паузы)**.

Обязательными являются параметры P0, P1.



## Функция G821

Функция G821 повторяет функцию G820, но перед выводом инструмента производится останов шпинделя перед выводом инструмента из заготовки.

*Формат вызова:*

G821(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9)

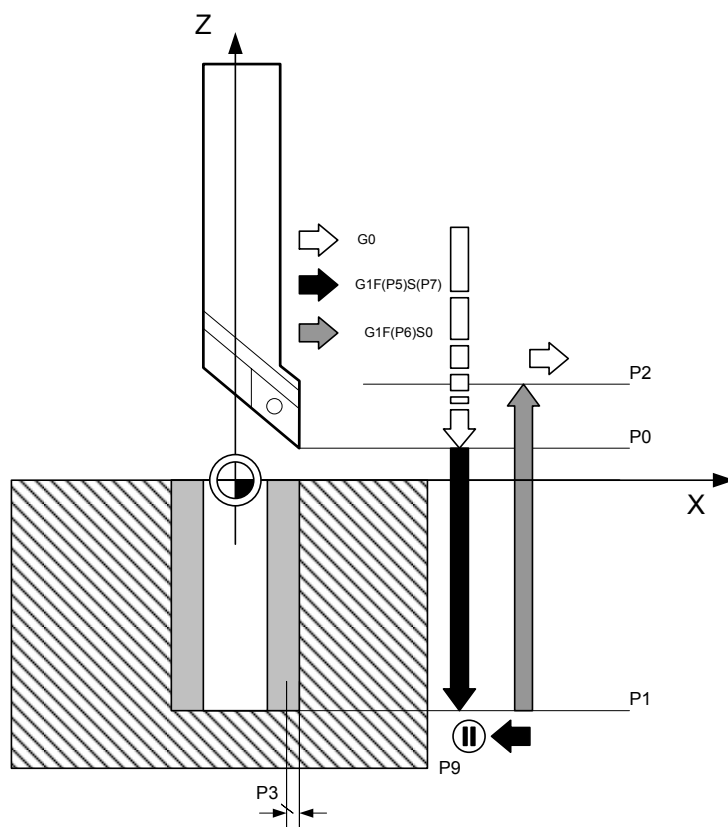


Рис. 16. Цикл G821.

*Параметры функции G821:*

- P0** Точка подвода инструмента по оси Z. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка по оси Z. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод инструмента. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P2** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным **P0**.
- P3** Отвод инструмента по оси X при выводе. Указывается в приращениях *с учетом знака*. По умолчанию принимается равным **0**.
- P4** Глубина первого прохода до отлома стружки. Указывается в приращениях относительно точки подвода. По умолчанию параметр принимается равным **величине прохода до прерывания стружки установленной функцией G67**. Действует только при включенном стружкодроблении.
- P5** Величина рабочей подачи. По умолчанию (или при нулевом значении) равна заданной ранее (или **действующей в кадре**). Если величина рабочей подачи задана и в кадре и параметром – действует заданная параметром.
- P6** Подача при отводе инструмента. По умолчанию (или при нулевом значении) – **режим ускоренного перемещения**.
- P7** Обороты шпинделя при растачивании. Если величина не задана, действует **установленная ранее**.
- P8** Зарезервировано. Не влияет на выполнение.
- P9** Время выдержки инструмента в конечной точке, программируется аналогично функции G4. По умолчанию принимается равным **0 (без паузы)**.

Обязательными являются параметры P0, P1.

## Функция G822

Функция G822 предназначена для глубокого растачивания по оси Z. Растачивание выполняется за несколько проходов, после каждого прохода производится вывод инструмента из рабочей зоны.

Формат вызова:

G822(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12)

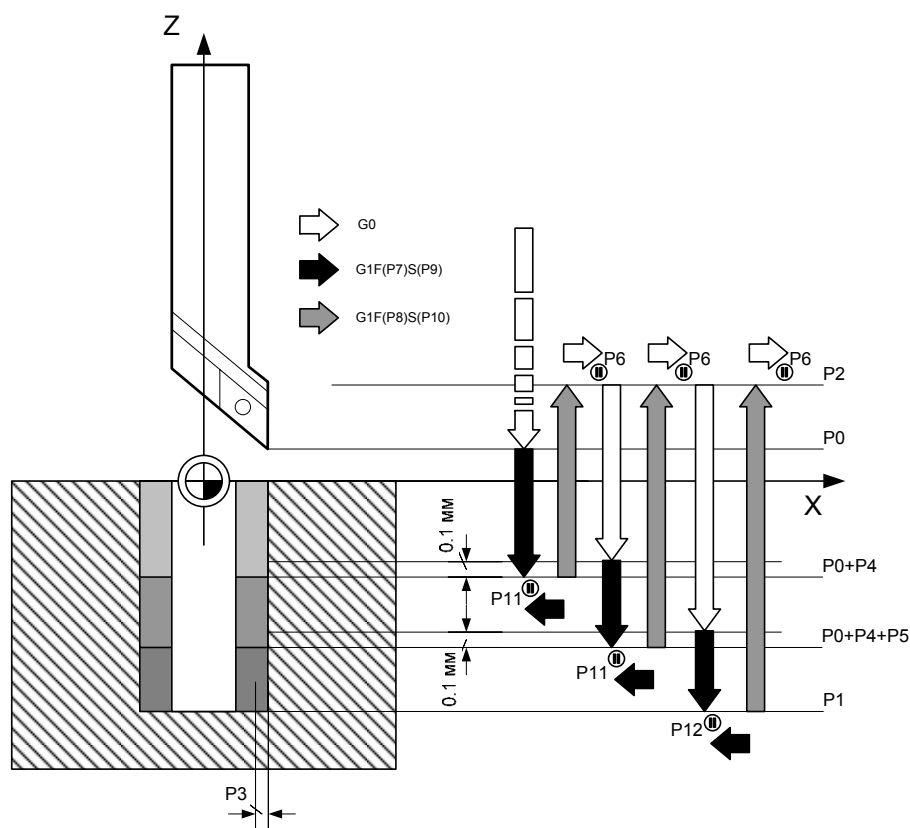


Рис. 17. Цикл G822.

*Параметры функции G822:*

- P0** Точка подвода инструмента по оси Z. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка по оси Z. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод инструмента. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P2** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным **P0**.
- P3** Отвод инструмента по оси X при выводе. Указывается в приращениях *с учетом знака*. По умолчанию принимается равным **0**.
- P4** Глубина первого прохода. Указывается в приращениях относительно точки подвода. По умолчанию параметр принимается равным **1мм**.
- P5** Глубина последующих проходов. Указывается в приращениях. По умолчанию **1мм**.
- P6** Время выдержки инструмента после выведения из зоны растачивания после каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию – **без паузы**.
- P7** Величина рабочей подачи. По умолчанию (или при нулевом значении) равна заданной ранее (или **действующей в кадре**). Если величина рабочей подачи задана и в кадре и параметром – действует заданная параметром.
- P8** Подача при отводе инструмента. По умолчанию (или при нулевом значении) – **режим ускоренного перемещения**.
- P9** Обороты шпинделя при растачивании. Если величина не задана, действует **установленная ранее**.
- P10** Обороты шпинделя при отводе инструмента. По умолчанию параметр **равен предыдущему**.
- P11** Время выдержки инструмента в конечной точке каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию принимается равным **0 (без паузы)**.
- P12** Выдержка инструмента в точке P1. Программируется аналогично функции G4. По умолчанию параметр равен **времени выдержки инструмента в конечной точке каждого прохода**.

Обязательными являются параметры P0, P1.



*Параметры функции G823:*

- P0** Точка подвода инструмента по оси Z. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка по оси Z. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод инструмента. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P2* Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным **P0**.
- P3* Отвод инструмента по оси X при выводе. Указывается в приращениях с **учетом знака**. По умолчанию принимается равным **0**.
- P4* Глубина первого прохода. Указывается в приращениях относительно точки подвода. По умолчанию параметр принимается равным **1мм**.
- P5* Глубина последующих проходов. Указывается в приращениях. По умолчанию **1мм**.
- P6* Время выдержки инструмента после выведения из зоны растачивания после каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию – **без паузы**.
- P7* Величина рабочей подачи. По умолчанию (или при нулевом значении) равна заданной ранее (или **действующей в кадре**). Если величина рабочей подачи задана и в кадре и параметром – действует заданная параметром.
- P8* Подача при отводе инструмента. По умолчанию (или при нулевом значении) – **режим ускоренного перемещения**.
- P9* Обороты шпинделя при растачивании. Если величина не задана, действует **установленная ранее**.
- P10* Зарезервировано.
- P11* Время выдержки инструмента в конечной точке каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию принимается равным **0 (без паузы)**.
- P12* Выдержка инструмента в точке P1. Программируется аналогично функции G4. По умолчанию параметр равен **времени выдержки инструмента в конечной точке каждого прохода**.

Обязательными являются параметры P0, P1.

## Функция G824

Функция G824 предназначена для многопроходного растачивания по оси Z. Растачивание выполняется за несколько проходов (врезание проходит по оси X), после каждого прохода производится вывод инструмента из рабочей зоны.

*Формат вызова:*

G824(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14)

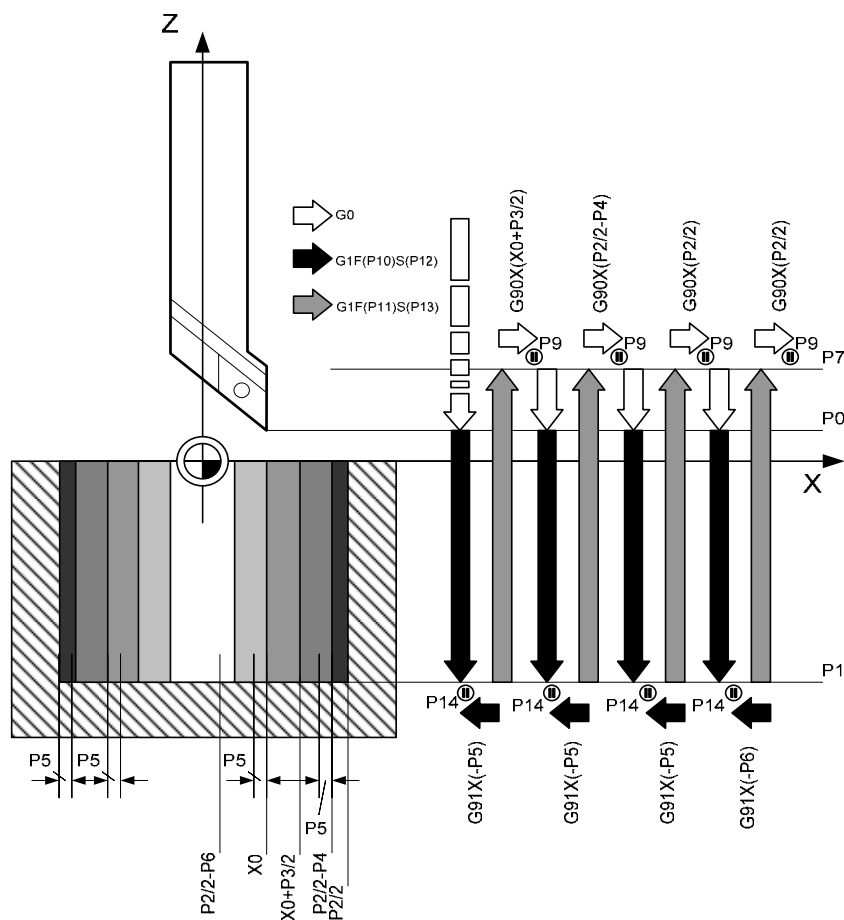


Рис. 19. Цикл G824.

*Параметры функции G824:*

- P0** Точка подвода инструмента по оси Z. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка по оси Z. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод инструмента. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P2** Конечный диаметр. Указывается в абсолютных размерах.
- P3** Изменение диаметра за один проход. Указывается в приращениях. По умолчанию принимается равным **2 мм**.
- P4** Величина припуска по оси X, снимаемого за последний проход. По умолчанию принимается **равным 0**.
- P5** Отвод инструмента по оси X при выводе. Указывается в приращениях. По умолчанию принимается **равным 0**.
- P6** Отвод инструмента по оси X на последнем проходе (после снятия припуска). Указывается в приращениях. По умолчанию принимается **равным 0**. Для подторцовки дна необходимо выбрать параметр равным половине разницы между конечным и начальным диаметрами.
- P7** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается **равным P0**.
- P8** Глубина первого прохода до отлома стружки. Указывается в приращениях относительно точки подвода. По умолчанию параметр принимается равным **величине прохода до прерывания стружки** установленной функцией G67. Действует только при включенном стружкодроблении.
- P9** Время выдержки инструмента после выведения из зоны растачивания после каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию – **без паузы**.
- P10** Величина рабочей подачи. По умолчанию (или при нулевом значении) **равна заданной ранее** (или действующей в кадре). Если величина рабочей подачи задана и в кадре и параметром – действует заданная параметром.
- P11** Подача при отводе инструмента. По умолчанию (или при нулевом значении) – **режим ускоренного перемещения**.
- P12** Обороты шпинделя при растачивании. Если величина не задана, **действует установленная ранее**.
- P13** Обороты шпинделя при отводе инструмента. По умолчанию **параметр равен предыдущему**.
- P14** Время выдержки инструмента в конечной точке каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию принимается **равным 0 (без паузы)**.

Обязательными являются параметры P0, P1, P2.



## Функция G825

Функция G825 повторяет функцию G824, но производится останов шпинделя перед выводом инструмента из заготовки.

Формат вызова:

G825(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14)

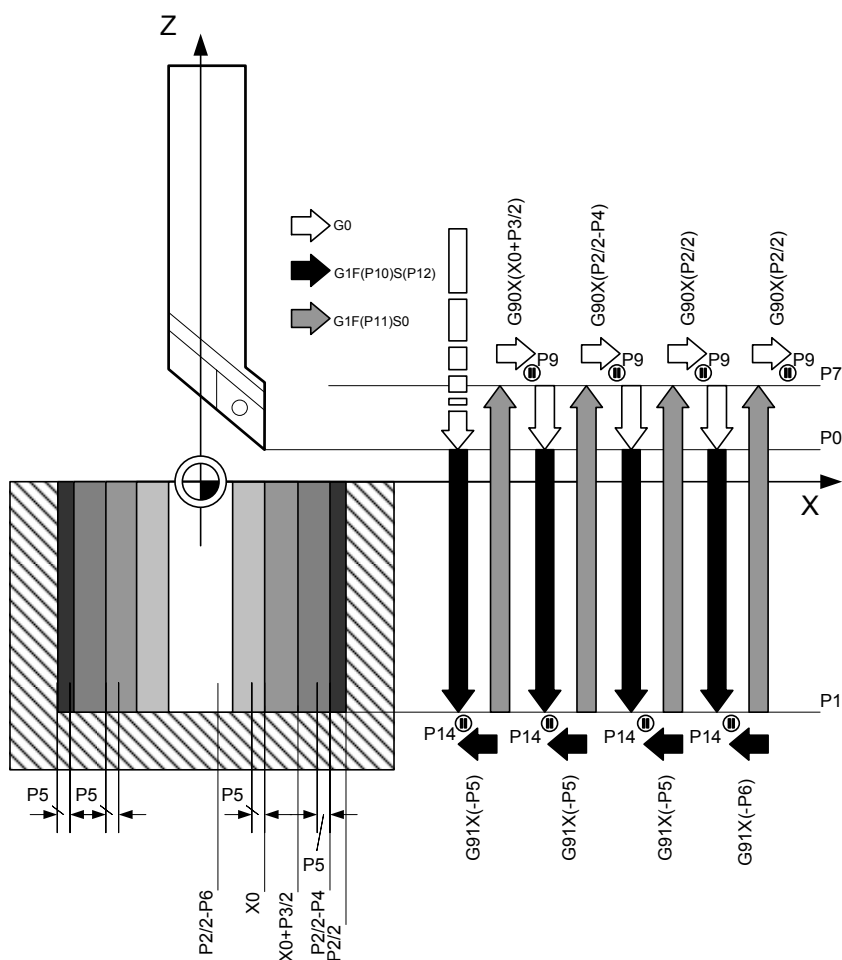


Рис. 20. Цикл G825.

*Параметры функции G825:*

- P0** Точка подвода инструмента по оси Z. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка по оси Z. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод инструмента. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P2** Конечный диаметр. Указывается в абсолютных размерах.
- P3** Изменение диаметра за один проход. Указывается в приращениях. По умолчанию принимается равным 2 мм.
- P4** Величина припуска по оси X, снимаемого за последний проход. По умолчанию принимается равным 0.
- P5** Отвод инструмента по оси X при выводе. Указывается в приращениях. По умолчанию принимается равным 0.
- P6** Отвод инструмента по оси X на последнем проходе (после снятия припуска). Указывается в приращениях. По умолчанию принимается равным 0. Для подторцовки дна необходимо выбрать параметр равным половине разницы между конечным и начальным диаметрами.
- P7** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным P0.
- P8** Глубина первого прохода до отлома стружки. Указывается в приращениях относительно точки подвода. По умолчанию параметр принимается равным величине прохода до прерывания стружки установленной функцией G67. Действует только при включенном стружкодроблении.
- P9** Время выдержки инструмента после выведения из зоны растачивания после каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию – без паузы.
- P10** Величина рабочей подачи. По умолчанию (или при нулевом значении) равна заданной ранее (или действующей в кадре). Если величина рабочей подачи задана и в кадре и параметром – действует заданная параметром.
- P11** Подача при отводе инструмента. По умолчанию (или при нулевом значении) – режим ускоренного перемещения.
- P12** Обороты шпинделя при растачивании. Если величина не задана, действует установленная ранее.
- P13** Зарезервировано.
- P14** Время выдержки инструмента в конечной точке каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию принимается равным 0 (без паузы).

Обязательными являются параметры P0, P1, P2.

## Функция G826

Функция G826 предназначена для многопроходного растачивания по оси Z. Растачивание выполняется за несколько проходов (задается величина прохода и по оси X и по оси Z), после каждого прохода производится вывод инструмента из рабочей зоны.

Формат вызова:

G826(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15)

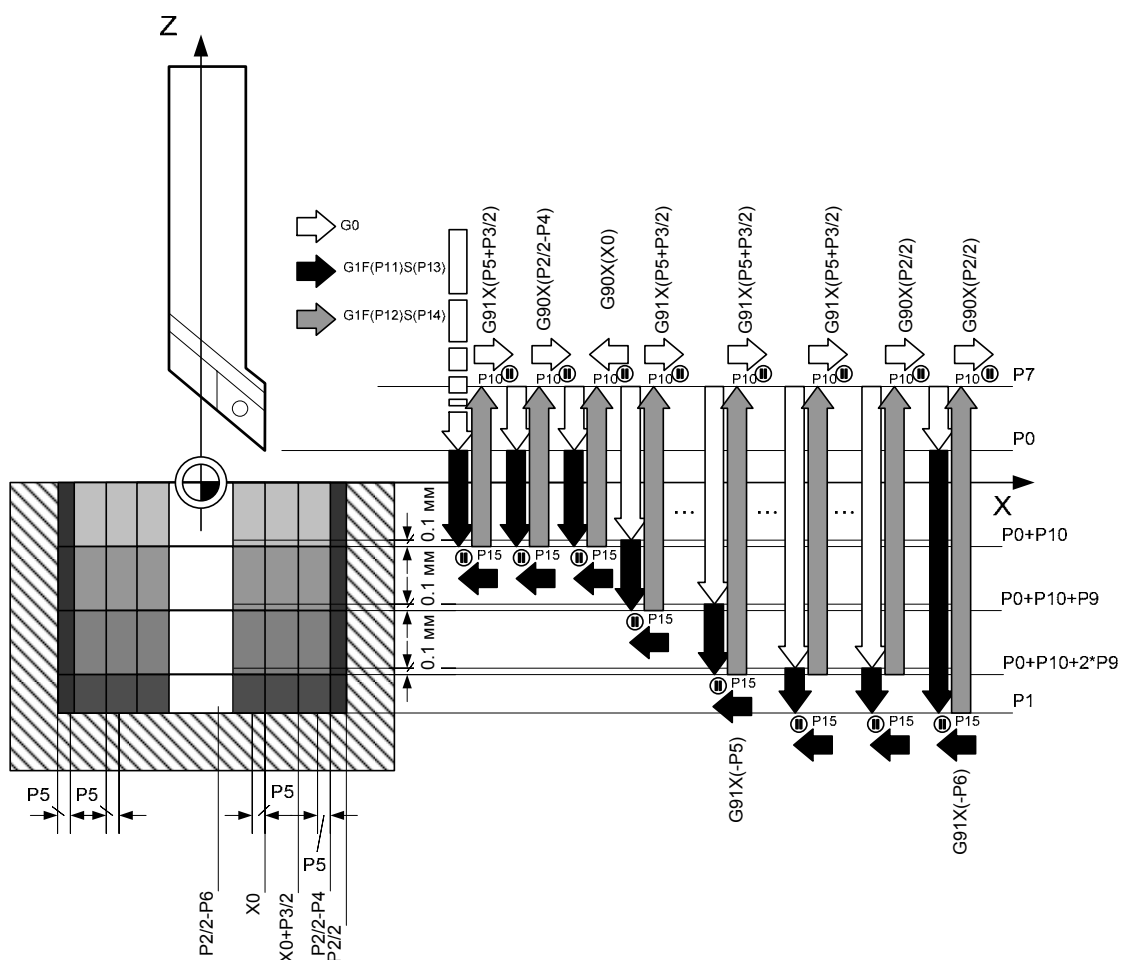


Рис. 21. Цикл G826.

*Параметры функции G826:*

- P0** Точка подвода инструмента по оси Z. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P1** Конечная точка по оси Z. Инструмент достигает ее на рабочей подаче, после чего производится отвод инструмента. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака.
- P2** Конечный диаметр. Указывается в абсолютных размерах.
- P3** Изменение диаметра за один проход. Указывается в приращениях. По умолчанию принимается равным 2 мм.
- P4** Величина припуска по оси X, снимаемого за последний проход. По умолчанию принимается равным 0.
- P5** Отвод инструмента по оси X при выводе. Указывается в приращениях. По умолчанию принимается равным 0.
- P6** Отвод инструмента по оси X на последнем проходе (после снятия припуска). Указывается в приращениях. По умолчанию принимается равным 0. Для подторцовки дна необходимо выбрать параметр равным половине разницы между конечным и начальным диаметрами.
- P7** Координата точки отвода по оси Z. Указывается в абсолютных размерах с учетом знака. По умолчанию параметр принимается равным P0.
- P8** Глубина первого прохода по оси Z. Указывается в приращениях относительно точки подвода. По умолчанию параметр принимается равным 1 мм.
- P9** Глубина последующих проходов по оси Z. Указывается в приращениях. По умолчанию 1мм.
- P10** Время выдержки инструмента после выведения из зоны растачивания после каждого из проходов, программируется аналогично функции G4. По умолчанию – без паузы.
- P11** Величина рабочей подачи. По умолчанию (или при нулевом значении) равна заданной ранее (или действующей в кадре). Если величина рабочей подачи задана и в кадре и параметром – действует заданная параметром.
- P12** Подача при отводе инструмента. По умолчанию (или при нулевом значении) – режим ускоренного перемещения.
- P13** Обороты шпинделя при растачивании. Если величина не задана, действует установленная ранее.
- P14** Обороты шпинделя при отводе инструмента. По умолчанию **стоп шпинделя**.
- P15** Время выдержки инструмента в конечной точке каждого из проходов при движении по оси Z, программируется аналогично функции G4. По умолчанию принимается равным 0 (без паузы).

Обязательными являются параметры P0, P1, P2.

## Формирование сложного профиля

Циклы формирования продольного и поперечного профиля представлены в системе функциями группы G85 и позволяют обрабатывать профиль, состоящий из линейных участков и дуг окружностей

При обработке профиля содержащего криволинейные участки более сложной формы, функции этой группы можно использовать для подготовительной обработки заготовки.

В состав группы циклов формирования профиля входят следующие:

### Подготовительные функции

- |             |   |
|-------------|---|
| <b>G851</b> | Подготовительная функция для описания параметров обработки фасок и галтелей циклов формирования профиля |
| <b>G852</b> | Подготовительная функция для описания параметров геометрии циклов формирования профиля                  |

### Функции обработки

- |             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| <b>G853</b> | Цикл формирования продольной канавки |
| <b>G855</b> | Цикл формирования поперечной канавки |

*Замечание:* параметры заданные подготовительными функциями действуют до первого вызова цикла другой группы либо до повторного вызова подготовительных функций, то есть функции G851 и G852 являются модальными. Порядок вызова подготовительных функций роли не играет.

## Общее описание параметров

Основные параметры, определяющие формирование ступеней и канавок, можно разделить на следующие группы:

- Координаты исходной точки. (Определяют технологические зазоры отвода инструмента).
- Геометрические данные, определяющие основной профиль.

- Геометрические данные, определяющие тип внутренних углов (галтели).
- Геометрические данные, определяющие тип внешних углов (фаски).
- Указание по направлению обхода контура.
- Технологические данные, определяющие количество материала, удаляемого за один проход.
- Технологические данные, определяющие режим резания.

В циклах группы G85 эти параметры сгруппированы по циклам следующим образом:

- В цикле G851 описываются параметры фасок и галтелей (группы параметров 3 и 4).
- В цикле G852 описываются параметры геометрии формируемого участка (группа параметров 2).
- В циклах обработки (G853, G855) указываются все остальные группы параметров (1, 5, 6, 7).

Все геометрические размеры в циклах этой группы можно указывать как в проекциях на оси (по аналогии с функцией G1), так и проекцией на одну из осей и углом.

Исходная точка цикла (точка подвода) является началом траектории каждого цикла, осуществляющего послойное снятие материала. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, после чего непосредственно начинается цикл.

Геометрический профиль детали описывается в виде комбинации основного профиля (без фасок и галтелей) и типизированного описания фасок и галтелей. При описании основного профиля по координатам опорных точек следует указывать именно огрубленный профиль, который в общем случае не соответствует реальной форме детали, см. рис. 22.

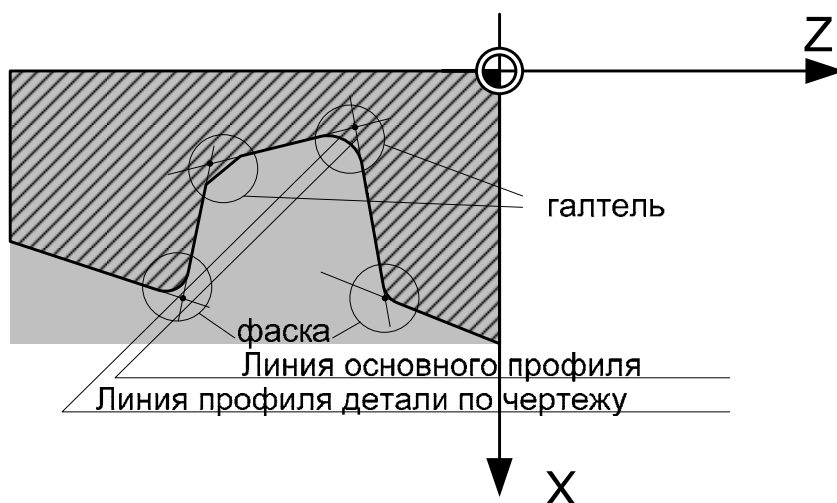


Рис. 22. Обрабатываемый профиль.

По указанным данным система управления сама рассчитывает траекторию движения инструмента. Обозначения параметров для всех циклов унифицированы.

## Подготовительные функции группы G85

### Функция G851

Функция G851 предназначена для описания скосов сложного профиля (обработка проводится при помощи функций G853, G855). Функция является вспомогательной не вызывает перемещений рабочего органа станка. Функция G851 – модальная.

*Формат вызова:*

G851(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15)

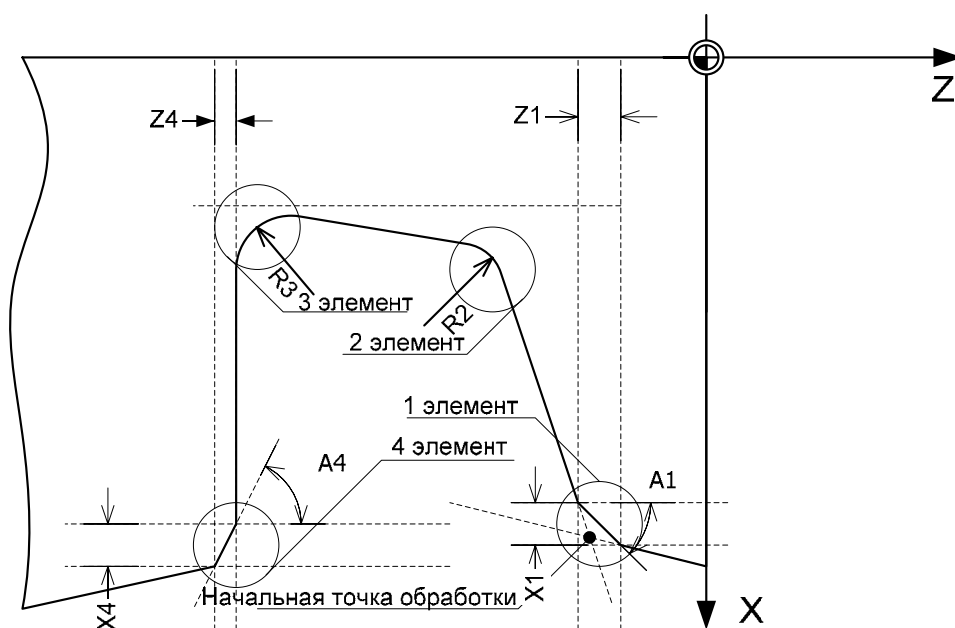


Рис. 23. Подготовительная функция G851.



*Параметры функции G851:*

	Тип первого скоса
<b>P0</b>	0 – угол (соответственно P1– размер) 2 – без скоса.
<b>P1</b>	Размер (радиус) первого скоса по оси Z. Указывается в приращениях без учета знака.
<b>P2</b>	Размер первого скоса по оси X. Указывается в приращениях без учета знака.
<b>P3</b>	Угол первого скоса. Указывается относительно положительного направления оси Z без учета знака.
<b>P4</b>	Тип второго скоса
<b>P5</b>	Размер (радиус) второго скоса по оси Z. Указывается в приращениях без учета знака.
<b>P6</b>	Размер второго скоса по оси X. Указывается в приращениях без учета знака.
<b>P7</b>	Угол второго скоса. Указывается относительно положительного направления оси Z без учета знака.
<b>P8</b>	Тип третьего скоса
<b>P9</b>	Размер (радиус) третьего скоса по оси Z. Указывается в приращениях без учета знака.
<b>P10</b>	Размер третьего скоса по оси X. Указывается в приращениях без учета знака.
<b>P11</b>	Угол третьего скоса. Указывается относительно положительного направления оси Z без учета знака.
<b>P12</b>	Тип четвертого скоса
<b>P13</b>	Размер (радиус) четвертого скоса по оси Z. Указывается в приращениях без учета знака.
<b>P14</b>	Размер четвертого скоса по оси X. Указывается в приращениях без учета знака.
<b>P15</b>	Угол четвертого скоса. Указывается относительно положительного направления оси Z без учета знака.

**Если описан только первый скос, то независимо от формы его описания (проекциями или проекцией и углом), остальные считаются описанными проекциями на оси, равными соответствующим проекциям первого скоса. Например,**

если первый скос имеет тип "угол" и описан проекцией на ось  $Z$  2мм и углом  $45^\circ$ , а описание остальных скосов опущено, то считается, что все скосы формируемого элемента имеют проекции на оси  $Z$  и  $X$  равные 2 мм.

Функция G851 (модальная) служит для описания галтелей и фасок. Предполагается выполнение галтелей и фасок либо углом, либо дугой окружности (см. рис. 23). При описании геометрии этих элементов отсчет их ведется от начальной точки обработки в направлении обхода контура. При обработке углом указываются следующие параметры геометрии: величина соответствующего элемента по оси  $Z$  и величина соответствующего элемента по оси  $X$  (имеется возможность альтернативного указания размеров величиной по одной из осей и углом между положительным направлением оси  $Z$  и формируемым отрезком). Если одновременно указывается и проекции угла на обе оси и угол наклона, угол наклона игнорируется. Также возможен вариант обработки детали без учета геометрии фасок и галтелей. Он может быть использован в случае формирования скосов формой резца. Однако следует помнить, что при выборе этого варианта не будет оставлено материала для последующего формирования галтелей, что может привести к порче заготовки. Если необходимо провести черновую обработку, без обработки фасок и галтелей, следует указать их геометрические параметры, но цикл обработки вызывать с установкой чернового режима обработки. В этом случае фаски обработаны не будут, а для формирования галтелей будет оставлен соответствующий припуск.

При обработке ступени параметры, заданные для четвертого элемента, игнорируются.

Если проекции на оси для каждой галтели и фаски одинаковы, можно указывать параметры лишь первого элемента.

На рис. 23 фаски формируются углами, а галтели дугами окружностей. Соответственно вызов функции G851 для последующего формирования такого элемента (продольная канавка, направление обхода выбираем против оси  $Z$ ) в общем виде бу-

дет выглядеть так (описание параметров функции G851 см. в конце этого пункта, см. сноску):

G851(0, Z1,, A1, 1, R2,,, 1, R3,,, 0, Z4, X4, A4);

В этом примере первый элемент описан проекцией на ось Z и углом наклона, а четвертый двумя проекциями. Последний параметр можно не указывать – он игнорируется.

## **Функция G852**

Функция G852 предназначена для описания геометрии сложного профиля (обработка проводится при помощи функций G853, G855). Функция является вспомогательной не вызывает перемещений рабочего органа станка. Функция G852 – модальная.

*Формат вызова:*

G852(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11)

*Параметры функции G852:*

- P0** Направление обработки и расположение элемента  
0 – против направления основной оси резания, внешний элемент (по умолчанию)  
1 – по направлению основной оси, внешний элемент  
2 – против направления основной оси, внутренний элемент  
3 – по направлению основной оси, внутренний элемент
- P1** Размер первого отрезка по оси Z. Указывается в приращениях без учета знака.
- P2** Размер первого отрезка по оси X. Указывается в приращениях без учета знака.
- P3* Угол первого отрезка относительно положительного направления оси Z. Указывается без учета знака.
- P4** Смещение для второго отрезка по оси Z<sup>5</sup>. Указывается в приращениях.
- P5** Смещение для второго отрезка по оси X. Указывается в приращениях.
- P6* Угол второго отрезка относительно положительного направления оси Z. Указывается без учета знака.
- P7** Размер третьего отрезка по оси Z. Указывается в приращениях без учета знака.
- P8** Размер третьего отрезка по оси X. Указывается в приращениях без учета знака.
- P9* Угол третьего отрезка относительно положительного направления оси Z. Указывается без учета знака.
- P10** Угол области подвода. По умолчанию принимается равным углу между **положительным направлением основной оси и направлением обхода**.
- P11** Угол области отвода. По умолчанию принимается равным углу между **положительным направлением основной оси и направлением обхода**.

При описании геометрии контура следует следить, чтобы обеспечивался беспрепятственный подвод резца по всей длине контура. Проверка на возможность обработки контура установленным резцом внутри циклов отсутствует. Геометрия контура описывается без учета галтелей и фасок.

---

<sup>5</sup> Независимо от того, внутренний или внешний элемент, смещение по *вспомогательной* оси может быть как положительным, так и отрицательным, поэтому его знак учитывается. Знак смещения второго отрезка по основной оси не учитывается.

Функция G852 (модальная) служит для описания параметров геометрии обрабатываемого участка (см. рис. 24). С помощью первого параметра этого цикла (P0), выбирается тип элемента (внутренний или внешний) и направление обхода контура (по направлению или против направления соответствующей оси). Как уже указывалось ранее, все отрезки могут быть описаны как с помощью проекций на оси, так и с помощью одной проекции на ось и угла между соответствующим отрезком и положительным направлением оси Z. При указании и угла и обеих проекций на оси величина угла игнорируется. При описании отрезков первым считается тот, который содержит начальную точку обработки детали, далее отрезки описываются по порядку в направлении обхода контура. Ниже на рисунке показаны параметры, используемые при описании параметров геометрии.

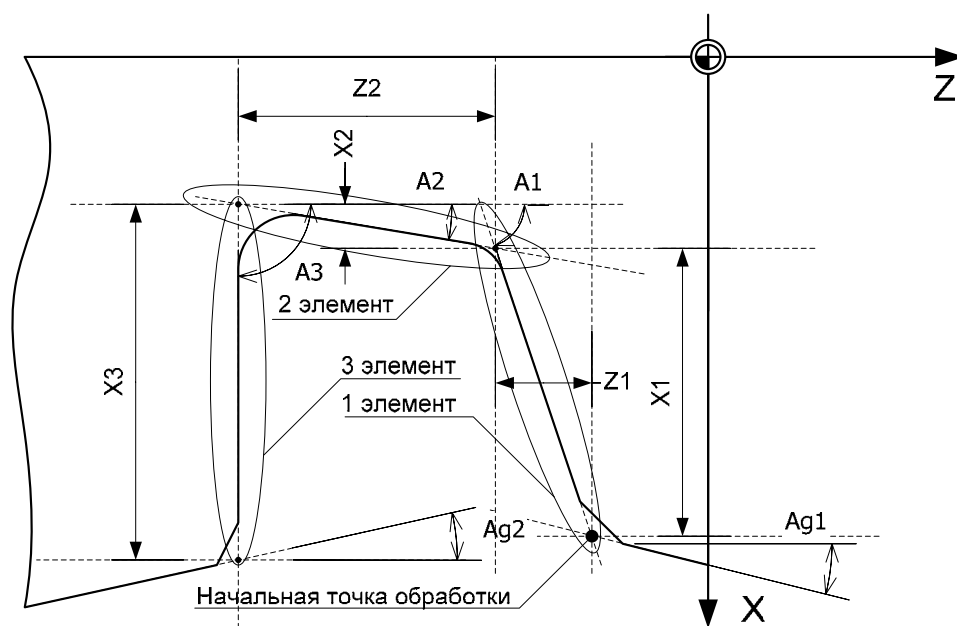


Рис. 24. Подготовительная функция G852.

Отметим, что углы  $Ag1$  и  $Ag2$  необходимы лишь для правильной обработки фасок. При использовании чернового режима эти параметры могут быть опущены.

Вызов функции G852 для последующего формирования такого элемента (продольная канавка, направление обхода выбираем против оси Z) в общем виде, будет выглядеть так (описание параметров функции G852 см. в конце этого пункта):

G852(Z1, X1,, Z2,, A2,, X3, A3, Ag1, Ag2);

В этом примере первый отрезок описан двумя проекциями, второй проекцией на ось Z и углом наклона, а третий проекцией на ось X и углом наклона (при описании третьего отрезка двумя проекциями в данном примере следовало бы указывать следующие параметры: ...A2, 0, X3,, Ag1...). Направление обхода контура выбрано против направления снятия материала (против оси Z), канавка внешняя, это соответствует нулевому режиму, устанавливаемому по умолчанию, соответственно первый параметр опущен.

## Функции обработки группы G85

Группа G85 предоставляет следующие функции для формирования профиля изделия:

**G853** – цикл формирования продольной канавки

**G855** – цикл формирования поперечной канавки

Так как ступень представляет собой геометрический элемент, описывающийся двумя отрезками (в отличие от канавки, которая описывается тремя отрезками) в системе не предусмотрено специальных функций для формирования ступеней. Ступени формируются, как и канавки, при помощи функций G853 (продольная) и G854 (поперечная) при этом в описании геометрии (см. функцию G852) пропускается описание первого (если обработка начинается от свободной зоны) или третьего (если обработка начинается от зоны заготовки) отрезка, так как только у второго отрезка учитывается знак по вспомогательной оси.

Все эти функции имеют одинаковые параметры. Ниже приведен их список и краткое описание.

*Формат вызова:*

G853(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12)

G855(P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12)

*Параметры функций группы G85:*

- P0** Координата начальной точки обработки (см. замечания) по оси Z. **По умолчанию текущая координата.** Указывается в абсолютных размерах.
- P1** Координата начальной точки обработки по оси X. **По умолчанию текущая координата.** Указывается в абсолютных размерах.
- P2** Расстояние подвода инструмента. В эту точку инструмент движется на ускоренном перемещении, а после нее на рабочей подаче. Указывается в приращениях без учета знака. По умолчанию параметр принимается равным 1 мм.
- P3** Глубина одного прохода. Указывается в приращениях без учета знака. По умолчанию параметр принимается равным 1 мм.
- P4** Величина припуска оставляемого по оси Z при обработке. Затем этот материал снимается за последний проход. По умолчанию **параметр равен 1 мм.** Используется при чистовой обработке.
- P5** Величина припуска оставляемого по оси X при обработке. Затем этот материал снимается за последний проход. По умолчанию **параметр равен 1 мм.** Используется при чистовой обработке.
- P6** Режим обхода контура  
0 – материал снимается только в направлении обработки (задается при инициализации геометрии функцией G852). При возврате рабочий орган станка отводится по вспомогательной оси на величину последней проточки (по умолчанию)
- P7** Режим обработки  
0 – черновой (по умолчанию). Снимается весь материал за исключением указанного припуска, фаски не обрабатываются, галтели обрабатываются углом (остается материал для формирования нужной формы)  
1 – чистовой. Полностью формируется профиль.  
2 – только чистовой проход. Используется, если профиль ранее обработан в черновом режиме. При вызове функции в этом режиме выполняется один проход по контуру с формированием всех фасок и галтелей. Припуски по обеим осям (параметры P4 и P5) не учитываются.
- P8** Режим подвода инструмента  
0 – по углу врезания (см. рис. 39). В этом режиме параметр P2 определяет расстояние подвода по основной оси. Действует по умолчанию.  
1 – ортогонально оси снятия материала. В этом режиме параметр P2 определяет расстояние подвода по оси Z для поперечных циклов и по оси X для продольных.
- P9** Величина рабочей подачи. По умолчанию (или при нулевом значении) равна заданной ранее (или действующей в кадре). Если величина рабочей подачи задана и в кадре и параметром – действует заданная параметром.
- P10** Величина рабочей подачи на последнем проходе. По умолчанию на последнем проходе подача не меняется.
- P11** Обороты шпинделя. Если величина не задана, действует установленная ранее.
- P12** Обороты шпинделя на последнем проходе. По умолчанию на последнем проходе обороты шпинделя не меняются.



*Замечания:*

- Начальная точка обработки должна быть или началом или окончанием обрабатываемого контура и к ней должен быть возможен беспрепятственный подвод инструмента. Внимание! Неверное указание начальной точки может привести к порче резца или заготовки.
- Применение функций подробно рассмотрено на примерах в следующем пункте.



