УСТРОЙСТВО ЧПУ
"МАЯК-600Т"

ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ
ПОСТОЯННЫХ ЦИКЛОВ

ПВС0.303.021 ДЭИ2

Редакция 17.08.2020

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ 2
1 ВВЕДЕНИЕ 3
2 ПОСТОЯННЫЕ ЦИКЛЫ 3
3 ЦИКЛЫ ТОЧЕНИЯ 4
3.1 Общие положения 4
3.2 Цикл продольного точения G81 4
3.3 Цикл подрезки торцев G82 6
3.4 Цикл продольного точения G72 7
3.5 Профильные циклы G71, G77 8
4 ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ 11
4.1 Общие положения 11
4.2 Цикл сверления глубокого отверстия G84 11
4.3 Универсальный цикл сверления глубокого отверстия G74 13
4.4 Цикл нарезания резьбы метчиком G75 15
5 ЦИКЛЫ РЕЗЬБЫ 17
5.1 Циклы нарезания резьбы G73, G83 17
5.2 Однопроходные циклы нарезания резьбы G34, G35 20
5.3 Универсальные циклы нарезания резьбы G76, G86 21
6 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ 31
6.1 Общие положения 31
6.2 Цикл измерения плоскости G978 32
6.3 Цикл измерения диаметра G994 34
ПРИЛОЖЕНИЕ 36

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая инструкция устанавливает правила программирования постоянных циклов для устройств числового программного управления серии "Маяк-600Т" (в дальнейшем – устройство), предназначенных для управления технологическим оборудованием.

При работе с устройством необходимо дополнительно руководствоваться следующими документами:

1) паспортом на УЧПУ;
2) инструкцией по программированию ПВС0.303.021 ДЭИ;
3) инструкцией оператора ПВС0.303.019 ДЭИ1 (для модификаций УЧПУ без вертикального ряда функциональных клавиш и экраном с диагональю 10 дюймов);
4) инструкцией оператора ПВС0.303.021 ДЭИ1 (для УЧПУ с индексом "Е", с вертикальным рядом функциональных клавиш и экраном с диагональю 10 дюймов);
5) инструкцией оператора ПВС0.303.029 ДЭИ1 (для УЧПУ с индексом " ЕМ", с вертикальным рядом функциональных клавиш и экраном с диагональю 15 дюймов).

2 ПОСТОЯННЫЕ ЦИКЛЫ

В устройстве реализованы следующие постоянные циклы (табл. 1):

Таблица 1

Группа	G-функция	Наименование	Раздел
Циклы точения	G72	Цикл продольного точения	3.4
	G81	Цикл продольного точения	3.2
	G82	Цикл подрезки торцев	3.3
	G71	Профильный цикл продольного точения	3.5
	G77	Профильный цикл поперечного точения	
Циклы сверления	G74	Универсальный цикл глубокого сверления	4.3
	G75	Цикл нарезания резьбы метчиком	4.4
	G84	Цикл сверления глубокого отверстия	4.2
Циклы нарезания резьбы	G34	Однопроходный цикл нарезания внешней резьбы	5.2
	G35	Однопроходный цикл нарезания внутренней резьбы	
	G73	Цикл нарезания торцевой или конической резьбы	5.1
	G76	Универсальный цикл нарезания торцевой или конической резьбы	5.3
	G83	Цикл нарезания цилиндрической или конической резьбы	5.1
	G86	Универсальный цикл нарезания цилиндрической или конической резьбы	5.3
Измерительные циклы	G978	Цикл измерения плоскости	6.2
	G994	Цикл измерения диаметра	6.3

Постоянные циклы являются стандартными законченными операциями, выполняемыми на станке, и задаются при помощи подготовительных функций.

ВНИМАНИЕ! Перед программированием циклов необходимо обязательно ознакомиться с инструкцией по программированию и содержанием данного раздела.

В управляющей программе (далее – УП), где заданы постоянные циклы, **нельзя использовать параметры с 220 по 249 и с 490 по 492,** так как они используются для хранения параметров цикла и промежуточных результатов.

При использовании постоянного цикла **количество вложений подпрограмм уменьшается с 50 до 49**.

Перед началом цикла **должна быть команда** включения шпинделя (М3, М4), иначе высветится **ошибка 75**.

3 ЦИКЛЫ ТОЧЕНИЯ

3.1 Общие положения

Циклы продольного точения, подрезки торцев, профильные циклы удобно использовать при черновой обработке, когда весь припуск нельзя снять за один проход.

При программировании простых контуров можно составлять программу непосредственно с чертежа детали. На рис. 1 показан пример разбивки припуска на участки, каждый из которых программируется циклом

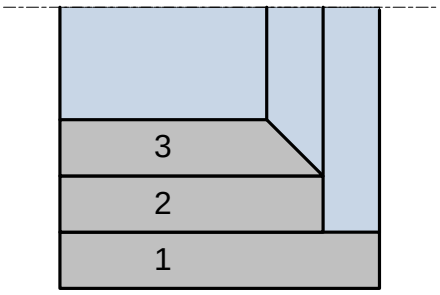


Рисунок 1

3.2 Цикл продольного точения G81

Для программирования цикла продольного точения G81 необходимо задать в кадре следующую информацию (табл. 2, рис. 3):

G81 X__ Z__ I/J__ B__ VP__ C__ K__ F__ P__

Таблица 2

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
X, Z	**координаты конечной точки**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
I / J	**I – глубина врезания за один проход** или **J – количество проходов**	I задается на радиус без знака	
B	припуск на чистовой проход по координате X	задается на радиус без знака	
VP	количество чистовых проходов		
C	главный угол резца в плане	задается в градусах без знака	по умолчанию 95°
K	конусность	задается в приращениях со знаком: K>0 – конусность входит в размер по Z K<0 – не входит	
F	скорость подачи		
P	параметр перемещения по координате X	P0 – перемещение с подачей F P1 – перемещение с максимальной скоростью (G0)	по умолчанию P0

Под конечной точкой (см. рис. 2, 3) понимается точка A (для K>0) или точка B (для K<0).

При задании в кадре чистового прохода припуск по координате X определяется величиной B. Припуск по координате Z рассчитывается автоматически в зависимости от заданных значений конусности K и угла C (рис. 2).

Минимальный припуск по координате Z равен 0,1B.

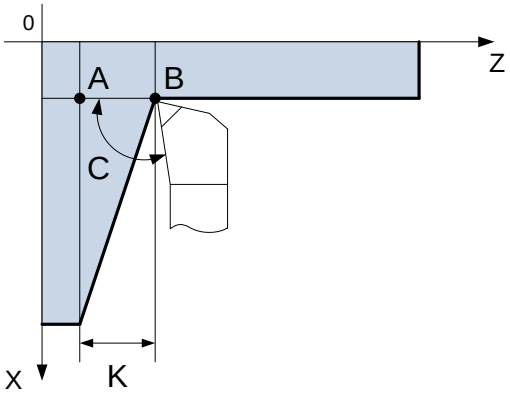


Рисунок 2

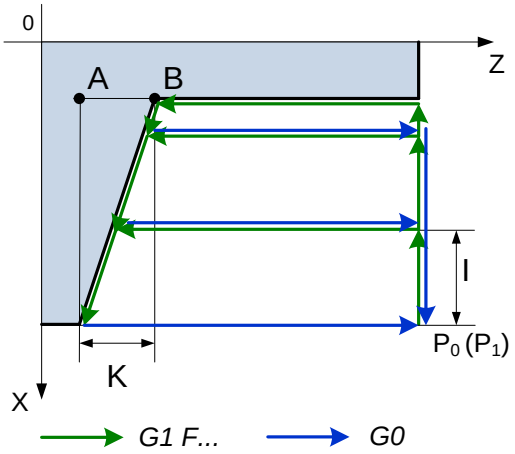


Рисунок 3

Пример 1.

Цикл продольного точения справа налево. После завершения черновых проходов выполняется чистовой проход по контуру детали, если он задан, и перемещение в точку P_1.

В абсолютной системе отсчета

```
N14 G90 G0 X134.4 Z360.                    ;
N15 G81 G90 X120. Z200. B.4 I2. K30. F50
```

или

```
N14 G90 G0 X134.4 Z360.
N15 G81 G90 X120. Z230. B.4 I2. K-30. F50
```

В относительной системе отсчета

```
N14 G90 G0 X134.4 Z360.
N15 G81 G91 X-14.4 Z-160. I2. K30. F50
```

или

```
N14 G90 G0 X134.4 Z360.
N15 G81 G91 X-14.4 Z-130. I2. K-30. F50
```

Пример 2.

Цикл продольного точения слева направо.

В абсолютной системе отсчета

```
N14 G90 G0 X134.4 Z200.
N15 G81 G90 X120. Z360. I2. K30. F50
```

или

```
N14 G90 G0 X134.4 Z200.
N15 G81 G90 X120. Z330. I2. K-30. F50
```

В относительной системе отсчета

N14 G90 G0 X134.4 Z200. ;
N15 G81 G91 X-14.4 Z-160. I2. K30. F50

или

N14 G90 G0 X134.4 Z200. ;
N15 G81 G91 X-14.4 Z-130. I2. K-30. F50

3.3 Цикл подрезки торцев G82

Для программирования цикла подрезки торцев G82 необходимо задать в кадре следующую информацию (табл. 3, рис. 4):

G82 X__ Z__ I/J__ B__ VP__ C__ K__ F__ P__

Таблица 3

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
X, Z	**координаты конечной точки**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
I / J	**I – глубина врезания за один проход** или **J – количество проходов**	I задается на радиус без знака	
B	припуск на чистовой проход по координате X	задается без знака	
VP	количество чистовых проходов		
C	главный угол резца в плане	задается в градусах без знака	по умолчанию 95°
K	конусность	задается в приращениях со знаком: K>0 – конусность входит в размер по X K<0 – не входит	
F	скорость подачи		
P	параметр перемещения по координате Z	P0 – перемещение с подачей F P1 – перемещение с максимальной скоростью (G0)	по умолчанию P0

Под конечной точкой (см. 4) понимается точка A (для K>0) или точка B (для K<0).

При задании в кадре чистового прохода припуск по координате Z определяется величиной B. Припуск по координате X рассчитывается автоматически в зависимости от заданных значений конусности K и угла C.

Минимальный припуск по координате Z равен 0,1B.

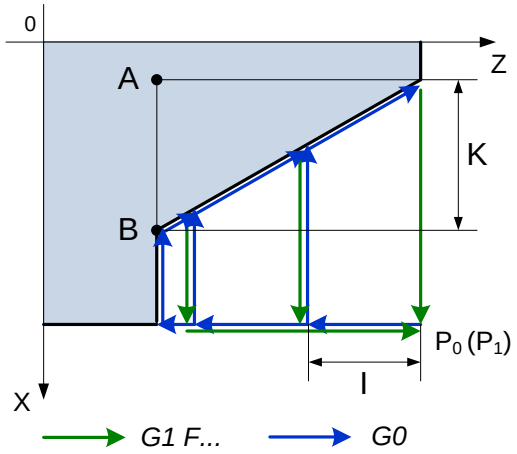


Рисунок 4

Цикл подрезки торцев отличается от цикла продольного точения тем, что съем металла происходит во время перемещения резца вдоль оси X.

Пример.
Цикл подрезки торцев.

В абсолютной системе отсчета

N10 G90 G0 X180. Z170.
N11 G82 G90 X60. Z100. I2. K20. F60

или

N14 G90 G0 X180. Z170.
N15 G82 G90 X100. Z100. I2. K-20. F50

В относительной системе отсчета

N14 G90 G0 X180. Z170.
N15 G82 G91 X-120. Z-70. I2. K20. F60

или

N14 G90 G0 X180. Z170.
N15 G82 G91 X-80. Z-70. I2. K-20. F60

3.4 Цикл продольного точения G72

Для программирования цикла продольного точения G81 необходимо задать в кадре следующую информацию (табл. 4, рис. 5):

G72 X__ Z__ I/J__ B__ VP__ C__ K__ F__ P__

Таблица 4

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
X, Z	**координаты конечной точки**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
I / J	**I – глубина врезания за один проход** или **J – количество проходов**	I задается на радиус без знака	
B	припуск на чистовой проход по координате X	задается на радиус без знака	
VP	количество чистовых проходов		
C	главный угол резца в плане	задается в градусах без знака	по умолчанию 95°
K	конусность	задается в приращениях со знаком: K>0 – конусность входит в размер по Z K<0 – не входит	
F	скорость подачи		
P	параметр перемещения по координате X	P0 – перемещение с подачей F P1 – перемещение с максимальной скоростью (G0)	по умолчанию P0

Под конечной точкой (см. рис. 5) понимается точка A (для K>0) или точка B (для K<0).

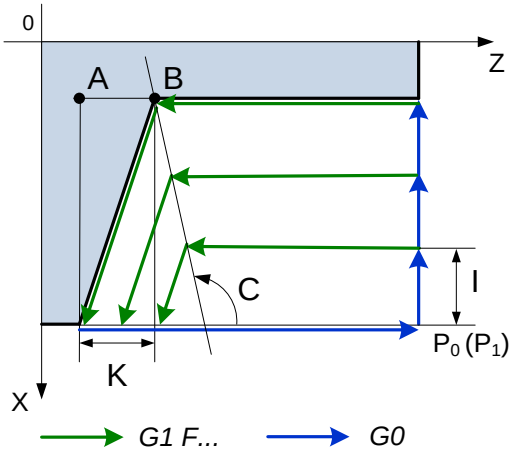


Рисунок 5

При задании в кадре чистового прохода припуск по координате X определяется величиной B. Припуск по координате Z рассчитывается автоматически в зависимости от заданных значений конусности K и угла C.

Минимальный припуск по координате Z равен 0,1B.

Пример.
Цикл продольного точения справа налево.

В абсолютной системе отсчета

N14 G90 G0 X134.4 Z360.
N15 G72 G90 X120. Z200. I2. K30. F50

или

N14 G90 G0 X134.4 Z360.
N15 G81 G90 X120. Z230. I2. K-30. F50

В относительной системе отсчета

N14 G90 G0 X134.4 Z360. ;
N15 G81 G91 X-14.4 Z-160. I2. K30. F50

или

N14 G90 G0 X134.4 Z360. ;
N15 G81 G91 X-14.4 Z-130. I2. K-30. F50

3.5 Профильные циклы G71, G77

В общем случае профильные циклы G71, G77 программируются следующим образом (табл. 5):

G71/77 G98/99 X__ Z__ I__ J__ P__ K__ VP__ F__ H/VX/VZ__

Таблица 5

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
X, Z	координаты исходной точки обработки профиля	в абсолютной системе или в приращениях	можно не задавать
I	**величина снятия металла за один проход (припуск)**	задается на радиус со знаком: I > 0 – обработка снаружи I < 0 – обработка изнутри	задание обязательно
J	направление чистового прохода	J1 – от первого кадра профиля к последнему J2 – от последнего кадра профиля к первому	*только для G77* по умолчанию J1
P	признак обработки (черновые и чистовой проход)	P0 – черновые и чистовой проход	по умолчанию P0

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
		P1 – только черновые проходы P3 – только чистовой проход	
K	вид обработки	K0 – врезание и выход по X K1 – врезание по контуру, выход по X K2 – врезание по X, выход по контуру K3 – врезание и выход по контуру	*только для G71* по умолчанию K3
VP	режим обработки	VP0 – врезание и отход на скорости F VP1 – врезание по G0, отход на скорости F VP2 – врезание на скорости F, отход по G0 VP3 – врезание и отход по G0	по умолчанию VP0
F	скорость подачи		
H	эквидистантный припуск к контуру профиля	на радиус без знака	
VX	припуск по координате X	в приращения на радиус	
VZ	припуск по координате Z	в приращениях	

Если координаты X (Z) не указаны, то координатами исходной точки считаются координаты конечной точки предыдущего кадра.

При задании функции G98 выполняется возврат в исходную точку по координате X, при задании функции G99 – в исходную точку по координатам X и Z.

Профиль начинается с кадра, следующего за кадром с функцией G71 (G77), и заканчивается кадром с функцией G80.

ВНИМАНИЕ! В кадрах профиля ***нельзя***:

1) изменять скорость подачи;
2) задавать круговую интерполяцию (G2 или G3) с дугой больше четверти окружности;
3) задавать поворот системы координат и зеркальное отображение.

Пример.

Фрагменты УП с профильными циклами G71, G77 приведены на рис. 6, 7.

```
%1
N1 G28 X10 Z10
N2 S500 M3
N3 T2
N4 G90 G94 X100. Z100.
N5 G71 K3 G99 I10. F400
N6 G1 X0
N7 Z90.
N8 X20.
N9 Z70.
N10 X40.
N11G3 X60. Z60. R10.
N12 G1 Z40.
N13 X80. Z20.
N14 Z0
N15 G80
N16 M5
N17 M2
```

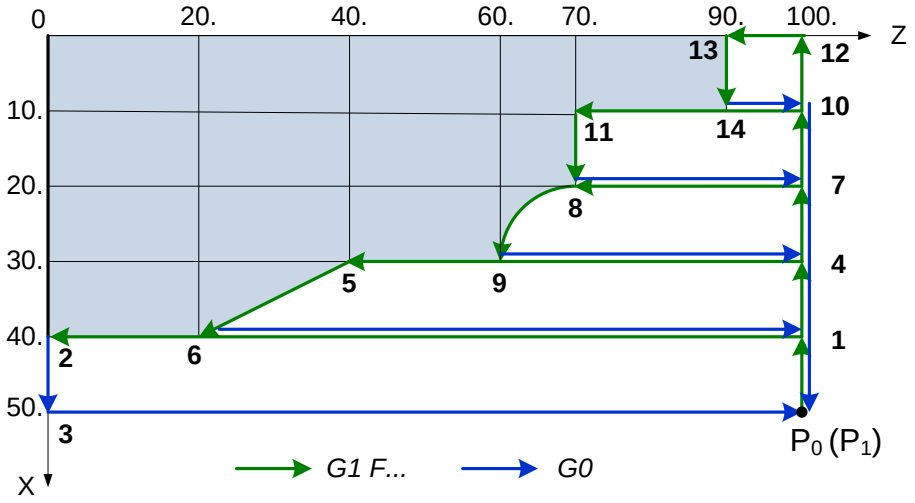


Рисунок 6

```
%2
N1 G28 X10 Z10
N2 T2
N3 S300 M3
N4 G90 G0 X120. Z70.
N5 G77 G99 I10. F200
N6 X0
N7 Z60.
N8 X60.
N9 Z40.
N10 X80. Z20.
N11 Z0
N12 G80
N13 M5
N14 M2
```

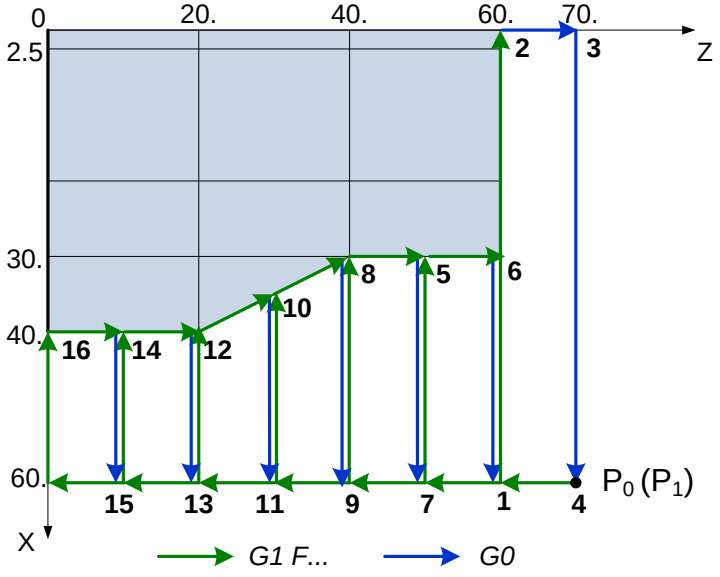


Рисунок 7

4 ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

4.1 Общие положения

В общем случае постоянный цикл состоит из последовательности следующих операций (рис. 8):

1) позиционирование по оси X в исходную точку цикла P_0;
2) ускоренное перемещение к точке R;
3) обработка отверстия;
4) операция на дне отверстия;
5) возврат инструмента в конечную точку P_1 . Конечной точкой цикла может быть одна из следующих точек:
   – точка R (если задана функция G99),
   – исходная точка цикла (если задана функция G98).

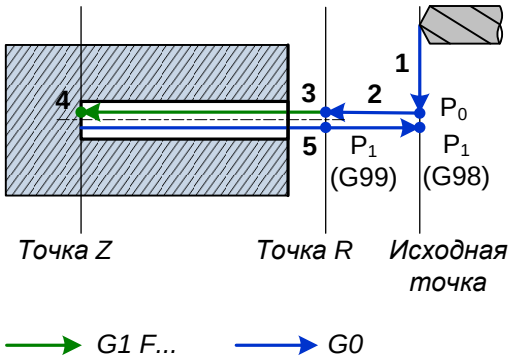


Рисунок 8

Точка R выбирается технологом в непосредственной близости от поверхности в зависимости от технологических особенностей детали.

Если в кадре с циклом не задано перемещение по X, то для формирования координат центра отверстия используется координата X конечной точки предыдущего кадра.

По окончании обработки выполняется возврат инструмента исходную точку или в точку R.

После выполнения цикла инструмент возвращается в исходную точку (G98) или точку R (G99). **По умолчанию задана функция G98**.

Постоянные циклы могут быть запрограммированы в абсолютной системе отсчета (G90) и в приращениях (G91). Задание параметров Z и R в абсолютной системе отсчета и в приращениях показано на рис. 9.

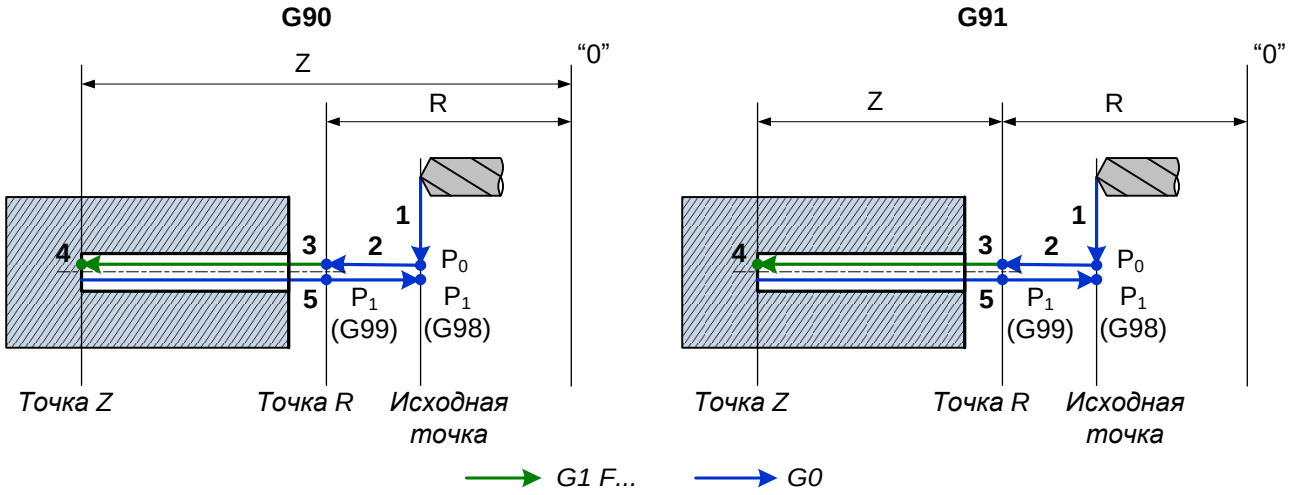


Рисунок 9

4.2 Цикл сверления глубокого отверстия G84

Цикл G73 используется для сверления глубокого отверстия многопроходным способом.

Цикл действует на один кадр и программируется следующим образом (табл. 6):

G73 G98/99 Z__ R__ H__ F__

Таблица 6

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
Z	**конечная точка обработки отверстия**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
R	начальная точка обработки отверстия		
H	**глубина одного врезания**	в приращениях без знака	задание обязательно
F	скорость рабочей подачи		

Схема движения инструмента приведена на рис. 10.

Сначала инструмент выходит в точку R, затем высверливает отверстие глубиной H и ускоренно возвращается на уровень точки R. Затем снова ускоренно опускается, и на расстоянии 1 мм от дна отверстия происходит переключение скорости с ускоренной на рабочую.

За второй шаг глубина отверстия достигает 2H, и инструмент вновь возвращается на уровент точки R. Так продолжается до тех пор, пока глубина отверстия не достигнет Z.

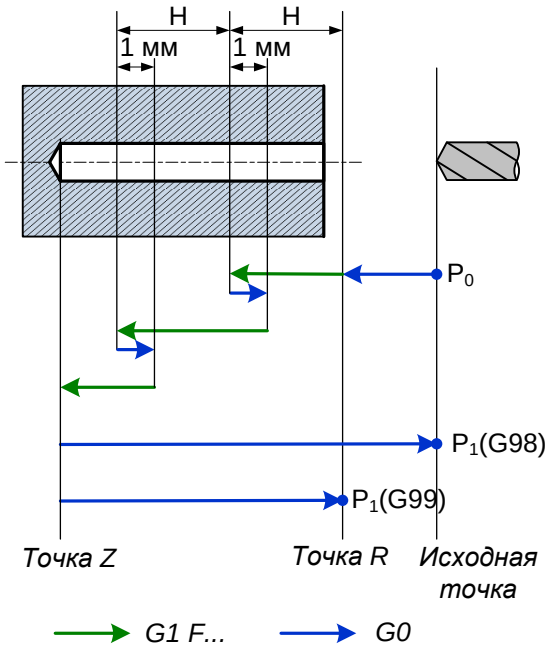


Рисунок 10

Пример.

Фрагмент УП с использованием цикла G84.

```
N1 G90 X0 Z0
N2 S200 M3                          ; включение шпинделя
N3 X10. Z30.
N4 G84 G91 G95 G99 Z-20. R-10. H5. F1.
N5 M5                               ; выключение шпинделя
N7 M2                               ; конец программы
```

4.3 Универсальный цикл сверления глубокого отверстия G74

Цикл сверления G74 используется для сверления глубоких отверстий многопроходным способом. Цикл G74 действует на один кадр и программируется следующим образом (табл. 7):

G74 G98/99 Z__ R__ H__ VL__ VH__ VD__ P__ VP__ VC__ B__ VC__ F__ VF__

Таблица 7

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
Z	**конечная точка обработки отверстия**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
R	начальная точка обработки отверстия		
H	**глубина одного врезания**	в приращениях без знака	задание обязательно
VL	расстояние от точки R до поверхности детали		
H	**глубина первого врезания**		задание обязательно
VH	минимальная глубина врезания		
VD	коэффициент уменьшения глубины врезания на втором и последующем проходах	см. табл. 8	
P	время ожидания (пауза) в отверстии	P>0 – пауза	дискретность 0,1 с
		P<0 – обороты шпинделя	количество оборотов
VP	время ожидания (пауза) в точке R (VC0) или после отвода инструмента (VC1)	VP>0 – пауза	дискретность 0,1 с
		VP<0 – обороты шпинделя	количество оборотов
VC	режим обработки	VC0 – удаление стружки VC1 – ломка стружки	по умолчанию VC0
B	расстояние до дна отверстия при повторном врезании (VC0) или расстояние отвода инструмента (VC1)	в приращениях без знака	по умолчанию B0 (1 мм)
F	скорость рабочей подачи		
VF	коэффициент уменьшения скорости подачи при первом врезании	диапазон задания 0.001 ÷ 1.000	по умолчанию VF1

Таблица 8

Проход	**Глубина резания**		
	VD>0 (от 0.001 до H)	**VD<0 (от – 0.002 до – 1.000)**	**VD=0**
1	$H_1 = H$	$H_1 = H$	H
2	$H_2 = H_1 – VD$	$H_2 = H_1 * \|VD\|$	H
3	$H_3 = H_2 – VD$	$H_3 = H_2 * \|VD\|$	H
…	…	…	…
i	$H_i = VH$ (при VH=0 $H_i = VD$)	$H_i = VH$ (при VH=0 $H_i = H * \|VD\|$)	H

Если значение H равно глубине отверстия или превышает его, сверление выполняется за один проход.

Если расчетная глубина врезания H_i=VH, а остаточная глубина отверстия меньше 2VH, то два последних прохода выполняются с одинаковой глубиной врезания большей ½ VH.

Пример.

Схемы движения инструмента приведены на рис. 11 (коэффициенты VD и VF не заданы).

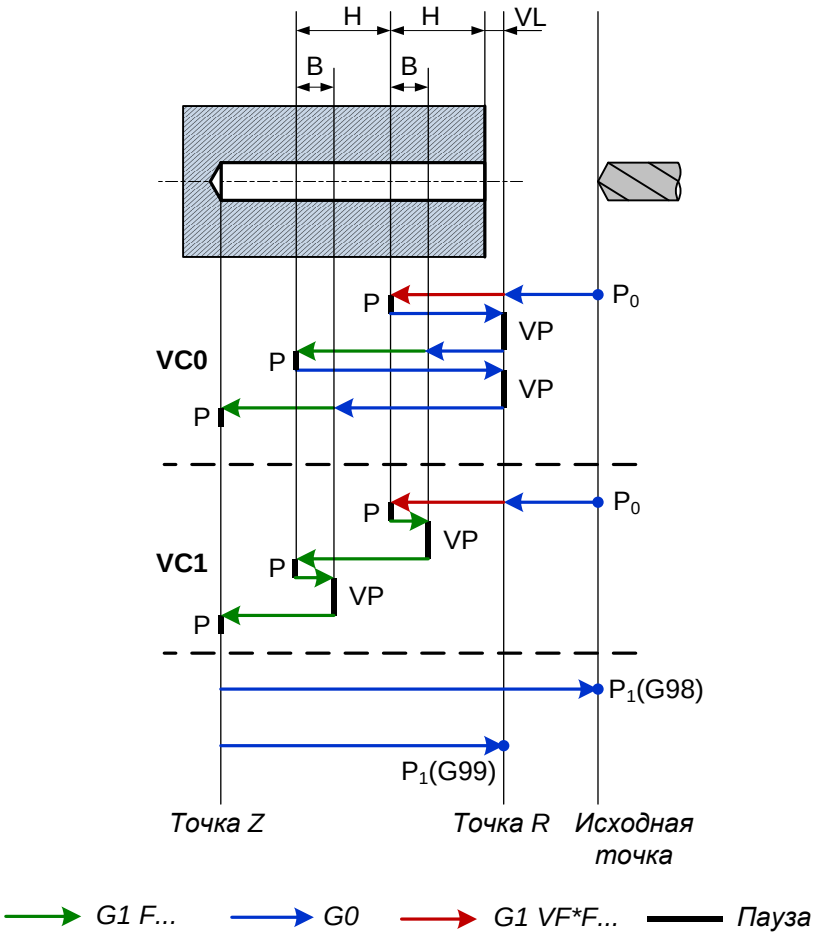


Рисунок 11

При сверлении **с удалением стружки** (VC0) выполняются следующие действия:

1) перемещение на быстром ходу в точку R;
2) перемещение на скорости рабочей подачи к поверхности детали (на расстояние VL);
3) сверление отверстия глубиной H на скорости рабочей подачи;
4) пауза на дне отверстия (P);
5) ускоренное возвращение на уровень точки R;
6) пауза в точке R (VP);
7) ускоренное перемещение на расстояние B до дна отверстия;

За второй шаг выполнения пп. 3) – 7) глубина отверстия достигнет 2H, и инструмент вновь возвратится на уровень точки R. Обработка будет продолжаться до тех пор, пока дно отверстия не достигнет Z.

Сверление **с ломкой стружки** (VC1) отличается от сверления с удалением стружки тем, что после каждого врезания отскок по координате Z производится не в точку R, а только на величину B, что позволяет повысить производительность обработки.

Пример.

Фрагмент УП для сверления отверстия с использованием цикла G74.

```
N1 G90 X0 Z0
N2 S100 M3                                          ;включение шпинделя
N3 G74 G90 G98 Z-30. R-2. VH2. H6. VD0.9 P5 VP10 VC0 B.5 VL1. F1.
N4 M5                                               ;выключение шпинделя
N5 M2                                               ;конец программы
```

4.4 Цикл нарезания резьбы метчиком G75

Цикл G75 используется для нарезания резьбы метчиком.

При задании небольших скоростей шпинделя можно нарезать резьбу метчиком без компенсирующего патрона.

Для нарезания резьбы метчиком на больших скоростях необходимо использовать компенсирующий патрон.

Цикл G75 задается на один кадр и программируется следующим образом (табл. 9):

G75 G98/99 Z__ R__ VL__ K__ H__ VP__

Таблица 9

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
Z	**конечная точка обработки отверстия**		задание обязательно
R	начальная точка обработки отверстия		
VL	расстояние от точки R до поверхности детали	в приращениях без знака	
K	**шаг резьбы**		задание обязательно
H	глубина врезания	в приращениях без знака	
VP	время ожидания (пауза) в точке R	VP>0 – пауза	дискретность 0,1 с
		VP<0 – обороты шпинделя	количество оборотов

Если значение H равно глубине отверстия или превышает его, то обработка отверстия выполняется за один проход.

Если остаточная глубина отверстия меньше 2H, то два последних прохода выполняются с одинаковой глубиной резания большей ½ H.

Последовательность действий в цикле:

1) перемещение на быстром ходу в точку R;
2) обработка отверстия глубиной H;
3) изменение направления вращения шпинделя на противоположное;
4) перемещение в точку R;
5) пауза в точке R (VP).

За второй шаг выполнения п.п. 2) – 5) глубина отверстия достигает 2H, и инструмент вновь возвращается на уровень точки R. Так продолжается до тех пор, пока глубина отверстия не достигнет Z.

ВНИМАНИЕ! При нарезании резьбы в глухих отверстиях необходимо учитывать, что после команды на останов шпинделя для реверса по координате Z может быть пройден путь до нескольких шагов нарезаемой резьбы, в зависимости от скорости шпинделя.

Схема движения инструмента приведена на рис. 12.

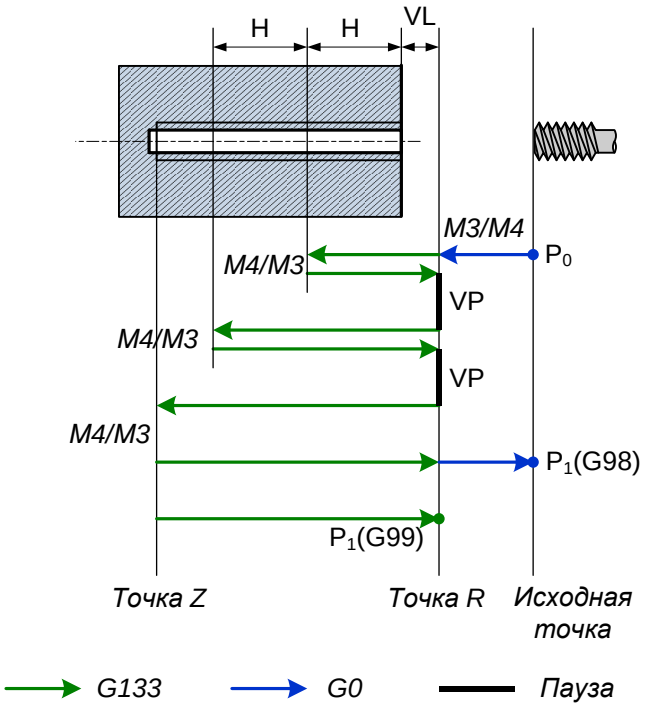


Рисунок 12

Пример.
Фрагмент УП для обработки отверстия с помощью цикла G75.

```
N1 G90 X0 Z0
N2 S100 M4                                  ; включение шпинделя
N3 G1 G91 X10. Z10. F200                    ;
N4 G75 G90 G98 Z-15. R-3. R-3. K3.5 H3. VP20 VL2.
N5 M5                                       ; выключение шпинделя
N6 M2                                       ; конец программы
```

5 ЦИКЛЫ РЕЗЬБЫ

5.1 Циклы нарезания резьбы G73, G83

Циклы G73 и G83 предназначены для нарезания метрических резьб.

Цикл **G83** предназначен для нарезания резьбы вдоль оси Z.

Для программирования цикла G83 необходимо задать в кадре следующую информацию (см. табл. 10):

G83 Z__ K__ I__ H__ P__ B__ D__ X__ J__

Таблица 10

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
Z	**конечная точка резьбы по координате Z**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
K	**шаг резьбы**		
I	**глубина врезания на первом проходе**	по радиусу со знаком	
H	начальный диаметр резьбы		
P	способ нарезания резьбы	см. табл. 12	по умолчанию P0
B	припуск на чистовую обработку	без знака по радиусу	можно не указывать
D	конечный диаметр резьбы		
X	конечная точка по координате X	по диаметру в абсолютной системе или в приращениях	только для конической резьбы
J	количество заходов		только для многозаходной резьбы

Если начальный диаметр резьбы (H) не задан, то начальным диаметром резьбы считается значение координаты X перед выполнением цикла. *Съезд с резьбы при таком задании нужно производить на величину шага (P0 и P1).*

При указании H можно задавать любые способы нарезания резьбы (P0 – P4).

Цикл **G73** предназначен для нарезания торцевых (спиральных) резьб.

Для программирования цикла G83 необходимо задать в кадре следующую информацию (см. табл. 11):

G73 X__ I__ K__ H__ P__ B__ D__ Z__ J__

Таблица 11

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
X	**конечная точка резьбы по координате X**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
I	**шаг резьбы**		
K	**глубина врезания на первом проходе**	со знаком	
H	начальный размер резьбы		
P	способ нарезания резьбы	см. 12	по умолчанию P0
B	припуск на чистовую обработку	без знака по радиусу	можно не указывать
D	конечный размер резьбы		
Z	конечная точка по координате Z	в абсолютной системе или в приращениях	только для конической резьбы
J	количество заходов		только для многозаходной резьбы

Если начальный диаметр резьбы (H) не задан, то начальным размером резьбы считается значение координаты Z перед выполнением цикла. *Съезд с резьбы при таком задании нужно производить на величину шага (P0 и P1).*

При указании H можно задавать любые способы нарезангия резьбы (P0 – P4).

ВНИМАНИЕ! Все изложенное далее относится как к циклу G83, так и к циклу G73.

Задание B нужно для получения необходимой чистоты поверхности резьбы. При задании B глубина резания будет уменьшаться от I (для G83) или K (для G73) до B.

При задании D автоматически рассчитывается начальный диаметр резьбы. При необходимости задать особую высоту резьбы можно задать H и D одновременно.

После завершения обработки кадра с циклом инструмент автоматически выводится в точку, из которой начиналась обработка, если нарезание резьбы происходило без смещения инструмента (способы нарезания P1 и P4, см. табл. 13, рис. 13).

При нарезании резьбы со смещением инструмента конечная точка по координате Z (G83) или X (G73) будет смещена относительно начальной точки.

В этом случае кадр УП после цикла резьбы должен быть ***обязательно*** задан в абсолютной системе координат.

Для метрической резьбы диаметр заготовки совпадает с начальным диаметром (размером) резьбы.

Конечный диаметр (размер) определяется шагом резьбы. Высота резьбы опредедяется по формуле:

$$H = K / I \cdot 5/8 \cdot 0{,}866 \quad \text{, где}$$

H - высота резьбы;

K / I – шаг резьбы.

Способы нарезания резьбы указаны в табл. 12 и иллюстрируются рис. 15.

Таблица 12

P	Способ нарезания резьбы	Вариант съезда с резьбы
P0	Обработка правого и левого профиля резьбы одновременно (нарезание резьбы со смещением инструмента)	Съезд по наклонной прямой на величину шага
P2		Съезд по прямой на величину шага
P3		Съезд по прямой в исходную точку по X (G83) или по Z (G73)
P1	Обработка правого и левого профиля резьбы одновременно (нарезание резьбы без смещения инструмента)	Съезд по наклонной прямой на величину шага
P4		Съезд по прямой в исходную точку по X (G83) или по Z (G73)

Глубина врезания на первом проходе задается адресом I (K). При втором и последующих проходах глубина врезания автоматически уменьшается.

Задание величин I (K) и D для различных видов резьбы и при различном расположении координат показано на рис. 13, 14.

В параметре 260 можно задать количество чистовых проходов.

При многозаходной резьбе шаг резьбы для каждого прохода $K_{ПР}$ определяется по формуле:

$$K_{ПР} = K / I \cdot J, \quad \text{где}$$

J – количество заходов резьбы;

K / I – шаг резьбы.

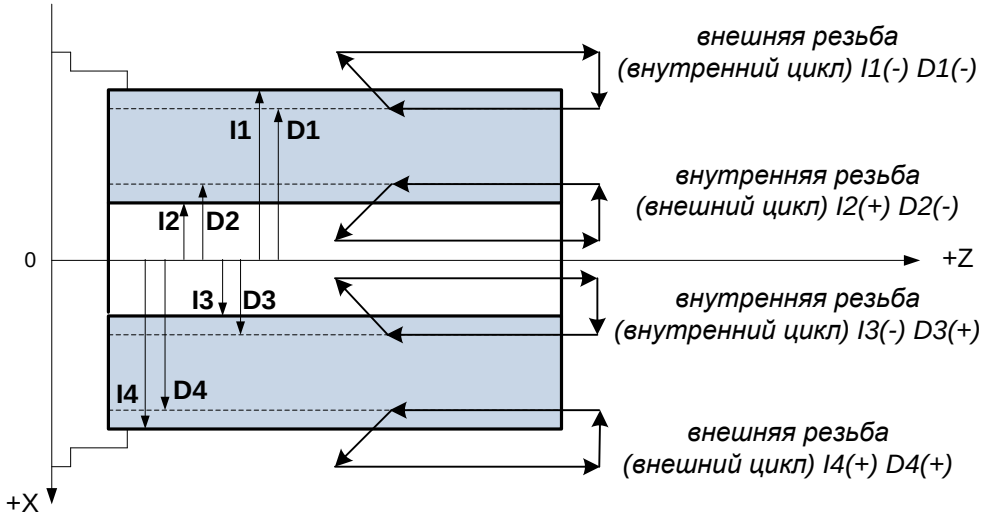


Рисунок 13

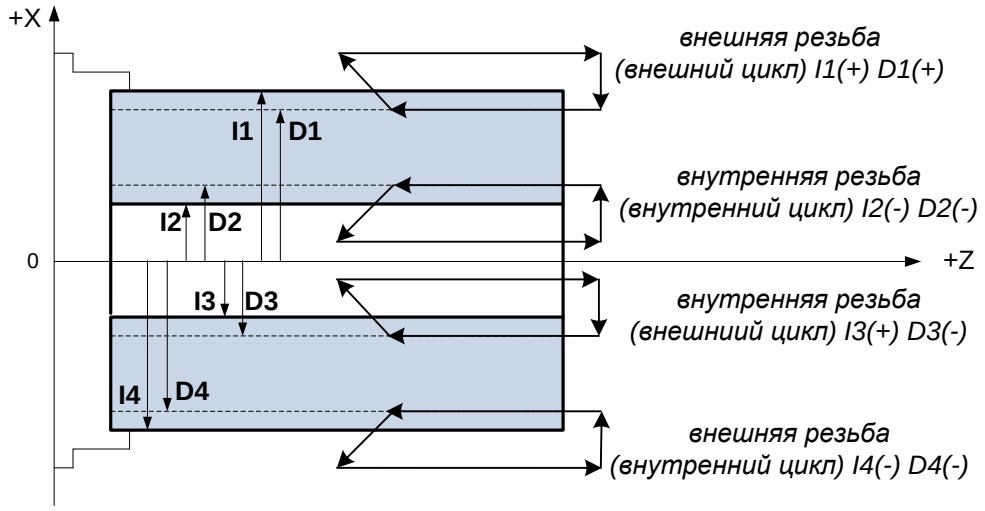
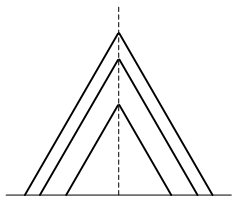
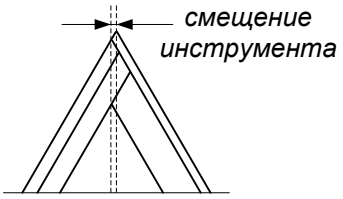


Рисунок 14



Нарезание резьбы без смещения инструмента – обработка правого и левого профиля резьбы одновременно (P1 и P4)



Нарезание резьбы со смещением инструмента – обработка правого и левого профиля попеременно (P0, P2, P3)

Рисунок 15

Пример.
Пример цикла нарезания резьбы приведен на рис. 16.

В относительной системе отсчета

N20 G83 G91 Z-25. I1.5 K4. P1

В абсолютной системе отсчета

N20 G83 G90 Z-25. I1.5 K4. P1

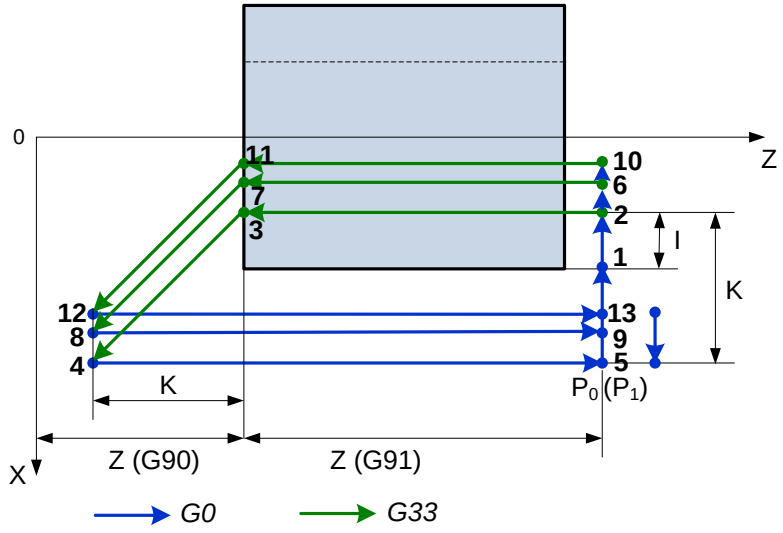


Рисунок 16

Пример 1.
Кадр с циклом для нарезания трехзаходной резьбы с шагом 4 мм.
N20 G83 G91 Z-100. I1. K4. J3.

Пример 2.
Кадр с циклом для нарезания конической резьбы.
N25 G83 G91 Z-70. I.7 K4. X5.2

Пример 3.
Кадр с циклом для нарезания двухзаходной резьбы с шагом 4 мм и диаметром 20 мм.
N20 G83 G91 Z-100. I-1. K4. D20. J2.

5.2 Однопроходные циклы нарезания резьбы G34, G35

Циклы G34 и G35 предназначены для нарезания резьбы за один проход.

Для задания однопроходных циклов нарезания резьбы в кадре необходимо задать информацию в соответствии с табл. 13 или 14.

Цикл G34 – внешняя резьба, цикл G35 – внутренняя резьба.

G34/35 G90/91 Z__ X__ K__ P__ H__ - цикл вдоль оси Z (см. 13)

G34/35 G90/91 X__ Z__ I__ P__ H__ - цикл вдоль оси X (см. 14)

Таблица 13

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
Z	**координата конечной точки**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
K	**шаг резьбы**		
X	координата конечной точки	в абсолютной системе или в приращениях	для конической резьбы
P	вид съезда с резьбы	см. 15	по умолчанию P0
H	начальный диаметр		можно не задавать

Таблица 14

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
X	**координата конечной точки**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
I	**шаг резьбы**		
Z	координата конечной точки	в абсолютной системе или в приращениях	для конической резьбы
P	вид съезда с резьбы	см. 15	по умолчанию P0
H	начальный диаметр		можно не задавать

Таблица 15

P	Вариант съезда с резьбы
P0, P1	Съезд по наклонной прямой на величину шага
P2, P3	Съезд по прямой на величину шага

Для задания однопроходных циклов нарезания резьбы величину врезания задавать не нужно. Траектория движения инструмента показана на рис. 17, 18.

Однопроходный цикл нарезания резьбы

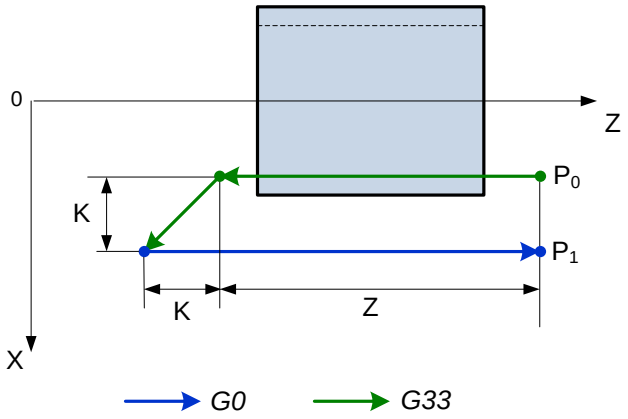


Рисунок 17

Циклы G34, G35 можно использовать для "дорезания" резьбы. При этом необходимо задать диаметр резьбы H и цикл должен быть задан сразу после цикла G83 (G73).

Пример.
Кадр с циклом для нарезания внешней резьбы.
N1 G34 G90 Z-100. K2.

Однопроходный цикл нарезания резьбы

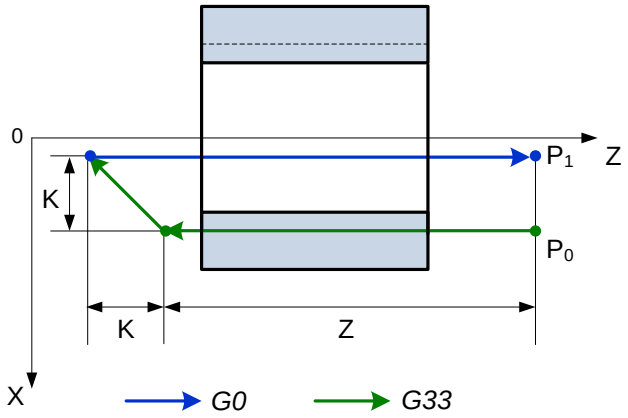


Рисунок 18

Пример.
Кадр с циклом для нарезания внутренней резьбы.
N1 G35 G90 Z-100. I1. K2.

5.3 Универсальные циклы нарезания резьбы G76, G86

Циклы нарезания резьбы G76 и G86 позволяют нарезать любые виды резьб.

Цикл G86 предназначен для нарезания резьбы вдоль оси Z.

Для программирования цикла G86 необходимо задать в кадре следующую информацию (см. табл. 16):

G86 Z__ K__ I/C__ H__ VC__ P__ B__ D/VH__ VP__ X/VK__ VZ__ J__ VD__ VU__

Таблица 16

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
Z	**конечная точка резьбы**	в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
K	**шаг резьбы**		
I / C	**I – глубина врезания на первом проходе** или **C – количество проходов**	по радиусу без знака 	
H	**начальный диаметр резьбы**		
D / VH	D – конечный диаметр резьбы или VH – высота резьбы	 по радиусу без знака	
VC	величина сбега	в приращениях без знака	входит в длину резьбы
VZ	величина захода (разгона)		
P	способ нарезания резьбы и признак смены режущей кромки	см. табл. 18 и рис. 19	
B	припуск на чистовую обработку	по радиусу без знака	можно не указывать
VP	количество чистовых проходов		
X / VK	X – конечная точка по координате X или VK – конусность относительно H	по диаметру по диаметру со знаком	только для конической резьбы
J	количество заходов		только для многозаходной резьбы
VD	коэффициент уменьшения глубины врезания	от 0,001 до 0,999	см. табл. 18 по умолчанию VD0
VU	длина резьбы	в приращениях без знака	при задании VU величины ***VC и VZ в длину резьбы не входят***

Цикл G76 предназначен для нарезания торцевых (спиральных) резьб.

Для программирования цикла G76 необходимо задать в кадре следующую информацию (см. табл. 17):

G76 X__ I__ K/C__ H__ VC__ P__ B__ D/VH__ VP__ Z/VK__ VZ__ J__ VD__ VU__

Таблица 17

Адрес	Назначение	Способ задания	Примечание
X	**конечная точка резьбы**	задается по диаметру в абсолютной системе или в приращениях	задание обязательно
I	**шаг резьбы**		
K / C	**K – глубина врезания на первом проходе** или **C – количество проходов**		
H	**начальный размер резьбы**		
D / VH	D – конечный размер резьбы или VH – высота резьбы		
		без знака	
VC	величина сбега	по радиусу без знака	входит в длину резьбы
VZ	величина захода (разгона)		
P	способ нарезания резьбы и признак смены режущей кромки	см. 18 и рис. 3.6	
B	припуск на чистовую обработку	без знака	можно не указывать
VP	количество чистовых проходов		
Z / VK	Z – конечная точка по координате Z или VK – конусность относительно H		только для конической резьбы
		со знаком	
J	количество заходов		только для многозаходной резьбы
VD	коэффициент уменьшения глубины врезания	от 0,001 до 0,999	см. табл. 18 по умолчанию VD0
VU	длина резьбы	в приращениях без знака	при задании VU величины ***VC и VZ в длину резьбы не входят***

ВНИМАНИЕ! Все изложенное далее относится как к циклу G86, так и к циклу G76.

Если значение VD равно "0" или не задано, то глубина врезания – постоянная.

Задание I / K определяет количество проходов C. Если C – дробное число, то оно округляется до большего целого числа и, соответственно, уменьшается заданное в кадре значение I / K.

При задании C значение I / K определяется по количеству заданных проходов.

Задание B нужно для получения необходимой чистоты поверхности резьбы.

При постоянной глубине резания припуск B разбивается на два прохода в соотношении 2:1.

Примечание

1. Для метрических резьб достаточно задания только начального или только конечного диаметра (размера). Второй диаметр (размер) рассчитывается автоматически.
2. При необходимости задать особую высоту резьбы можно задать начальный (H) и конечный (D) диаметры (размеры) одновременно или один из диаметров (размеров) и высоту резьбы (VH).

Таблица 18

Способ нарезания резьбы	Описание	Применение	Сдвиг режущей кромки	Коэффициент VD	Примечание
P0	переменная глубина врезания с постоянным сечением снимаемой стружки	используется для поддержания постоянного усилия резания для всех черновых проходов	без сдвига	действует *только в первом* проходе	по умолчанию P0
P10			со сдвигом		
P1	переменная глубина врезания с коэффициентом уменьшения глубины врезания VD	используется, если нужна более равномерная нагрузка на единицу длины режущей кромки, чем при P0 и P10, и более равномерное усилие резания, чем при задании VD0	без сдвига	действует *в каждом черновом* проходе	
P11			со сдвигом		

При нарезании торцевой резьбы с постоянной скоростью резания перед кадром с циклом необходим кадр с заданием постоянной скорости резания (G96).

При задании циклов G76 и G86 дополнительно необходимо указать параметры согласно табл. 19.

Таблица 19

Параметр	Назначение	Примечание
262	Угол врезания резца $\alpha_{ВР}$ задается со знаком (рис. 19) $\alpha_{ВР}$ = 0 – врезание перпендикулярно направлению резания без смены режущей кромки $\alpha_{ВР}$ > 0 – врезание под указанным углом в направлении резания $\alpha_{ВР}$ < 0 – врезание под указанным углом в направлении противоположном резанию	Максимальное значение $\alpha_{ВР}$ = ½ $\alpha_{ПРОФ}$
263	Угол профиля резца $\alpha_{ПРОФ}$	Задается только при P10, P11 и $\alpha_{ВР}$ = 0
264	Признак дополнительного чистового прохода для "дорезания" резьбы 1 – выполняется 0 – не выполняется	Задается при необходимости "дорезания" резьбы
265	Признак торможения в конце кадра с резьбой 0 – нет торможения в кадре с резьбой 1 – торможение в конце кадра с резьбой	*

* - при резьбе не действует режим согласования скоростей в соседних кадрах, поэтому при выходе из резьбы без сбега может возникнуть, исходя из динамики привода, необходимость торможения в конце резьбы. Для этого необходимо установить значение "1" в параметр 265.

Если в кадре с циклом задано количество черновых проходов C, устройство рассчитывает глубину резания на первом проходе и на всех последующих проходах Ii или Ki по формулам:

для P0, P10 $I_1 = \frac{h-B}{\sqrt{C}}$, $Ii = I_1(\sqrt{i} - \sqrt{i-1})$, где

i– номер прохода,

h – высота резьбы, для цикла G86 : $h = \frac{H-D}{2}$, для цикла G76: *h=H-D.*

для P1, P11 $I_1 = (h-B)\frac{1-q}{1-q^C}$, $Ii = I_1 \times q^{i-1}$, где

i – номер прохода,
q – коэффициент уменьшения глубины резания каждого прохода (VD);
C – количество черновых проходов.

Так как глубина резания на каждом проходе определяется глубиной резания на предыдущем проходе, то величина припуска на чистовую обработку B не должна превышать глубины резания на последнем черновом проходе. Рекомендуемое максимальное значение устройство записывает в параметр 491.001.

Устройство рассчитывает необходимый путь разгона до скорости нарезания резьбы и контролирует заданную в кадре величину захода на резьбу. Если величина захода не задана, то контроль отсутствует.

После выполнения расчетов для справки рассчитанные значения записываются в параметры 490, 491 (см. табл. 20).

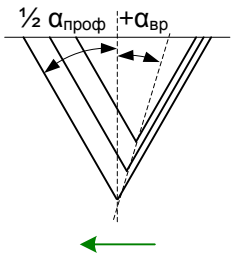
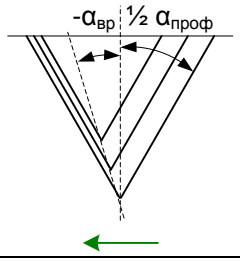
Таблица 20

Параметр	Информация для справки
490.001	Минимально возможное значение коэффициента VD
490.002	Рассчитанное значение I или K (если задано C)
490.003	Округленное значение C (если задано I или K)
491.001	Рекомендуемое максимальное значение B
490.002	Минимально возможное значение захода на резьбу

В табл. 21 указаны виды резьб, задание начального и конечного диаметров и задание параметров 262 и 263.

Таблица 21

Вид резьбы	Необходимо задать	Угол врезания (262)	Угол профиля (263)	Примечание
Метрическая	H или D	0	-	Резьба без смены режущей кромки и врезанием перпендикулярно профилю (рис. 19 (4))
Любая	H и D			
Метрическая	H или D	± $\alpha_{ВР}$	-	Резьба без смены режущей кромки с произвольным углом врезания (рис. 19 (1), (2))
Любая	H и D			
Метрическая	H или D	0	60000	Резьба со сменой режущей кромки и углом врезания равным ½ $\alpha_{ПРОФ}$ (рис. 19 (5))
Любая	H и D		$\alpha_{ПРОФ}$	
Метрическая	H или D	$\alpha_{ВР}$	-	Резьба со сменой режущей кромки и произвольным углом врезания (рис. 19 (3))
Любая	H и D			

Вариант		$\alpha_{ВР}$	P
1		$\alpha_{ВР} > 0$	P0, P1
2		$\alpha_{ВР} < 0$	P0, P1

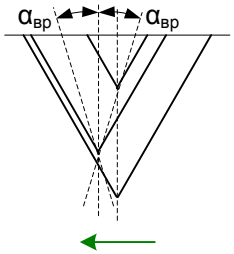
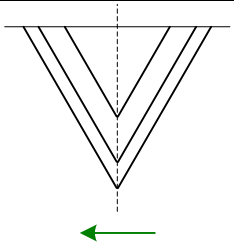
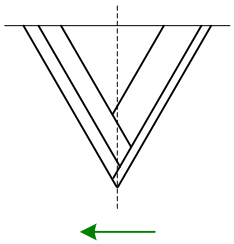
Вариант		$\alpha_{ВР}$	P
3		$\alpha_{ВР} \neq 0$	P10, P11
4		$\alpha_{ВР} = 0$	
5		$\alpha_{ВР} = ½\ \alpha_{ПРОФ}$	P10, P11
← - *направление резания*			

Рисунок 19

Пример.
Пример расчетов для цикла G86 (расчеты для цикла G76 аналогичны).

```
N1 G0 G90 X44. Z0                                  ; начальная точка резьбы
N2 G86 Z-20. K6. H42. D32. I2.2 B0.2 P0
```

Высота резьбы $h = \frac{H - D}{2} = \frac{42. - 32.}{2}$ =5.

Количество черновых проходов равно 4,7; после округления - равно 5 (параметр 490.003).

Фактическая глубина резания на первом проходе $I_1 = \frac{h - B}{\sqrt{C}}$ =2.147 (параметр 490.002).

Максимальный припуск на чистовую обработку Bmax=0,435 (параметр 491.001).
Расчеты приведены в табл. 22.

Таблица 22

Проход		Глубина резания
Черновые	1	2,147 x $\sqrt{1}$ = 2,147
	2	2,147 x ($\sqrt{2}$ - $\sqrt{1}$)= 0,889
	3	2,147 x ($\sqrt{3}$ - $\sqrt{2}$)= 0,682
	4	2,147 x ($\sqrt{4}$ - $\sqrt{3}$)= 0,575
	5	2,147 x ($\sqrt{5}$ - $\sqrt{4}$)= 0,507
Чистовой		0,2

При I=1.2, P1 и VD=0.9 (q=0,9) фактическая глубина резания

$$I_1 = (h - B)\frac{1 - q}{1 - q^C} = (5. - 0.2)\frac{1 - 0.9}{1 - 0.9^5} = 1.172$$

Максимальный припуск на чистовую обработку Bmax=0,63. Расчеты приведены в табл. 23.

Таблица 23

Проход		Глубина резания
Черновые	1	$1,172 \times 0,9^0 = 1,172$
	2	$1,172 \times 0,9^1 = 1,055$
	3	$1,172 \times 0,9^2 = 0,949$
	4	$1,172 \times 0,9^3 = 0,854$
	5	$1,172 \times 0,9^4 = 0,769$
Чистовой		0,2

Перед началом отработки цикла инструмент выводится в начальную точку S, в эту же точку он возвращается после каждого прохода при $\alpha_{ВР}=0$ (рис. 19 (4)) и в конце цикла.

Точка S должна находиться ***за плоскостью отвода***.

На рис. 20 и 21 показано расположение задаваемых параметров в цикле G86 в зависимости от расположения точки S.

На рис. 22 показано расположение задаваемых параметов в цикле G76.

Положение точки S относительно задаваемого в кадре начального диаметра резьбы определяет характер резьбы – внутренняя или наружная.

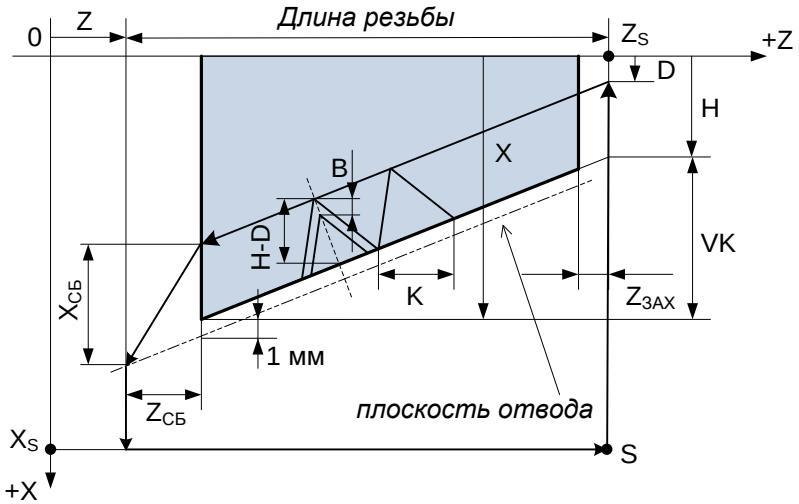
Длина сбега с резьбы, если она не задана в кадре, равна шагу резьбы по координате, вдоль которой нарезается резьба. По другой координате выход из резьбы осуществляется на плоскость отвода, расположенную на расстоянии 1 мм от поверхности детали.

Выход на траекторию резьбы и возврат в точку S в каждом проходе выполняется по прямой на быстром ходу.

При нарезании резьбы с углом врезания $\alpha_{ВР}\neq 0$ (рис. 19 (1) – (5)) положение вершины инструмента смещается после каждого прохода по координате, вдоль которой нарезается резьба.

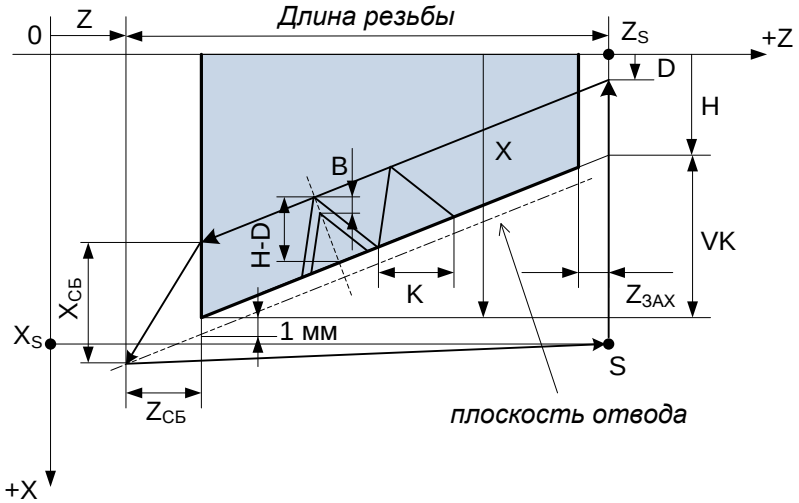
Устройство автоматически рассчитывает смещение инструмента в каждом проходе таким образом, чтобы в конце цикла инструмент вернулся в начальную точку S. Это позволяет "дорезать" резьбу с помощью циклов G86 (G76).

Для "дорезания" резьбы нужно задать коррекцию на длину инструмента, записать в параметр 264 значение "1", повторить кадр цикла с ранее нарезанной резьбой. Выполнится один проход цикла.



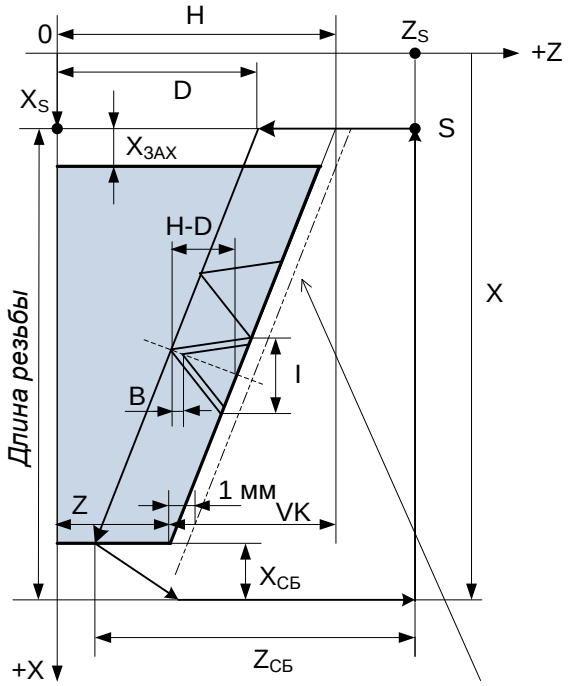
S – начальная точка резьбы
$Z_{ЗАХ}$ – длина захода на резьбу по Z (VZ)
$X_{СБ}$ – длина сбега с резьбы по X
$Z_{СБ}$ – длина сбега с резьбы по Z (VC)

Рисунок 20



S – начальная точка резьбы
$Z_{ЗАХ}$ – длина захода на резьбу по Z (VZ)
$X_{СБ}$ – длина сбега с резьбы по X
$Z_{СБ}$ – длина сбега с резьбы по Z (VC)

Рисунок 21



S – начальная точка резьбы
$Z_{ЗАХ}$ – длина захода на резьбу по Z (VZ)
$X_{СБ}$ – длина сбега с резьбы по X
$Z_{СБ}$ – длина сбега с резьбы по Z (VC)

Рисунок 22

Пример 1.
Пример цикла G86 приведен на рис. 23.

В относительной системе отсчета

N19 R263#60.
N20 G91 G86 H20. Z-40. K4. I.4 B.2 P10

В абсолютной системе отсчета

N19 R263#60.
N20 G90 G86 H20. Z10. K4. I.4 B.2 P10

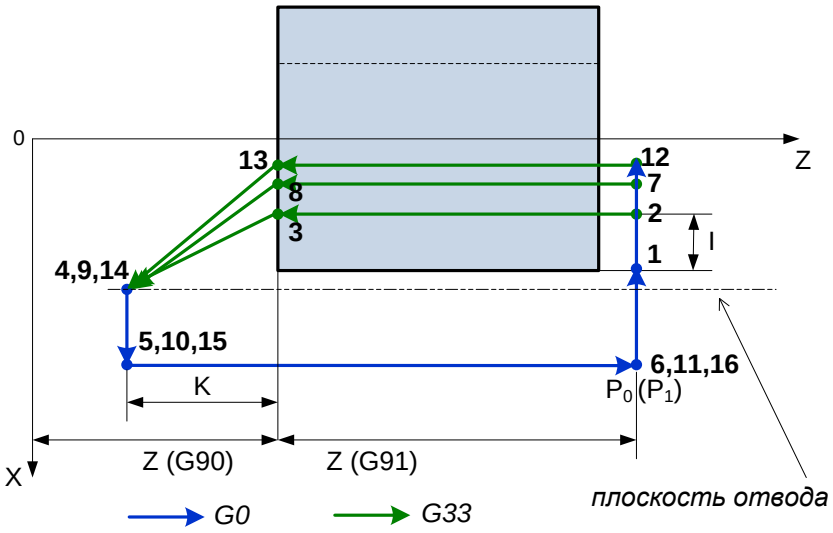


Рисунок 23

Пример 2.
Пример цикла G76 приведен на рис. 24.

В относительной системе отсчета

N19 R263#60.
N20 G91 G76 H20. X-40. I4. K.4 B.2 P10

В абсолютной системе отсчета

N19 R263#60.
N20 G90 G76 H20. X10. I4. K.4 B.2 P10

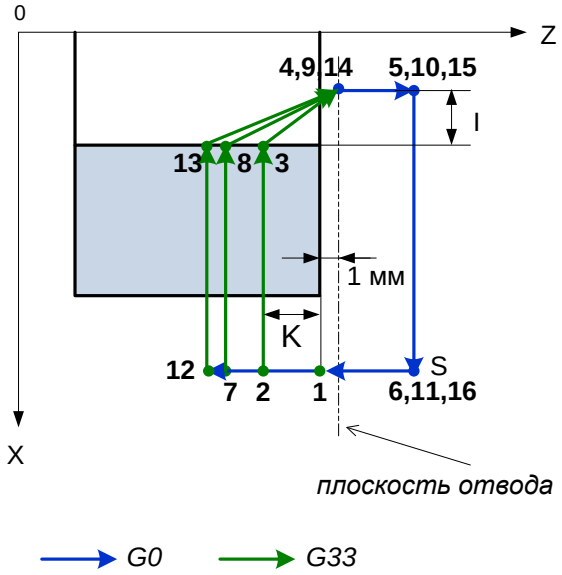


Рисунок 24

ВНИМАНИЕ! При задании в циклах G76 и G86 ***длины резьбы*** **VU** начальный **H** и конечный **D** диаметры резьбы необходимо задать так, как показано на рис. 25 и 26, т.е. после окончания захода. ***Величины захода VZ и сбега VC при таком способе задания в длину резьбы не входят.***

При задании **VU** перемещение из точки предыдущего кадра (исходная точка цикла) в начальную точку цикла S рассчитывается автоматически и выполняется по координате Z для цикла G86 (см. пример 1 и рис. 25) или по координате X для цикла G76 (см. пример 2 и рис. 26).

Пример 1.
Пример цикла G86 приведен на рис. 25..

```
N1 M3 S200
N2 G1 G90 X30. Z50. F1.                    ; координаты исходной точки
                                           ; X=30. Z=50.
N3 G86 Z20. K4. I1. H20. VH2.5 VC4 VZ4. VK1. VU20.   ; координаты начальной точки
                                           ; X=30. Z=48.
N4 M2
```

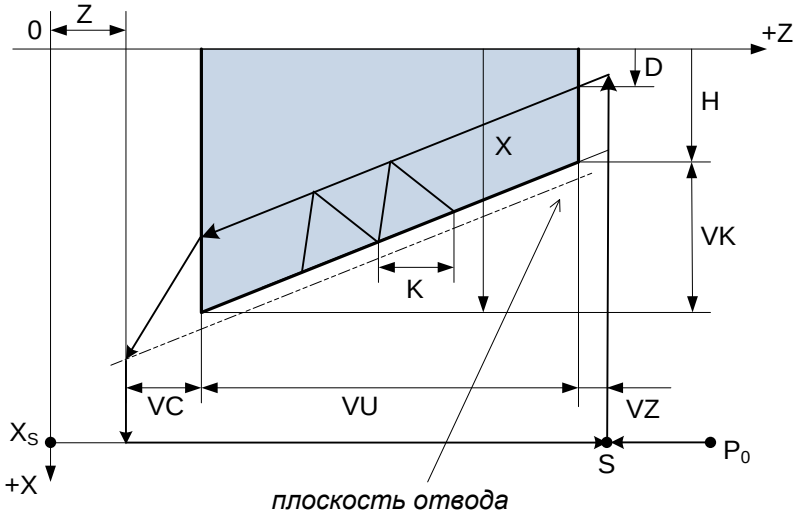


Рисунок 25

Пример 2.
Пример цикла G86 приведен на рис. 26.

```
N1 M3 S200
N2 G1 G90 X60. Z30. F1.                    ; координаты исходной точки
                                           ; X=60. Z=30.
N3 G76 X1400. I4. K1. H20. VH2.5 VC4 VZ4. VK-5. VU20.   ; координаты начальной точки
                                           ; X=84. Z=30.
N4 M2
```

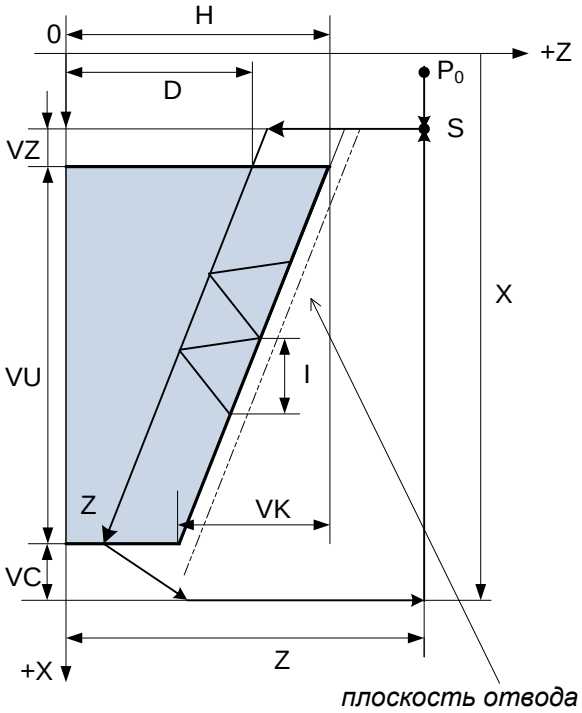


Рисунок 26

6 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

6.1 Общие положения

Измерительные циклы, реализованные в устройстве, перечислены в табл. 24.

В измерительных циклах выполняются три операции:

1) ***измерение*** – измеряются обработанные элементы деталей (плоскости, отверстия, валы) с возможностью корректировки ТИ;
2) ***базирование*** – измеряются базовые элементы деталей и устанавливаются параметры заданной СК заготовки;
3) ***калибровка*** – измеряются калиброванные и сбазированные элементы деталей для автоматической коррекции параметров измерительного щупа.

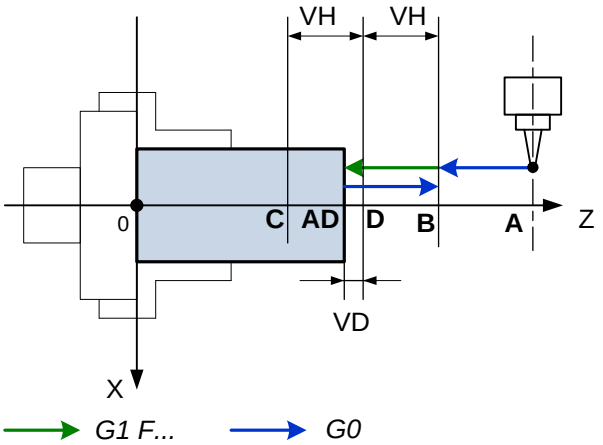
Таблица 24

G-функция	Назначение
G978	Измерение плоскости
G994	Измерение диаметра

В измерительных циклах реализована процедура измерения одной или нескольких точек детали. При этом используется принцип "скользящего измерения", т. е. фиксация и обработка сигнала с датчика касания при измерении (далее – сигнал) осуществляется аппаратными средствами без задержек во времени.

При измерении точки на плоскости (измерение по одной координате) выполняются следующие действия (рис. 27):

1) перед измерением щуп перемещается в позицию A, расположенную напротив позиции измерения на расстоянии не ближе, чем величина (VH+R), где R - радиус щупа из ТИ;
2) на скорости быстрого хода (G0) щуп перемещается в позицию начала измерения B, расположенную на расстоянии VH от заданной (ожидаемой) позиции измерения;
3) на заданной скорости подачи (F) щуп перемещается в позицию измерения AD. В момент касания щупом детали в позиции AD запоминается текущее значение координат, стирается "остаточный путь" и осуществляется торможение щупа;
4) на скорости быстрого хода (G0) щуп перемещается обратно в позицию начала измерения B.



A – исходная позиция щупа
B – начальная позиция щупа перед выполнением измерения
D – заданная в цикле позиция измерения
AD – фактическая позиция измерения
C – рассчитываемая в цикле конечная позиция щупа, куда он перемещается при выполнении измерения
VD –допустимая область измерения
VH –путевое приращение

Рисунок 27

Задаваемая в цикле величина VH используется как приращение к позиции D для расчета позиции C, расположенной за ожидаемой точкой измерения.

Величина измерительного пути S=2•VH должна учитывать разброс размеров измеряемой детали (большему разбросу размеров соответствует большая величина VH).

В то же время значение VH ограничено пределами допустимого отклонения щупа. В этих пределах должно быть обеспечено гарантированное торможение на заданной скорости подачи F.

Если разность между заданной (D) и действительной (AD) позициями измерения больше заданного значения VD, то можно сделать вывод о дефекте щупа или о неправильно заданной позиции измерения D. При отсутствии параметра VD контроль результата измерения не производится.

Если при перемещении щупа до позиции C не сформировался сигнал касания, то щуп останавливается в позиции C и на экран выводится сообщение *"Отсутствие касания щупа".*

Если касание произошло, то щуп неисправен. Если касания не было, то неверно заданы параметры измеряемого элемента или величина VH. В этом случае необходимо прекратить выполнение цикла, выполнив сброс ЧПУ.

Вывод сообщения возможен также при отладке цикла при движении по траектории измерения без детали. В этом случае выполнение цикла можно продолжить, нажав клавишу "Пуск".

Результаты измерений заносятся:
1) в параметры с 80 по 90 (см. таблицы в описании циклов);
2) в параметры СК заготовки (табл. 25);
3) в ТИ.

В ТИ записываются поправки на длину по координатам в соответствии с табл. 26.

Таблица 25

Система координат	Параметры по координате	
	X	**Z**
G54 (№1)	400.001	400.003
G540 (№10)…G549 (№19)	440.001…449.001	440.003…449.003
G55 (№2)	401.001	401.003
G550 (№20)…G559 (№29)	450.001…459.001	450.003…459.003
G56 (№3)	402.001	402.003
G560 (№30)…G569 (№39)	460.001…469.001	460.003…469.003
G57 (№4)	403.001	403.003
G570 (№40)…G579 (№49)	470.001…479.001	470.003…479.003
G58 (№5)	404.001	404.003
G580 (№50)…G589 (№59)	480.001…489.001	480.003…489.003

Таблица 26

Измерение по координате	Поправка на длину по координате в ТИ
X	DX
Z	DZ

ВНИМАНИЕ! ***Для работы с измерительными циклами <u>обязательно</u> подключение ТИ (параметр 198).***

6.2 Цикл измерения плоскости G978

В цикле G978 выполняется измерение точки на плоскости по одной координате. *<u>Текущим инструментом является щуп</u>*.

Цикл G978 действует на один кадр и программируется следующим образом (табл. 27):

G978 X/Z__ VH__ VD__ VK__ F__ VU/VW/VV__

Таблица 27

Адрес	Назначение	Примечание
X / Z	задаваемая и ожидаемая позиция измерения по одной из координат	
VH	путевое приращение	
VD	допустимая область измерения	
VK	количество измерений	
F	скорость подачи	по умолчанию 100 мм/мин

Дополнительно, в зависимости от вида операции, задаются данные, указанные в табл. 28.

Таблица 28

Вид операции	Адрес	Значение
Измерение	**VU**	Номер элемента ТИ для коррекции инструмента, которым производилась обработка измеряемой плоскости
Базирование	**VW**	Номер G – функции для задания СК заготовки
Калибровка	**VV1**	Коррекция щупа по заданной координате
	VV2	Коррекция радиуса щупа

Перед циклом измерительный щуп должен находиться напротив измеряемой позиции на плоскости.

Результаты измерений заносятся в параметры (табл. 29) и в ТИ или в параметры СК заготовки (табл. 30).

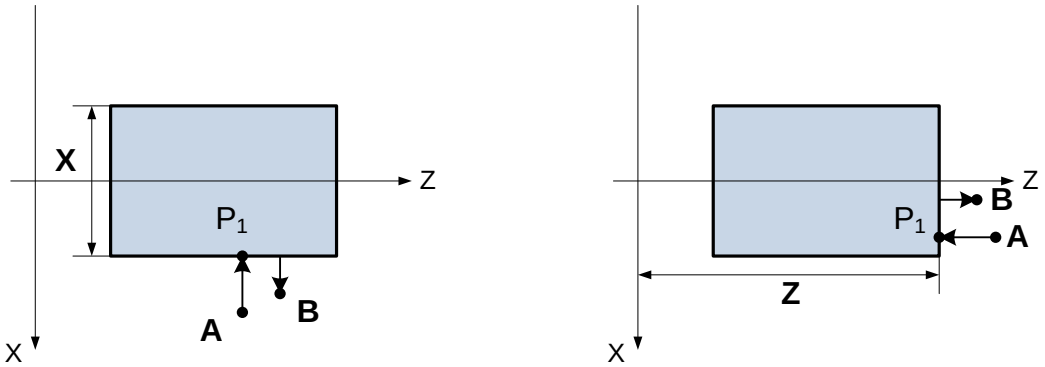
Таблица 29

№ параметра	Наименование
80	Заданное значение позиции
82	Действительное значение позиции
84	Разность заданного и действительного значений позиции
89	Заданный радиус измерительного щупа
90	Действительный радиус измерительного щупа

Таблица 30

Вид операции	Результаты измерения	Примечание
Измерение	Коррекция на длину в ТИ для инструмента, указанного в VU	С учетом ранее заданной коррекции
Базирование	Параметры заданной в VW СК заготовки	Действительное значение измеряемой координаты
Калибровка VV1	Коррекция на длину щупа в ТИ	С учетом ранее заданной коррекции
Калибровка VV2	Коррекция радиуса щупа DR в ТИ	С учетом ранее заданной коррекции

На рис. 28 показана схема измерения детали с помощью двукратного обращения к циклу (сначала измеряется координата X, затем Z).



A – начальная позиция
B – конечная позиция щупа после выполнения измерения
P_1 – позиция измерения

Рисунок 28

Пример.

Фрагмент УП с использованием цикла G978: измерение эталонной поверхности и внесение поправки в ТИ для щупа, установленного на место первого инструмента (T1).

```
N2 G978 G54 X-20. VH1. VK1 VV1 F100
```

N3M2

6.3 Цикл измерения диаметра G994

Цикл используется для измерения внешнего или внутреннего диаметра детали.

В цикле G994 выполняется измерение двух точек на противоположных сторонах детали (без поворота детали) с последующим определением диаметра.

При измерении внешнего диаметра задается защитная зона, по границе которой осуществляется позиционирование на другую сторону детали.

Цикл G994 действует на один кадр и программируется следующим образом (табл. 31):

G979 X__ I__ J__ VB__ VH__ VD__ VU__ VK__ F__

Таблица 31

Адрес	Назначение	Примечание
X	диаметр детали	
I	координата защитной зоны по оси X	
J	координата защитной зоны по оси Z	
VH	путевое приращение	
VD	допустимая область измерения	
VU	номер элемента в ТИ	используется в операции "Измерение" для автоматической коррекции размеров инструмента, которым велась обработка;
VK	количество измерений	с усреднением результата
F	скорость подачи	???

Перед циклом измерительный щуп находится напротив точки измерения внутри или снаружи детали.

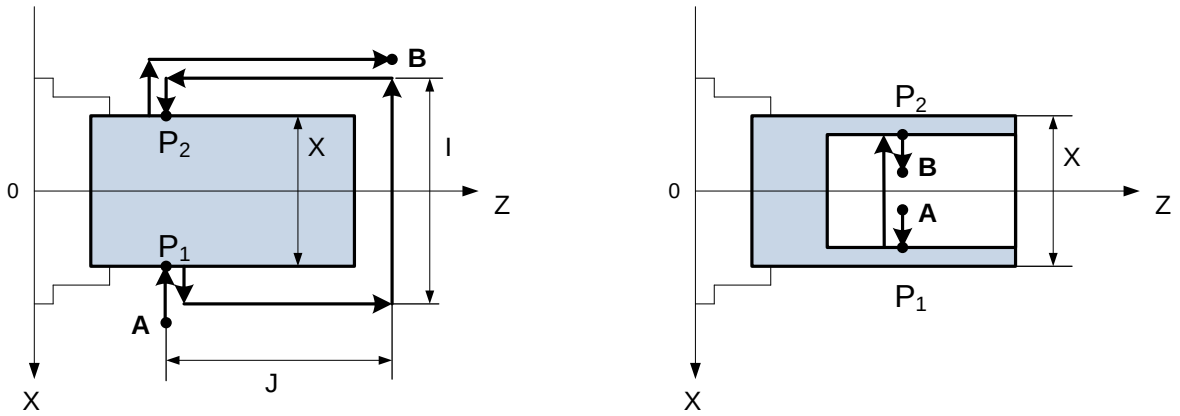
После измерения внутреннего диаметра щуп находится на расстоянии VH напротив второй точки измерения, а при измерении внешнего диаметра – на границе защитной зоны.

Результаты измерений заносятся в параметры (табл. 32) и в ТИ для инструмента, указанного под адресом VU, с учетом ранее заданной коррекции.

Таблица 32

№ параметра	Наименование
80	Заданное значение первой позиции
81	Действительное значение первой позиции
82	Разность заданного и действительного значений первой позиции
83	Заданное значение второй позиции
84	Действительное значение второй позиции
85	Разность заданного и действительного значений второй позиции
86	Разность заданного и действительного значений диаметра

На рис. 29 показаны схемы измерения отверстия и вала.



Измерение вала Измерение отверстия

A – начальная позиция щупа перед выполнением измерением
B – конечная позиция щупа после выполнения измерения
P_1 – P_2 – позиции измерения

Рисунок 29

Пример.

Фрагмент УП с использованием цикла G994: измерение диаметра и занесение в ТИ поправки на длину инструмента (инструмент T1).

```
N1 X150. Z100.
N2 Z200.
N3 G1 X100.
N4 G994 X90. I110. J60. VH1. VD7. VU1 F1. VK2
N5M2
```

ПРИЛОЖЕНИЕ