



West Labs Ltd.
Industrial Electronic Department

WL4(5)

Руководство по программированию

Версия 5.6, 2015г.

Содержание

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ WL4	4
2 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
3 КОД ИНФОРМАЦИИ	6
4 СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ	7
4.1 Набор символов.....	7
4.2 Структура слова.....	7
4.3 Структура кадра.....	8
4.4 Комментарии.....	9
4.5 Условное выполнение кадра.....	9
5 ЗАДАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ	10
5.1 Коды G интерполяции.....	11
5.1.1 G0– позиционирование.....	11
5.1.2 G1– линейная интерполяция.....	11
5.1.3 G100– позиционирование с заданием направляющего вектора.....	12
5.1.4 G101– линейная интерполяция с заданием направляющего вектора.....	12
5.1.5 G2, G3– круговая интерполяция.....	13
5.1.6 G12, G13– галтель (круговая интерполяция дуги 90°).....	14
5.1.7 G32– резьбовое движение.....	14
5.1.8 G33– возвратно-поступательное резьбовое движение.....	15
5.2 G36– выход в референтную точку.....	16
5.3 G37– позиционирование в предопределённую точку.....	16
5.4 G38– прерываемое движение (измерительное).....	16
5.5 G4– пауза.....	17
5.6 G9– снижение скорости.....	17
5.7 G60/62/63/64– выбор режима скорости подачи.....	17
5.8 G17/18/19– выбор плоскости обработки.....	18
5.9 G15/16– выбор прямоугольной или цилиндрической системы координат.....	18
5.10 G90/91– программирование в исходных размерах и размерах с приращением.....	19
5.10.1 Ввод в исходных размерах G90.....	19
5.10.2 Ввод в размерах с приращением G91.....	19
5.10.3 Использование адресов U, V, W.....	19
5.11 G92– задание системы координат.....	19
5.12 G53/54-59– системы координат заготовки.....	19
5.13 G50/G51 – зеркальное отображение.....	20
5.14 G68/G69 – поворот системы координат.....	20
5.15 G68G0/G69 – местная система координат.....	21
5.16 G51 S...– ограничение частоты вращения шпинделя.....	22
5.17 G94/95– подача F.....	22
5.18 G96/G97 S...– постоянная скорость резания.....	22
6 КОРРЕКЦИЯ	24
6.1 Привязка инструмента для токарной системы.....	24
6.2 G40/41/42– коррекция радиуса инструмента.....	24
6.2.1 Особые случаи при коррекции радиуса.....	25
6.3 G43/44/49– коррекция длины инструмента.....	26
7 ФУНКЦИИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ	27
7.1 Функция подачи F.....	27
7.2 Функция частоты вращения шпинделя S.....	27
7.3 Функции задания номера инструмента и номера привязки инструмента.....	27
7.3.1 Функция TN.....	27
7.3.2 Функция ТВ.....	27
7.3.3 Функция Т.....	28
7.4 Дополнительные функции M.....	28
8 АВТОМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ	29

8.1 Вставка фаски.....	29
9 МАКРОЯЗЫК.....	30
9.1 Переменные программы.....	30
9.2 Системные переменные.....	30
9.3 Выражения.....	33
9.3.1 Унарные операции.....	33
9.3.2 Бинарные операции.....	34
9.3.3 Порядок вычисления выражения.....	34
9.4 Управление ходом выполнения программы.....	34
9.4.1 Команда перехода на метку.....	34
9.4.2 Команда условного выполнения.....	35
10 ЦИКЛЫ И ПОДПРОГРАММЫ.....	36
10.1 Подпрограммы.....	36
10.2 Постоянные циклы.....	36
10.3 Примеры постоянных циклов (G81 – G89).....	37
10.3.1 G81 (Цикл сверления, цикл точечной расточки).....	37
10.3.2 G82 (Цикл сверления, цикл зенкования).....	37
10.3.3 G83 (Цикл глубокого сверления).....	38
10.3.4 G84 (Цикл нарезания резьбы метчиком).....	38
10.3.5 G85 (Цикл расточки).....	38
10.3.6 G86 (Цикл расточки с остановом шпинделя).....	38
10.3.7 G87 (Цикл расточки с ориентацией и отводом).....	39
10.3.9 G89 (Цикл расточки с паузой).....	39
11 ВСТРОЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ.....	40
11.1 G76– универсальный цикл приближения.....	40
11.1.1 Черновой цикл линейного приближения.....	40
11.1.2 Черновой цикл эквидистантного приближения.....	41
11.1.3 Чистовой цикл приближения.....	42
11.2 G77– универсальный продольный цикл.....	42
11.2.1 G77– черновой продольный цикл по заданному контуру с линейным припуском.....	42
11.2.2 G77– черновой продольный цикл по заданному контуру с эквидистантным припуском.....	44
11.2.3 G77– чистовой продольный цикл по заданному контуру	45
11.3 G78– универсальный поперечный цикл.....	45
11.3.1 G78– черновой поперечный цикл по заданному контуру с линейным припуском.....	46
11.3.2 G78– черновой поперечный цикл по заданному контуру с эквидистантным припуском.....	46
11.3.3 G78– чистовой поперечный цикл по заданному контуру	46
11.4 G31– многопроходный цикл резьбонарезания.....	47
11.5 G76– альтернативный многопроходный цикл резьбонарезания.....	49
11.6 G70– однопроходный продольный цикл.....	52
11.7 G71– однопроходный поперечный цикл.....	52
11.8 G72– цикл нарезания глубокой канавки.....	53
11.9 G73– цикл глубокого сверления.....	53
11.10 G74– многопроходный цикл нарезания торцевых канавок.....	54
11.11 G75– многопроходный цикл нарезания цилиндрических канавок.....	54
11.12 G77– открытый многопроходный продольный цикл обработки цилиндрических и конических ступеней.....	55
11.13 G78– открытый многопроходный поперечный цикл обработки цилиндрических и конических ступеней.....	55
11.14 Тексты встроенных технологических циклов.....	56

1 Назначение и общие характеристики WL4 (5)

Системы числового программного управления WL4(5) (далее **системы управления**) являются моделями адаптивной контурной системы управления второго поколения семейства WL и предназначены для управления фрезерными и токарными станками, оснащенными регулируемыми и шаговыми приводами подачи.

Основные характеристики системы программирования:

№	Наименование	Технические характеристики
1	Формат управляющей программы	1. Формат с переменной длиной кадра и слова – подмножество EIA RS-274-D (G-Code) 2. Открытый механизм циклов и подпрограмм 3. Макроязык с использованием переменных, средства ветвления программ
2	Код носителя	KOI-8R
3	Число программно управляемых координат	до 6
4	Число одновр. управл. координат	до 6
5	Способы интерполяции	1) Линейная 2) Круговая (спиральная)
6	Точность интерполяции	0,001мм
7	Максимальное задание (максимальный ход), макс. радиус дуги	9999.999 мм
8	Скорость рабочей подачи	От 0 до 65000 мм/мин
9	Величина коррекции длины и радиуса инструмента	От -999,999 до 999,999 мм
10	Автоматическое ускорение и замедление	Автоматический разгон и торможение с учетом кривизны и изломов траектории.

2 Термины и определения

ПРОГРАММА – управляющая последовательность рабочей информации, которая состоит из кадров (текстовых строк).

КАДР – последовательность слов, образующих информацию для одной рабочей операции и располагающихся в одной текстовой строке, оканчивающейся символами CR,LF (далее – “Конец кадра”).

СЛОВО – определенная последовательность символов, соответствующая какой-либо операции. Слово включает в себя технологическую и геометрическую информацию и адрес, по которому записывается данная информация.

3 Код информации

В системах WL4 реализован поднабор команд стандарта EIA RS-274-D (Interchangeable Block Data Format for NC Machines).

Программы обработки хранятся на внутреннем носителе как восьмибитный код и интерпретируются устройством отображения информации в соответствии с кодовой таблицей КОИ-8Р.

4 Структура программы

Каждая программа должна начинаться словом “Начало программы” (символ %), после которого ставится имя программы и символы “Конец кадра”. Имя программы не должно быть длиннее 80 символов. Далее следуют кадры со своими номерами.

Программа должна заканчиваться словом M2 (“Конец программы”) или M30 (“Конец информации”) после которого ставится строка с символом “%”.

Цифровые двухзначные имена программ от “00” до “99” зарезервированы для пользовательских подпрограмм и циклов.

Цифровые однозначные имена программ от “0” до “9” зарезервированы для системных подпрограмм.

4.1 Набор символов

Устройство управления считывает каждый символ, записанный на носителе в коде KOI-8R. Однако для формирования команд в управляющей программе можно использовать только символы, определенные в таблице 1.

Таблица 1.

Символ	Hex	Dec
CR	0Ah	10
LF	0Dh	12
ПРОБ ЕЛ	20h	32
#	23h	35
\$	24h	36
%	25h	37
(28h	40
)	29h	41
*	2Ah	42
+	2Bh	43
-	2Dh	45
.	2Eh	46
/	2Fh	47
0	30h	48
1	31h	49
2	32h	50
3	33h	51
4	34h	52
5	35h	53
6	36h	54
7	37h	55
8	38h	56
9	39h	57
<	3Ch	60
=	3Dh	61
>	3Eh	62

Символ	Hex	Dec
A	41h	65
B	42h	66
C	43h	67
D	44h	68
E	45h	69
F	46h	70
G	47h	71
H	48h	72
I	49h	73
J	4Ah	74
K	4Bh	75
L	4Ch	76
M	4Dh	77
N	4Eh	78
O	4Fh	79
P	50h	80
Q	51h	81
R	52h	82
S	53h	83
T	54h	84
U	55h	85
V	56h	86
W	57h	87
X	58h	88
Y	59h	89
Z	5Ah	90

4.2 Структура слова

Слово состоит из буквы адреса и последовательности цифр с предшествующим знаком или без него. Например:

При записи слов с использованием десятичного знака могут быть опущены незначащие нули, стоящие до и (или) после знака (например, запись X.003 означает размер 0.003 мм по оси X; запись X1030 – размер 1030.000 мм по оси X); размер, представленный одними нулями, может быть записан одним нулем.

Названия слов с перечнем адресов и диапазоном используемых значений приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Слово	Адрес	Пределы значений	Смысл
Имя программы	%	0-9 A-Z	Имя программы
Номер кадра	N	1-65535	Номер кадра; Команда перехода на метку
Подготовительная функция	G	0-99	Определение вида движения рабочего органа
Размерные слова	X, Y, Z A, B, C	-9999.999 мм (град) +9999.999 мм (град)	Перемещение по координатам абс./отн. (в зависимости от G90/G91)
Размерные слова	U, V, W	-9999.999 мм. +9999.999 мм.	Перемещение по координатам в приращениях
Размерные слова	I, J, K	-9999.999 мм. +9999.999 мм.	Пар-ры вектора радиуса при круг. интерполяции.
Вызов подпрограммы	L	pppp	Вызов подпрограммы № pp, повтор pp раз
Величина подачи	F	0.001-99999.999 мм/мин	Задание величины подачи
Номер корректора радиуса инструмента	D	0 – 127	Номер корректора радиуса инструмента
Номер корректора длины инструмента	H	0-127	Номер корректора длины инструмента
Длительность паузы	E	0– 99999.999 сек	Длительность паузы
Вспомогательная функция	M	0-99	Указание на двухпозиционное управление (вкл./выкл.) на станке
Размерное слово	R	0– 99999.999 сек	Радиус дуги при круг. интерполяции до 180°
Частота вращения шпинделя	S	0-65535	Задание частоты вращения шпинделя
Вспомогательная функция	T	0-99	Вызов подпрограммы смены инструмента
Переменная	#	1-399	Ссылка на значение переменной
Комментарий	\$		Признак окончания команд и начала комментария

4.3 Структура кадра

В системах WL4 реализован поднабор команд стандарта EIA RS-274-D (Interchangeable Block Data Format for NC Machines). Длина кадра не должна превышать 80 символов.

За исключением слова N слова в кадре могут располагаться в произвольном порядке. Слово N должно быть первым в кадре за исключением случаев, описанных в п. 8.1. При повторении слова с одним адресом в одном кадре будет использовано последнее встреченное слово. Допускается использовать несколько слов с адресами G и M, как описано ниже. Любое слово может быть пропущено, если оно не обязательно в кадре. Ведущие нули во всех словах разрешается опускать. Завершающие нули и точку в адресах с фиксированной точкой разрешается опускать.

Слово «Номер кадра» не является обязательным в кадре. При отсутствии слова «Номер кадра» кадр не может быть использован для поиска кадра. В последовательности номеров кадров могут иметь место любые переходы и последовательность номеров.

Каждый кадр должен заканчиваться символом «Конец кадра» (CR,LF).

4.4 Комментарии

Комментарии должны располагаться в конце кадра и отделяться от управляющей информации символом \$. В кадре комментарии могут использоваться любые символы из набора KOI-8R.

4.5 Условное выполнение кадра

Если в начале кадра задать символ косой черты “/”, то этот кадр при выполнении программы будет выполнен или пропущен в зависимости от установленного флага “Выполнять условные кадры” в условиях выполнения программы (см. Руководство оператора, задание условий выполнения программы). Например:

```
...
N20 G0 X0 Z0
N21 G1 Z-5
N22 X100
/ N23 G0 Z100 M0 $отвод инструмента для обмера
/ N24 Z-5 $возврат
N25 G1 Z-20
...
```

Если флаг «Выполнять условные кадры» в условиях выполнения программы взведён оператором, то кадры N23 и N24 будут выполнены, в противном случае они будут пропущены.

5 Задание подготовительных операций

Подготовительные операции задаются словом, содержащим адрес G и следующий за ним номер подготовительной функции. Перечень этих функций приведен в таблице 3.

Таблица 3.

Код G	Группа	Функция
0		Позиционирование (ускоренное перемещение)
1		Линейная интерполяция (рабочая подача)
2		Круговая интерполяция по часовой стрелке
3		Круговая интерполяция против часовой стрелки
12		Галтель (круговая интерполяция, дуга 90°) по часовой стрелке
13		Галтель (круговая интерполяция, дуга 90°) против часовой стрелки
32*		Резбовое движение
33**		Возвратно-поступательное резбовое движение
100	_____	Позиционирование с заданием направляющего вектора, пространственная обработка
101		Линейная интерполяция с заданием направляющего вектора, пространственная обработка
4		Пауза
9		Торможение в конце кадра
31*, 70...79		Технологические токарные циклы
15	12	Выбор прямоугольной системы координат
16		Выбор цилиндрической системы координат
17		Выбор плоскости обработки XY
18		Выбор плоскости обработки XZ
19		Выбор плоскости обработки YZ
36		Выход в референтную точку
37		Выход в предопределенную точку
38		Прерываемое (измерительное) движение
40		Отмена коррекции на радиус инструмента
41		Коррекция на радиус инструмента слева
42		Коррекция на радиус инструмента справа
43		Коррекция на длину инструмента в +
44		Коррекция на длину инструмента в -
49		Отмена коррекции на длину инструмента
50		Отмена зеркального отображения траектории движения
51		Включение/выключение зеркального отображения траектории движения, либо включение/выключение ограничения частоты вращения шпинделя
53		Возврат к системе координат станка
54...59		Выбор координатной системы заготовки 1 – 6
92		Задание системы координат
60		Торможение в конце кадра
62		Отключение автоматического расчета скорости в конце кадра
63		Фиксация 100% ручной регулировки рабочей подачи и оборотов шпинделя
64		Автоматический расчет скорости в конце кадра
68		Включение поворота системы координат / задание местной системы координат
69		Отключение поворота системы координат / местной системы координат
80		Отмена постоянного цикла
81...89		Включение постоянного цикла
90	8	Задание в абсолютных величинах
91		Задание в приращениях
94	9	Подача F в мм./мин.
95*		Подача F в мм./оборот
96*		S – постоянная контурная скорость резания в м/мин (токарн.)
97		S – частота вращения в об/мин (токарн.)

*При наличии датчика вращения шпинделя

**При возможности реверса шпинделя изменением полярности напряжения от ЦАП ЧПУ

Объединение функций в группы по признакам, указанным во второй колонке, определяет возможность взаимной отмены их действия. Прочерк означает, что функция действует только в том кадре, в котором она указана. В противном случае, подготовительная функция действует до отмены её другой подготовительной функцией той же группы. Если в одном кадре необходимы несколько подготовительных функций, то рекомендуется записывать их в порядке возрастания номеров. Если в одном кадре указаны несколько

подготовительных функций одной группы, будет действовать последняя по порядку следования в кадре функция.

Функции G0, G15, G17, G40, G49, G53, G64, G80, G90, G94, G97 устанавливаются автоматически при включении питания УЧПУ и при сбросе если другое не задано в инициализационном кадре (см. Руководство Оператора).

5.1 Коды G интерполяции

Интерполяция производится на определенной части заданной кривой. Интерполируемая часть называется участком интерполяции и может быть записана в одном или более кадрах программы. Информация, необходимая для задания интерполяции, должна соответствовать нижеперечисленным требованиям:

- соответствующая G-функция определяет характер линии (прямая или окружность);
- соответствующая G-функция определяет характер задания геометрической информации о величине и направлении перемещения исполнительного органа станка (в приращениях или абсолютных координатах);
- используется стандартная правая прямоугольная система координат;
- начальная точка каждого участка интерполяции совпадает с конечной точкой предыдущего участка.

5.1.1 G0 – позиционирование

G0 α ---- β ---- γ

С помощью данной команды можно запрограммировать позиционирование в режиме ускоренного перемещения. Символы α , β и γ выбираются из адресов X, Y, Z, U, V, W, A, B, C и задают величины перемещения. При использовании X, Y, Z, A, B, C в соответствии с состоянием G90/G91, данное задание является либо абсолютным, либо в приращениях, в то время как при использовании U, V, W данное задание является заданием в приращениях независимо от состояния G90/G91.

Траектория инструмента определяется значением параметра «*позиционирование G0*» (см. меню «*Параметры интерпретатора*»): при значении «*по прямой*» все координаты выходят к конечной точке одновременно, а при значении «*независимое*» — независимо друг от друга на заданной для каждой координаты скорости ускоренной подачи.

В режиме G0 всегда происходит замедление и выполняется проверка достижения требуемой точки, и затем осуществляется переход на следующий кадр.

5.1.2 G1 – линейная интерполяция

G1 α ---- β ---- γ

С помощью данной команды можно запрограммировать линейную интерполяцию. Символы α , β и γ выбираются из адресов X, Y, Z, U, V, W, A, B, C и задают величины перемещения. При использовании X, Y, Z, A, B, C в соответствии с состоянием G90/G91 данное задание является либо в абсолютных, либо в приращениях, в то время как при использовании U, V, W данное задание является заданием в приращениях независимо от состояния G90/G91.

При этом траектория инструмента соответствует линейной интерполяции с образованием прямой линии, идущей от начальной к конечной точке.

В случае линейной интерполяции имеет место следующее соотношение между запрограммированной скоростью подачи и фактической скоростью подачи по каждой из осей:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}, \quad \frac{L_x}{F_x} = \frac{L_y}{F_y} = \frac{L_z}{F_z},$$

где

F – запрограммированная скорость рабочей подачи мм/мин

F_i – фактическая скорость подачи в направлении оси i

L_i – величина перемещения по оси i

5.1.3 G100 – позиционирование с заданием направляющего вектора

G100 X---Y----Z----I----J----K----U----V----W----R----

Данная команда, за исключением адресов U,V,W,R, не является модальной. С помощью данной команды можно запрограммировать позиционирование в точку, заданную в декартовых координатах, в режиме ускоренного перемещения. Данная функция применяется при пространственной обработке с участием дополнительных (поворотных) осей (например, при 5-осевой обработке). При выполнении команды с помощью дополнительных осей инструмент позиционируется таким образом, чтобы продольная ось инструмента совпадала с заданным вектором (при этом вектор указывает направление от рабочей точки инструмента к шпинделю), а линейные координаты определяются с учётом значений координат дополнительных осей, обеспечивая позиционирование в заданную в декартовых координатах точку. В режиме G100 всегда происходит замедление и выполняется проверка достижения требуемой точки, и затем осуществляется переход в следующий кадр.

Адреса X, Y, Z задают позицию рабочей точки инструмента в конце кадра в текущей (декартовой) системе координат. Адреса I, J, K задают направляющий вектор для продольной оси инструмента. Адреса U, V, W задают направляющий вектор для положительного направления пространственной радиусной коррекции. Величина пространственной радиусной коррекции задаётся адресом R. Пространственная радиусная коррекция выражается в смещении заданной адресами {X,Y,Z} точки вдоль вектора {U,V,W} на величину R. Положительное значение R определяет смещение в направлении {U,V,W}, а отрицательное значение R — в направлении, противоположном {U,V,W}. Нулевые значения {U,V,W} и/или R соответствуют выключенной пространственной радиусной коррекции. Не указанные в кадре адреса U, V, W и R соответствуют их значениям, указанным в предыдущих кадрах, т. е. эти значения являются модальными.

Допускается не указывать адреса какой-либо группы: {X,Y,Z}, {I,J,K}, {U,V,W} или {R}. Не допускается пропускать какой либо из адресов внутри группы. Например:

```
G100 X10 Y-50 Z300           $ допускается
G100 I100 J-200 K-300       $ допускается
G100 X10 Y-50 I100 J-200 K-300 $ не допускается
```

В первом примере позиционирование осуществляется в заданную точку, а направление оси инструмента определяется текущими значениями координат дополнительных осей. Значения линейных координат определяются СЧПУ с учётом значений координат дополнительных осей, обеспечивая позиционирование в заданную точку. Во втором примере осуществляет позиционирование только дополнительных осей, обеспечивая заданное направление оси инструмента. В третьем случае указаны адреса X,Y, но отсутствует адрес Z, что недопустимо.

5.1.4 G101 – линейная интерполяция с заданием направляющего вектора

G101 X---Y----Z----I----J----K----U----V----W----R----

Данная команда, за исключением адресов U,V,W,R, не является модальной. С помощью данной команды можно запрограммировать перемещение в точку, заданную в декартовых координатах на заданной рабочей подаче. Данная функция применяется при пространственной обработке с участием дополнительных (поворотных) осей (например, при 5-осевой обработке).

Адреса X, Y, Z задают позицию рабочей точки инструмента в конце кадра в текущей (декартовой) системе координат. Адреса I, J, K задают направляющий вектор для продольной оси инструмента. Адреса U, V, W задают направляющий вектор для положительного направления пространственной радиусной коррекции. Величина пространственной радиусной коррекции задаётся адресом R. Пространственная радиусная коррекция выражается в смещении заданной адресами {X,Y,Z} точки вдоль вектора {U,V,W} на величину R. Положительное значение R определяет смещение в направлении {U,V,W}, а отрицательное значение R — в направлении, противоположном {U,V,W}. Нулевые значения {U,V,W} и/или R соответствуют выключенной пространственной радиусной коррекции. Не указанные в кадре адреса U, V, W и R соответствуют их значениям, указанным в предыдущих кадрах. В режиме G101 скорость перемещения рабочей точки инструмента рассчитывается аналогично G1. Скорости перемещений по дополнительным осям рассчитываются исходя из контурной скорости рабочей точки инструмента.

В кадре допускается не указывать адреса групп {I,J,K}, {U,V,W} или {R}. Не допускается пропускать какой либо из адресов внутри группы. Например:

```
G101 X10 Y-50 Z300           $ допускается
G101 X10 Y-50 I100 J-200 K-300 $ не допускается
```

В первом примере позиционирование осуществляется в заданную точку, а направление оси инструмента определяется текущими значениями координат дополнительных осей. Значения линейных координат определяются СЧПУ с учётом значений координат дополнительных осей, обеспечивая позиционирование в заданную точку. Во втором примере указаны адреса X,Y, но отсутствует адрес Z, что недопустимо.

5.1.5 G2, G3 – круговая интерполяция

G2 α ---- β ---- γ ---- δ ---- ε ----
G3 α ---- β ---- γ ---- δ ---- ε ----

С помощью данной команды можно запрограммировать круговую интерполяцию. Даже многоквadrантную дугу можно запрограммировать в одном кадре.

G2, G3 оба являются функциями круговой интерполяции, однако они отличаются друг от друга направлением поворота.

G2 – круговая интерполяция по часовой стрелке

G3 – круговая интерполяция против часовой стрелки

Символы α , β и γ выбираются из адресов X, Y, Z, U, V, W и задают величины перемещения, и в соответствии с состоянием G90/G91 данное задание является либо в абсолютных, либо в приращениях (кроме U,V,W). Плоскость обработки определяется функцией G17/18/19 и ей соответствуют адреса α и β . Третья координата γ , перпендикулярная плоскости обработки, применяется для выполнения спиральной интерполяции. В случае опускания α и β , нулевого задания α и β в приращениях или задания α и β в начальную точку в абсолютных данная команда означает задание дуги на 360° (полного круга).

Символы ε и δ выбираются из адресов I, J, K и задают расстояние от точки начала кадра до центра дуги осей α и β в отдельности. Вне зависимости от

состояния G90/G91 это является заданием в приращениях, для токарных систем— на радиус.

I – расстояние от начальной точки до центра дуги на оси X

J – расстояние от начальной точки до центра дуги на оси Y

K – расстояние от начальной точки до центра дуги на оси Z

При использовании адресов I J K для определения радиуса окружности следует иметь в виду, что значения I J K определяют расстояние от точки начала кадра до центра дуги по соответствующим осям с учётом знака, а для токарных систем, где адрес X задаётся на диаметр, адрес I должен задаваться на радиус. Например, для токарной системы:

```
...
X100 Z86.603 F0.2
G2 X0 Z100 I-50 J-86.603
G1 X40 Z0 F0.2
...
```

Кадр с G2 программирует дугу окружности в 60° по часовой стрелке радиусом 100 мм.

Для программирования дуги вместо адресов I J K допускается использовать адрес R для непосредственного указания радиуса дуги. Положительное значение R задаёт дугу с углом до 180°, а отрицательное значение R— дугу с углом более 180°. Например:

```
G90 G54 G17 G1 X50 Y86.603 F100
G2 X0 Y100 I-50 J-86.603
G1 X50 Y86.603
G2 X0 Y100 R100
G0 X0 Y0
G3 X50 Y50 R-50
```

Оба кадра G2 программируют дугу окружности радиусом 100 мм и углом 60° по часовой стрелке. Кадр G3 программирует дугу радиусом 50 мм и углом 270° против часовой стрелки.

5.1.6 G12, G13 – галтель (круговая интерполяция дуги 90°)

G12 α ---- β ----

G13 α ---- β ----

С помощью данной команды можно запрограммировать галтель— дугу окружности в 90° концы которой лежат на границах одного квадранта. Радиус дуги рассчитывается автоматически.

G12 – галтель по часовой стрелке

G13 – галтель против часовой стрелки

Символы α и β выбираются из адресов X, Y, Z, U, V, W и задают величины перемещения, и в соответствии с состоянием G90/G91 данное задание является либо в абсолютах, либо в приращениях (кроме U,V,W). Плоскость обработки определяется функцией G17/18/19 и ей соответствуют адреса α и β . Например:

```
G90 G54 G17 G0 X0 Y100 § позиционирование в точку X0 Y100
G12 X100 Y0 F100 § дуга 90° в точку X100 Y0, радиус 100
```

5.1.7 G32 – резьбовое движение

Одно резьбовое движение или последовательность из нескольких резьбовых движений можно запрограммировать командой G32. Формат команды имеет вид:

для первого движения в последовательности:

G32 α ---- β ---- γ ----I---F---P---

для последующих движений в последовательности:

α ---- β ---- γ ----

где:

α, β и γ выбираются из адресов X, Y, Z, U, V, W;

F- шаг резьбы для оси с большим перемещением;

P- фаза начальной синхронизации 0...359.999°;

I - приращение шага на оборот.

Шаг резьбы для каждого движения в последовательности выдерживается для оси, имеющей большее перемещение.

Если F опущен, то предполагается задание шага, равного текущему значению F.

Если P опущен, то предполагается задание P0 (фаза 0°). Допускается задание фазы синхронизации в пределах 0°...360° с шагом 0.001°.

Если I опущен, то предполагается задание I0 (постоянный шаг резьбы). Допускается задание как положительного, так и отрицательного значения приращения шага резьбы.

Задание F, I, P в последующих кадрах последовательности игнорируется, но если задано новое значение F в одном из кадров, отличных от первого, его значение вступит в силу после окончания последовательности резьбовых движений.

Последнее перемещение в последовательности должно обязательно заканчиваться G9 и последующей отменой G32 функциями G0/1/2/3.

Следует помнить, что при выполнении резьбовых движений ручные регуляторы процентного изменения подачи и частоты вращения шпинделя блокируются системой ЧПУ, при этом их значения принимаются равными 100%. Команды СТОП ПРОГРАММЫ и СТОП ПОДАЧИ от пульта ручного управления блокируются и их выполнение откладывается до окончания резьбового движения.

5.1.8 G33 – возвратно-поступательное резьбовое движение

Возвратно-поступательное резьбовое движение представляет собой такое резьбовое движение, когда при достижении конечной точки траектории производится автоматический реверс шпинделя и возвратное движение в начальную точку. Команда реализуется на станках, где главный привод позволяет изменять направление вращения изменением полярности управляющего сигнала.

Формат команды имеет вид:

G33 α ---- β ---- γ ----I---F---P---

где:

α, β и γ выбираются из адресов X, Y, Z, U, V, W;

F- шаг резьбы для оси с большим перемещением;

P- фаза начальной синхронизации 0...359.999°;

I - приращение шага на оборот.

Шаг резьбы выдерживается для оси, имеющей большее перемещение.

Если F опущен, то предполагается задание шага, равного текущему значению F.

Если P опущен, то предполагается задание P0 (фаза 0°). Допускается задание фазы синхронизации в пределах 0°...360° с шагом 0.001°.

Если I опущен, то предполагается задание I0 (постоянный шаг резьбы). Допускается задание как положительного, так и отрицательного значения приращення шага резьбы.

Синхронизация вращения шпинделя и подачи производится на всех этапах движения (включая реверс), что позволяет использовать команду для нарезания резьбы метчиком, плашкой или резцом в случае невозможности отвода инструмента от резьбовой поверхности в конце траектории.

Следует помнить, что при выполнении команды ручные регуляторы процентного изменения подачи и частоты вращения шпинделя блокируются системой ЧПУ, при этом их значения принимаются равными 100%. Команды СТОП ПРОГРАММЫ и СТОП ПОДАЧИ от пульта ручного управления блокируются и их выполнение откладывается до окончания команды.

5.2 G36 - выход в референтную точку

Для выхода в референтную точку станка (режим «выход в 0») из программы используется команда G36 с указанием осей, по которым должен быть выполнен выход в референтную точку. Команда не является модальной, после её выполнения продолжает действовать тот код интерполяции группы 1 (G0, G1, G2, ...), который был активен перед вызовом G36. Данная команда может быть полезна в программах для токарно-фрезерных обрабатывающих центров при переключении шпинделя в режим круговой оси, когда исходное положение круговой координаты неизвестно и выход в референтную точку необходим для дальнейшей работы. Например:

```
...      $ переключение шпинделя в режим круговой оси C  
N100 G36 C0  
...
```

Кадр N100 выполняет выход в референтную точку станка по оси C.

В случае задания ненулевого значения в адресах осей ошибка не формируется. Во всех случаях заданное значение игнорируется и указывается лишь для сохранения стиля программирования.

5.3 G37 - выход в предопределённую точку

Для позиционирования координат в предопределённую точку (режим «выход в точку 1») используется команда G37 с указанием осей, по которым должен быть выполнено позиционирование. В адресах осей указывается смещение точки позиционирования относительно координат предопределённой точки. Координаты предопределённой точки задаются в параметрах СЧПУ (группа параметров «координаты точки 1», меню «Параметры КП»). Смещения, заданные для текущей системы координат G54–59,92 и текущие значения привязки T не учитываются. Команда не является модальной, после её выполнения продолжает действовать тот код интерполяции группы 1 (G0, G1, G2, ...), который был активен перед вызовом G37. Данная команда может использоваться для выхода в безопасную позицию перед автоматической сменой инструмента. Например:

```
...  
N100 G37 Z10  
N101 G37 X0 Y0  
...
```

Кадр N100 выполняет позиционирование координаты Z в точку, смещённую на +10 мм относительно координаты Z точки 1. Кадр N101 выполняет одновременное позиционирование X и Y в точку 1, т. к. заданы нулевые смещения.

5.4 G38 – прерываемое движение (измерительное)

Функция G38 является вспомогательной и используется в кадре интерполяции совместно с G0, G1, G2, G3. Выполняется перемещение в заданную точку с последующим возвратом в начальную точку кадра по той же траектории. Если в процессе перемещения приходит сигнал от датчика касания, то движение прерывается и происходит возврат в начальную точку кадра по той же траектории.

Значения координат точки касания, а если касание датчика не зафиксировано, то конечной точки кадра сохраняются в следующих системных переменных:

- #1000 - #1007- в абсолютной системе отсчёта (в системе нуля станка G53);
- #1010 - #1017- с учётом текущей системы отсчёта (G53-G59) и привязки инструмента (T0-T127);
- #1020 - #1027- расстояние от точки начала кадра до точки касания датчика (с учётом знака).

Значения системных переменных сохраняются до выполнения следующего кадра, содержащего код G38. Например:

```
G94 G38 G1 Y100 F200
IF (ABS(#132-#1011)>0.01) N010
N05 M0 N05                               $ ошибка касания датчика
N010 G92 Y(#1011+6.54)
```

В этом примере задано линейное перемещение из начальной точки в точку Y100 до момента касания датчика с последующим возвратом в начальную точку. Далее если координата Y точки замера отличается от координаты точки конца кадра более чем на 0.01 мм (факт наличия касания датчика), то вводится новая система отсчёта с нулевой точкой по оси Y, отстоящей на 6.54 мм от точки касания датчика. В противном случае (факт отсутствия касания датчика) выполняется останов программы.

```
G94 G38 G2 Z100 R200 F200
```

В этом кадре осуществляется перемещение по окружности из начальной точки в точку Z100 до момента касания датчика с последующим возвратом в точку начала кадра.

5.5 G4 - пауза

G4 E-----

Время задержки указывается в адресе E. Допустимые значения задержки от 0.001 секунды до 99999.999 секунд. Задание паузы необходимо при свободном резании, при смене числа оборотов. G4 действует в кадре.

5.6 G9 – снижение скорости

При помощи функции G9 можно точно подвести инструмент к заданной позиции в конце кадра с перемещением. Скорость подачи при этом снижается до нуля. G9 действует в кадре.

5.7 G60/62/63/64 – выбор режима скорости подачи

Функции G60,62,63,64 определяют режим управления скоростью подачи. Эти функции являются модальными (действует до отмены) и взаимоисключающими (одна функция отменяет другую). Например, G64 отменяет G60,62,63. Действие функций следующее.

G60— включает режим торможения в конце кадра, что эквивалентно указанию G9 в каждом кадре.

- G64— включает режим автоматического снижения рабочей подачи в точках излома траектории во избежание превышения максимально допустимого ускорения. В этом режиме при переходе с кадра на кадр определяется изменение скорости по каждой координате за счёт излома траектории движения, которое сравнивается с заданным допустимым значением (параметр «*DVmin*», меню «*Параметры КП*»). Если изменение скорости по какой-либо координате превышает допустимое значение, то подача в конце кадра автоматически снижается до величины, при которой изменение скорости будет равно допустимому значению. Функция G64 выбирается по умолчанию при включении ЧПУ и сбросе.
- G63— блокирует (принудительно фиксирует на уровне 100%) ручную регулировку рабочей подачи и оборотов шпинделя. Ручная регулировка быстрого хода, если она не совмещена с регулировкой рабочей подачи, при этом не блокируется. Режим автоматического снижения рабочей подачи (как в случае G64) остаётся включенным.
- G62— отключает режим автоматического снижения рабочей подачи в точках излома траектории (G64). Данная функция может использоваться при высокоскоростной обработке.

5.8 G17/18/19 – выбор плоскости обработки

При помощи функции G17/18/19 можно запрограммировать выбор плоскости обработки, в которой будет выполняться круговая интерполяция, и относительно которой будут действовать задаваемые далее коррекции на длину и радиус инструмента.

G17 – плоскость XY

G18 – плоскость XZ

G19 – плоскость YZ

5.9 G15/16 – выбор прямоугольной или цилиндрической системы координат

При активной функции G15 программирование координат точек в пространстве предполагает представление в прямоугольной декартовой системе координат.

При активной функции G16 программирование координат точек в пространстве предполагает представление в цилиндрической системе координат. При этом проекция точки на плоскость обработки задаётся длиной и углом вектора, направленного из начала системы координат (при G90) или текущей точки (при G91). Длина вектора программируется по адресу, соответствующему оси абсцисс для выбранной плоскости обработки, угол программируется по адресу оси ординат. Например, при задании плоскости обработки XY (G17) программирование точки на плоскости на расстоянии 50мм от текущей точки с углом 30 градусов и отстоящей на 10мм по оси перпендикулярной плоскости обработки:

```
G17 G16 G91 F10
G0 X50 Y30 Z10
```

Пример программы с использованием цикла G83 в цилиндрической системе координат:

```
%G83polar
$ пример использования цикла G83 (81..89- аналогично)
$ в цилиндрической (полярной) ск
G53G17G0 X0 Y0 Z0 $ выход в т.{0.000,0.000,0.000}
```

```

G83 #2=1 #3=-17 #5=5 F100 $ глубина -17, шаг 5, выход 1мм
G16 X50 Y0 $ в т.{R0,Fi}={50,0} и сверлим отв.
Y30 $ в т.{R0,Fi}={50,30} и сверлим отв.
Y60 $ в т.{R0,Fi}={50,60} и сверлим отв.
X100 $ в т.{R0,Fi}={100,60} и сверлим отв.
Y45 $ в т.{R0,Fi}={100,45} и сверлим отв.
G80 $ отмена G83
G0G15 X0 Y0 Z0
M2
%%

```

5.10 G90/91 – программирование в исходных размерах и размерах с приращением

5.10.1 Ввод в исходных размерах G90

При вводе в исходных размерах (называют также ввод в абсолютных размерах) все вводы размеров X,Y,Z,A,B,C относятся к установленной нулевой точке обрабатываемой детали. Ввод в исходных размерах позволяет осуществлять простой вход в программу и выход из неё. Ввод в исходных размерах облегчает также корректировку программы в области геометрии.

5.10.2 Ввод в размерах с приращением G91

При размере с приращением запрограммированный размер по X,Y,Z,A,B,C соответствует пути, по которому происходит перемещение. Числовое значение информации пути указывает, на какое расстояние должно произойти перемещение для достижения конечной позиции. Размер с приращением применяют преимущественно для подпрограмм, вызов которых должен осуществляться в любых местах рабочей зоны станка.

5.10.3 Использование адресов U,V,W

Допускается использование адресов U,V,W для задания перемещения соответственно по осям X,Y,Z. При этом, независимо от заданной функции G90 / G91, величина перемещения рассматривается системой как задание в приращениях, значение функции G90 / G91 при этом не изменяется.

5.11 G92 – задание системы координат

Задание системы координат осуществляется программированием функции G92 следующим образом:

```
G92 X...Y...Z...A...B...C...
```

При этом величины по адресам X,Y,Z,A,B,C являются координатами инструмента в некоторой системе координат. Дальнейшее задание в абсолютных величинах соответствуют положению инструмента в системе координат, заданной G92. Таким образом, G92 позволяет программным путем задать систему координат с началом в любой точке.

Например, оператор выполняет привязку инструмента в точке, отличной от начала координат, например X=100.0 Y=250.0 Z=30.0. Для обеспечения работы программы в абсолютных координатах следует запрограммировать в начале кадр:

```
G92 X100 Y250 Z30
```

При старте программы будет установлена система координат, текущее положение инструмента в которой будет соответствовать точке привязки инструмента.

Действие функции G92 отменяется вызовом функций G53-G59.

5.12 G53/54-59 – системы координат заготовки

G53 – возврат к системе координат станка.

G54-59 – включение системы координат заготовки.

С помощью программирования G54-G59 можно выбрать одну из шести предварительно установленных систем координат. Эти шесть систем координат определяются путем установки расстояния по каждой координатной оси от фактического нуля координат станка до начала отсчета новой системы координат.

Задание величины смещений описано в Руководстве Оператора.

Функции G53/54-59 могут вводиться с командами перемещения или без них. Выбор может производиться только при активности функции G0 или G1. Смещение по оси начинает/заканчивает действовать при первом перемещении по данной оси. Смещения действуют во всех режимах. Результатом действия смещения является сдвиг программируемого контура по осям на величины заданных оператором значений. Значения могут быть как положительными, так и отрицательными.

5.13 G50/G51 – зеркальное отображение

Включение/выключение режима зеркального отображения перемещений по каждой из осей относительно центра текущей системы координат выполняется функцией G51 с последующим указанием адресов осей со значениями -1/1 для включения и выключения режима зеркального отображения. Отмена зеркального отображения по всем осям программируется функцией G50.

Важно: первое перемещение по оси после включения/выключения режима зеркального отображения должно быть задано в абсолютных величинах. Например:

```
G51X-1    $включение зеркального отображения по оси X
G0 X10 Y-50
...
G51X1Y-1 $выкл. зерк. отобр. по оси X, вкл. по оси Y
G0 X-130 Y44
...
G50      $ отмена зеркального отображения по всем осям
```

5.14 G68/G69 – поворот системы координат

Включение преобразования поворота системы координат выполняется функцией G68. Для отмены преобразования поворота используется функция G69. Для доступа к функциям G68/G69 необходимо установить параметр «Поворот осей по G68» — «разрешён» (см. меню «Параметры интерпретатора»). Функция G68 осуществляет поворот системы координат на заданный угол α относительно заданной точки C (рис.1) вокруг оси, нормальной к заданной плоскости обработки. Положительным считается направление вращения *против часовой стрелки*, глядя с положительного направления оси нормали к плоскости вращения (показано на рис.1). В программе поворот системы координат задаётся следующим образом:

```
G68 [G17] [X...Y...] [P...]
G68 [G18] [X...Z...] [P...]
G68 [G19] [Y...Z...] [P...]
G69
```

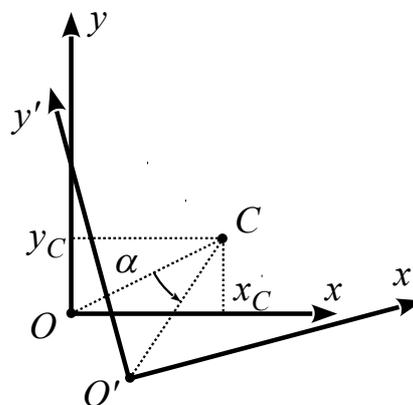


Рис. 1. Преобразование поворота G68

Параметры, указанные в квадратных скобках, являются необязательными. При выполнении указанного кадра будет осуществлён переход от системы (x, y) к системе координат (x', y') . Указание функции G17/G18/G19 задаёт плоскость обработки, в которой осуществляется поворот системы координат. Если функция G17/G18/G19 в кадре не указана, то принимается значение функции, действовавшее на момент обращения к G68. Смена плоскости обработки при включенной G68 не допускается. Параметром P задаётся угол поворота α . Параметрами X и Y (X и Z для G18, Y и Z для G19) задаются координаты центра вращения C (x_C, y_C). Если параметры X и Y в кадре не указаны, то принимаются нулевые значения, т. е. задаётся поворот относительно начала координат. Задание других символов в кадре не допускается. Например:

```
%G68TEST
#1=0
G0 G54 Z0
N010 G68 G17 X10 Y20 P#1
G0 X40 Y20
    Z-20
G1 G41 D1 Y15 F100
G1 X60
G3 Y25 R5
G1 X40
G3 Y15 R5
G40 G0 Z0
IF3((#1=(#1+30))<360) N010
G69
M2
%%
```

5.15 G68G0/G69 – местная система координат

Функция G68 с ключом G0, являясь обобщением функции поворота системы координат G68, задаёт переход к местной системе координат, расположенной произвольным образом по отношению к базовой системе координат. При этом, в случае необходимости, выполняется позиционирование вспомогательных осей до совмещения нормальной к заданной плоскости обработки оси местной системы координат с соответствующей осью станка, а также учёт смещения и поворота системы координат в плоскости обработки. Для отмены перехода к местной системе координат используется функция G69. Для доступа к функциям G68/G69 необходимо установить параметр «Поворот осей по G68» — «разрешён». Кроме этого для работы функции G68 с ключом G0 необходимо указать используемые вспомогательные оси в параметре «Оси, позиционируемые по G68G0» (см. меню «Параметры интерпретатора»).

В программе переход к местной системе координат задаётся следующим образом:

```
G68 [G17|18|19] [X...][Y...][Z...][I...][J...][K...]
G69
```

Параметры, указанные в квадратных скобках, являются необязательными. Расположение местной системы координат относительно базовой системы

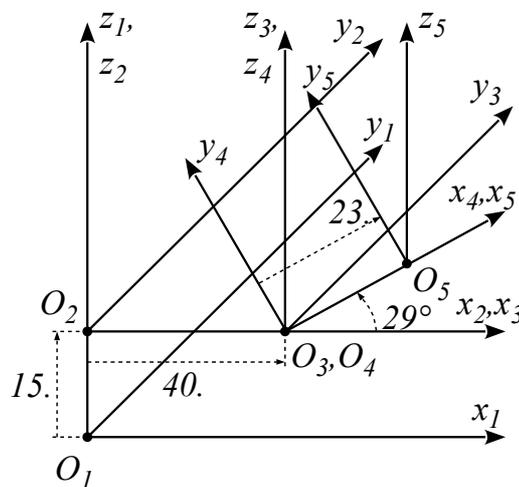


Рис. 2. Местная система координат.

задаётся в виде последовательности параллельных переносов и поворотов (см. рис.2). Параметрами X, Y и Z задаётся параллельный перенос системы соответственно вдоль осей x, y и z. Параметрами I, J и K задаётся поворот системы соответственно вокруг осей x, y и z. Поскольку переход к местной системе координат задаётся в виде цепочки элементарных преобразований, то порядок следования индексов X, Y, Z, I, J и K в кадре имеет значение. Исходя из последовательности необходимых элементарных преобразований, индексы в кадре могут использоваться повторно. Количество элементарных преобразований ограничивается максимально допустимой длиной строки кадра. Указание функции G17/G18/G19 задаёт плоскость обработки, в которой осуществляется поворот системы координат. Если функция G17/G18/G19 в кадре не указана, то принимается значение функции, действовавшее на момент обращения к G68 G0. Позиционирование вспомогательных осей выполняется до совмещения оси z местной системы и оси Z станка для G17 (y и Y для G18, x и X для G19). Смена плоскости обработки при включенной G68 G0 не допускается.

В приведенном ниже примере задан переход к местной системе координат, показанный на рис.2:

```
G68 G0 G17 Z15 X40 K29 X23
...
G69
```

5.16 G51 S... - ограничение частоты вращения шпинделя

Частота вращения шпинделя для каждой ступени может изменяться в пределах диапазона частот вращения для данной ступени, заданного в параметрах системы в виде максимального и минимального значений частоты вращения. Для оперативного ограничения максимальной частоты вращения шпинделя из программы используется команда G51. Например:

```
G51 S2000 $ограничить частоту вращения шпинделя 2000 об.мин
...
G51 S8000 $ восстановление верхнего предела частоты вращения
$ шпинделя (задано ограничение, заведомо большее,
$ чем максимальные обороты для выбранной ступени)
```

Ограничение действует до задания следующего ограничения.

Внимание! Если задана ступень шпинделя, для которой нижняя и верхняя границы частот вращения превышают максимально разрешённую командой G51 частоту, то заданное командой G51 ограничение игнорируется.

5.17 G94/95 - подача F

Подача F в мм./мин. или в мм./оборот.

G94 – подача F в мм./мин.

G95 – подача F в мм./оборот.

Например:

```
G94 F10.4 $ подача 10.4 мм./мин.
G95 F0.5 S20 $ подача 0.5 мм./оборот
```

Функции G94/95 являются модалными.

5.18 G96/G97 S... - постоянная скорость резания

При G96 в зависимости от запрограммированной скорости резания система управления определяет число оборотов шпинделя/планшайбы, соответствующее в данный момент фактическому диаметру обточки.

Зависимость диаметра обточки, числа оборотов шпинделя/планшайбы и скорости подачи между собой обеспечивает возможность оптимального согласования программы со станком, обрабатываемым материалом и инструментом.

Посредством регулятора частоты вращения/скорости резания на пульте управления запрограммированная скорость резания может плавно изменяться в пределах от 0% до 120%.

Параметры ограничения максимальной и минимальной частоты вращения задаются оператором с рабочего терминала.

Важно! Не допускается переход от G97 к G96 и наоборот без указания в этом же кадре нового слова S. Например:

```
%G97TEST
N01 G94 T1          $ вкл.привязку первого инструмента
N02 G51 S1500      $ огр.частоты вращения шпинделя до 1500 об/мин
N03 G0 X60 Z0      $ выходим в начальную точку
N04 G96 S60 M3     $ включаем шпиндель; ск.резания 60 м/мин
N05 M0             $ (для X=60мм n=318 об/мин)
N06 G1 X40 F150    $ перемещение в т.X=40мм
N07 M0             $ (для X=40мм n=477 об/мин)
N08 G1 X100        $ перемещение в т.X=100мм
N09 M0             $ (для X=100мм n=191 об/мин)
N10 G97 S300 T0    $ перекл. шпинделя на задание частоты вращения
N11 M0             $ (n=300 об/мин)
N12 M5            $ выкл.шпинделя;
N13 G51 S4000      $ восстановл.верхнего предела частоты вращения
                    $ шпинделя (задано ограничение, заведомо большее,
                    $ чем максимальные обороты для выбранной ступени)

N14 G0X0Z0
M2
%%
```

6 Коррекция

6.1 Привязка инструмента для токарной системы

В системе управления все команды перемещения, заданные в УП, относятся к рабочей точке инструмента. По выбору оператора в качестве рабочей точки инструмента может быть задана либо точка привязки инструмента P, либо точка центра инструмента S.

Привязку инструмента к системе координат детали выполняет оператор. Последовательность действий описана в инструкции оператора. Результатом операции привязки является определение величин смещений точки привязки (dXp , dZp) и центра режущей части инструмента (dXs , dZs) от нуля координатной системы станка к нулю координатной системы детали по осям X и Z соответственно, величину реального радиуса дуги режущей кромки инструмента Rt и указание рабочей точки инструмента - точки привязки инструмента P, либо точки центра инструмента S с определением смещений рабочей точки dXw и dZw .

Величины dXw и dZw начинают действовать при выборе в УП соответствующего инструмента командой T. При выборе нулевого инструмента командой T0 вступают в силу нулевые значения смещений ($dXw=0$ и $dZw=0$) и все перемещения производятся в координатной системе станка.

Величина Rt есть радиус инструмента, используемый при построении эквидистанты к заданной траектории для получения реальной траектории движения инструмента при включенной коррекции радиуса инструмента. Использование корректора на радиус инструмента D позволят оперативно задавать припуск при обработке детали когда реальная режущая кромка инструмента движется с эквидистантным смещением величиной D от заданной в УП траектории. Величина D может быть как положительной, так и отрицательной, в то время как величина Rt может быть только положительной. Величина $Rt+D$ не может принимать отрицательных значений.

6.2 G40/41/42 – коррекция радиуса инструмента.

G40 – выключение коррекции радиуса;

G41 – включение коррекции радиуса слева (в направлении движения);

G42 – включение коррекции радиуса справа (в направлении движения)

D--- – задание номера корректора на радиус из общей таблицы корректоров.

При использовании коррекции радиуса инструмента программируется контур детали. Система управления определяет траекторию центра инструмента (расчет эквидистант). Коррекция на радиус действует в плоскости, заданной функцией G17/18/19 если активны G0, G1, G2, G3, G12, G13. Величина коррекции задается номером корректора с использованием кода D. При указании в программе нового кода D извлекается новое значение корректора. Запрещается использовать код D для указания номера корректора на длину инструмента.

В отличие от фрезерных систем, где при выключенной коррекции радиуса инструмента по траектории описанной в УП всегда движется центр инструмента, в токарных системах при выключенной коррекции радиуса инструмента по заданной в УП траектории будет двигаться рабочая точка инструмента, которая в зависимости от выбора оператора может быть либо точкой привязки инструмента, либо центром дуги режущей части инструмента.

При включении коррекции радиуса инструмента система ЧПУ производит расчёт эквидистанты к заданному контуру (слева или справа от контура) на величину радиуса инструмента и, если задано адресом D, то дополнительного кор-

ректора радиуса. При этом по рассчитанной эквидистанте перемещается всегда точка центра дуги режущей части инструмента.

Функции G40/41/42 могут вводиться с командами перемещения. Выбор может производиться только при активности функции G0 или G1. Внутри программы возможна (от кадра к кадру) смена G41 на G42 и наоборот. Не рекомендуется программирование кадров без перемещения при включенной коррекции радиуса т.к. это приведет к нарушению траектории в случае не гладкого контура. Контур считается гладким, если выполняется условие $dL \leq 0.001 \text{ мм}$. В случае гладкого контура расчетная траектория проходит через точки 1'-2'-3' (рис. 3). В случае, если величина $dL > 0.001 \text{ мм}$, система формирует вставку дуги 2'-2'' радиусом R с центром в точке 2. На рис.4 показаны примеры использования коррекции радиуса.

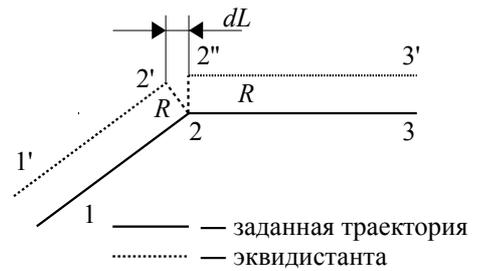
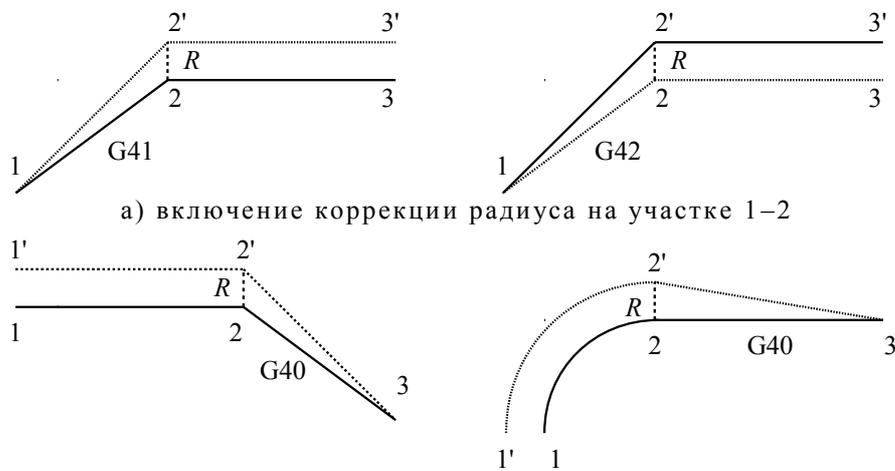
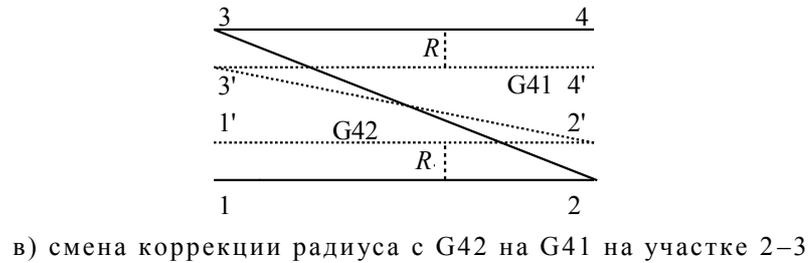


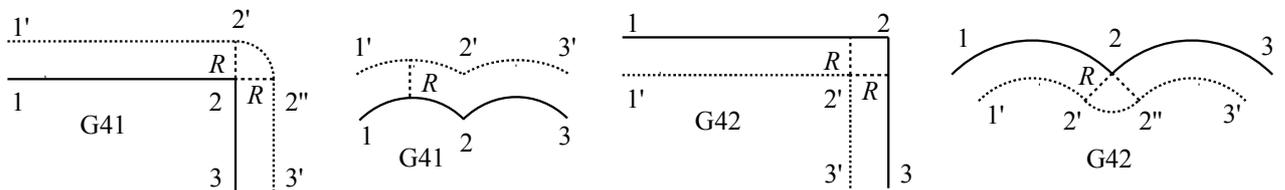
Рис. 3. Формирование эквидистанты.



б) выключение коррекции радиуса на участке 2-3



в) смена коррекции радиуса с G42 на G41 на участке 2-3



г) примеры коррекции на изломах траектории

Рис.4. Примеры использования радиусной коррекции

6.2.1 Особые случаи при коррекции радиуса

Так как система управления всегда использует для вычисления эквидистанты только текущий и следующий кадр, то при обработке внутренних контуров могут появиться следующие ошибки.

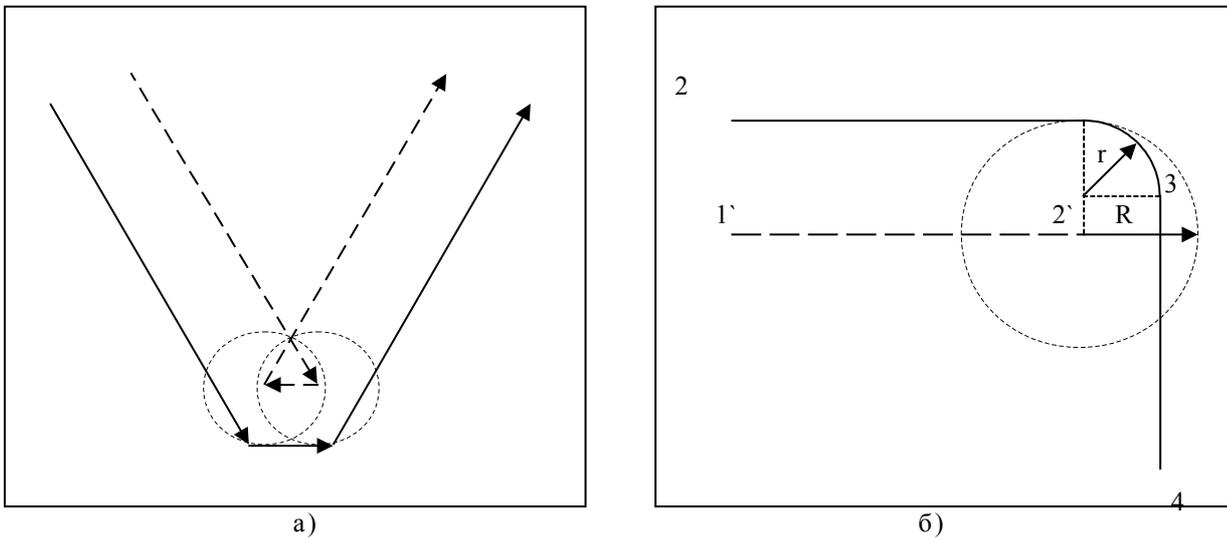


Рис.5. Особые случаи радиусной коррекции

1) Промежуточный кадр для выбранной коррекции слишком мал. Обработка не прерывается. Ошибка не индицируется. Результат – зарезы внутреннего контура как показано на рис.5а.

2) Промежуточный кадр (2-3) с дугой радиусом r , меньшим чем радиус коррекции R ($r < R$) при обработке внутреннего контура. Центр инструмента останавливается в точке $2'$. Индицируется ошибка «Отрицательный радиус при коррекции». Выполнение программы прекращается. Результат – зарезание внутреннего контура, как показано на рис.5б.

6.3 G43/44/49 – коррекция длины инструмента

G49 – выключение коррекции длины инструмента

G43 – включение коррекции длины в +

G44 – включение коррекции длины в -

H--- - задание номера корректора на длину из общей таблицы корректоров.

Выбор может производиться только при активности функции G0 или G1. Коррекция на длину действует по оси, перпендикулярной плоскости заданной функцией G17/18/19. Следовательно, одновременно могут действовать три различных корректора для каждой оси в отдельности. Величина коррекции задается номером корректора с использованием кода H. При указании в программе нового кода H извлекается новое значение корректора, которое действует по оси, соответствующей текущей установке G17/18/19. Смена плоскости обработки не отменяет действия корректора по предыдущей оси. Запрещается использовать код H для указания номера корректора на радиус инструмента.

Функции G43/44/49 могут вводиться с командами перемещения или без них. Коррекция начинает/заканчивает действовать при первом перемещении по данной оси.

7 Функции переключения и дополнительные функции

7.1 Функция подачи F

Функция F применяется в зависимости от текущего значения G94/95 в качестве задания величины рабочей подачи: в мм/мин при G94, либо в мм/об при G95. Запрограммированная скорость выдерживается на траектории точки центра радиуса инструмента.

Посредством команд с пульта управления запрограммированная подача может изменяться в пределах от 0% до 120% с дискретностью 10%.

Предельные значения подачи обусловлены параметром СЧПУ «Максимальная контурная скорость, мм/мин» (см. «Руководство по вводу в эксплуатацию. Описание параметров СЧПУ»).

7.2 Функция частоты вращения шпинделя S

Функция S применяется в зависимости от текущего значения G96/97 в качестве задания:

- числа оборотов шпинделя в об./мин. (G97);
- скорости резания в м./мин. (G96).

Важно! Не допускается переход от G97 к G96 и наоборот без указания в этом же кадре нового слова S.

Для задания частоты вращения шпинделя в оборотах в минуту или номера ступени используется функция S и последующее цифровое значение от 0 до 65535. Способ интерпретации функции S как частоты вращения, номера ступени, либо одновременного задания частоты вращения и номера ступени зависит от установки соответствующих параметров СЧПУ при вводе в эксплуатацию (см. «Руководство по вводу в эксплуатацию. Описание параметров СЧПУ»).

7.3 Функции задания номера инструмента и номера привязки инструмента

Механическая смена инструмента выполняется командой **M6**, поэтому программирование необходимо выполнять с осторожностью, в безопасной позиции, чтобы не повлечь за собой повреждение детали или станка. Поддерживаются три команды задания номера инструмента и номера привязки: **T, TN, TV**.

7.3.1 Функция TN

TN nnn — задание номера инструмента, где nnn — номер инструмента представленный явным значением, переменной или выражением. Используется для задания номера инструмента для последующей установки командой M6. Например:

```
TN5      $ задание номера инструмента 5
TN20     $ задание номера инструмента 20
```

7.3.2 Функция TV

TV bbb — задание номера привязки инструмента, где bbb — номер привязки представленный явным значением, переменной или выражением. Значения смещений указанные в выбранной привязке начнут действовать с текущего кадра. Например:

```
TV7      $ задание номера привязки инструмента 7
TV100    $ задание номера привязки инструмента 100
```

7.3.3 Функция Т

Т nnn.bbb — задание номера инструмента и привязки, где nnn - номер инструмента, bbb — номер привязки, представленные явным значением, переменной или выражением. Если nnn или bbb опущены их значения принимаются равными нулю. Например:

T3 \$ задание номера инструмента 3, привязка 3
 T3.1 \$ задание номера инструмента 3, привязка 100
 T3.100 \$ задание номера инструмента 3, привязка 100
 T3.001 \$ задание номера инструмента 3, привязка 1
 T.002 \$ задание номера инструмента 0, привязка 2
 #5=1.04 T#5 \$ задание номера инструмента 1, привязка 40

При задании **номера инструмента** без указания **М6** механическая смена инструмента не производится.

При выборе нулевой привязки инструмента командой вступают в силу нулевые значения смещений и радиуса ($dXs=0$, $dZs=0$, $R=0$).

При выполнении функций **Т**, **TN**, **ТВ** номер новой привязки инструмента заносится в системную переменную #121, номер нового инструмента заносится в системную переменную #126.

Подпрограмма смены инструмента зависит от конкретного станка и программируется при вводе системы ЧПУ в эксплуатацию специально обученным персоналом.

7.4 Дополнительные функции М

Перечень задействованных дополнительных функций, момент начала и сфера действия указаны в таблице 4. Остальные функции с номерами до 99 свободны и задействуются системой автоматики в зависимости от станка.

Таблица 4.

Код функции	Группа	Функция начинает действовать		Функция действует		Наименование
		до начала перемещения	по окончании перемещения	до отмены соответств. командой	только в пределах кадра	
M0	1		X		X	программируемая остановка
M1	1		X		X	остановка с подтверждением
M2	1		X		X	конец программы
M3	2	X		X		вращение шпинделя по час. стр.
M4	2	X		X		вращение шпинделя против час. стр.
M5	2		X	X		останов шпинделя
M19	2	X		X		позиционирование шпинделя, Р– угол позиционирования
M6	3		X		X	смена инструмента
M7-8	4	X		X		включение охлаждения
M9	4	X		X		выключение охлаждения
M10-29	5	X		X		не определены
M30	1		X		X	конец информации
M31-98	6		X		X	не определены
M99	1		X		X	конец подпрограммы

Допускается программирование в одном кадре нескольких функций М из разных групп, но не более трех команд начала кадра и трех команд конца кадра в одном кадре.

8 Автоматические расчёты

8.1 Вставка фаски

9 Макроязык

В дополнение к возможностям стандарта RS-274D в системах ЧПУ семейства WL реализован ряд дополнительных возможностей по выполнению математических вычислений с использованием переменных и по управлению ходом выполнения программ с использованием макроязыка.

9.1 Переменные программы

Для хранения промежуточных результатов динамических вычислений, неявного задания значений по управляющим адресам и передачи параметров в циклы и подпрограммы в ходе выполнения программ используются переменные. В данном ЧПУ предусмотрено 99 пользовательских переменных с номерами от 1 до 99. Номера переменных от 100 и выше зарезервированы под системные переменные (см. таблицу 5).

Особую группу составляют переменные с номерами от 1 до 29. Эти переменные являются локальными для каждого уровня вложенности подпрограмм, т.е. при вызове подпрограмма получает собственную копию переменных 1...29, в которой содержатся значения, скопированные из вызывающей программы/подпрограммы. Модификация этих переменных в вызванной подпрограмме не оказывает влияния на переменные с теми же номерами в вызывающей программе. Это позволяет программисту не заботиться о восстановлении значений параметров при повторных вызовах.

Переменные с номерами от 30 до 99 являются глобальными, т.е. общими для всех уровней вложенности.

Совокупность символа # и следующего за ним реального значения образует обращение к переменной:

#20 – обращение к переменной №20

##20) – обращение к переменной, номер которой содержится в переменной №20

##(ABS(#3-#4*2)) - обращение к переменной, номер которой определяется абсолютным значением выражения (см. Выражения)

Переменные не имеют каких-либо фиксированных значений и определенного типа. Все переменные имеют один формат хранения данных – double float (точность 32 бита, пределы от $-1.7 \cdot 10^{-308}$ до $1.7 \cdot 10^{308}$). Переменные приводятся к соответствующему типу (беззнаковое целое, знаковое целое, с фиксированной точкой) при использовании в качестве значений по управляющим адресам программы (A - Z) и при вычислениях в выражениях макроязыка.

Значение переменным могут присваиваться в любом месте программы/подпрограммы прямым присвоением реального значения. В качестве реального значения могут использоваться реальные числа, переменные и выражения.

9.2 Системные переменные

Номера переменных от 100 и выше зарезервированы под системные переменные. Список системных переменных приведен в таблице 5.

Таблица 5. Системные переменные

переменная	описание	доступ
1	2	3
#101	текущее значение G группы 1 (G0-G3, G32, G33)	т.чтение
#102	текущее значение G группы 2 (G40-G42)	т.чтение
#103	текущее значение G группы 3 (G53-G59, G92)	т.чтение
#104	текущее значение G группы 4 (G90-G91)	т.чтение

пере- менная	описание	доступ
1	2	3
#105	текущее значение G группы 5 (G94-G95)	т. чтение
#106	текущее значение G группы 6 (G96-G97)	т. чтение
#107	текущее значение G группы 7 (G80-G89)	т. чтение
#108	текущее значение G группы G31, G70-G79	т. чтение
#109	текущее значение G группы G60-G64	т. чтение
#110	текущее значение M группы 0	т. чтение
#111	текущее значение M группы 1	т. чтение
#112	текущее значение M группы 2 (M3-M5);	т. чтение
#113	текущее значение M группы 3	т. чтение
#114	текущее значение M группы 4 (M7-M9);	т. чтение
#115	текущее значение M группы 5	т. чтение
#116	текущее значение M группы 6	т. чтение
#117	текущее значение M группы 7 (M41-M48);	т. чтение
#118	текущее значение M группы 8	т. чтение
#119	текущее значение M группы 9	т. чтение
#120	последнее заданное значение S;	т. чтение
#121	последнее заданное значение T (привязка);	т. чтение
#125	Максимальное заданное значение S;	т. чтение
#126	последнее заданное значение T (номер инструмента);	т. чтение
#130	расчетное значение по X в абсолютном выражении;	т. чтение
#131	приращение по X в предыдущем кадре;	т. чтение
#132	расчетное значение по Y в абсолютном выражении;	т. чтение
#133	приращение по Y в предыдущем кадре	т. чтение
#134	расчетное значение по Z в абсолютном выражении;	т. чтение
#135	приращение по Z в предыдущем кадре;	т. чтение
#136	последнее заданное I;	т. чтение
#137	последнее заданное J;	т. чтение
#138	последнее заданное K;	т. чтение
#139	последнее заданное F;	т. чтение
#140	последнее заданное P;	т. чтение
#141	последнее заданное D;	т. чтение
#142	последнее заданное U;	т. чтение
#143	последнее заданное V;	т. чтение
#144	последнее заданное W;	т. чтение
#145	последнее заданное E;	т. чтение
#148	последнее заданное A;	т. чтение
#149	последнее заданное B;	т. чтение
#150	последнее заданное C;	т. чтение
#151	текущее значение G группы G17-G19	т. чтение
#152	последнее заданное H; Номер корректора на длину в плоскости G17	т. чтение
#153	последнее заданное H; Номер корректора на длину в плоскости G18	т. чтение
#154	последнее заданное H; Номер корректора на длину в плоскости G19	т. чтение
#157 .. #159	текущее значение G группы G43-G49	т. чтение
#170	расчетное значение по U в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#171	приращение по U в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение
#172	расчетное значение по V в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#173	приращение по V в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение
#174	расчетное значение по W в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#175	приращение по W в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение
#180	расчетное значение по R в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#181	приращение по R в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение
#182	расчетное значение по Q в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#183	приращение по Q в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение
#184	расчетное значение по R в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#185	приращение по R в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение
#190	расчетное значение по A в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#191	приращение по A в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение
#192	расчетное значение по B в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#193	приращение по B в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение
#194	расчетное значение по C в абсолютном выражении; (если ось используется)	т. чтение
#195	приращение по C в предыдущем кадре; (если ось используется)	т. чтение

пере- менная	описание	доступ
1	2	3
#200	текущий установленный инструмент (по M6);	т.чтение
#201	Направление вращения шпинделя (0-стоп(M5), 1 -по часовой(M3), -1-против часовой(M4))	т.чтение
#250	Потоковое чтение/запись в/из файл(а);	чт-е/запись
#400... #485	Переменные в энергонезависимой памяти	чт-е/запись
#486	Сохраненный номер привязки инструмента	т.чтение
#487	Сохраненное значение подачи	т.чтение
#488	Сохраненное значение скорости вращения шпинделя	т.чтение
#489	Текущая максимальная скорость вращения шпинделя	т.чтение
#490	Максимальная скорость вращения установленная по G51	т.чтение
#491	Иницирует запись выходной области ЭП в файл на диск	т.запись
#492	Иницирует копирование выходной области ЭП во входную область ЭП	т.запись
#493	Время выполненных управляющих программ со времени включения системы	т.чтение
#494	Время выполненных управляющих программ	т.чтение
#495	Количество выполненных управляющих программ со времени включения системы	т.чтение
#496	Количество всего выполненных управляющих программ	т.чтение
#497	Сохраняется последний рабочий кадр	т.чтение
#498	Показывает достоверность информации сохраняемой в энергонезависимой памяти(если 1 то информация корректна, если 0 то возможно повреждены данные в энергонезависимой памяти).	т.чтение
#499	Показывает тип отключения системы(если 1 то система была отключена правильно, если 0 то скорее всего было пропадание питания.).	т.чтение
#508... #515	Система координат G54 по 8 осям	чт-е/запись
#516... #523	Система координат G55 по 8 осям	чт-е/запись
#524... #531	Система координат G56 по 8 осям	чт-е/запись
#532... #539	Система координат G57 по 8 осям	чт-е/запись
#540... #547	Система координат G58 по 8 осям	чт-е/запись
#548... #555	Система координат G59 по 8 осям	чт-е/запись
#556... #563	Система координат G92 по 8 осям	чт-е/запись
#600... #607	Программные ограничения плюс	чт-е/запись
#610... #617	Программные ограничения минус	чт-е/запись
#700... #899	Корректора 0...199	чт-е/запись
#1000... #1007	координаты точки касания в абсолютной системе отсчёта (связанной с нулями датчиков положения- G53 T0) в радиусном выражении для всех осей (может использоваться для задания привязок инструмента);	т.чтение
#1010... #1017	координаты точки касания в текущей системе отсчёта (с учётом текущей G53-G59, T0-Txx) с пересчётом на диаметр для осей с диаметральным заданием размера (см. настройки интерпретатора);	т.чтение
#1020... #1027	координаты точки касания относительно точки начала кадра с пересчётом на диаметр для осей с диаметральным заданием размера (см. настройки интерпретатора)	т.чтение
#2008... #2015	значения привязок для инструмента T1 в радиусном выражении для всех осей;	чт-е/запись
#2016... #2023	значения привязок для инструмента T2 в радиусном выражении для всех осей; ... и т.д. со смещением на 8 для каждого следующего инструмента. Всего 127 инструментов.	чт-е/запись
	...	
#3016... #3023	значения привязок для инструмента T127 в радиусном выражении для всех осей;	чт-е/запись
#3101... #3499	значения радиусов для инструмента T1...T499;	чт-е/запись

пере- менная	описание	доступ
1	2	3
#4000... #4999	Обмен данными между драйвером энергонезависимой памяти электроавтоматики	чт-е/запись
#5000... #5999	Оперативные переменные. Возможность устанавливать значения переменных в диалоговом окне оператором, перед запуском УП. (необходим доп. модуль «Оперативные переменные»).	чт-е/запись
#6000... #6007	значения привязок для инструмента T128 в радиусном выражении для всех осей;	чт-е/запись
#6008... #6015	значения привязок для инструмента T129 в радиусном выражении для всех осей; ... и т.д. со смещением на 8 для каждого следующего инструмента. Всего 372 инструмента.	чт-е/запись
	...	
#8968... #8975	значения привязок для инструмента T499 в радиусном выражении для всех осей;	чт-е/запись
#9008... #9015	значения коррекций привязок для инструмента T1 для всех осей;	чт-е/запись
#9016... #9023	значения коррекций привязок для инструмента T2 для всех осей; ... и т.д. со смещением на 8 для каждого следующего инструмента. Всего 500 инструментов.	чт-е/запись
	...	
#12992 ... #12999	значения коррекций привязок для инструмента T499 для всех осей;	чт-е/запись
#13001 ... #13499	значения коррекций радиусов для инструмента T1...T499;	чт-е/запись

9.3 Выражения

Комбинация знаков операций и операндов, заключенная в круглые скобки, результатом которой является реальное значение, называется выражением. Знаки операций определяют действия, которые должны быть выполнены над операндами. Каждый операнд в выражении в свою очередь может быть выражением, представляющим реальное значение. Значение выражения зависит от расположения знаков операций, а также от приоритетов операций.

Операнд – это реальное число (константа), переменная или выражение.

Операции подразделяются на унарные и бинарные операции.

9.3.1 Унарные операции

Унарное выражение состоит из заключенного в круглые скобки операнда с предшествующим знаком унарной операции. Все операнды и результаты унарных операций с угловыми величинами обрабатываются как значения в градусах.

Таблица 6. Перечень унарных операций

Унарная операция	Описание
ABS(операнд)	Абсолютное значение
COS(операнд)	Косинус
ACOS(операнд)	Арккосинус операнда от -1 до 1
SIN(операнд)	Синус
ASIN(операнд)	Арксинус операнда от -1 до 1
TAN(операнд)	Тангенс
ATAN(операнд1)/(операнд2)	Арктангенс операнд1/операнд2
EXP(операнд)	Экспонента $e^{\text{операнд}}$
FIX(операнд)	Округление до меньшего целого
FUP(операнд)	Округление до большего целого
LN(операнд)	Натуральный логарифм
ROUND(операнд)	Округление до ближайшего целого
SQRT(операнд)	Корень квадратный

9.3.2 Бинарные операции

Бинарное выражение состоит из двух операндов, разделенных знаком бинарной операции.

Таблица 7. Перечень бинарных операций

Бинарная операция	Описание
**	Возведение в степень
*	Умножение
/	Деление
MOD	Остаток деления $f = x \text{ MOD } y$ Где $x = ay + f$ для целого a и $0 < f < y$
+	Сложение
-	Вычитание
=	Присвоение
AND	Логическое И
OR	Логическое ИЛИ
XOR	Логическое ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
==	Логическое РАВНО
<>	Логическое НЕ РАВНО
<	Логическое МЕНЬШЕ
<=	Логическое НЕ БОЛЬШЕ
>	Логическое БОЛЬШЕ
>=	Логическое НЕ МЕНЬШЕ

Результат логических операций всегда имеет значения только 0 или 1.

9.3.3 Порядок вычисления выражения

Обработка операторов в выражении производится слева направо с учетом приоритета операторов. В первую очередь обрабатываются бинарные операторы умножения, деления, возведения в степень и получения остатка от деления. Если в выражении встречается операнд-выражение, то сначала производится его вычисление. Например:

```
N5 #1=10 #2=20 #3=30 #4=40
N10 G90 G0 X#1 Z#2 #1=(#1+#3) #2=(#2+#4) $ X10 Z20 #1=40 #2=60
N15 X#1 Z#2 $ X40 Z60
N20 #5=(#4/2+15*(#3>#4)) $ #5=20
N25 #5=(#4/2+15*(#3<#4)) $ #5=35
N30 X#1=(ABS(#3-#4)+#5=(40.78*#2)) $ #5=815.6 #1=825.6 X825.6
```

9.4 Управление ходом выполнения программы

Для управления ходом выполнения программы могут использоваться команды условного выполнения и команды перехода на указанный кадр (метку).

9.4.1 Команда перехода на метку

Команда перехода на метку предназначена для обеспечения пропуска блока кадров или возврат к пройденному кадру. Переход может быть осуществлен только на кадр, имеющий метку.

Меткой является слово **N** (номер кадра) оформленное определенным образом. Для того чтобы система ЧПУ рассматривала слово **N** как метку, значение номера кадра должно начинаться с символа «0». Например:

```
N5... $кадр номер 5, не метка, невозможен переход на этот кадр
...
N010... $кадр номер 10, метка, возможен переход на этот кадр
```

В каждой программе/подпрограмме может быть определено не более 127 меток. Переход на метку, находящуюся вне пределов текущего уровня вложенности (за пределы программы/подпрограммы) невозможен.

Для выполнения перехода на метку используется слово **N**, когда оно *не является первым словом в кадре*. Например:

```
N5 G1 X0 Z0 F50
N010 Z-10.5
      Z0
...
      U5 N10 $переход на кадр №10 после выполнения команды U5
N25 G0 X100
```

В данном примере кадр №25 никогда не будет достигнут, т.к. задан бесконечный цикл от кадра №10 до кадра №20. Данный пример не имеет практического применения. Команда перехода имеет смысл при использовании ее совместно с командой условного выполнения для организации циклов и ветвления программы.

9.4.2 Команда условного выполнения

Команда условного выполнения выглядит следующим образом:

<команды1> IF<точность> (условное_выражение) команды2

Обработка такого кадра выполняется в следующем порядке:

- выполняются **<команды1>** (если присутствуют)
- если **(условное_выражение)** истинно – т. е. не равно нулю с точностью **<точность>** знаков после запятой, выполняются **<команды2>**, иначе происходит переход к следующему кадру.
- если необязательный параметр **<точность>** опущен, подразумевается максимальная точность

В условном выражении допускается использовать любые выражения. Например:

```
IF3 (#1>=#2) #1=(#1-0.5) N1
```

если п.№1 больше п.№2 с точностью 3 знака после запятой— уменьшить п.№1 на 0.5 и перейти на кадр №1;

```
IF (#30) #30=(#30-1)
```

если №30 не равна нулю, уменьшить пер.№30 на 1;

```
IF (#30<>0) #30=(#30-1)
```

аналогично предыдущему;

```
N20 G1 X0 Z100 F500 IF ((#1-#2)>0) Z0
```

если разность п.№1 и п.№2 больше нуля— линейная интерполяция в точку X0 Z0, иначе— линейная интерполяция в точку X0 Z100.

10 Циклы и подпрограммы

В системе реализован единый механизм поддержки циклов и подпрограмм. С точки зрения программирования постоянные циклы есть подмножество подпрограмм, имеющим два отличия от подпрограммы в оформлении и обработке. Для передачи параметров в циклы и подпрограммы, а также для возврата значений из циклов и подпрограмм в вызывающую программу используются переменные.

10.1 Подпрограммы

Если имеется постоянная последовательность операций или повторяющаяся много раз типовая часть в программе, то можно оформить эту часть как подпрограмму.

Если считать вызов подпрограммы от главной программы однократным, то можно использовать максимально пятикратный вызов, т.е. уровень вложенности подпрограмм составляет 5.

Подпрограмма создается как обычная программа с именем *nn*, где *nn* – двузначный номер подпрограммы, при этом ведущий ноль опускать не допускается. Для возврата из подпрограммы необходимо использовать команду *M99*.

Подпрограмма вызывается следующим образом:

Lnnrr или **Lnn**

где *nn* – номер подпрограммы

rr – число повторений вызова, если опущено – однократный вызов.

После вызова будет обрабатываться подпрограмма с именем *nn*. Вызов будет повторяться *rr* раз. Допускается программировать вызов подпрограммы в кадре с другой управляющей информацией, при этом вызов подпрограммы будет произведен после обработки всех других команд в кадре.

Подпрограмма должна храниться на внутреннем постоянном носителе в отдельном файле с именем *nn*, находящемся либо в одном каталоге с вызывающей программой (в текущем каталоге), либо в каталоге */mroot/main/system* (в системном каталоге). При обращении к подпрограмме СЧПУ сначала просматривает текущий каталог, и, если файл подпрограммы там не находит, то просматривает системный каталог. Если файл подпрограммы в текущем и в системном каталоге отсутствует, то СЧПУ выдаёт сообщение об ошибке. Например, если в программе происходит обращение к подпрограмме 15 (кадр *L15*), то текст подпрограммы должен храниться в файле с именем 15. Если файл 15 находится и в текущем, и в системном каталоге, то подпрограмма берётся из файла в текущем каталоге.

10.2 Постоянные циклы

Обработка постоянного цикла в конце кадров с перемещением задается функциями *G81...89*. Отмена обработки постоянного цикла выполняется заданием функции *G80*. Управляющий код постоянного цикла создается как подпрограмма (см. выше) с именем *nn*, где *nn* – двузначный номер *81...89*.

Постоянные циклы включаются функциями *G81...89* следующим образом:

Gnn

где *nn* – номер цикла (*81...89*)

Следует программировать включение цикла в кадре с командами перемещения, при этом вызов цикла будет произведен после обработки всех команд в кадре. До отмены цикла командой *G80* управляющий код постоянного цикла будет

выполняться в каждом кадре, где задано перемещение, даже если задана нулевая величина перемещения.

Управляющий код постоянных циклов G81...89 должен храниться на внутреннем постоянном носителе в системном каталоге в отдельных файлах с именами 81...89. Поскольку постоянные циклы оформлены как подпрограммы, то при обращении к циклу поиск файла с управляющим кодом осуществляется в такой же последовательности, как и для подпрограмм: сначала в текущем, а затем в системном каталоге. Например, если программа обращается к постоянному циклу G85, а файл 85 не существует в текущем каталоге, то управляющий код цикла будет взят из файла из текущего каталога, т. е. произойдет подмена цикла. Описанный механизм подмены можно использовать в случаях, когда необходимо использовать пользовательский цикл вместо стандартного. Однако, если предполагается использовать только стандартные циклы, то во избежание их подмены использовать подпрограммы L81...89 запрещено.

10.3 Примеры постоянных циклов (G81 – G89)

В СЧПУ WL4(5) пользователи сами могут составить постоянные циклы G81...89, которые применяются для сверления, расточки, нарезания резьбы метчиком и других видов обработки, с помощью функций подпрограммы таким образом, чтобы они были удобными при использовании. Для этого можно воспользоваться описанным выше механизмом подмены циклов, однако можно разработать и собственные версии стандартных циклов. Ниже приводятся тексты подпрограмм 81...89 для постоянных циклов, которые могут быть примерами для пользователя при составлении таких подпрограмм. В этих примерах необходимо обратить внимание на следующие пункты:

- Положения точки начала рабочего движения и днища задаются переменными #2 и #3 в абсолютных координатах;
- При возврате к главной программе необходимо, чтобы были выработаны режимы G0, G90;
- Время паузы задается переменной #4;
- Шаг сверления задается переменной #5.

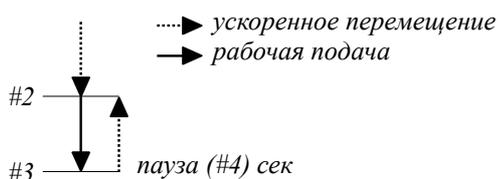
10.3.1 G81 (Цикл сверления, цикл точечной расточки)

```
%81
G0G90Z#2
G1G9Z#3
G0Z#2
M99
%%
```



10.3.2 G82 (Цикл сверления, цикл зенкования)

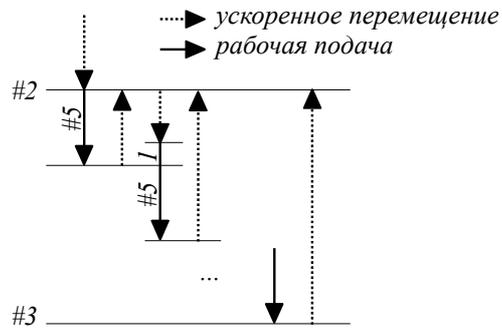
```
%82
G0G90Z#2
G1G9Z#3
G4X#4
G0Z#2
M99
%%
```



10.3.3 G83 (Цикл глубокого сверления)

```

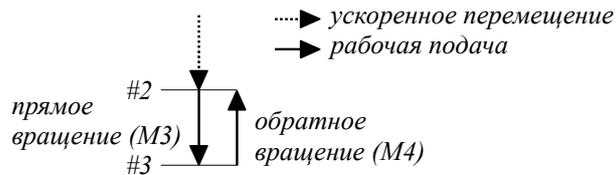
%83
G90 #10=#2 #11=#2
N01 IF (#11= (#11-#5) <=#3) #11=#3
G0Z#10
G1G9Z#11
G0Z#2
#10= (#11+1)
IF (#11>#3) N1
M99
%%
    
```



10.3.4 G84 (Цикл нарезания резьбы метчиком)

```

%84
G0G90Z#2
G1G63Z#3
M4
Z#2
G0G64M3
M99
%%
    
```



10.3.5 G85 (Цикл расточки)

```

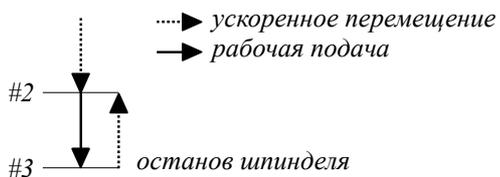
%85
G0G90Z#2
G1G9Z#3
Z#2
G0
M99
%%
    
```



10.3.6 G86 (Цикл расточки с остановом шпинделя)

```

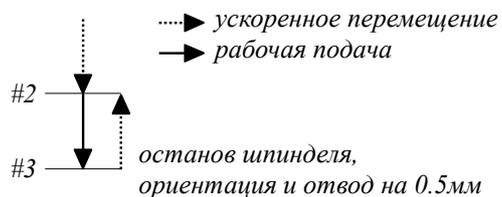
%86
G0G90Z#2
G1Z#3
M5
G0Z#2
M3
M99
%%
    
```



10.3.7 G87 (Цикл расточки с ориентацией и отводом)

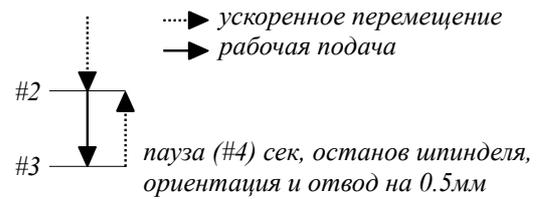
```

%87
#10=#117 $сохранение M41-M43
G0G90Z#2
G1Z#3
M5M40M19 $ориентация
G0U0.5 $отвод
Z#2
M#10M3 $восстановление M41-M43
M99
%%
    
```



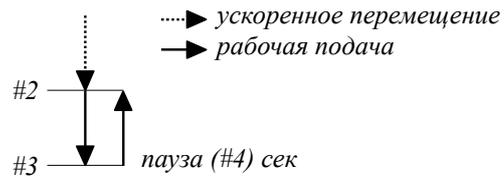
10.3.8 G88 (Цикл расточки с паузой, ориентацией и отводом)

```
%88
#10=#117 $сохранение M41-M43
G0G90Z#2
G1Z#3
G4X#4
M5M40M19 $ориентация
G0U0.5 $отвод
Z#2
M#10M3 $восстановление M41-M43
M99
%%
```



10.3.9 G89 (Цикл расточки с паузой)

```
%89
G0G90Z#2
G1Z#3
G4X#4
Z#2
G0M99
%%
```



11 Встроенные технологические циклы

Встроенные технологические циклы в СЧПУ WL4(5) подразделяются на универсальные (G76,77,78) и открытые (G31,70...78). Универсальные циклы являются внутрисистемными и отличаются системой от одноимённых открытых циклов G76...78 по содержанию кадра.

Открытые циклы, в отличие от универсальных, оформлены в виде системной подпрограммы 1, хранящейся в системном каталоге. При обращении к какому-либо открытому циклу фактически происходит обращение к подпрограмме 1, в которую через системную переменную #108 передаётся номер цикла (31,70...79). Открытые циклы могут быть изменены пользователем, для чего можно воспользоваться описанным выше механизмом подмены циклов — поместить свой управляющий код в файл 1 или 01 в текущем каталоге. Однако можно разработать и собственные версии открытых циклов, для чего нужно поместить свой управляющий код в файл 1 в системном каталоге. В случае, если предполагается использовать только стандартные циклы, то, во избежание их подмены, использовать подпрограмму L1 запрещено, а файлы с именами 1 или 01 не должны находиться в текущем каталоге.

Не следует путать встроенные технологические циклы, которые выполняются один раз когда они указаны командой G, и постоянные циклы (G81...89), которые выполняются в конце каждого кадра с перемещением до отмены командой G80.

11.1 G76 – универсальный цикл приближения

Универсальный цикл G76 предназначен для обработки участка заготовки, приближённо повторяющей требуемый контур детали с припуском (например, поковка или отливка). В зависимости от способа задания, каждый проход цикла либо повторяет заданный контур либо с линейным сдвигом по осям, либо по эквидистанте, с каждым проходом приближаясь к заданному контуру на шаг резания. Цикл используется как для черновой, так и для чистовой обработки.

11.1.1 Черновой цикл линейного приближения

G76 [G41|G42] G1|G0 X Z P Q I K U W E [TSFM]

P Q— номера начального и конечного кадров блока, программирующего контур участка детали. Блок кадров, описывающих контур участка детали, может находиться в любом месте управляющей программы. В кадрах могут использоваться G-коды только группы 1 (кроме G32 и G33), группы 3 и группы 8. Использование других G-кодов приводит к ошибке “запрещённый код G”.

G1|G0— X Z – координаты начала первого кадра блока P-Q. G1|G0 определяет, будет ли врезание на проход выполняться на рабочей подаче или на холостом ходу.

G41|G42— включение коррекции радиуса инструмента.

I K— величины и направления припуска на чистовую обработку по осям X и Z, на радиус, с учётом знака

U W— величины и направления начального припуска заготовки по осям X и Z, на радиус, с учётом знака.

E— глубина резания на проход, положительная, на радиус

T,S,F,M— коды инструмента, шпинделя, подачи, M-команды.

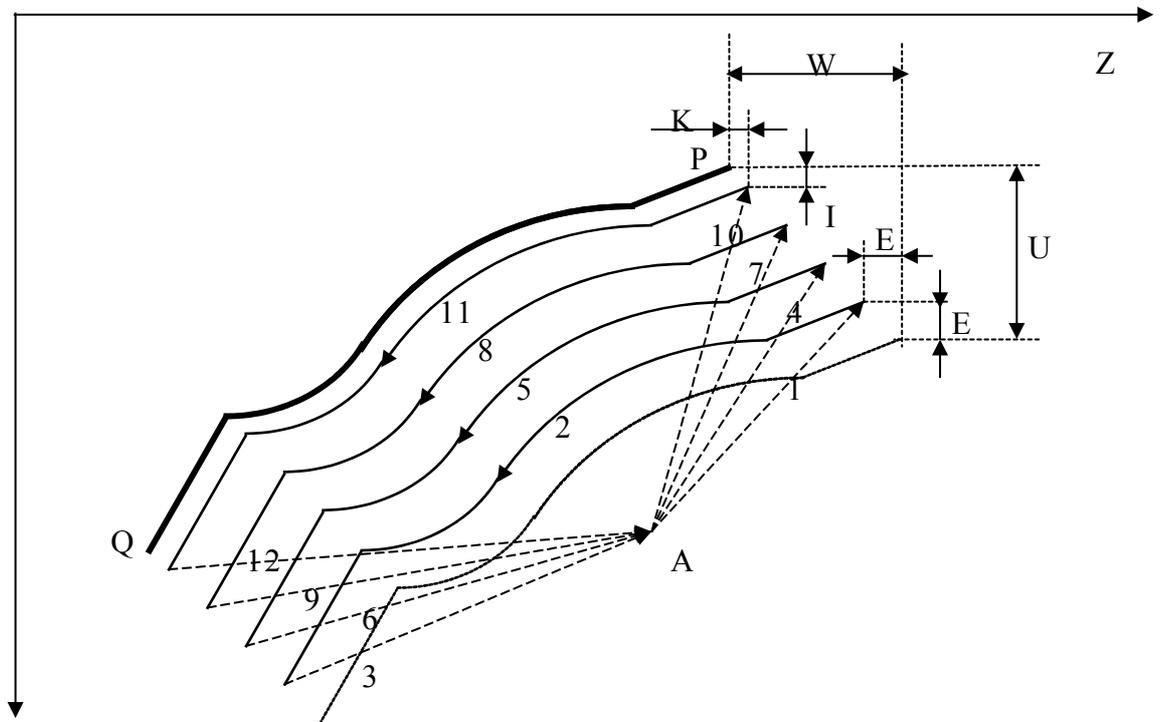


Рис.8. Черновой цикл линейного приближения G76.

Адреса, указанные в квадратных скобках не являются обязательными. После выполнения цикла программа продолжается со следующего за командой цикла кадра из точки начала цикла. Подача F действует только в пределах цикла. Значения адресов F S T M заданные в кадрах от P до Q игнорируются.

11.1.2 Черновой цикл эквидистантного приближения

В некоторых случаях черновая обработка с линейным приближением, задаваемым смещением контура по осям, не может быть осуществлена. Например, если контур закрытый, то возможно использование припуска только по одной оси, при этом припуск по второй оси для вертикальных стенок закрытых зон задать невозможно. Эта проблема решается путём задания эквидистантного приближения.

G76 G41|G42 G1|G0 X Z P Q R C E

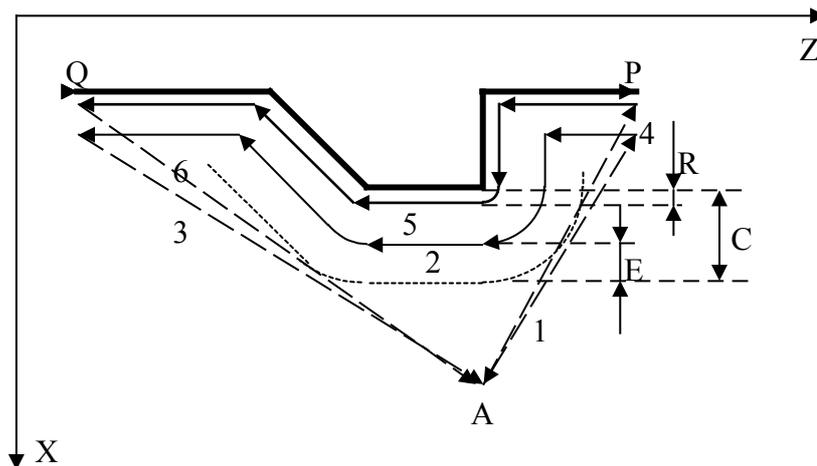


Рис.9. Черновой цикл эквидистантного приближения G76.

Цикл аналогичен черновому циклу линейного приближения за исключением того, что

- 1) вместо задания величины и знака припуска на чистовую обработку по осям в адресах I K используется адрес R для задания величины эквидистантного припуска на чистовую обработку;
- 2) вместо задания величины и знака начального припуска заготовки по осям в адресах U W используется адрес C для задания величины эквидистантного начального припуска.

Направление припуска определяется исходя из кода включения коррекции радиуса инструмента G41 (припуск слева по ходу движения) или G42 (припуск справа по ходу движения). Задание G41|G42 обязательно. По окончании цикла коррекция на радиус инструмента отключается автоматически.

11.1.3 Чистовой цикл приближения

Для чистовой обработки детали после черновой обработки заготовки циклом приближения используется команда

G76 [G41|G42] G1|G0 X Z P Q [IK] | [R] [TSFM]

Как видно из команды, отличие от команд черновых циклов заключается в отсутствии задания глубины резания на проход E и начального припуска заготовки UW или C. Выполняется один проход по заданному контуру с возможностью задания припуска— линейного (IK) или эквидистантного (R), и учёта коррекции радиуса инструмента с возвратом в точку начала цикла. Значения адресов F S T M заданные в кадрах от P до Q игнорируются.

11.2 G77 – универсальный продольный цикл

Универсальный продольный цикл предназначен для получения участка детали по заданному контуру путём обработки заготовки продольным резанием вдоль оси Z. Цикл может использоваться как для черновой, так и для чистовой обработки. Перед вызовом цикла коррекция радиуса инструмента должна быть включена и инструмент должен быть позиционирован в точку начала цикла A таким образом, чтобы направление от точки A до точки начала запрограммированного контура P по оси X соответствовало направлению, в котором будет осуществляться врезание на проход, рис.10. Включение коррекции радиуса инструмента допускается в команде вызова цикла, коррекция будет активна при выполнении цикла и будет автоматически выключена по его окончании.

11.2.1 G77 - черновой продольный цикл по заданному контуру с линейным припуском

G77 P Q [G41|G42] G1|G0 X[Z] [I][K] E [TSFM]

P Q— номера начального и конечного кадров блока, программирующего контур детали. Блок кадров, описывающих контур детали, может находиться в любом месте управляющей программы и не должен превышать 200 кадров. В кадрах могут использоваться G-коды только группы 1 (кроме G32 и G33), группы 3 и группы 8. Использование других G-кодов приводит к ошибке “запрещённый код G”. Контур детали может содержать закрытые зоны (немонотонность по оси X), единственным условием является монотонность контура по оси Z.

G1|G0— X Z – координаты начала первого кадра блока P-Q. G1|G0 определяет, будет ли врезание на проход выполняться на рабочей подаче или на холостом ходу.

G41|G42— включение коррекции радиуса инструмента.

I K— величины и направления припуска на чистовую обработку по осям X и Z, на радиус, с учётом знака

E— глубина резания на проход, положительная, на радиус
T,S,F,M— коды инструмента, шпинделя, подачи, M-команды.

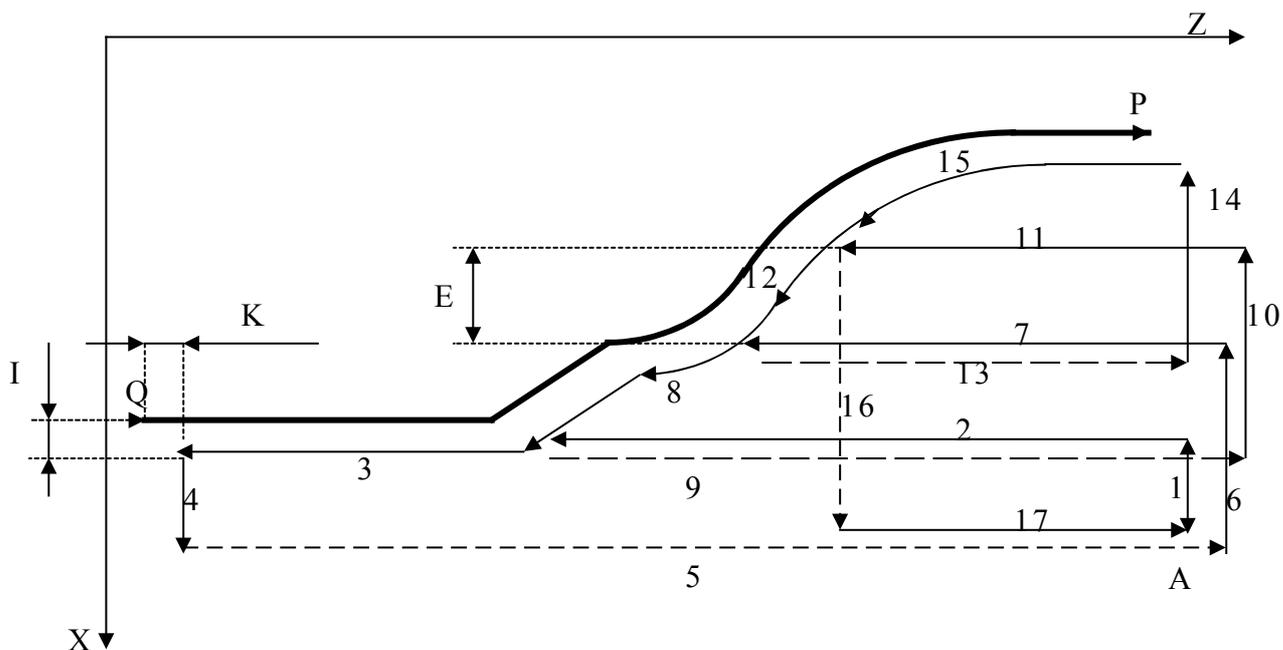


Рис.10. Черновой продольный цикл с линейным прпуском G77.

Адреса, указанные в квадратных скобках не являются обязательными. После выполнения цикла программа продолжается со следующего за командой цикла кадра из точки начала цикла. Подача F действует только в пределах цикла. Значения адресов F S T M заданные в кадрах от P до Q игнорируются. Например:

```
%TEST_G77_1
...
N9 G0 X50 Z45 $позиционирование в точку A начала цикла
N10 G77 G0 X2 Z45 P120 Q124 I0.5 K0.5 E2 F0.7 S500 M3
...
N120 G1 Z40 F0.3
N121 G3 X22 Z25 R25
N122 G2 X35 Z20 R8
N123 G1 X45 Z14
N124 Z5
M2 $ конец программы
%%
```

Врезание на глубину прохода и выход на глубину предыдущего прохода выполняется по заданному контуру, отход от контура для позиционирования в току начала следующего прохода выполняется на ускоренном ходу как показано на рис.11.

Цикл работает во всех четырёх квадрантах плоскости, рис.12. Последовательность обработки закрытых зон показана на рис.13. Количество закрытых зон на контуре неограниченно.

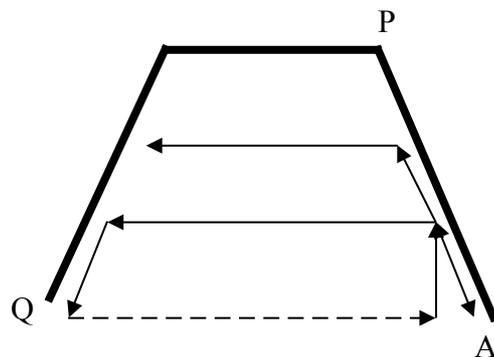


Рис.11. Подход к контуру

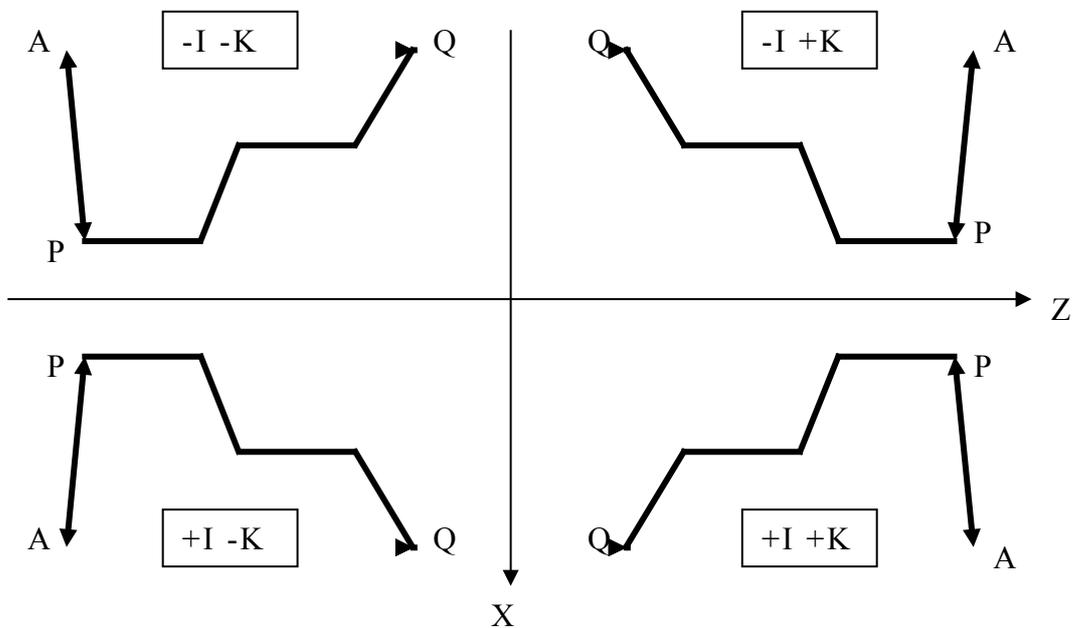


Рис.12. Черновой продольный цикл в различных квадрантах плоскости

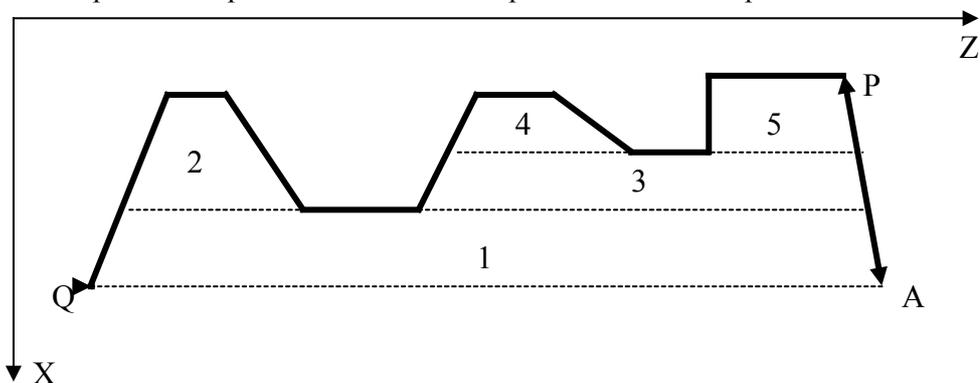


Рис.13. Последовательность обработки открытых зон

11.2.2 G77 - черновой продольный цикл по заданному контуру с эквидистантным припуском

В некоторых случаях черновая обработка с линейным припуском, задаваемым смещением контура по осям, не может быть осуществлена. Например, если контур закрытый, то возможно использование припуска только по оси X, при этом припуск по оси Z для задних вертикальных стенок закрытых зон задать невозможно, рис.14. Эта проблема решается путём задания эквидистантного припуска.

G77 P Q G41|G42 G1|G0 X[Z] R E [TSFM]

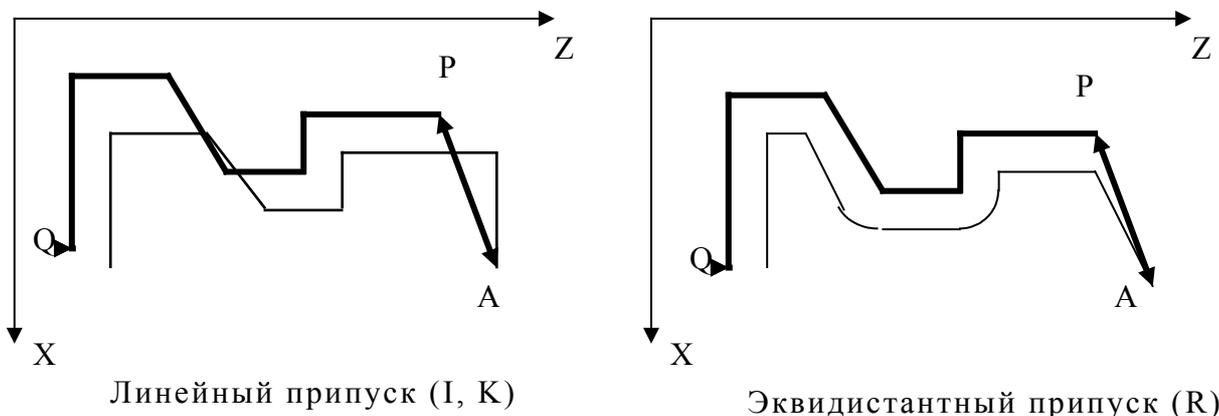


Рис.14. Линейный и эквидистантный припуск

Цикл аналогичен черновому продольному циклу по заданному контуру с линейным припуском за исключением того, что вместо задания величины и знака припуска по осям в адресах I K используется адрес R для задания величины эквидистантного припуска. Направление припуска определяется исходя из кода включения коррекции радиуса инструмента G41 (припуск слева по ходу движения) или G42 (припуск справа по ходу движения). Задание G41|G42 обязательно. По окончании цикла коррекция на радиус инструмента отключается автоматически.

11.2.3 G77 - чистовой продольный цикл по заданному контуру

Для чистовой обработки детали после черновой обработки заготовки черновым продольным циклом используется команда

G77 PQ [G41|G42] G1|G0 X[Z] [IK]||[R] [TSFM]

Как видно из команды, отличие от команд черновых циклов заключается в отсутствии задания глубины резания на проход E. Выполняется один проход по заданному контуру с возможностью задания припуска (линейного или эквидистантного) и учёта коррекции радиуса инструмента с возвратом в точку начала цикла.

Значения адресов F S T M заданные в кадрах от P до Q игнорируются.

Таким образом, полная обработка заготовки для получения чистового контура участка детали может выглядеть следующим образом:

```
%TEST_G77
...
N10 G0 Z100      $позиционирование в точку смены инструмента
N11 T1 M6        $смена инструмента
N12 G0 X50 Z45   $позиционирование в точку А начала цикла
$ --Черновой продольный цикл с эквидистантным припуском
N13 G77 G41 G0 X2 Z45 P120 Q124 R0.5 E2 F0.5 S500 M3
N14 G0 Z100      $позиционирование в точку смены инструмента
N15 T2 M6        $смена инструмента
N16 G0 X10 Z45   $позиционирование в точку А начала цикла
$ --Первый чистовой проход с эквидистантным припуском
N11 G77 G41 G0 X2 Z45 P120 Q124 R0.2 F0.3 S700
$ --Второй чистовой проход без припуска
N12 G77 G41 G0 X2 Z45 P120 Q124 F0.1 S800
...
M2              $ конец программы
N120 G1 Z40
N121 G3 X22 Z25 R25
N122 G2 X35 Z20 R8
N123 G1 X45 Z14
N124 Z5
%%
```

11.3 G78 – универсальный поперечный цикл

Универсальный поперечный цикл предназначен для получения участка детали по заданному контуру путём обработки заготовки поперечным резанием вдоль оси X. Цикл может использоваться как для черновой, так и для чистовой обработки. Перед вызовом цикла коррекция радиуса инструмента должна быть выключена и инструмент должен быть позиционирован в точку начала цикла А таким образом, чтобы направление от точки А до точки начала запрограммированного контура Р по оси Z соответствовало направлению, в котором будет осуществляться врезание на проход, рис.15. Включение коррекции радиуса инструмента допускается в команде вызова цикла, коррекция будет активна при выполнении цикла и будет автоматически выключена по его окончании.

Цикл аналогичен циклу G77 за исключением того, что точение производится параллельно оси X и заданный контур детали должен быть монотонным по оси X.

11.3.1 G78 - черновой поперечный цикл по заданному контуру с линейным припуском

G78 P Q [G41|G42] G1|G0 [X]Z [I][K] E [TSFM]

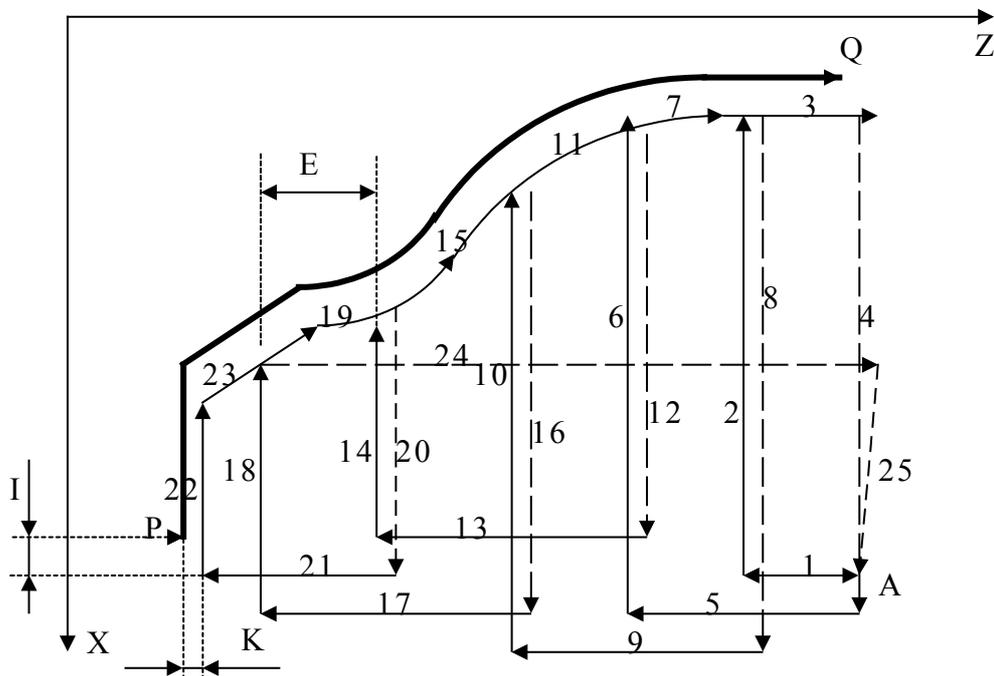


Рис.15. Черновой поперечный цикл с линейным припуском G77.

Способ задания цикла полностью аналогичен заданию чернового продольного цикла с линейным припуском, все аргументы цикла имеют тот же смысл. Контур детали P—Q может содержать закрытые зоны (немонотонность по оси Z), единственным условием является монотонность контура по оси X. Цикл работает во всех четырёх квадрантах плоскости. Следует обратить внимание на направление запрограммированного контура, точка P— начало первого запрограммированного кадра контура, точка Q— конец последнего запрограммированного кадра контура.

11.3.2 G78 - черновой поперечный цикл по заданному контуру с эквидистантным припуском

G78 P Q G41|G42 G1|G0 [X]Z R E [TSFM]

Цикл аналогичен черновому поперечному циклу по заданному контуру с линейным припуском за исключением того, что вместо задания величины и знака припуска по осям в адресах I K используется адрес R для задания величины эквидистантного припуска. Направление припуска определяется исходя из кода включения коррекции радиуса инструмента G41 (припуск слева по ходу движения) или G42 (припуск справа по ходу движения). Задание G41|G42 обязательно. По окончании цикла коррекция на радиус инструмента отключается автоматически.

11.3.3 G78 - чистовой поперечный цикл по заданному контуру

Для чистовой обработки детали после черновой обработки заготовки черновым поперечным циклом используется команда

G78 P Q [G41|G42] G1|G0 [X]Z [I] [K] [R] [TSFM]

Как видно из команды, отличие от команд черновых циклов заключается в отсутствии задания глубины резания на проход E. Выполняется один проход по заданному контуру с возможностью задания припуска (линейного или эквидистантного) и учёта коррекции радиуса инструмента с возвратом в точку начала цикла.

Значения адресов F S T M заданные в кадрах от P до Q игнорируются.

Полная обработка заготовки для получения чистового контура участка детали может выглядеть следующим образом:

```
%TEST_G78
...
N10 G0 Z100      $позиционирование в точку смены инструмента
N11 T1 M6        $смена инструмента
N12 G0 X100 Z40  $позиционирование в точку A начала цикла
$ --Черновой продольный цикл с эквидистантным припуском
N13 G78 G42 G0 X100 Z5 P120 Q124 R0.5 E2 F0.5 S500 M3
N14 G0 Z100      $позиционирование в точку смены инструмента
N15 T2 M6        $смена инструмента
N16 G0 X10 Z40   $позиционирование в точку A начала цикла
$ --Первый чистовой проход с эквидистантным припуском
N11 G78 G42 G0 X100 Z5 P120 Q124 R0.2 F0.3 S700
$ --Второй чистовой проход без припуска
N12 G78 G42 G0 X100 Z5 P120 Q124 F0.1 S800
...
M2              $ конец программы
N120 G1 X90
N121 G1 X80 Z12
N122 G3 X70 Z20 R10
N123 G2 X50 Z35 R18
N124 Z40
%%
```

11.4 G31 – многопроходный цикл резьбонарезания

Открытый цикл G31 предназначен для нарезания резьбы с автоматическим распределением припуска по проходам. Шаг резьбы выдерживается для оси, имеющей большее перемещение при резьбовом движении. Цикл G31 имеет формат:

G31 α---- β---- F--- P--- I--- #1=--- #2=--- #3=--- #4=--- #5=---

где:

α— координата наружного диаметра резьбы X, или смещение до него U;

β— координата конечной точки резьбы Z, или смещение до нее W;

F— шаг резьбы для оси с большим перемещением;

P— фаза начальной синхронизации 0-359.999 градусов;

I— приращение шага на оборот;

#1=... — глубина резьбы, положительная, на радиус, в приращениях;

#2=... — глубина резания за один проход, положительная, на радиус, в приращениях;

#3=... — конусность, положительная, на диаметр, в приращениях;

#4=... — угол врезания, положительный, в градусах;

#5=... — модуль катета конечного сбega, положительный;

Схема работы цикла G31 показана на рис.16 Движение начинается из точки A (точка начала цикла) на скорости ускоренных перемещений в точку B (B' при ненулевом угле врезания #4). В точке B после совпадения фазы шпинделя с фазой, заданной параметром P, начинается резьбовое движение в направлении точки C. Сбег резьбы #5 также является резьбовым движением. По окончании сбega производится отвод резца в точку D и возврат в точку начала цикла A на

резьбы будет выполняться в сторону оси шпинделя а задание конусности приводит к уменьшению диаметра резьбы при резьбовом движении.

Распределение припуска по проходам при нарезании резьбы изображено на рис.17. Глубина резания, заданная параметром #2, остается постоянной до тех пор, пока текущий припуск не станет меньше или равен удвоенной глубины резания. Затем устанавливается глубина резания, равная разности А между текущим припуском и заданной глубиной резания #2. После этого припуск распределяется на четыре прохода, глубина резания на которых соответственно будет #2/2, #2/4, #2/8, #2/8.

Следует помнить, что при выполнении резьбовых движений ручные регуляторы процентного изменения подачи и частоты вращения шпинделя блокируются системой ЧПУ, при этом их значения принимаются равными 100%. Команды СТОП ПРОГРАММЫ и СТОП ПОДАЧИ от пульта ручного управления блокируются и их выполнение откладывается до окончания резьбового движения.

11.5 G76 — альтернативный многопроходный цикл резьбонарезания

Открытый цикл многопроходного резьбонарезания G76 аналогичен циклу G31 и предназначен для нарезания резьбы с автоматическим распределением припуска по проходам. Цикл G76 аналогичен циклу G31, но отличается более рациональным распределением снимаемого припуска по проходам и позволяет выбрать способ обработки. Цикл G76 имеет формат:

G76 α---- β---- F--- P--- I--- #1=--- #2=--- #3=--- #4=--- #5=--- #6=--- #7=--- #8=--- #9=---

где:

α— координата наружного диаметра резьбы X, или смещение до него U;

β— координата конечной точки резьбы по Z, или смещение до нее W;

F— шаг резьбы для оси с большим перемещением;

P— фаза начальной синхронизации 0...359.999°;

I— приращение шага на оборот;

#1=...— глубина резьбы, положительная, на радиус, в приращениях;

#2=...— глубина резания за первый проход, положительная, на радиус, в приращениях;

#3=...— конусность, на диаметр, в приращениях;

#4=...— угол резца, положительный, в градусах;

#5=...— модуль катета конечного сбег, положительный;

#6=...— глубина резания на последнем проходе;

#7=...— припуск на чистовой проход;

#8=...— количество чистовых проходов;

#9=...— способ обработки 1 или 2.

Схема работы цикла G76 показана на рис.18. Движение начинается из точки А (точка начала цикла) на скорости ускоренных перемещений в точку В. В точке В после совпадения фазы шпинделя с фазой, заданной в параметре P начинается резьбовое движение в направлении точки С. Сбег с резьбы также является резьбовым движением. По окончании сбег производится ускоренное перемещение в точку D, и затем возврат в начальную точку цикла на скорости ускоренных перемещений. Исходную точку цикла необходимо выбирать так, чтобы она отстояла от тела детали по оси X на 3...5мм, а по оси Z на 1...3 шага резьбы.

Если F опущен, то предполагается задание шага, равного текущему значению F.

Если Р опущен, то предполагается задание P0 (фаза 0°). Допускается задание фазы синхронизации в пределах 0°-360° с шагом 0.001°.

Если I опущен, то предполагается задание I0 (постоянный шаг резьбы). Допускается задание как положительного, так и отрицательного значения приращения шага резьбы.

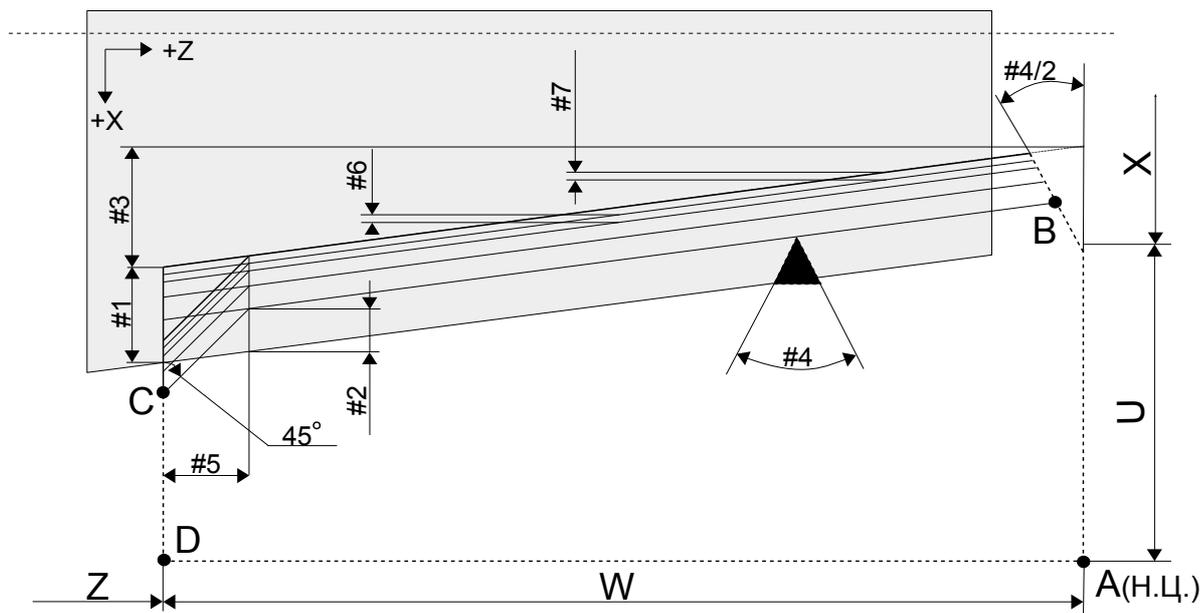


Рис.18. Схема работы цикла G76

Параметры цикла #1,2,3,4,5,6,7,8,9 могут не указываться в кадре с G76. В этом случае будут использованы текущие значения соответствующих переменных.

Значение переменной #2 (глубина первого прохода) равно нулю означает, что резьба режется за один проход.

Если значение переменной #1 (глубина резьбы) равно значению переменной #2 (глубина первого прохода) так же означает, что резьба режется за один проход..

Значение переменной #3 (конусность) равно нулю означает задание нулевой конусности (цилиндрическая резьба).

Значение переменной #4 (угол резца) должно задаваться в пределах от 15° до 79.999°.

Значение переменной #5 равно нулю означает отсутствие концевого сбег с резьбы и не рекомендуется. При нулевом значении концевого сбег #5 по достижении конечной точки резьбового прохода производится отвод инструмента на скорости ускоренных перемещений.

Значение переменной #6 (глубина последнего прохода) не может быть больше #2 (глубина первого прохода).

Если начальный диаметр резьбы больше диаметра начальной точки цикла, то это означает задание цикла нарезания «внутренней» резьбы, при этом сбег с резьбы будет выполняться в сторону оси шпинделя а задание конусности приводит к уменьшению диаметра резьбы при резьбовом движении.

Величина припуска по проходам распределяется по закону геометрической прогрессии:

$$\Delta_i = \Delta_n \frac{1 - q^i}{1 - q^n}$$

где i — номер прохода, n — количество проходов, q — знаменатель прогрессии, Δ_i — припуск, снимаемый на i -м проходе, Δ_n — суммарный снимаемый припуск. Количество проходов определяется по величинам припусков, снимаемых на пер-

вом (#2) и последнем (#6) проходе с округлением до целого. Поэтому реальные значения первого и последнего прохода могут отличаться от заданных до 20%. Однако для чистового прохода (#7) всегда оставляется строго запрошенный припуск. Чистовой проход выполняется количество раз, заданных в #8 по одной и той же траектории. Так как чистовой проход является формообразующим, съём припуска всегда производится и передней и задней кромкой резца. Способы обработки, определяемые параметром #9, показаны на рис.19.

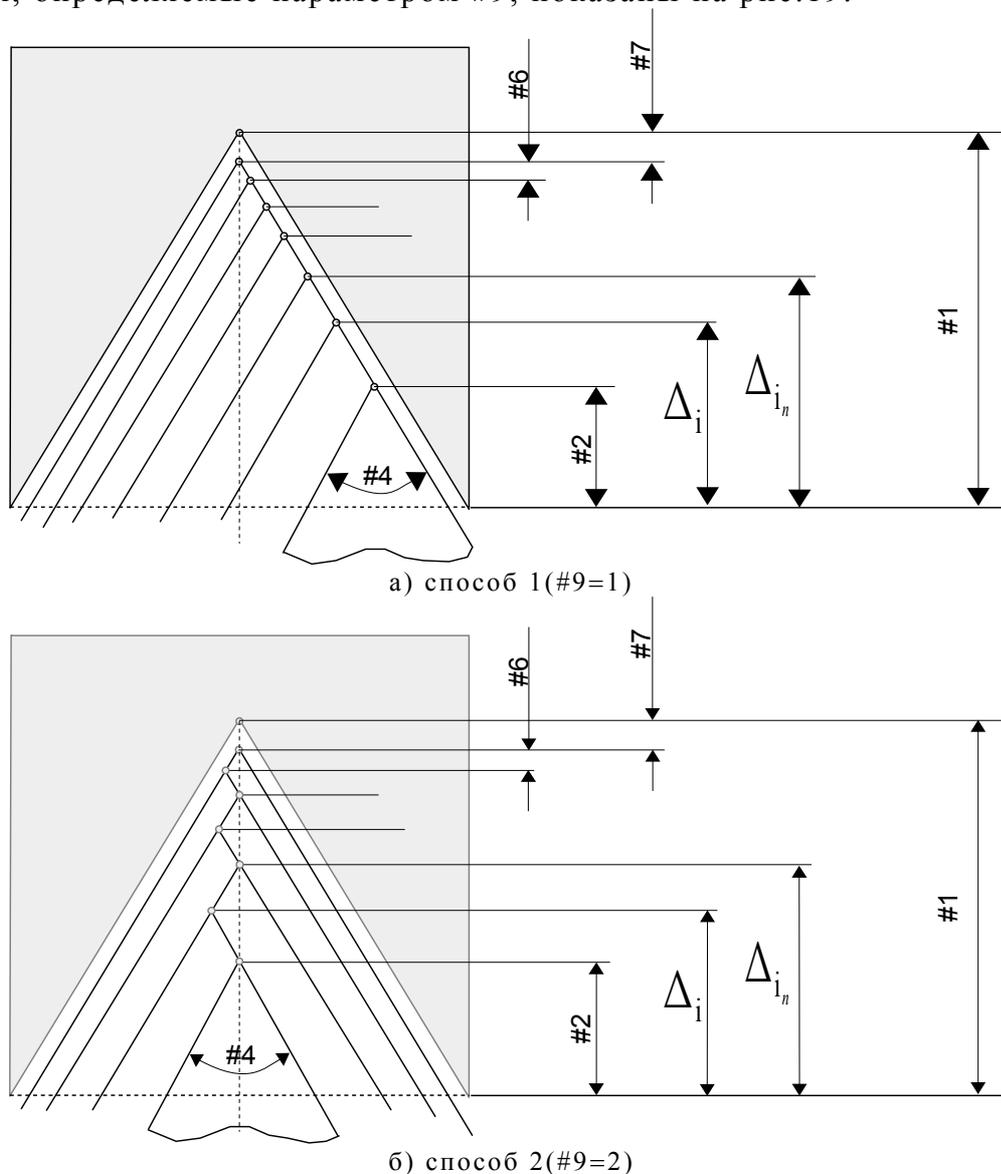


Рис.19. Способы обработки, задаваемые в цикле G76

Ниже приведен пример использования цикла G76 для нарезания цилиндрической (#3=0) резьбы M27×1.5:

```

% резьба M27x1.5
N5 S300 M3
N10 T1 M6
N15 G0 X32
N20 G0 Z2          $ точка начала цикла X32 Z2
N25 G76 X27Z-15 F1.5P0I0 #1=0.92#2=0.3#3=0#4=60#5=0.5#6=0.05#7=0.02#8=2#9=1
N30 G0 X50        $ отход
N35 G0 Z100 M5
N40 M2
%%

```

В данном примере заданы: глубина резьбы 0.92мм, угол резца 60°, съём на первом проходе 0.3мм, съём на последнем проходе 0.05мм, съём на чистовом про-

де 0.02мм, 2 чистовых прохода, способ обработки 1 (рис.19а). Проходы сформируются следующим образом:

- 1) X 26.396— съём на сторону 0.302мм;
- 2) X 25.968— съём на сторону 0.214мм;
- 3) X 25.668— съём на сторону 0.150мм;
- 4) X 25.456— съём на сторону 0.106мм;
- 5) X 25.306— съём на сторону 0.075мм;
- 6) X 25.200— съём на сторону 0.053мм;
- 7) X25.160— съём на сторону 0.020мм— первый чистовой проход;
- 8) X25.160— съём на сторону 0.000мм— второй чистовой проход.

Следует помнить, что при выполнении резьбовых движений ручные регуляторы процентного изменения подачи и частоты вращения шпинделя блокируются системой ЧПУ, при этом их значения принимаются равными 100%. Команды СТОП ПРОГРАММЫ и СТОП ПОДАЧИ от пульта ручного управления блокируются и их выполнение откладывается до окончания резьбового движения.

11.6 G70 - однопроходный продольный цикл

Цикл открытый, осуществляет чистовую обработку цилиндрических и конических ступеней с подторцовкой. Цикл G70 имеет следующий формат:

G70 α---- β---- F--- #1=--- #2=---

где:
 α— координата начального диаметра X, или смещение до него U;
 β— координата конечной точки по Z, или смещение до нее W;
 F— контурная рабочая подача;
 #1=...— длина конической части, положительная, в приращениях;
 #2=...— смещение от Н.Т до конечного диаметра конусной части, положительное, на диаметр, в приращениях.

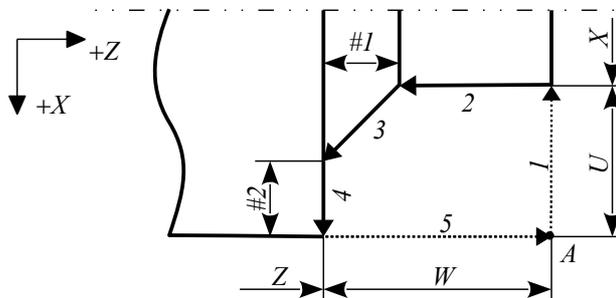


Рис.20. Схема работы цикла G70:

A— точка начала цикла; 1...5— порядковые номера движений цикла.

Цикл G70 работает по схеме, приведенной на рис.20. Перемещения на участках 1 и 5 производятся на скорости ускоренных перемещений, а на участках 2, 3, 4— на заданной рабочей подаче.

Если F опущен, то предполагается задание подачи, равной текущему значению F.

Параметры цикла #1,2 могут не указываться в кадре с G70. В этом случае будут использованы текущие значения соответствующих переменных.

11.7 G71 - однопроходный поперечный цикл

Открытый цикл G71 аналогичен циклу G70 и отличается от него тем, что снятие припуска происходит в поперечном направлении. Цикл G71 имеет следующий формат:

G71 α---- β---- F--- #1=--- #2=---

где:

α — координата начального диаметра X , или смещение до него U ;

β — координата конечной точки по Z , или смещение до нее W ;

F — контурная рабочая подача;

$\#1=...$ — длина конической части, положительная, в приращениях, на диаметр;

$\#2=...$ — смещение от Н.Т до конца конусной части по Z , положительное, в приращениях.

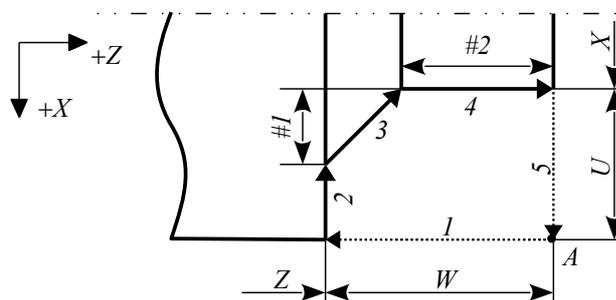


Рис.21. Схема работы цикла G71:

A — точка начала цикла; 1...5— порядковые номера движений цикла.

Цикл G71 работает по схеме, приведенной на рис.21. Перемещения на участках 1 и 5 производятся на скорости ускоренных перемещений, на участках 2, 3, 4— на заданной рабочей подаче.

Если F опущен, то предполагается задание подачи, равной текущему значению F .

Параметры цикла $\#1,2$ могут не указываться в кадре с G71. В этом случае будут использованы текущие значения соответствующих переменных.

11.8 G72 – цикл нарезания глубокой канавки

Открытый цикл нарезания глубокой канавки G72 предназначен для нарезания глубокой канавки. Цикл G72 имеет следующий формат:

G72 α ---- β ---- F --- $\#1$ =--- $\#2$ =---

где:

α — координата конечного диаметра X , или общая величина припуска U ;

β — координата Z , или смещение W инструмента после операции;

F — рабочая подача;

$\#1=...$ — припуск на проход, положительный, в приращениях, на диаметр;

$\#2=...$ — зазор при возврате в точку прерывания цикла, положительный, в приращениях, на диаметр;

Если F опущен, то предполагается задание подачи, равной текущему значению F .

Параметры цикла $\#1,2$ могут не указываться в кадре с G72. В этом случае будут использованы текущие значения соответствующих переменных.

11.9 G73 – цикл глубокого сверления

Открытый цикл глубокого сверления G73 предназначен для сверления глубокого отверстия, ось которого совпадает с осью Z . Цикл G73 имеет следующий формат:

G73 α ---- β ---- F --- $\#1$ =--- $\#2$ =---

где:

α — координата X или смещение U оси сверла после операции сверления;

β — координата конечной точки отверстия по Z , или смещение до нее W ;

F — рабочая подача;

#1=... — припуск на проход, положительный, в приращениях;

#2=... — зазор при возврате в точку прерывания цикла, положительный, в приращениях.

Если F опущен, то предполагается задание подачи, равной текущему значению F.

Параметры цикла #1,2 могут не указываться в кадре с G73. В этом случае будут использованы текущие значения соответствующих переменных.

11.10 G74 – многопроходный цикл нарезания торцевых канавок

Открытый цикл G74 обеспечивает нарезание на торце концентрических канавок или одной широкой канавки. Цикл G74 имеет следующий формат:

G74 α ---- β ---- F--- #1=---

где:
 α — координата диаметра X или смещение U до исходной точки последнего резания;

β — координата дна канавки по Z или смещение до нее W;

F — рабочая подача;

#1=... — шаг канавки, положительный, в приращениях, на диаметр.

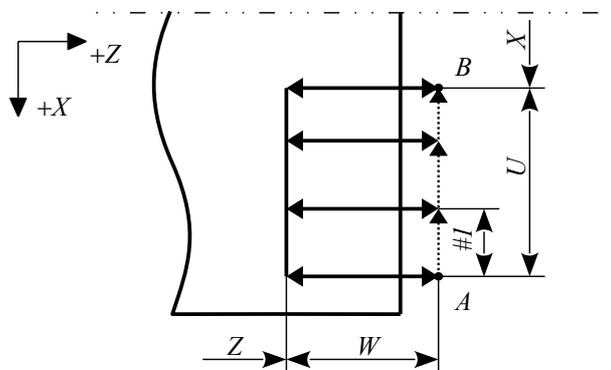


Рис.22. Схема работы цикла G74:
A — точка начала цикла; B — точка конца цикла.

Цикл работает по схеме, приведенной на рис.22. Если F опущен, то предполагается задание подачи, равной текущему значению F. Параметр цикла #1 может не указываться в кадре с G74. В этом случае будет использовано текущее значение соответствующей переменной.

11.11 G75 – многопроходный цикл нарезания цилиндрических канавок

Открытый цикл G75 обеспечивает нарезание цилиндрических канавок или одной широкой канавки на цилиндрической ступени.

Цикл G75 имеет следующий формат:

G75 α ---- β ---- F--- #1=---

где:

α — координата диаметра дна канавки X или смещение U;

β — координата Z или смещение W до исходной точки последнего резания;

F — рабочая подача;

#1=... — шаг канавки, положительный, в приращениях.

Цикл G75 аналогичен циклу G74 и отличается от него тем, что снятие припуска происходит по оси Z. Схема работы цикла приведена на рис.23. Если F опущен, то предполагается задание подачи, равной текущему значению F. Пара-

метр цикла #1 может не указываться в кадре с G75. В этом случае будет использовано текущее значение соответствующей переменной.

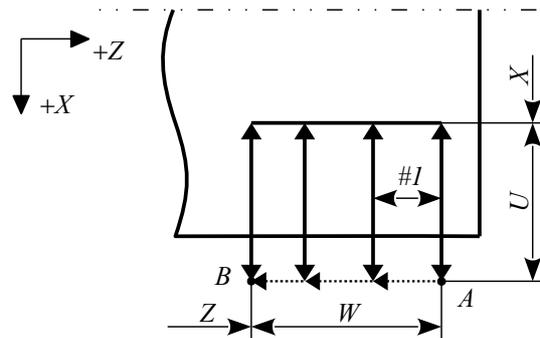


Рис.23. Схема работы цикла G75:
A— точка начала цикла; B— точка конца цикла.

11.12 G77 – открытый многопроходный продольный цикл обработки цилиндрических и конических ступеней

Цикл является открытым и обеспечивает съем черного припуска в продольном направлении для цилиндрических и конических ступеней и имеет следующий формат:

G77 α---- β---- F--- #1=--- #2=--- #3=---

где:

α— координата конечного диаметра X или общая величина припуска U;

β— координата конечной точки по Z или смещение до нее W;

F— контурная рабочая подача на черновых проходах;

#1=... — припуск на проход, положительный, в приращениях, на диаметр;

#2=... — величина скоса по Z, положительная, в приращениях;

#3=... — контурная рабочая подача на последнем проходе.

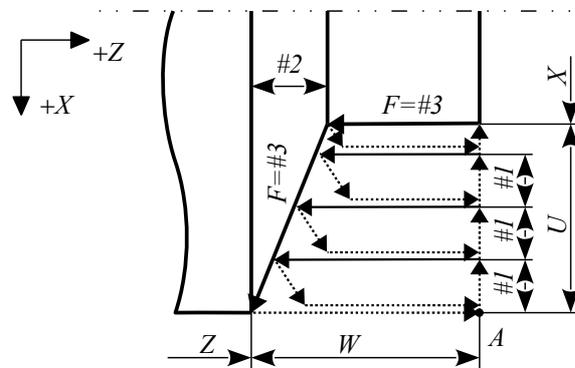


Рис.24. Схема работы цикла G77:
A— точка начала цикла.

Цикл работает по схеме, приведенной на рис.24. Если F опущен, то предполагается задание подачи, равной текущему значению F. В заключительной стадии цикла, когда величина припуска становится меньше или равной величине припуска на проход, осуществляется чистовой проход на подаче, указанной в параметре #3. Параметры цикла #1,2,3 могут не указываться в кадре с G77. В этом случае будут использованы текущие значения соответствующих переменных.

11.13 G78 - открытый многопроходный поперечный цикл обработки цилиндрических и конических ступеней

Цикл является открытым и обеспечивает съем черного припуска в поперечном направлении. Цикл G78 имеет следующий формат:

G78 α---- β---- F--- #1=--- #2=--- #3=---

где:

α — координата конечного диаметра X или общая величина припуска U;

β — координата конечной точки по Z или смещение до нее W;

F— контурная рабочая подача на черновых проходах;

#1=...— припуск на проход, положительный, в приращениях;

#2=...— величина скоса по X, положительная, в приращениях, на диаметр;

#3=...— контурная рабочая подача на последнем проходе.

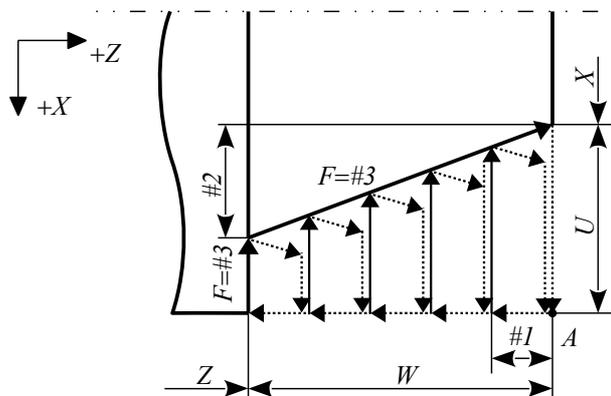


Рис.25. Схема работы цикла G78:

A— точка начала цикла.

Цикл работает по схеме, приведенной на рис.25. Если F опущен, то предполагается задание подачи, равной текущему значению F. В заключительной стадии цикла, когда величина припуска становится меньше или равной величине припуска на проход, осуществляется чистовой проход на подаче, указанной в параметре #3. Параметры цикла #1,2,3 могут не указываться в кадре с G78. В этом случае будут использованы текущие значения соответствующих переменных.

11.14 Тексты встроенных технологических циклов

```
%1
IF (#108==31) N3100
IF (#108==70) N7000
IF (#108==71) N7100
IF (#108==72) N7200
IF (#108==73) N7300
IF (#108==74) N7400
IF (#108==75) N7500
IF (#108==76) N7600
IF (#108==77) N7700
IF (#108==78) N7800
N010 M0 N10 .ERROR -> UNKNOWN CYCLE IN RANGE G70-G79
.***** G31 *****
N03100 #20=(#130/2) #21=(#131/2) #24=#134 #25=#135 #29=#104
IF (#1<0) N3191
IF (#2<0) N3192
#3=(#3/2) $ IF (#3<0) N3193
IF (#4<0) N3194
IF (#5<0) N3195
IF (#4>80) N3196
IF (#3>ABS(#25)) #5=0
#18=1 IF (#21<0) #18=-1
#19=1 IF (#25<0) #19=-1
#20=(#20+#1*#18) #21=(#21+#1*#18)
#10=0 #22=#3 IF (#25<>0) #10=(#3/ABS(#25)) #22=(#3-(#5*#3)/ABS(#25))
#11=0 IF (#4) #11=TAN(#4)
#12=((#20-#21)*2) #13=(#24-#25) #14=(#20-#22*#18) #15=(#24-#5*#19)
G90 G0 #16=-(#5*#18*2) #17=(#5*#19) #26=(#10*#11+1) #27=ABS(#21)
IF (#2==0) N3115
IF (#1==#2) N3115
N3102 N3110
N03105 #23=((#27-#1)*#11/#26) X((#20-(#23*#10+#1)*#18)*2) Z(#13+#23*#19)
G32 X((#14-#1*#18)*2) Z#15 I#136 P#140
```

```

IF(#5) G9 U#16 W#17
N03110 G0 X#12
Z#13
IF(#1>(#2*2)) #1=(#1-#2) N3105
IF(#1>#2) #1=#2 N3105
IF(#1>(#2/2)) #1=(#2/2) N3105
IF(#1>(#2/4)) #1=(#2/4) N3105
IF(#1>(#2/8)) #1=(#2/8) N3105
IF(#1) #1=0 N3105
G#29 M99
N03115 #1=0
#23=((#27-#1)*#11/#26)
X((#20-(#23*#10)*#18)*2) Z(#13+#23*#19)
G32 X(#14*2) Z#15 I#136 P#140
IF(#5) G9 U#16 W#17
G0 X#12
Z#13
G#29 M99
N03191 M0 N3191 $ERROR IN G31 -> PARAMETER #1 < 0
N03192 M0 N3192 $ERROR IN G31 -> PARAMETER #2 < 0
N03193 M0 N3193 $ERROR IN G31 -> PARAMETER #3 < 0
N03194 M0 N3194 $ERROR IN G31 -> PARAMETER #4 < 0
N03195 M0 N3195 $ERROR IN G31 -> PARAMETER #5 < 0
N03196 M0 N3196 $ERROR IN G31 -> PARAMETER #4 > 80
.***** G70 *****
N07000 #23=#131 #24=#135
IF(#2>ABS(#23)) N7010
IF(#1>ABS(#24)) N7015
IF(#1<0) N7020
IF(#2<0) N7025
IF(#23>0) #2=-#2
IF(#24<0) #1=-#1
G0 U#23
G1 W(#24-#1)
U-(#23+#2) W#1
U#2
G0 W-#24 M99
N07010 M0 N7010 .ERROR IN G70 -> PARAMETER #2 > Xrel
N07015 M0 N7015 .ERROR IN G70 -> PARAMETER #1 > Zrel
N07020 M0 N7020 .ERROR IN G70 -> PARAMETER #1 < 0
N07025 M0 N7025 .ERROR IN G70 -> PARAMETER #2 < 0
.***** G71 *****
N07100 #23=#131 #24=#135
IF(#2>ABS(#24)) N7110
IF(#1>ABS(#23)) N7115
IF(#1<0) N7120
IF(#2<0) N7125
IF(#24>0) #2=-#2
IF(#23<0) #1=-#1
G0 W#24
G1 U(#23-#1)
U#1 W-(#24+#2)
W#2
G0 U-#23 M99
N07110 M0 N7110 .ERROR IN G71 -> PARAMETER #2 > Zrel
N07115 M0 N7115 .ERROR IN G71 -> PARAMETER #1 > Xrel
N07120 M0 N7120 .ERROR IN G71 -> PARAMETER #1 < 0
N07125 M0 N7125 .ERROR IN G71 -> PARAMETER #2 < 0
.***** G72 *****
N07200 #23=#131 #24=#135
.#20 - LAST DEPHT. #21 - CURRENT WORK DEPHT, #3 - DIRECTION
IF(#1>ABS(#23)) N7210
IF(#2>#1) N7215
IF(#1<=0) N7220
IF(#2<0) N7225
#3=1 IF(#23<0) #3=-1
#20=0 #21=#1 G1 U(#21*#3) N7207
N07206 G0 U((#20-#2)*#3)
G1 U((#21+#2)*#3)
N07207 G0 U-(#20=(#20+#21)*#3)
IF(#22=(ABS(#23)-#20) > #1) N7206
IF(#22) #21=#22 N7206

```

```

G0 W#24 M99
N07210 M0 N7210 .ERROR IN G72 -> PARAMETER #1 > Xrel
N07215 M0 N7215 .ERROR IN G72 -> PARAMETER #1 > #2
N07220 M0 N7220 .ERROR IN G72 -> PARAMETER #1 <= 0
N07225 M0 N7225 .ERROR IN G72 -> PARAMETER #2 < 0
.***** G73 *****
N07300 #23=#135 #24=#131
.#20 - LAST DEPHT. #21 - CURRENT WORK DEPHT, #3 - DIRECTION
IF(#1>ABS(#23)) N7310
IF(#2>#1) N7315
IF(#1<=0) N7320
IF(#2<0) N7325
#3=1 IF(#23<0) #3=-1
#20=0 #21=#1 G1 W(#21*#3) N7307
N07306 G0 W((#20-#2)*#3)
G1 W((#21+#2)*#3)
N07307 G0 W-(#20=(#20+#21)*#3)
IF(#22=(ABS(#23)-#20) > #1) N7306
IF(#22) #21=#22 N7306
G0 U#24 M99
N07310 M0 N7310 .ERROR IN G73 -> PARAMETER #1 > Zrel
N07315 M0 N7315 .ERROR IN G73 -> PARAMETER #1 > #2
N07320 M0 N7320 .ERROR IN G73 -> PARAMETER #1 <= 0
N07325 M0 N7325 .ERROR IN G73 -> PARAMETER #2 < 0
.***** G74 *****
N07400 #23=#131 #24=#135 #21=#1 #22=ABS(#23)
IF(#1>ABS(#23)) N7410
IF(#1<=0) N7415
#3=1 IF(#23<0) #3=-1
N7401 N7407
N07406 #22=(#22-#21) G0 U(#21*#3)
N07407 G1 W#24
G0 W-#24
IF(#22 > #1) N7406
IF(#22) #21=#22 N7406
M99
N07410 M0 N7410 .ERROR IN G74 -> PARAMETER #1 > Xrel
N07415 M0 N7415 .ERROR IN G74 -> PARAMETER #1 <= 0
.***** G75 *****
N07500 #23=#135 #24=#131 #21=#1 #22=ABS(#23)
IF(#1>ABS(#23)) N7510
IF(#1<=0) N7515
#3=1 IF(#23<0) #3=-1
N7501 N7507
N07506 #22=(#22-#21) G0 W(#21*#3)
N07507 G1 U#24
G0 U-#24
IF(#22 > #1) N7506
IF(#22) #21=#22 N7506
M99
N07510 M0 N7510 .ERROR IN G75 -> PARAMETER #1 > Zrel
N07515 M0 N7515 .ERROR IN G75 -> PARAMETER #1 <= 0
$*****G76*****
$***** G76 ***** резьба - нарезка способ1
N07600 IF(#9==0) N7688
IF(#8==0) N7686
IF(#9==2) N17600
IF(#9<>1) N7687
#20=(#130/2) $ расчетное значение поX в абсолютном выражении
#40=#20
#21=(#131/2) $ приращение по X в предыдущем кадре
#41=#21
#24=#134 $ расчетное значение по Z в абсолютном выражении
#44=#24
#25=#135 $ приращение по Z в предыдущем кадре
#45=#25
#29=#104 $текущее значение G группы 4 (G90-G91)
#37=#1 $ сохраняем глубину резьбы
IF(#8==0) #8=1
IF(#1<0) N7691
IF(#2<0) N7692
#3=(#3/2)

```

```

IF(#6>#2) N7693
IF(#4<0) N7694
IF(#4<15)N7689
IF(#5<0) N7695
IF(#7<0) N7697
IF(#5>#1*1.5) N7699
IF(#7>#1) N7698 $ припуск на чистовой проход больше глубины резьбы
IF(#4>80) N7696 $ угол больше 80 градусов
IF(#2==#6) #6=(#6-0.001)
#1=(#1-#7) $ отнимаем от глубины чистовой проход
IF(#3>ABS(#25)) #5=0
#18=1 IF(#21<0) #18=-1 $ направление по X
#19=1 IF(#25<0) #19=-1 $ направление по Z
#20=(#20+#1*#18) $ конечн точка по X
#21=(#21+#1*#18) $ конечн точка по Z
#10=0
#22=#3 $ конусность
IF(#25<>0) #10=(#3/ABS(#25)) $ если резьба конусная
#22=(#3-(#5*#3)/ABS(#25)) $ точка по Z
#11=0 IF(#4) #11=TAN(#4/2) $ тангенс угла
#12=((#20-#21)*2) $ Безопасн коорд по X
#13=(#24-#25) $ Безопасн коорд по Z
#14=(#20-#22*#18) $ конечная точка по X
#15=(#24-#5*#19) $ конечная точка по Z
G90 G0
#16=-(#5*#18*2) $ сбег U по X
#17=(#5*#19) $ Сбег W по Z
#26=(#10*#11+1) $ конечное смещение сбega
#27=ABS(#21) $ приращение по X
#35=#1 $ сохраняем глубину съема
IF(#2==0) N7615 $ если задан нулевой съем идем на последний проход
IF(#1==#2) N7615
IF(#6==0) #6=0.02
#30=((#1-#2)/(#1-#6)) $ Считаем Q
#31=FUP(LN(#6/#2)/LN(#30)) $ кол-во проходов
#32=(#1*((1-#30**#31)/(1-#30**#31))) $ значение последнего прохода
#33=1 $сбрасываем счетчик
N7602 N7610
N07605 #23=((#35-#34)*#11/#26) $ расчет Z
X((#20-(#23*#10+#34)*#18)*2) Z(#13+#23*#19) $ идем в начальную точку
G32 X((#14-#34*#18)*2) Z#15 I#136 P#140 $ режим виток
IF(#5) G9 U#16 W#17 $ если задан сбег режим сбег
N07610 G0 X#12
Z#13
#34=(#1*((1-#30**#33)/(1-#30**#31))) $ значение прохода
#34=(#32-#34)
IF(#33<#31) #33=(#33+1) N7605 $ счетчик проходов
IF(#1) #1=0 N7605 $ последний черновой проход
$*****Чистовой проход*****
#20=#40
#21=#41
#24=#44
#25=#45
#1=#37 $Восстанавливаем глубину прохода
IF(#3>ABS(#25)) #5=0
#18=1 IF(#21<0) #18=-1 $ направление по X
#19=1 IF(#25<0) #19=-1 $ направление по Z
#20=(#20+#1*#18) $ конечн точка по X
#21=(#21+#1*#18) $ конечн точка по Z
#10=0
#22=#3 $ конусность
IF(#25<>0) #10=(#3/ABS(#25)) $ если резьба конусная
#22=(#3-(#5*#3)/ABS(#25)) $ точка по Z
#11=0 IF(#4) #11=TAN(#4/2) $ тангенс угла
#12=((#20-#21)*2) $ Безопасн коорд по X
#13=(#24-#25) $ Безопасн коорд по Z
#14=(#20-#22*#18) $ конечная точка по X
#15=(#24-#5*#19) $ конечная точка по Z
G90 G0
#16=-(#5*#18*2) $ сбег U по X
#17=(#5*#19) $ Сбег W по Z
#26=(#10*#11+1) $ конечное смещение сбega

```

```

#27=ABS(#21)      $ приращение по X
#1=0      $ режим за один проход
#23=((#35)*#11/#26)
N07613 X((#20-(#23*#10)*#18)*2) Z(#13+#23*#19)
G32 X(#14*2) Z#15 I#136 P#140
IF(#5) G9 U#16 W#17
G0 X#12
Z#13
#8=(#8-1)
IF(#8<>0) N7613
$*****
G#29 M99
$***** однопроходный вариант
N07615 #20=#40
#21=#41
#24=#44
#25=#45
#1=#37 $Восстанавливаем глубину прохода
IF(#3>ABS(#25)) #5=0
#18=1 IF(#21<0) #18=-1 $ направление по X
#19=1 IF(#25<0) #19=-1 $ направление по Z
#20=(#20+#1*#18) $ конечн точка по X
#21=(#21+#1*#18) $ конечн точка по Z
#10=0
#22=#3 $ конусность
IF(#25<>0) #10=(#3/ABS(#25)) $ если резьба конусная
#22=(#3-(#5*#3)/ABS(#25)) $ точка по Z
#11=0 IF(#4) #11=TAN(#4/2) $ тангенс угла
#12=((#20-#21)*2) $ Безопасн коорд по X
#13=(#24-#25) $ Безопасн коорд по Z
#14=(#20-#22*#18) $ конечная точка по X
#15=(#24-#5*#19) $ конечная точка по Z
G90 G0
#16=-(#5*#18*2) $ сбег U по X
#17=(#5*#19) $ Сбег W по Z
#26=(#10*#11+1) $ конечное смещение сбега
#27=ABS(#21) $ приращение по X
#1=0 $ режим за один проход
#23=((#35)*#11/#26)
X((#20-(#23*#10)*#18)*2) Z(#13+#23*#19)
G32 X(#14*2) Z#15 I#136 P#140
IF(#5) G9 U#16 W#17
G0 X#12
Z#13
G#29 M99
N07686 M0 N7686 $ ош. в G76 #8=? - не задано кол-во чист. прох.
N07687 M0 N7687 $ ош. в G76 #9=? - не известный способ обработки
N07688 M0 N7688 $ ош. в G76 #9=0 - не выбран способ обработки
N07689 M0 N7689 $ ош. в G76 #4 < 15 - угол резца слишком мал
N07691 M0 N7691 $ ош. в G76 #1 < 0 - отрицательная глуб. резьбы
N07692 M0 N7692 $ ош. в G76 #2 < 0 - отрицательная глуб. перв. прох.
N07693 M0 N7693 $ ош. в G76 #6 > #2 - глуб. последн. прохода больше первого
N07694 M0 N7694 $ ош. в G76 #4 < 0 - угол резца отрицательный
N07695 M0 N7695 $ ош. в G76 -> #5 < 0 - отрицательный сбег
N07696 M0 N7696 $ ош. в G76 #4 > 80 - угол резца больше 80гр.
N07697 M0 N7697 $ ош. в G76 #7 < 0 - отрицательная глуб. посл. Прох.
N07698 M0 N7698 $ ош. в G76 #7 > #1- припуск на чистовой проход больше глубины резьбы

N07699 M0 N7699 $ ош. в G76 #5 > 1.5X #1 - слишком большой сбег

$***** G76 второй способ-вразбивку
N017600 #20=(#130/2) $ расчетное значение поX в абсолютном выражении
#40=#20
#21=(#131/2) $ приращение по X в предыдущем кадре
#41=#21
#24=#134 $ расчетное значение по Z в абсолютном выражении
#44=#24
#25=#135 $ приращение по Z в предыдущем кадре
#45=#25
#29=#104 $текущее значение G группы 4 (G90-G91)
#37=#1 $ сохраняем глубину резьбы
#38=0 IF(#8==0) #8=1

```

```

IF(#1<0) N7691
IF(#2<0) N7692
#3=(#3/2)
IF(#6>#2) N7693
IF(#4<0) N7694
IF(#4<15)N7689
IF(#5<0) N7695
IF(#7<0) N7697
IF(#5>#1*1.5) N7699
IF(#7>#1) N7698 $ припуск на чистовой проход больше глубины резьбы
IF(#4>80) N7696 $ угол больше 80 градусов
IF(#2==#6) #6=(#6-0.001)
#1=(#1-#7) $ отнимаем от глубины чистовой проход
IF(#3>ABS(#25)) #5=0
#18=1 IF(#21<0) #18=-1 $ направление по X
#19=1 IF(#25<0) #19=-1 $ направление по Z
#20=(#20+#1*#18) $ конечн точка по X
#21=(#21+#1*#18) $ конечн точка по Z
#10=0
#22=#3 $ конусность
IF(#25<>0) #10=(#3/ABS(#25)) $ если резьба конусная
#22=(#3-(#5*#3)/ABS(#25)) $ точка по Z
#11=0 IF(#4) #11=TAN(#4/2) $ тангенс угла
#12=(#20-#21)*2) $ Безопасн коорд по X
#13=(#24-#25) $ Безопасн коорд по Z
#14=(#20-#22*#18) $ конечная точка по X
#15=(#24-#5*#19) $ конечная точка по Z
G90 G0
#16=-(#5*#18*2) $ сбег U по X
#17=(#5*#19) $ Сбег W по Z
#26=(#10*#11+1) $ конечное смещение сбega
#27=ABS(#21) $ приращение по X
#35=#1 $ сохраняем глубину съема
IF(#2==0) N17615 $ если задан нулевой съем идем на последний проход
IF(#1==#2) N17615
IF(#6==0) #6=0.02
#30=((#1-#2)/(#1-#6)) $ Считаем Q
#31=FUP(LN(#6/#2)/LN(#30)) $ кол-во проходов
#32=(#1*((1-#30**#31)/(1-#30**#31))) $ значение последнего прохода
#33=1 $сбрасываем счетчик
N17602 N17610
N017605 #23=(((#1*((1-#30**(#33+1))/(1-#30**#31)))-(#1*((1-#30**#33)/(1-
#30**#31))))*#11)+#38) $#23=((#35-#34)*#11/#26) $ расчет катета по Z
$M1 #4=(#1*((1-#30**#33)/(1-#30**#31))) $debug
IF(#31 MOD 2) N17607
IF((#33-1) MOD 2) #23=0
N17606 N17608
N017607 IF((#33-1) MOD 2) N17608
#23=0
N017608 X((#20-(#23*#10+#34)*#18)*2) Z(#13+#23*#19) $ идем в начальную точку
G32 X((#14-#34*#18)*2) Z#15 I#136 P#140 $ режим виток
IF(#5) G9 U#16 W#17 $ если задан сбег режим сбег
N017610 G0 X#12
Z#13
#34=(#1*((1-#30**#33)/(1-#30**#31))) $ значение прохода
#34=(#32-#34)
IF(#33<#31) #33=(#33+1) N17605 $ счетчик проходов
#33=(#33+1)
IF(#1) #1=0 #38=(#7*#11*0.9) N17605 $ последний черновой проход
$*****Чистовой проход*****
#20=#40
#21=#41
#24=#44
#25=#45
#1=#37 $Восстанавливаем глубину прохода
IF(#3>ABS(#25)) #5=0
#18=1 IF(#21<0) #18=-1 $ направление по X
#19=1 IF(#25<0) #19=-1 $ направление по Z
#20=(#20+#1*#18) $ конечн точка по X
#21=(#21+#1*#18) $ конечн точка по Z
#10=0
#22=#3 $ конусность

```

```

IF(#25<>0) #10=(#3/ABS(#25)) $ если резьба конусная
#22=(#3-(#5*#3)/ABS(#25)) $ точка по Z
#11=0 IF(#4) #11=TAN(#4/2) $ тангенс угла
#12=((#20-#21)*2) $ Безопасн коорд по X
#13=(#24-#25) $ Безопасн коорд по Z
#14=(#20-#22*#18) $ конечная точка по X
#15=(#24-#5*#19) $ конечная точка по Z
G90 G0
#16=-(#5*#18*2) $ сбег U по X
#17=(#5*#19) $ Сбег W по Z
#26=(#10*#11+1) $ конечное смещение сбega
#27=ABS(#21) $ приращение по X
#1=0 $ режим за один проход
#23=((#35)*#11/#26)
#23=0
N017613 X((#20-(#23*#10)*#18)*2) Z(#13+#23*#19)
G32 X(#14*2) Z#15 I#136 P#140
IF(#5) G9 U#16 W#17
G0 X#12
Z#13
#8=(#8-1)
IF(#8<>0) N17613
$*****
G#29 M99
$***** однопроходный вариант
N017615 #20=#40
#21=#41
#24=#44
#25=#45
#1=#37 $Восстанавливаем глубину прохода
IF(#3>ABS(#25)) #5=0
#18=1 IF(#21<0) #18=-1 $ направление по X
#19=1 IF(#25<0) #19=-1 $ направление по Z
#20=(#20+#1*#18) $ конечн точка по X
#21=(#21+#1*#18) $ конечн точка по Z
#10=0
#22=#3 $ конусность
IF(#25<>0) #10=(#3/ABS(#25)) $ если резьба конусная
#22=(#3-(#5*#3)/ABS(#25)) $ точка по Z
#11=0 IF(#4) #11=TAN(#4/2) $ тангенс угла
#12=((#20-#21)*2) $ Безопасн коорд по X
#13=(#24-#25) $ Безопасн коорд по Z
#14=(#20-#22*#18) $ конечная точка по X
#15=(#24-#5*#19) $ конечная точка по Z
G90 G0
#16=-(#5*#18*2) $ сбег U по X
#17=(#5*#19) $ Сбег W по Z
#26=(#10*#11+1) $ конечное смещение сбega
#27=ABS(#21) $ приращение по X
#1=0 $ режим за один проход
#23=((#35)*#11/#26)
X((#20-(#23*#10)*#18)*2) Z(#13+#23*#19)
G32 X(#14*2) Z#15 I#136 P#140
IF(#5) G9 U#16 W#17
G0 X#12
Z#13
G#29 M99
$***** G77 *****
N07700 #23=#131 #24=#135 #21=#1 #29=#139 #22=ABS(#23) #28=(#2/#22) #27=0
IF(#1>ABS(#23)) N7710
IF(#2>ABS(#24)) N7715
IF(#1<0) N7720
IF(#2<0) N7725
#4=1 IF(#23<0) #4=-1
#5=#1 IF(#24<0) #28=(#28*-1) #5=-#1
IF(#1==0) N7708 $ IDEM NA CHISTOVOJ PROHOD
IF(#1==#22) #21=0 N7708 $ PROHOD = SJEMU -IDEM NA CHISTOVOJ PROHOD
G0 U(#21*#4) N7707
N07706 U(#21*#4*2)
N07707 #27=(#27+#21) G1 W#25=(#24-#27*#28)
G0 U-(#21*#4) W-#5
W-(#25-#5)

```

```

      IF(#22=(#22-#21) > #1) N7706
N07708 G0 U((#21+#22)*#4) #27=(#27+#22)
      G1 W#25=(#24-#27*#28) F#3
          U-#23 W(#24-#25)
      G0 W-#24 F#29
      M99
N07710 M0 N7710 .ERROR IN G77 -> PARAMETER #1 > Xrel
N07715 M0 N7715 .ERROR IN G77 -> PARAMETER #2 > Zrel
N07720 M0 N7720 .ERROR IN G77 -> PARAMETER #1 <= 0
N07725 M0 N7725 .ERROR IN G77 -> PARAMETER #2 < 0
.***** G78 *****
N07800 #24=#131 #23=#135 #21=#1 #29=#139 #22=ABS(#23) #28=(#2/#22) #27=0
      IF(#1>ABS(#23)) N7810
      IF(#2>ABS(#24)) N7815
      IF(#1<0) N7820
      IF(#2<0) N7825
      #4=1 IF(#23<0) #4=-1
      #5=#1 IF(#24<0) #28=(#28*-1) #5=-#1
      IF(#1==0) N7808 $ IDEM NA CHISTOVOJ
      IF(#1==#22) #21=0 N7808 $ PRIPUSK = SJEMU IDEM NA CHISTOVOJ
      G0 W(#21*#4) N7807
N07806 W(#21*#4*2)
N07807 #27=(#27+#21) G1 U#25=(#24-#27*#28)
      G0 W-(#21*#4) U-#5
          U-(#25-#5)
      IF(#22=(#22-#21) > #1) N7806
N07808 G0 W((#21+#22)*#4) #27=(#27+#22)
      G1 U#25=(#24-#27*#28) F#3
          W-#23 U(#24-#25)
      G0 U-#24 F#29
      M99
N07810 M0 N7810 .ERROR IN G78 -> PARAMETER #1 > Xrel
N07815 M0 N7815 .ERROR IN G78 -> PARAMETER #2 > Zrel
N07820 M0 N7820 .ERROR IN G78 -> PARAMETER #1 < 0
N07825 M0 N7825 .ERROR IN G78 -> PARAMETER #2 < 0
%
```