



West Labs ltd.

Industrial Electronic Department

WL4M

Руководство по

программированию

Версия 4.01, 2002г.

1	НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ WL4M	3
2	ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
3	КОД ИНФОРМАЦИИ	5
4	СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ	6
4.1	НАБОР СИМВОЛОВ.....	7
4.2	СТРУКТУРА СЛОВА	2
4.3	СТРУКТУРА КАДРА	4
4.4	КОММЕНТАРИИ	4
5	ЗАДАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ	5
5.1	Коды G интерполяции	6
5.1.1	G0 – позиционирование.....	7
5.1.2	G1 – линейная интерполяция	7
5.1.3	G2, G3 – круговая интерполяция	8
5.2	G4 - пауза.....	10
5.3	G9 – СНИЖЕНИЕ СКОРОСТИ	10
5.4	G60/63/64 – ВЫБОР РЕЖИМА СКОРОСТИ ПОДАЧИ.....	10
5.5	G17/18/19 – ВЫБОР ПЛОСКОСТИ ОБРАБОТКИ	11
5.6	G90/91 – ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ИСХОДНЫХ РАЗМЕРАХ И РАЗМЕРАХ С ПРИРАЩЕНИЕМ.....	11
5.6.1	Ввод в исходных размерах G90.....	11
5.6.2	Ввод в размерах с приращением G91	11
5.6.3	Использование адресов U,V,W,O.....	12
5.7	G92 – ЗАДАНИЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ	12
5.8	G53/54-59 – СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ЗАГОТОВКИ	13
5.9	G94/95 - подача F.....	14
6	КОРРЕКЦИЯ	15
6.1	G40/41/42 – КОРРЕКЦИЯ РАДИУСА ИНСТРУМЕНТА.	15
6.1.1	Особые случаи при коррекции радиуса.....	18
6.2	G43/44/49 – КОРРЕКЦИЯ ДЛИНЫ ИНСТРУМЕНТА	19
7	ФУНКЦИИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ	20
7.1	Функция подачи F.....	20
7.2	Функция частоты вращения шпинделя S	20
7.3	Функция смены инструмента T	21
7.4	Дополнительные функции M	22
8	МАКРОЯЗЫК	23
8.1	ПЕРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММЫ	23
8.2	СИСТЕМНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ.....	24
8.3	ВЫРАЖЕНИЯ	26
8.3.1	Унарные операции	26
8.3.2	Бинарные операции.....	27
8.3.3	Порядок вычисления выражения	27
8.4	УПРАВЛЕНИЕ ХОДОМ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ	29
8.4.1	Команда перехода на метку	29
8.4.2	Команда условного выполнения.....	30
9	ЦИКЛЫ И ПОДПРОГРАММЫ	31
9.1	ПОДПРОГРАММЫ.....	31
9.2	ПОСТОЯННЫЕ ЦИКЛЫ	32
9.3	ПРИМЕРЫ ПОСТОЯННЫХ ЦИКЛОВ (G81 – G89).....	33
9.3.1	G81 (Цикл сверления, цикл точечной расточки)	33
9.3.2	G82 (Цикл сверления, цикл зенкования)	34
9.3.3	G83 (Цикл глубокого сверления).....	34

9.3.4	G84 (Цикл нарезания резьбы метчиком).....	35
9.3.5	G85 (Цикл расточки).....	35
9.3.6	G86 (Цикл расточки с остановом шпинделя)	35
9.3.7	G87 (Цикл расточки с ориентацией и отводом).....	36
9.3.8	G88 (Цикл расточки с паузой, ориентацией и отводом).....	36
9.3.9	G89 (Цикл расточки с паузой).....	36

1 Назначение и общие характеристики WL4M

Система числового программного управления WL4M (далее **система управления**) является моделью адаптивной контурной системы управления второго поколения семейства WL и предназначена для управления 3-х - координатными фрезерными станками, оснащенными регулируемыми 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	3 + шпиндель
4	Число одновр. управл. координат	3 + шпиндель
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 системе WL3M 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
ПРОБЕЛ	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.

Пример.

X.23

Z123.4

M2

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	-9999.999 мм. +9999.999 мм.	Перемещение по координатам абс./отн. (в зависисм. от G90/G91)
Размерные слова	U,V,W	-9999.999 мм. +9999.999 мм.	Перемещение по координатам в приращениях
Размерные слова	O	-9999.999 мм. +9999.999 мм.	Перемещение по оси, перпендикулярной. плоск. обр-ки (G17/18/19) в приращениях
Размерные слова	I, J, K	-9999.999 мм. +9999.999 мм.	Пар-ры вектора радиуса при круг. интерполяции.
Вызов подпрограммы	L	nnpp	Вызов подпрограммы № nn, 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	X	0– 99999.999 сек	Длительность паузы
Вспомогательная функция	M	0-99	Указание на двух-позиционное управление (вкл./выкл.) на станке
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 системе WL3M 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 комментария могут использоваться любые символы из набора KOI-8R.

5 Задание подготовительных операций

Подготовительные операции задаются словом, содержащим адрес G и следующий за ним номер подготовительной функции. Подготовительные функции связаны с режимами работы, формой движения и т.д. Перечень этих функций приведен в таблице 3.

Таблица 3.

Код G	Группа	Функция
0	1	Позиционирование (ускоренное перемещение)
1		Линейная интерполяция (рабочая подача)
2		Круговая интерполяция по часовой стрелке
3		Круговая интерполяция против часовой стрелки
4	—	Пауза
9		Торможение в конце кадра
17	2	Выбор плоскости обработки XY
18		Выбор плоскости обработки XZ
19		Выбор плоскости обработки YZ
40	3	Отмена коррекции на радиус инструмента
41		Коррекция на радиус инструмента слева
42		Коррекция на радиус инструмента справа
43	4	Коррекция на длину инструмента в +
44		Коррекция на длину инструмента в -
49		Отмена коррекции на длину инструмента
53	5	Возврат к системе координат станка
54-59		Выбор координатной системы заготовки 1 – 6
92		Задание системы координат
60	6	Торможение в конце кадра
63		Торможение в конце кадра, фиксация 100% ручной регулировки подач
64		Автоматический расчет скорости в конце кадра
80	7	Отмена постоянного цикла
81-89		Включение постоянного цикла
90		Задание в абсолютных величинах
91	8	Задание в приращениях
94		Подача F в мм./мин.
95		Подача F в мм./оборот

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,G17,G40,G49,G53,G64,G80,G90,G94 устанавливаются автоматически при включении питания УЧПУ и при сбросе.

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, O и задают величины перемещения. При использовании X, Y, Z, 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.

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

В режиме G0 всегда происходит замедление и выполняется проверка достижения требуемой точки, и затем осуществляется переход в 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, O и задают величины перемещения. При использовании X, Y, Z, 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:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

$$\frac{L_x}{F_x} = \frac{L_y}{F_y} = \frac{L_z}{F_z}$$

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 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 360^0 (полного круга).

Символы ϵ и δ выбираются из адресов I, J, K и задают инкрементальную величину до центра дуги осей α и β в отдельности. Вне зависимости от состояния G90/G91 это является заданием в приращениях.

I - инкрементальная величина от начальной точки на оси X

J - инкрементальная величина от начальной точки на оси Y

K - инкрементальная величина от начальной точки на оси Z

5.2 G4 - пауза

G4X-----

Время задержки указывается в адресе X. 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.

5.3 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.

5.4 G60/63/64 – выбор режима скорости подачи

Функция G60 включает режим снижения скорости подачи до нуля в каждом кадре с перемещением. Функция G60 является модальной в отличие от G9.

Функция G63 включает режим снижения скорости подачи до нуля в каждом кадре с перемещением и фиксирует ручную регулировку скорости подачи равной 100%. Функция G60 является модальной и используется для нарезания резьбы метчиком, для которого нежелательна ручная регулировка скорости подачи.

Функция G64 отменяет действие функций G60 и G63, при этом разрешается ручная регулировка скорости подачи и скорость подачи при переходе с кадра на кадр рассчитывается автоматически с учетом крутизны излома траектории движения для избежания превышения максимально допустимого ускорения. Функция G64 является

модальной и выбирается по умолчанию при включении ЧПУ и сбросе. При выбранной G64 может использоваться G9 для отдельных кадров.

5.5 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

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

5.6.1 Ввод в исходных размерах G90

При вводе в исходных размерах (называют также ввод в абсолютных размерах) все вводы размеров X, Y, Z 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.

5.6.2 Ввод в размерах с приращением G91

При размере с приращением запрограммированный размер по X,Y,Z 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.

5.6.3 Использование адресов U,V,W,O

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.

Допускается использование адреса O для задания перемещения по оси, перпендикулярной текущей заданной плоскости обработки (G17 – G19). При этом, независимо от заданной функции G90 / G91, величина перемещения рассматривается системой как задание в приращениях, значение функции G90 / G91 при этом не изменяется. Рекомендуется использовать программирование адреса O в постоянных циклах для обеспечения универсальности управляющего кода постоянного цикла независимо от текущей плоскости обработки и от положения в абсолютной системе координат.

5.7 G92 – задание системы координат

Задание системы координат осуществляется программированием функции G92 следующим образом:

G92X...Y...Z...

При этом величины по адресам X,Y,Z являются координатами инструмента в некоторой системе координат.

Дальнейшее задание в абсолютных величинах соответствует положению инструмента в системе координат, заданной G92. Таким образом, G92 позволяет программным путем задать систему координат с началом в любой точке.

Пример: 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:

```
G92X100Y250Z30
```

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.

5.8 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.

5.9 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 модальными, **G94** (F в мм./мин.) всегда устанавливается при включении ЧПУ и при сбросе.

6 Коррекция

6.1 G40/41/42 – коррекция радиуса инструмента.

G40 – выключение коррекции радиуса

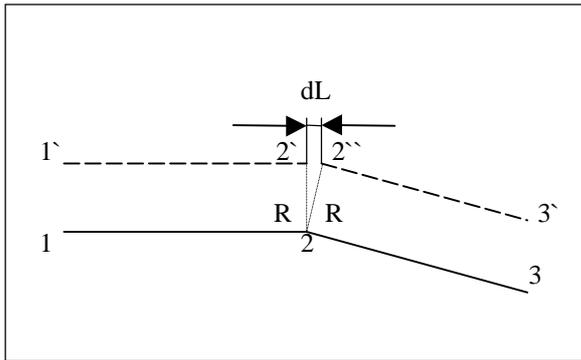
G41 – включение коррекции радиуса слева (в направл. движения)

G42 – включение коррекции радиуса справа (в направл. 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. 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.

Функции G40/41/42 могут вводиться с командами перемещения или без них. 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 $dL \leq \text{Delt_L}$. Величина Delt_L вводится оператором с рабочего терминала. В случае гладкого контура расчетная траектория проходит через точки 1`-2`-3`. В случае,



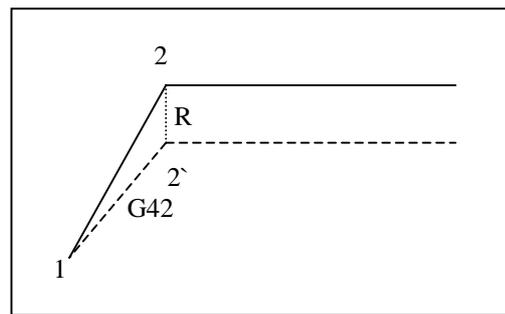
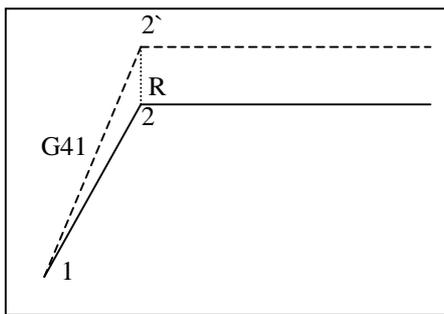
если величина dL больше заданной ΔL , система формирует вставку дуги $2'-2''$ радиусом R с центром в точке 2.

Примеры использования коррекции радиуса.

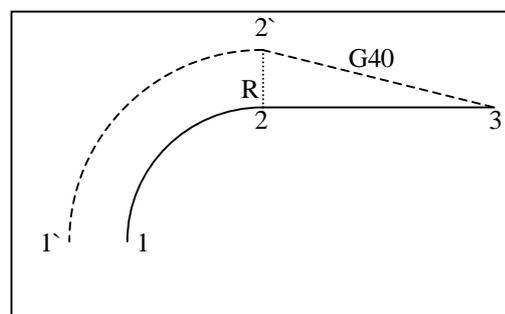
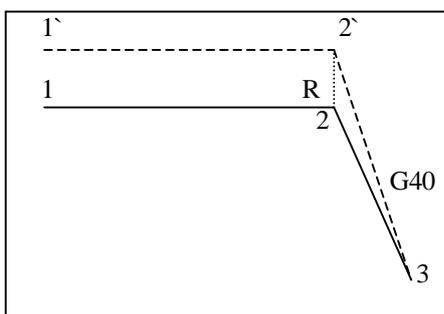
———— Заданная траектория

----- Траектория центра радиуса инструмента при коррекции.

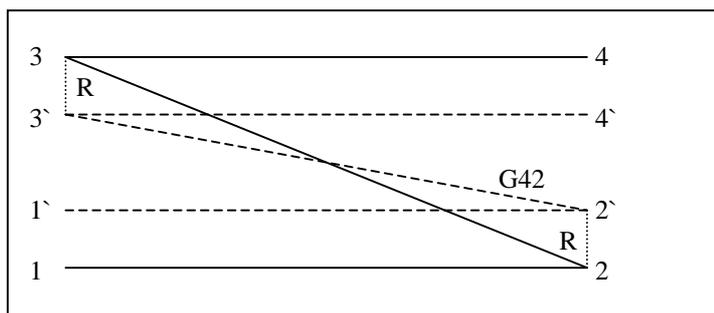
а) включение коррекции радиуса на участке 1-2



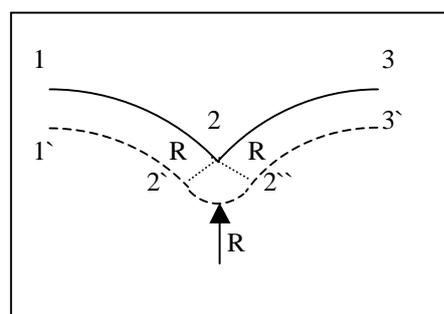
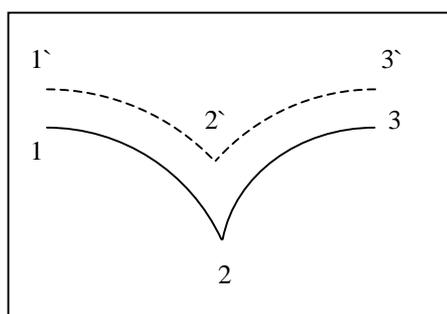
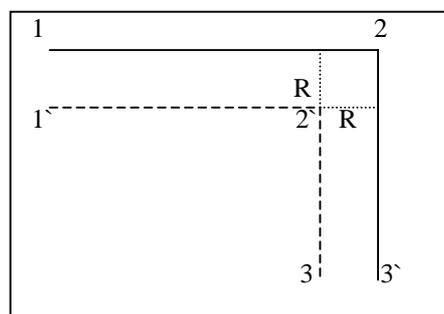
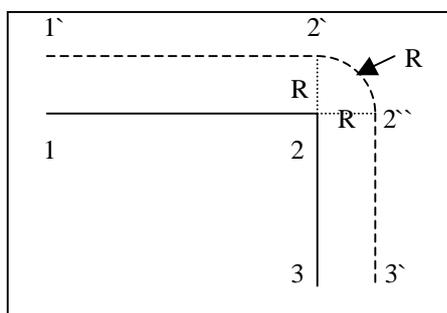
б) выключение коррекции радиуса на участке 2-3



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

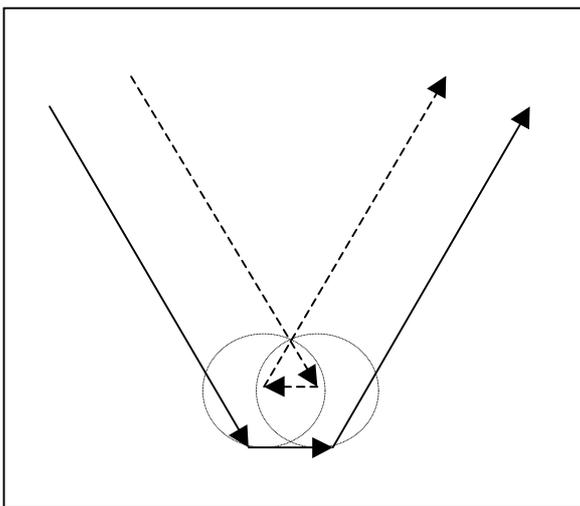


г) примеры коррекции при изломах траектории

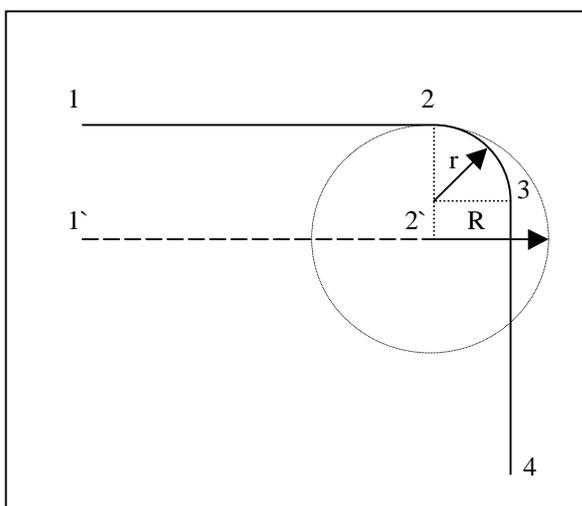


6.1.1 Особые случаи при коррекции радиуса

Так как система управления всегда использует для вычисления точки пересечения только следующий кадр, то при обработке внутренних контуров могут появиться следующие ошибки:



Промежуточный кадр для выбранной коррекции слишком мал. Обработка не прерывается. Ошибка не индицируется. Результат – зарезы внутреннего контура как показано на рисунке.



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 рисунке.

6.2 G43/44/49 – коррекция длины инструмента

G49 – выключение коррекции длины инструмента

G41 – включение коррекции длины в +

G42 – 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

F10.4 – подача 10.4 мм./мин (мм/об.).

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 системы управления “Максимальная контурная скорость, мм/мин”. Данный параметр вводится оператором с рабочего терминала.

7.2 Функция частоты вращения шпинделя 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 или номера ступени зависит от установки соответствующего параметра системы при вводе в эксплуатацию.

7.3 Функция смены инструмента T

Для выбора нужного инструмента используется функция T и последующее числовое значение. Программирование установки инструмента №6 выглядит следующим образом:

T6

Функция T выполняется **последней** в кадре. При выполнении функции T номер нового инструмента заносится в системную переменную #121 и вызывается системная подпрограмма "0". В качестве параметров в подпрограмме смены инструмента используются системные переменные

#200 - текущий номер инструмента (только чтение) и

#121 - новый номер инструмента

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

Пример подпрограммы смены инструмента:

```
%0  
G53G40D0G49H0G90G0X10.03Y20.23Z-3.35 $позиц-ние в т. смены  
M6 $команда смены инструмента  
M99  
%
```

7.4 Дополнительные функции M

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 в кадре	После выполнения перемещ. в кадре	До отмены соответств. вспомогат. функцией	Только в кадре, в котором задана	
M0	1		X		X	Программируемая остановка
M1	1		X		X	Остановка с подтверждением
M2	1		X		X	Конец программы
M3	2	X		X		Вращ. Шпинд. по час. стр.
M4	2	X		X		Вращ. Шпинд. прот. Час. стр.
M5	2		X	X		Остановка шпинделя
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 M из разных групп, но не более трех команд начала кадра и трех команд конца кадра в одном кадре.

8 Макроязык

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

8.1 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.

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.

8.2 Системные переменные

Номера переменных от 100 и выше зарезервированы под системные переменные. Системные переменные допускается использовать только для чтения.

Ниже перечислены используемые системные переменные.

- #101 – текущее значение G группы 1 (G0-G3, G32, G33)
- #102 – текущее значение G группы 2 (G40-G42)
- #103 – текущее значение G группы 3 (G53-G59, G92)
- #104 – текущее значение G группы 4 (G90-G91)
- #105 – текущее значение G группы 5 (G94-G95)
- #106 – текущее значение G группы 6 (G96-G97)
- #107 – текущее значение G группы 7 (G80-G89)
- #108 – текущее значение G группы G31, G70-G78
- #112 – текущее значение M группы 2 (M3-M5)
- #114 – текущее значение M группы 4 (M7-M9)
- #117 – текущее значение M группы 7 (M41-M48)
- #120 – последнее заданное значение S
- #121 – последнее заданное значение T
- #130 – расчетное значение по X в абсолютном выражении
- #131 – приращение по X в предыдущем кадре.
- #132 – расчетное значение по Y в абсолютном выражении
- #133 – приращение по Y в предыдущем кадре.
- #134 – расчетное значение по Z в абсолютном выражении
- #135 – приращение по Z в предыдущем кадре.
- #136 – последнее заданное I.
- #137 – последнее заданное J.
- #138 – последнее заданное K.
- #139 – последнее заданное F.
- #141 – последнее заданное D.
- #200 – текущий установленный инструмент (по M6)

8.3 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.

8.3.1 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.

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
SQTR(операнд)	Корень квадратный

8.3.2 Бинарные операции

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

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.

8.3.3 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.

Примеры:

N5 #1=10 #2=20 #3=30 #4=40

N10 G90 G0 X#1 Z#2 #1=(#1+#3) #2=(#2+#4)

\$N10 X10 Z20 #1=40 #2=60

N15 X#1 Z#2

\$N15 X40 Z60

N20 #5=(#4/2+15*(#3>#4))

\$N20 #5=20

N25 #5=(#4/2+15*(#3<#4))

\$N25 #5=35

N30 X#1=(ABS(#3-#4) + #5=(40.78*#2))

\$N30 #5=815.6 #1=825.6 X825.6

8.4 Управление ходом выполнения программы

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

8.4.1 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". Пример:

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 является не первым словом в кадре. Пример:

N5 G1 X0 Z0 F50

N010 Z-10.5

N15 Z0 N17 \$переход на кадр №17 после выполнения команды Z0
N16 \$будет пропущен

N017 M0

N20 U5 N10 \$переход на кадр №10 после выполнения команды U5
N25 M2

В данном примере кадр №25 никогда не будет достигнут, т.к. задан бесконечный цикл от кадра №10 до кадра №20. Кадр №16 не будет выполняться.

Данный пример не имеет практического применения. Команда пререхода имеет смысл при использовании ее совместно с командой условного выполнения для организации циклов и ветвления программы.

8.4.2 Команда условного выполнения

Команда условного выполнения выглядит следующим образом:

<команды1> IF (условное_выражение) команды2

Обработка такого кадра выполняется в следующем порядке:

- выполняются <команды1> (если присутствуют)
- если (условное_выражение) истинно – т.е. не равно нулю, выполняются <команды2>, иначе происходит переход к следующему кадру.

В условном выражении допускается использовать любые выражения.

Примеры:

N10 IF (#1>=#2) #1=(#1-0.5) N1

если п.№1 больше п.№2 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 раность п.№1 и п.№2 больше нуля – линейная интерполяция в точку X0Z0, иначе – линейная интерполяция в точку X0Z100

9 Циклы и подпрограммы

В системе реализован единый механизм поддержки циклов и подпрограмм. С точки зрения программирования постоянные циклы есть подмножество подпрограмм, имеющих 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.

9.1 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 должна храниться на внутреннем постоянном носителе.

Подпрограмма вызывается следующим образом:

Lnnpp или *Lnn*

Где *nn* – номер подпрограммы

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

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

9.2 Постоянные циклы

Отработка постоянного цикла в конце кадров с перемещением задается функциями G81 – G89. Отмена отработки постоянного цикла выполняется заданием функции G80.

Управляющий код постоянного цикла создается как подпрограмма (см. выше) с именем *pp*, где *pp* – двузначный номер 81-89. Управляющий код постоянного цикла должен храниться на внутреннем постоянном носителе.

Постоянные циклы включаются функциями G81 - G89 следующим образом:

G*pp*

Где *pp* – 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.

9.3 Примеры постоянных циклов (G81 – G89)

В системе WL4M пользователи сами могут составить постоянные циклы (G81 – G89), которые применяются для сверления, расточки, нарезания резьбы метчиком и других видов обработки, с помощью функций подпрограммы таким образом, чтобы они были удобными при использовании.

Ниже приводятся примеры подпрограмм 81 – 89 для постоянных циклов, которые могут служить наводящими для пользователя при составлении таких подпрограмм.

В этих примерах необходимо обратить внимание на следующие пункты:

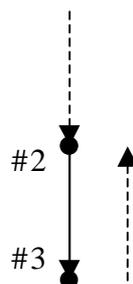
- Положения точки начала рабочего движения и днища задаются переменными #2 и #3 в абсолютных
- При возврате к главной программе необходимо, чтобы были выработаны режимы G0, G90
- Время паузы задается переменной #4
- Шаг сверления задается переменной #5

Рабочая подача \longrightarrow

Ускоренное перемещение \dashrightarrow

9.3.1 G81 (Цикл сверления, цикл точечной расточки)

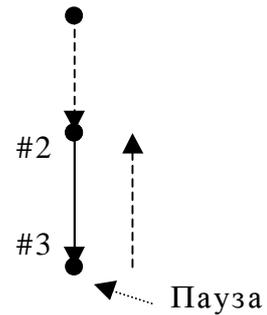
```
% 81
G0G90Z#2
G1G9Z#3
G0Z#2
M99
%
```



9.3.2 G82 (Цикл сверления, цикл зенкования)

```

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



9.3.3 G83 (Цикл глубокого сверления)

```

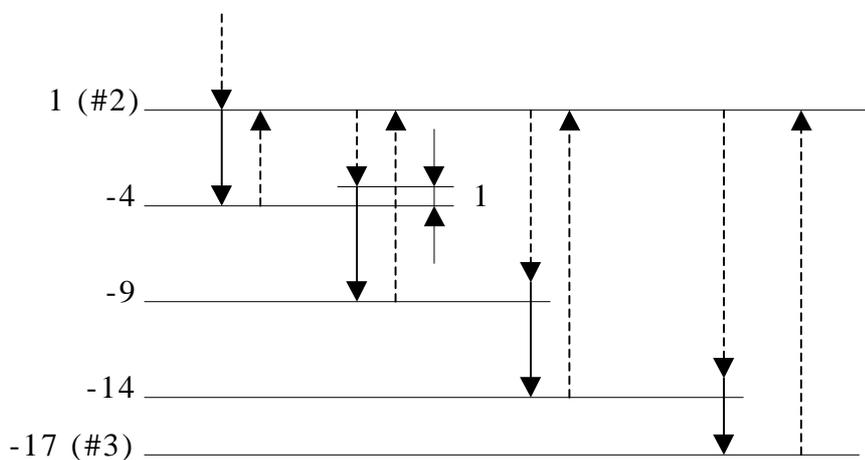
% 83
G90 #10=#2 #11=#2
N01 IF(#11=(#11-#5)<=#3) #11=#3
G0Z#10
G1G9Z#11
G0Z#2
#10=(#11+1)
IF(#11>#3) N1
M99
%
```

Пример использования G83 в главной программе

```

G83 #2=1 #3=-17 #5=5 F100
G90G0X100Y200
G80
```

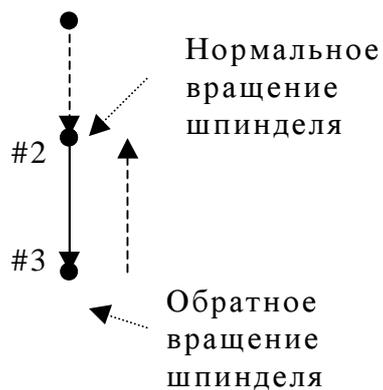
В случае данного примера будет получен следующий результат



9.3.4 G84 (Цикл нарезания резьбы метчиком)

```

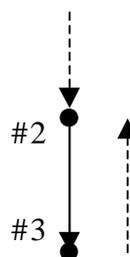
% 84
G0G90Z#2
G1G63Z#3
M4
Z#2
G0G64M3
M99
%
```



9.3.5 G85 (Цикл расточки)

```

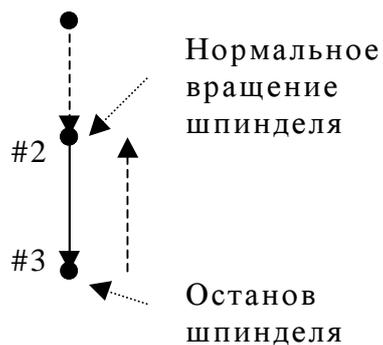
% 85
G0G90Z#2
G1G9Z#3
Z#2
G0
M99
%
```



9.3.6 G86 (Цикл расточки с остановом шпинделя)

```

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



9.3.7 G87 (Цикл расточки с ориентацией и отводом)

```

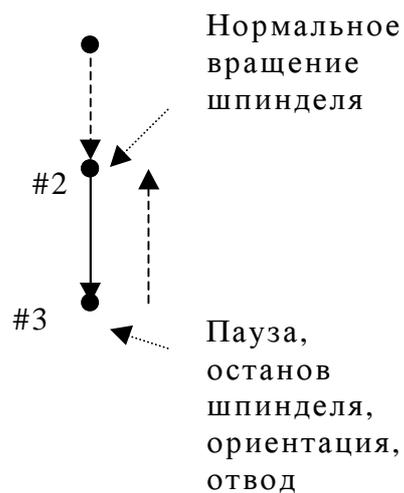
% 87
#10=#117 $сохранение M41-M43
G0G90Z#2
G1Z#3
M5M40M19 $ориентация
G0U0.5 $отвод
Z#2
M#10M3 $восстановление M41-M43
M99
%
```



9.3.8 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
%
```



9.3.9 G89 (Цикл расточки с паузой)

```

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

