



FMS-3000

УСТРОЙСТВО
ЧПУ НА БАЗЕ
ПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЬЮТЕРА

**Программирование
управляющих
программ**

Редакция 5.0



Содержание

Аннотация	6
1. Общие сведения	7
1.1. Технические характеристики	7
1.2. Состав программы	10
1.2.1. Кадр	10
1.2.2. Слово	10
1.2.3. Формат ввода	11
1.2.4. Номер программы и подпрограммы	12
1.2.5. Номер кадра	12
1.2.6. Повтор фрагмента программы	13
1.3. Размерные слова	13
1.3.1. Управляемые геометрические координаты	13
1.3.2. Разрешающая способность	13
1.3.3. Максимальные перемещения	13
1.3.4. Системы координат	14
1.3.4.1. Декартова система координат	14
1.3.4.2. Зависимые оси координат	15
1.3.4.3. Полярная система координат	15
1.3.4.4. Поворот декартовой системы координат в плоскости	16
1.3.5. Задание перемещений в абсолютных величинах и приращениях	17
1.3.6. Масштабирование	18
1.4. Функция подачи	18
1.4.1. Скорость ускоренного перемещения	18
1.4.2. Коррекция скорости ускоренного перемещения	18
1.4.3. Скорость рабочей подачи	18
1.4.4. Коррекция рабочей подачи	19
1.4.5. Расчет подачи в УЧПУ	19
1.4.5.1. Расчет составляющей подачи по осям при линейной интерполяции	19
1.4.5.2. Расчет подачи при круговой интерполяции	20
1.4.5.3. Расчет подачи при линейно-круговой интерполяции	20
1.4.5.4. Расчет подачи для эквидистанты	22
2. Подготовительная функция (Функция G)	24
2.1. Задание плоскости	26
2.2. Позиционирование	27
2.2.1. Одностороннее позиционирование	28
2.3. Линейная интерполяция	29
2.4. Круговая интерполяция	30
2.4.1. Задание дуги окружности через расстояния от начальной точки до центра	31
2.4.2. Задание дуги окружности через координаты центра относительно начала рабочей системы координат	32
2.4.3. Задание дуги окружности через координаты центра в зависимости от действующих функций G90 – G91	32
2.4.4. Задание дуги окружности через ее радиус	33
2.5. Линейно-круговая интерполяция (винтовая обработка)	33
2.6. Упрощенное программирование перемещений в кадре	34
2.7. Нарезание резьбы резцом	35
2.8. Запрет покадровой отработки	36
2.9. Автоматический выход в точку	36
2.9.1. Автоматический выход в ноль координат станка по путевым выключателям	36

2.9.2. позиционирование в ноль координат станка.....	36
2.9.3. позиционирование в фиксированную точку	36
2.10. Синхронизация подачи в кадре с 0-меткой датчика положения	36
2.11. Завершение перемещений в кадре по внешнему сигналу	37
2.12. Пауза	37
2.13. Торможение в конце кадра.....	37
2.13.1. Торможение до подачи, равной нулю.....	37
2.13.2. Торможение до подачи, заданной параметром.....	38
2.13.3. Геометрическое регулирование подачи.....	39
2.14. Запрет останова программы по кнопке “Стоп” на 1 кадр	39
2.15. Системы координат.....	39
2.15.1. Фиксированные системы координат заготовки.....	39
2.15.2. Аддитивное смещение фиксированных систем координат заготовки	40
2.15.3. Альтернативная система координат заготовки.....	41
2.15.4. «Плавающая» система координат заготовки.....	41
2.15.5. Возврат к системе координат станка	42
3. Функции коррекции.....	42
3.1. Функции D, H и DR.....	42
3.2. Величина смещения.....	43
3.3. Смещение инструмента по длине (G43, G44, G49).....	43
3.4. Коррекция инструмента на радиус (G40 - G42)	43
3.4.1. Подробное описание коррекции инструмента на радиус	45
3.4.1.1. Ввод коррекции на радиус инструмента.....	45
3.4.1.2. Обработка введенной коррекции на радиус инструмента	48
3.4.1.3. Режим отмены коррекции на радиус инструмента	54
3.4.1.4. Изменение направления смещения в режиме коррекции	55
3.4.2. Пространственная коррекция на размер инструмента*	56
3.5. Задание величины коррекции через параметры инструмента.....	57
3.6. Зеркальная обработка	57
4. Функции цикловой обработки	59
4.1. Постоянные циклы сверлильно-расточной группы	59
4.1.1. Цикл сверления	60
4.1.2. Циклы растачивания	62
4.1.3. Цикл глубокого сверления	63
4.1.4. Цикл нарезания резьбы	64
4.1.5. Цикл прерывистого сверления	64
4.1.6. Цикл прерывистого сверления с выдержками времени.....	65
4.2. Постоянные циклы токарной группы.....	66
4.2.1. Однопроходный продольный токарный цикл.....	66
4.2.2. Однопроходный поперечный токарный цикл	67
4.2.3. Многопроходный продольный токарный цикл	68
4.2.4. Многопроходный поперечный токарный цикл.....	69
4.2.5. Цикл глубокого сверления по оси Z	70
4.2.6. Цикл снятия припуска по оси X	71
4.2.7. Цикл глубокого сверления с нисходящей обработкой по оси Z	72
4.2.8. Цикл снятия припуска с нисходящей обработкой по оси X.....	73
4.2.9. Многопроходный цикл нарезания цилиндрических канавок.....	74
4.2.10. Многопроходный цикл нарезания торцевых канавок	75
4.2.11. Цикл сверления с дроблением стружки по оси Z	76
4.2.12. Цикл снятия припуска с дроблением стружки по оси X.....	77
4.2.13. Многопроходный цикл нарезания резьбы	78
4.2.14. Цикл нарезания резьбы плашкой или метчиком	80
4.2.15. Цикл продольной обработки до профиля	81
4.2.16. Цикл поперечной обработки до профиля.....	83
4.2.17. Цикл обработки фаски	85
4.2.17. Цикл обработки скругления.....	86

4.2.18. Цикл обработки по профилю (цикл обработки поковок)	87
4.3. Отмена циклов G81-G88, G150-G168	89
5. Функция шпинделя (S), функция инструмента (T), вспомогательные функции (M).....	89
5.1. Функция шпинделя	89
5.1.1. Коррекция скорости шпинделя.....	91
5.2. Функция инструмента.....	91
5.3. Вспомогательная функция (M).....	91
6. Подпрограмма	92
6.1. Составление подпрограмм.....	92
6.2. Выполнение подпрограмм	92
7. Перечень сообщений об ошибках программирования.....	93

Аннотация

AWS-825P – зарегистрированная торговая марка Advantech Co, Ltd. Остальные торговые знаки зарегистрированы торговыми знаками соответствующих владельцев.

В настоящем документе дано описание функций устройства числового программного управления (УЧПУ) FMS-3000, а также содержатся инструкции программисту по составлению управляющих программ.

Программно-математическое обеспечение (ПМО) выполняет следующие основные функции:

- ввод, вывод, редактирование управляющих программ УП;
- реализация режимов работы УЧПУ;
- реализация функций электроавтоматики станка;
- реализация свободно-программируемых циклов пользователя (СЦП) на базе языка

программирования;

- выдача последовательности управляющих команд;
- индикация оперативной информации;
- контроль и диагностика станка.

Инструкции оператору по работе с пультом УЧПУ даны в документе "Руководство оператора".

1. Общие сведения

1.1. Технические характеристики

Таблица 1

№	Наименование	Содержание	Ссылки
1.	Количество управляемых (следящих) осей	Определяется аппаратными возможностями УЧПУ (количество и название определяются параметрами)	п.1.3.1.
2.	Количество одновременно управляемых осей	Интерполяция Линейная круговая линейно-круговая Все 2 3	п. 2
3.	Разрешающая способность	Минимальное задание 0.001мм 0.001 град минимальное перемещение 0.001 мм 0.001 град	п.1.3.2.
4.	Датчик положения	Фотоимпульсный	-
5.	Максимальное задание	1E16 мм 1E16 град	п. 1.3.3.
6.	Ввод	Технологические программы - код ISO и макропрограммирование Числовые значения задаются в соответствии с форматом представления данных	п.1.2.3.
7.	Скорость ускоренного перемещения	1.7E38 мм/мин	п.1.4.1.
8.	Скорость рабочей подачи	Возможно задание в диапазоне 2.9E-39-1.7E38 мм/мин (мм/об), путем ручной коррекции возможно оперативное изменение рабочей подачи на 2.9E-37..1.7E36 %.	п.1.4.3.
9.	Автоматическое ускорение и замедление	Автоматическое ускорение (замедление) по линейному закону	-
10.	Задание в абсолютных величинах и приращениях	Допускается задание в абсолютных величинах и приращениях путем переключения G-функций G90: задание в абсолютных величинах G91: задание в приращениях	п.1.3.5.
11.	Позиционирование	При программировании G00 происходит ускоренное перемещение по прямой или независимо для каждой оси с замедлением перед остановом и проверкой точности останова	п.2.2.
12.	Одностороннее позиционирование	Программированием G60 можно задать позиционирование в точку с подходом в направлении, заранее определенном параметром	п.2.2.1.
13.	Выход в точку	К данной функции относятся: - выход в ноль координат по конечным выключателям (G27); - позиционирование в ноль координат станка (G28); - позиционирование в фиксированные точки (G30), (G31)	п.2.8.
14.	Линейная интерполяция	Программированием G01 задается линейная интерполяция с подачей, заданной адресом F	п. 2.3.

№ п.п.	Наименование	Содержание	Ссылки
15.	Круговая интерполяция	Программированием G02,G03 задается круговая интерполяция с подачей, заданной адресом F	п.2.4.
16.	Линейно-круговая (винтовая) интерполяция	Программированием G10 задается линейно-круговая интерполяция вокруг любой из осей координат с подачей, заданной адресом F	п.2.5.
17.	Торможение в конце кадра	После выполнения перемещений кадра, в котором запрограммирована функция G09 или G64,происходит замедление подачи до 0 или до заданной параметром. По функциям G50, G61 или G63 происходит торможение в каждом кадре.	п.2.11.
18.	Пауза	С помощью функции G04 можно задерживать выполнение следующего кадра на заданную продолжительность времени	п.2.10.
19.	Коррекция длины инструмента	Использованием функций G43, G44 можно запрограммировать смещение инструмента на величину, заданную адресом H и номером в пределах 1...255	п.3.3.
20.	Коррекция инструмента по радиусу	Использованием функций G41, G42 можно осуществить коррекцию положения инструмента по радиусу, заданному адресом D и номером в пределах 1...255	п.3.4.
21. *	Пространственная коррекция на размер инструмента	С помощью функций G143, G144 можно осуществить пространственную коррекцию положения инструмента с учетом его радиуса, заданного адресом D, и скругления, заданного адресом DR в пределах 1...255	п. 3. 4. 2
22.	Постоянный цикл	С помощью программирования G81...G88, G150-G168 можно задавать стандартный технологический цикл вдоль любой из 3-х первых осей	п.4.1.
23.	Резьба	Возможно нарезание многопроходных, многозаходных резьб, резьб с переменным шагом	
24.	Завершение кадра по внешнему сигналу	Программирование G32 разрешает завершить кадр по внешнему сигналу и передать управление обработкой заданному кадру	п.2.9.
25.	Поиск номеров программы, подпрограммы и кадра	При работе с УЧПУ возможен поиск и отработка программы, подпрограммы и кадра с заданного номера	
26.	Технологические функции	Программированием заданий по адресам T,S,M можно задать - поиск инструмента, - код скорости или обороты шпинделя, - включение/отключение функций на станке. Конкретный вид отработки функций определяется электроавтоматикой станка	п.5.
27.	Покадровая отработка	Возможна отработка программы по одному кадру	
28.	Ускоренная обработка	Производится отработка программы на Ускоренной подаче, величина которой определяется параметром	
29.	Блокировка станка	Происходит отработка программы без выдачи любых сигналов на станок	
30.	Блокировка перемещений	Происходит отработка программы без выдачи сигналов на управление перемещениями осей	

№ п.п.	Наименование	Содержание	Ссылки
31.	Блокировка технологических функций	Происходит обработка программы без выдачи на станок заданий по адресам M,S,T	
32.	Отключение перемещений по осям	Происходит обработка программы с отменой перемещений по заданным осям	
33.	Зеркальная обработка	Происходит обработка программы с Зеркальным выполнением перемещений вдоль заданных осей относительно заданных точек	
34.	Отключение перемещений по осям	Происходит обработка программы с отменой перемещений по заданным осям	
35.	Поворот системы координат	Происходит обработка программы в повернутой относительно заданной точки системе координат	
36.	Масштабирование	Возможно задание масштабирования обработки программы отдельно по координатам	
37.	Пуск обработки	Возможен пуск обработки с пультов станка и УЧПУ	
38.	Ручное управление	Возможно ручное управление операциями на пульте станка	
39.	Останов обработки	Возможен останов обработки ПО: - функциям, заданным в программе, - концу кадра, - командам пультов станка и УЧПУ	
40.	Пуск прерванной программы	Возможен повторный пуск прерванной Программы с точки останова или с нужного кадра	
41.	Редактирование	Возможно изменение содержания программ в памяти УЧПУ, а также подготовка Дополнительной информации	
42.	Индикация	На экран УЧПУ выдается информация о всех режимах работы станка и УЧПУ	
43.	Сообщения оператору	Выдаются на экран и запоминаются текстовые сообщения УЧПУ и сообщения электроавтоматики	
44.	Автоматическая Компенсация	Всегда выполняется автоматическая компенсация дрейфа нуля электроприводов подачи. Возможна компенсация люфта и накопленной погрешности ходовых винтов на предварительно заданные величины	
45.	Программирование Электроавтоматики	Возможно программирование электроавтоматики станка с использованием спец. языка	

Пункты, отмеченные символом * , не входят в базовый вариант ПМО УЧПУ.

1.2. Состав программы

Для обработки детали на станке с ЧПУ необходимо задать траекторию перемещения инструмента и другие условия обработки. Данную программу называют программой обработки детали или управляющей программой (УП).

Программирование обработки детали означает указание траектории движения инструмента и вспомогательных действий станка устройству ЧПУ в соответствии с правилами (языком программирования) ЧПУ.

Программы делятся на программы и подпрограммы. При отработке программы УЧПУ будут работать по командам программы, однако, если в программе встретится команда обращения к подпрограмме, то дальнейшее поведение УЧПУ определяется командами подпрограммы. Далее, если во время выполнения подпрограммы встретится команда возвращения в программу, то дальнейшее поведение УЧПУ определяется командами программы.

В памяти УЧПУ в общей сложности одновременно может находиться как минимум 11110 программ и подпрограмм с номерами 0 - 9999.

Метод выбора нужной программы или подпрограммы описан в документе **“Руководство оператора”**.

1.2.1. Кадр

Структурную единицу программы (или подпрограммы) составляет кадр. Кадр представляет собой записанную по правилам программирования последовательность символов языка программирования. Последующий кадр от предыдущего отделяется кодами <BK><PC> (неотображаемые коды “Возврат каретки”, “Перевод строки”). Эти коды обычно вставляются автоматически при нажатии клавиши Enter в любом текстовом редакторе.

Максимальное число символов в кадре - 254, включая коды <BK><PC>.

1.2.2. Слово

Элементом кадра является слово. Слово состоит из адреса и последующего числового значения нескольких разрядов (перед числовым значением могут быть записаны знаки "+", "-"). При этом знак "+" можно опускать.

X - 1000

Адрес Числовое значение

Адрес представляет собой одну из алфавитных букв (A - Z) и определяет смысл последующего числового значения.

Ниже, в таблице 2, перечислены адреса, которые используются для данного УЧПУ, и их смысл.

С использованием этих слов можно составить один кадр, причем порядок слов в кадре может быть произвольным.

Например, кадры:

NGXYFSM

NFGXYMS

При одинаковых числовых значениях приведут к одинаковым результатам. Рекомендуется порядок записи по ГОСТ 20999-86.

Таблица 2

Функция	Адрес	Смысл
Номер кадра	N	Номер кадра
Подготовительная функция	G	Определение вида движения рабочего органа
Размерные слова	X,Y,Z A,B,C,U, V,W I,J,K	Команды на перемещение по координатам стола Команды на перемещение по дополнительным осям Расстояние до центра дуги окружности или шага винта при линейно-круговой интерполяции
Величина подачи	F	Задание величины подачи
Обороты шпинделя	S	Задание оборотов шпинделя, кода ступени или скорости резания
Номер инструмента	T	Задание номера инструмента для поиска
Вспомогательная функция	M	Указание на двухпозиционное управление (вкл-выкл) на станке
Номер корректора, хранящего данные об инструменте	H D DR	Задание номера корректора инструмента Для коррекции: - на длину, - на радиус, - на скругление.
Пауза	E	Задание величины паузы
Вызов подпрограммы	P	Команда вызова подпрограммы
Угол поворота системы координат	A	Задание угла поворота системы координат по функции G37
Угол полярной системы координат	A	Задание угла для определения конечной точки в полярной системе координат по функции G36
Радиус дуги окружности	R	Задание радиуса дуги окружности при программировании G2/G3 через радиус
Количество повторов	L	Задание количества повторов фрагмента программы с помощью функции G25
Радиус полярной системы координат	I	Задание расстояния от центра полярной системы координат до конечной точки по функции G36
Угол начала резьбы	Q	Угол между 0-меткой и началом движения при задании функций G33, G34
Изменение шага резьбы	DF	Изменение шага резьбы или обратной подачи на каждый оборот или угол QF
Угол для изменения шага резьбы	QF	Угол, через который изменяется шаг резьбы или обратная подача на величину DF

1.2.3. Формат ввода

Ввод числовых величин осуществляется в десятичной системе счисления в соответствии со следующими допустимыми заданиями (Табл. 3).

При программировании заданий, кроме вызова подпрограммы, ведущие нули можно опускать.

Конкретные пределы числовых значений, программируемых под адресом F,S,T,M определяются типом станка и указываются в эксплуатационной документации на конкретный станок.

Функция	Адрес	Пределы допустимых заданий
Номер кадра	N	0 - 9999999
Подготовительная функция	G	0 - 99
Размерные слова	X,Y,Z U,V,W I,J,K A,B,C R DF	Минус 1E16 – плюс 1E16 мм Минус 1E16 – плюс 1E16град Точка в поле числа является десятичной точкой, разделяющей целую и дробную части в миллиметрах или градусах
Подача	F	0 - 1.7E38 мм/мин (град/мин)
Обороты шпинделя	S	0 - 9999 об/мин или код ступени
Номер инструмента	T	0 - 9999
Вспомогательная функция	M	0 – 99
Номер корректора инструмента	H D DR	0 - 255 0 - 255 0 - 255
Пауза	E	1 - 65535 десятых секунды
Углы при нарезании резьб	Q,QF	0 – 360 градусов
Вызов подпрограммы	P	0 – 9999

1.2.4. Номер программы и подпрограммы

В памяти УЧПУ возможно одновременное хранение 11110 программ и подпрограмм, а также подпрограмм, вызываемых через номера неиспользуемых G-функций и M-функций.

Программам и подпрограммам при их вводе присваивается номер в диапазоне от 0 до 9999. При этом номера 0, 00, 000, 0000 считаются разными номерами, и максимальное количество цифр - 4. Не допускается хранение в памяти двух одинаковых номеров.

Некоторые программы и подпрограммы могут иметь номер, начинающийся с букв G или M, после которых идут от одной до трех цифр. При этом как бы появляются дополнительные G – функции и M-функции, реализованные в виде подпрограмм, в которые можно передать какие-либо параметры. Имеется также возможность с помощью параметров разрешить вызывать подпрограммы по умолчанию в конце каждого кадра вплоть до отмены такого режима функцией G80. Таким образом, например, реализованы стандартные циклы G81-G88, G150-G168.

Номер G – функции-подпрограммы может совпадать с номерами имеющихся в УЧПУ базовых G-функций. (Например, G0-G4,G9 и т. д.). В этом случае вызывается не базовая функция, а соответствующая подпрограмма. При необходимости вызова базовой функции нужно использовать конструкцию GG_ (например, GG0, GG2, GG17).

При выполнении поиска и отработки на стадии распознавания номера УЧПУ не делает различия между программами и подпрограммами, их отличие заключается в следующем:

- программа заканчивается кадром с функцией M2, M98 или M30 - конец программы;
- подпрограмма заканчивается кадром с функцией M99 - возврат из подпрограммы.

Действия упомянутых M-функций описаны в п.5.3. и п.6.

1.2.5. Номер кадра

В начале кадра следует помещать номер кадра с использованием адреса N и последующего числового значения в пределах 0 - 9999999. Допускается произвольная последовательность номеров кадра и даже пропуск промежуточных номеров (но не адреса N).

Вообще говоря, рекомендуется обязательно поставить номера кадров в возрастающей последовательности в соответствии с порядком выполнения механической обработки в ключевых частях программы (например, при замене инструмента).

В общем случае наличие номера кадра не является обязательным, т. е. кадр может выглядеть так

G1X100F200

1.2.6. Повтор фрагмента программы

При необходимости повтора фрагмента программы или подпрограммы необходимо использовать следующую конструкцию:

```
G25L_
..... }
..... } фрагмент программы
..... }
```

M25

Здесь L_ - количество повторов. При этом нужно иметь в виду, что:

- нельзя переставлять местами G25 и L_;
- конструкция G25L_ должна стоять в конце кадра;
- кадр с G25L_ выполняется один раз;
- функция M25 может задаваться в одном кадре вместе с любой другой информацией. При этом в каждом проходе выполняется все, что задано в этом кадре.

1.3. Размерные слова

Размерные слова являются командами для указания на перемещение инструмента и состоят из адреса, показывающего ось перемещения инструмента, и числового значения, определяющего направление и величину перемещения.

Таблица 4

Адреса размерных слов	Смысл
Основные оси X,Y,Z	Данные адреса соответствуют трем взаимно перпендикулярным осям и используются для обозначения положений по этим осям и расстояний по этим осям
Дополнительные оси из A,B,C,U,V,W	Адреса для дополнительных осей
Параметры круговой или линейно-круговой интерполяции I,J,K,R	Данные адреса используются для задания координат (составляющих по осям X,Y,Z) центра дуги окружности, для задания шага винта при линейно-круговой интерполяции, для задания расстояния в полярных координатах и для задания радиуса дуги окружности.

1.3.1. Управляемые геометрические координаты

Управляемыми называются геометрические координатные оси перемещения, которыми согласованно может управлять УЧПУ с контролем положения по каждой оси.

Каждая управляемая ось ставится в соответствие с адресом координатного слова.

В настоящем УЧПУ число управляемых осей составляет 3 при стандартном исполнении (X,Y,Z) и может увеличиваться за счет выбора осей из списка A,B,C,U,V,W, а также сочетаний AX, VX, CY и т. д.

1.3.2. Разрешающая способность

Программирование размерных слов осуществляется в формате с десятичной точкой, которая разделяет целую и дробную часть числа в миллиметрах. Отсутствие точки означает для УЧПУ задание числа в миллиметрах.

Минимальная программируемая единица перемещения выражается в долях мм или градусах и составляет 0.001 мм или 0.001 град. Минимальное перемещение на станке выполняется в долях мм или градусах и составляет 0.001 мм и 0.001 град.

Минимальные перемещения на индикации имеют такие же величины.

Вообще говоря, разрешающая способность УЧПУ и точность обработки - не одно и то же, последняя определяется системой "Станок-Приспособление-Инструмент-Деталь", поэтому для получения высокой точности на детали следует использовать все средства, не полагаясь только на УЧПУ.

1.3.3. Максимальные перемещения

Максимальные перемещения, которые можно запрограммировать в данном УЧПУ, равны плюс/минус 1E16 мм по линейным осям, плюс/минус 1E16 град по круговым осям.

Безусловно, максимальные перемещения зависят от конкретного станка.

1.3.4. Системы координат

1.3.4.1. Декартова система координат

Задание перемещения осей всегда производится в какой-либо системе координат.

По умолчанию при включении УЧПУ устанавливается декартова система координат, задаваемая с помощью функции G35.

Любые системы координат всегда подчиняются следующим правилам:

1) координатные управляемые линейные оси X,Y,Z всегда создают правую трехмерную систему координат, в которой задаются позиции инструмента. При этом независимо от конструкции станка считается, что деталь остается неподвижной, а перемещается инструмент. Поэтому при программировании траектории обработки не нужно задумываться о перемещении физических узлов станка, устройство ЧПУ автоматически скорректирует движение так, чтобы инструмент оказался в запрограммированной позиции заданной системы координат;

2) ось Z всегда располагается параллельно оси шпинделя.

За положительное направление (из "-" в "+") оси Z принимается направление от детали к инструменту;

3) координатное слово оси X, как правило, задает перемещение вдоль стола станка. Поэтому оси X и Y расположены таким образом:

X - вдоль стола станка

Y - перпендикулярно X так, чтобы при повороте от положительного направления X к положительному направлению Y правый винт перемещался в положительном направлении Z;

4) дополнительные круговые оси A,B,C являются вращающимися координатными осями вокруг линейных осей X,Y,Z соответственно.

За положительное направление (из "-" в "+") поворотной оси принимается вращение по часовой стрелке, если смотреть на вращающуюся ось в положительном направлении для соответствующей ей линейной оси (Рис.1).

5) дополнительные линейные оси U,V,W являются параллельными к осям X,Y,Z. Положительные и отрицательные направления дополнительных осей соответствуют направлению основных.

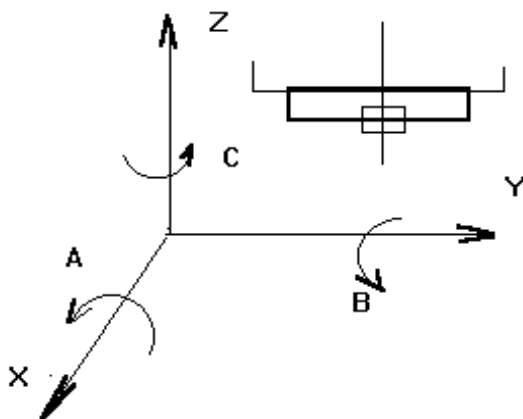


Рис. 1.

Примечания:

1. Станки, предназначенные для специальных видов обработки, могут иметь системы координат, построенные по иным правилам.

2. Кроме трех основных осей могут быть запрограммированы дополнительные из ряда: **A,B,C,U,V,W**.

Для токарных станков обычно используется следующая система координат (рис. 1.1)

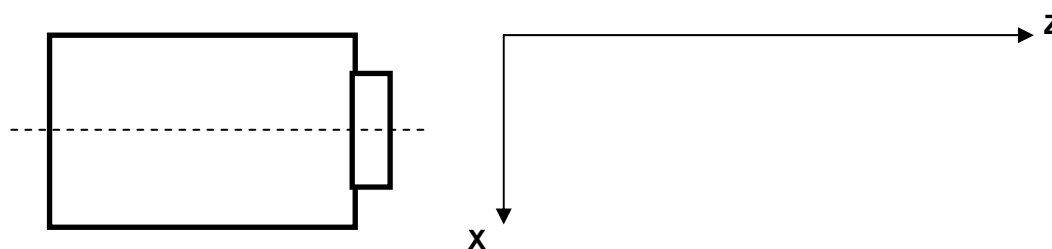


Рис. 1.1

В общем случае в устройстве ЧПУ по отношению к декартовой системе координат имеют значение не названия осей, а их порядковые номера, поэтому в дальнейшем для отражения этого факта будут использоваться не названия осей, а их номера 1, 2, 3 и т. д.

. Эти номера указываются в осевых базовых станочных параметрах N5022-N5422. Самое важное значение имеют оси с номерами 1-3, так как именно эти оси образуют три основные плоскости, в которых или относительно которых проходят круговая интерполяция, коррекция на радиус и длину инструмента, поворот осей, выполнение циклов фрезерной группы и т. д. Интерес представляет ситуация с 2-х-координатными станками, когда есть выбор, какую из 3-х плоскостей образовать с помощью этих двух осей. Именно с учетом этого должны задаваться функции G17-G19.

1.3.4.2. Зависимые оси координат

Система координат станка может иметь зависимые оси. В этом случае результирующее перемещение узла станка определяется суммарным перемещением по каждой из этих осей (Рис. 2). С помощью системы параметров станка (N5018-N5418) возможно указание зависимых осей, входящих в одну группу. При этом индикация текущего положения этих осей представляет собой одну строку и является суммой их текущих положений с учетом суммы их смещений нулей. При задании перемещения этих координат в управляющей программе в абсолютной системе отсчета (G90) есть возможность автоматического учета текущего положения остальных зависимых осей таким образом, что все зависимые оси представляют собой как бы единую ось. Разрешение такого учета выполняется с помощью функции G45, запрет – с помощью функции G46. С помощью технологического параметра N3007 задается функция, действующая по умолчанию по включению станка и по пуску управляющей программы с начала.

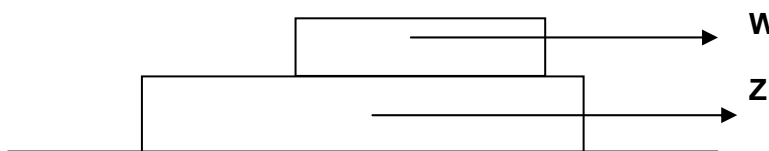


Рис. 2.

1.3.4.3. Полярная система координат

Координаты точки в полярной системе координат задаются с помощью расстояния (I) от фиксированной точки, называемой полюсом (P), до заданной точки (P1) и угла между горизонтальной осью и направлением от полюса на заданную точку (A) (рис. 3). При этом нужно иметь в виду, что в полярной системе координат возможна только плоскостная обработка.

Переход к полярной системе координат задается с помощью функции G36:

G36X_Y_ (для плоскости, образованной осями X Y),

где значения X и Y определяют координаты полюса в действующей системе координат G53-G59.

Координаты полюса всегда задаются в абсолютной системе отсчета и должны принадлежать текущей плоскости. В кадре с G36 никаких перемещений не происходит.

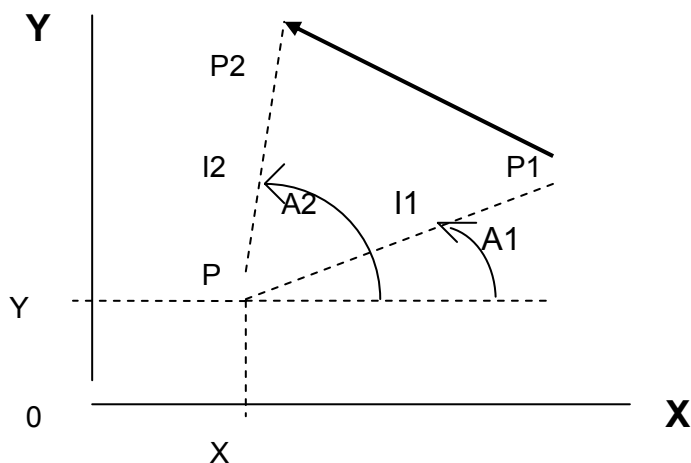


Рис. 3.

В следующих за этим кадрах до кадра с функцией G35 или до конца программы координаты точек должны задаваться по правилам полярной системы координат. При этом функции G90, G91, действующие на это время, ни на что не влияют.

При позиционировании и при линейной интерполяции кадры должны иметь следующий вид:

N100G0(G1)I_A_

где I - расстояние от полюса до конечной точки (всегда положительное),

A - угол между первой(горизонтальной) осью плоскости и направлением от полюса к конечной точке.

Угол задается в градусах со знаком. При этом положительным углом является угол, отсчитываемый от первой оси плоскости против часовой стрелки.

При круговой интерполяции кадры должны иметь следующий вид (рис. 4):

N100G2(G3)I_A_R_

где I,A имеют то же значение, что и при G0 и G1;

R-радиус дуги окружности, задаваемый по правилам, описанным в п. 2.4.4.

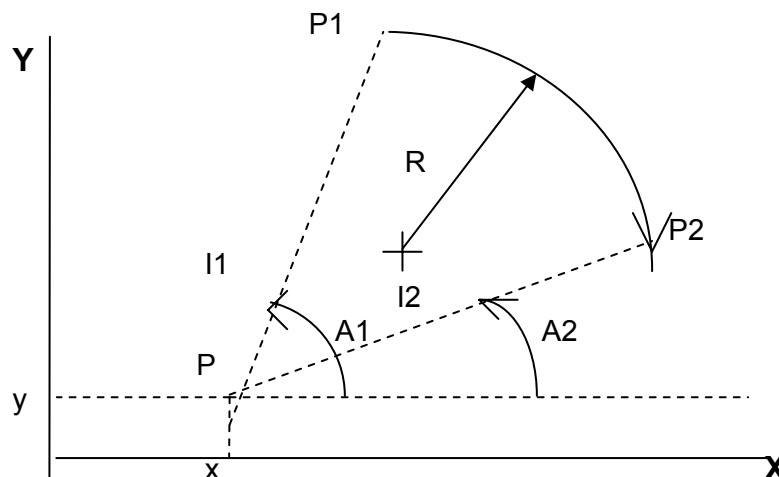


Рис. 4.

1.3.4.4. Поворот декартовой системы координат в плоскости

При работе в декартовой системе координат существует возможность поворота этой системы на произвольный угол относительно заданной точки в действующей плоскости, определяемой функциями G17-G20 (рис. 5). Такой поворот задается с помощью следующего кадра:

N100G37X_Y_A_

где X, Y – точка, относительно которой происходит поворот (для плоскости, образованной осями X и Y),

A - угол, на который поворачивается система координат.

Точка, относительно которой происходит поворот, всегда задается в абсолютной системе отсчета независимо от действующих функций G90-G91.

Угол задается в градусах со знаком. При этом положительным углом является угол, отсчитываемый против часовой стрелки.

После такого поворота координаты задаются уже в новой, повернутой системе координат. Возврат к исходной системе координат осуществляется заданием кадра

N100G37A0.

При работе с поворотом системы координат нужно иметь в виду, что смена плоскостей по функциям G17-G20 допускается только при нулевом угле поворота.

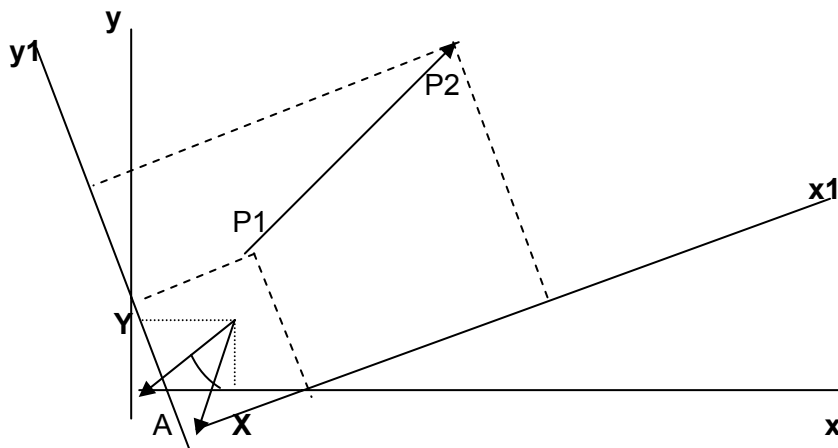


Рис. 5.

1.3.5. Задание перемещений в абсолютных величинах и приращениях

Существует два способа задания величины перемещения по каждой оси - это задание в абсолютных величинах и приращениях.

Для задания перемещения в абсолютных величинах используется функция G90. При этом запрограммированная величина представляет собой координаты конечной точки в заданной системе координат.

Для задания перемещения в приращениях используется функция G91.

При этом запрограммированная величина представляет собой приращение к текущему значению координаты оси.

Если запрограммировать показанное на рис. 6 перемещение в абсолютных величинах, то получим:

NG90X40Y70 ПС

в приращениях

NG91X-60Y40 ПС

Примечание.

Задание в абсолютных величинах всегда относится к действующей системе координат.

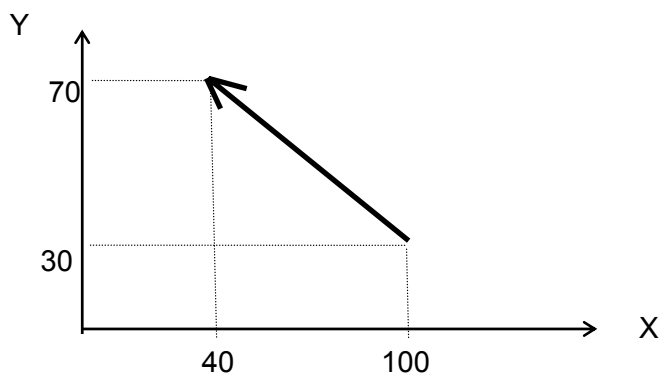


Рис. 6.

1.3.6. Масштабирование

Все геометрические размеры в управляющей программе могут быть смасштабированы, то есть независимо по каждой координате может быть введен масштабный коэффициент, на который умножаются заданные в управляющей программе значения. При этом коэффициенты, большие единицы, обеспечивают увеличение размеров, меньшие единицы – уменьшение размеров. Возможна также зеркальная отработка программы при задании отрицательных коэффициентов.

Задание масштабирования может быть выполнено или с пульта оператора (см. **Руководство оператора**), или с помощью функции G69 из управляющей программы.

Пример задания масштабирования из управляющей программы:

G69X2.5Y1.7

где -X2.5 – увеличение размеров по оси X в 2.5 раза;

- Y1.7 – увеличение размеров по оси Y в 1.7 раза.

Отмена масштабирования из управляющей программы производится с помощью задания масштабных коэффициентов, равных единице:

G69X1Y1.

При отработке управляющих программ, содержащих круговую интерполяцию, необходимо иметь в виду, что масштабные коэффициенты по осям при этом должны быть одинаковы.

1.4. Функция подачи

Данный раздел относится к скорости перемещений при отработке программы или кадра в автоматическом, полуавтоматическом режимах, а также в преднаборе.

1.4.1. Скорость ускоренного перемещения

Скорость ускоренного перемещения по любой из управляемых осей определяется настройкой электропривода соответствующей оси. Максимальная величина скорости ускоренного перемещения составляет для УЧПУ 1E38 мм/мин.

Перемещение на скорости ускоренного перемещения выполняется автоматически при программировании какого-либо вида позиционирования.

Во время позиционирования каждая ось всегда движется на скорости ускоренного перемещения. В зависимости от значения технологических параметров УЧПУ и режима движения величина этих скоростей может быть равна максимальным скоростям осей, заданных станочными параметрами (G0 без интерполяции и шаговый подрежим ручного режима), или скоростям, необходимым для достижения конечной точки одновременно по всем осям (G0 с линейной интерполяцией). При этом скорости перемещений вычисляются автоматически и никогда не будут превышать максимально допустимых. Величина скорости ускоренного перемещения определяется типом станка и приводится в документации на конкретный станок.

1.4.2. Коррекция скорости ускоренного перемещения

Во всех режимах работы станка, связанных с движением на ускоренных подачах, возможна оперативная процентная коррекция этих подач. Диапазон коррекции определяется возможностями пульта управления станком. За величину, соответствующую 100%, принимается величина подач, заданных в станочных параметрах или рассчитанных автоматически.

1.4.3. Скорость рабочей подачи

Понятие "Рабочая подача" относится к перемещениям центра или края инструмента станка при различных видах интерполяции и действующих G - функциях.

Рабочая подача всегда направлена по касательной к траектории движения инструмента и является, таким образом, контурной подачей.

Программирование подачи в зависимости от функций G94 или G95 осуществляется в различных единицах. При задании функции G94 подача задается в миллиметрах в минуту.

При задании функции G95 подача задается в миллиметрах на оборот, при этом в качестве датчика оборотов выступает датчик резьбонарезания.

В любом случае подача задается по адресу F.

Запрограммированная подача 1000 мм/мин или 1000 мм/об выглядит так:

F1000

Для УЧПУ возможно программирование подачи в диапазоне 0..1E38 мм/мин(мм/об), однако пределы подачи зависят от типа станка и указываются в документации на конкретный станок.

При задании подачи с функцией G95 имеется возможность изменения этой подачи в пределах одного кадра. Для этого используются адреса DF и QF. Адрес DF задает изменение подачи, знак адреса определяет нарастание (положительное значение) или убывание (отрицательное значение) подачи. При этом, если не задан адрес QF, изменение подачи происходит через каждый оборот датчика оборотов. Если требуется получить более плавное изменение подачи, с помощью адреса QF задается величина угла поворота датчика оборотов, через который должно происходить изменение подачи.

Например, требуется переместить ось Z на 20 мм, при этом через каждую четверть оборота датчика оборотов подача уменьшается на 0.1 мм. При этом начальное значение подачи равно 2 мм/об:

N100G95G91G1Z20F2DF-0.1QF90

При задании уменьшающейся подачи нужно учитывать то, что как только подача будет меньше либо равна величине ее уменьшения, уменьшение подачи прекратится.

Значения DF и QF действуют только в пределах одного кадра.

1.4.4. Коррекция рабочей подачи

При отработке программы или кадра возможна оперативная процентная коррекция рабочей подачи. Диапазон коррекции определяется возможностями пульта управления станком. За величину, соответствующую 100%, принимается запрограммированная величина подачи.

С помощью функций G21 и G22 возможно соответственно разрешение или запрет оперативной коррекции рабочей подачи из управляющей программы. Это необходимо, например, на время нарезания резьбы. С помощью технологических параметров N3004 и N3005 устанавливается G-функция из этой группы, действующая по умолчанию по включению станка и по пуску управляющей программы с начала.

1.4.5. Расчет подачи в УЧПУ

Данный раздел содержит подробное описание метода автоматического расчета подачи в УЧПУ и тех расчетов, которые нужно выполнить предварительно.

В большинстве случаев обработки достаточно задавать контурную подачу, однако, иногда для правильного программирования необходимо учитывать дополнительные условия обработки.

1.4.5.1. Расчет составляющей подачи по осям при линейной интерполяции

При линейной интерполяции расчет составляющих по осям производится устройством ЧПУ по следующим формулам:

$$F_x = F_k \times \frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2 + B^2}}$$

$$F_y = F_k \times \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2 + B^2}}$$

$$F_z = F_k \times \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2 + B^2}}$$

$$F_b = F_k \times \frac{B}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2 + B^2}}$$

где F_k - подача, заданная в кадре;
 $F(X), F(Y), F(Z), F(B)$ - составляющие подачи по осям X, Y, Z, и четвертой оси;
X, Y, Z, B - величины перемещений, заданные в кадре по осям X, Y, Z и четвертой оси.

Как правило, четвертая ось является поворотной осью с программированием приращений в градусах.

В этом случае обработка ведется на каком-то расстоянии от центра стола станка, следовательно, нужно предварительно рассчитать подачу, программируемую в кадре, так, чтобы результирующая подача на станке была равна заданной по технологии.

Этот расчет выполняется предварительно по формуле:

$$F_k = F_3 \times \sqrt{\frac{X^2 + Y^2 + Z^2 + B^2}{X^2 + Y^2 + Z^2 + \left(\frac{B * \pi * R}{180}\right)^2}}$$

где, F_3 - подача, заданная по технологии;
 F_k - подача, которую нужно запрограммировать в кадре;
 X, Y, Z - перемещения по осям X, Y, Z , мм;
 B - перемещения по четвертой оси, град;
 R - расстояние от центра поворотного стола до точки резания, мм.

При программировании перемещений по двум осям, например Y и четвертая ось, формула примет вид:

$$F_k = F_3 \times \sqrt{\frac{Y^2 + B^2}{Y^2 + \left(\frac{B * \pi * R}{180}\right)^2}}$$

В случае с включением в интерполяцию поворотной оси теряется смысл размерности для подачи, заданной в кадре.

1.4.5.2. Расчет подачи при круговой интерполяции.

Поскольку круговая интерполяция выполняется всегда в плоскости при помощи двух линейных осей, всегда программируется контурная подача.

Эта подача автоматически поддерживается постоянной на дуге окружности и направлена по касательной к ней в любой точке.

1.4.5.3. Расчет подачи при линейно-круговой интерполяции

Подача, запрограммированная для линейно-круговой интерполяции, является для УЧПУ подачей вдоль винтовой линии.

Если линейно-круговая интерполяция задана тремя линейными координатами, то подача вдоль винтовой линии автоматически раскладывается на линейную и круговую составляющие, с тем, чтобы на один шаг винта по линейной оси выполнялась полная окружность в плоскости круговой интерполяции (Рис.7).

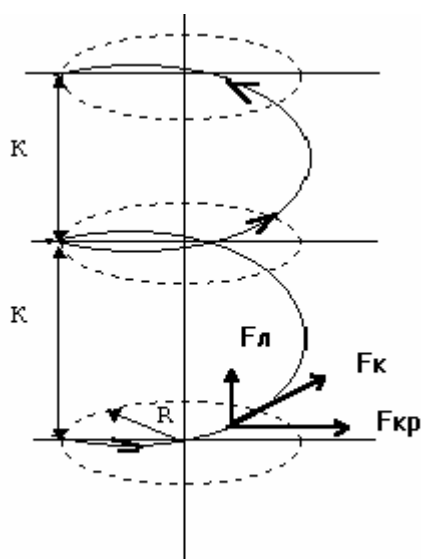


Рис. 7.

$$F_{л} = F_{к} \times \frac{K}{\sqrt{(2 * \pi * R)^2 + K^2}}$$

$$F_{кр} = F_{к} \times \frac{2 * \pi * R}{\sqrt{(2 * \pi * R)^2 + K^2}}$$

где, $F_{к}$ - подача, запрограммированная в кадре;
 $F_{л}$ - линейная составляющая подачи;
 $F_{кр}$ - круговая составляющая подачи;
 K - абсолютная величина шага линейно-круговой интерполяции;
 R - величина радиуса круговой интерполяции.

Программирование линейно-круговой интерполяции позволяет задать перемещение по круговой оси в качестве "Линейной оси".

Траектория движения инструмента в этом случае имеет сложную форму и определяется различными комбинациями поворотных и линейных осей.

Понятие "ВИНТ" здесь применяется условно.

Устройство ЧПУ рассчитывает составляющие подачи по формулам, приведенным выше, но подача в точке резания будет еще зависеть от расстояния от центра поворотного стола.

Расчет величины подачи, которую нужно задать в кадре, показан на следующем примере:

Пример:

В качестве "Линейной" оси используется ось В (См. рис.8).

УЧПУ рассчитывает подачу для круговой оси В по формуле:

$$F_{б} = F_{к} \times \frac{K}{\sqrt{(2 * \pi * R)^2 + K^2}}$$

где, K - шаг по оси, град.

Подача, с которой будет перемещаться центр круговой интерполяции (не инструмент):

$$F_{ц} = F_{б} \times \frac{\pi}{180} \times r$$

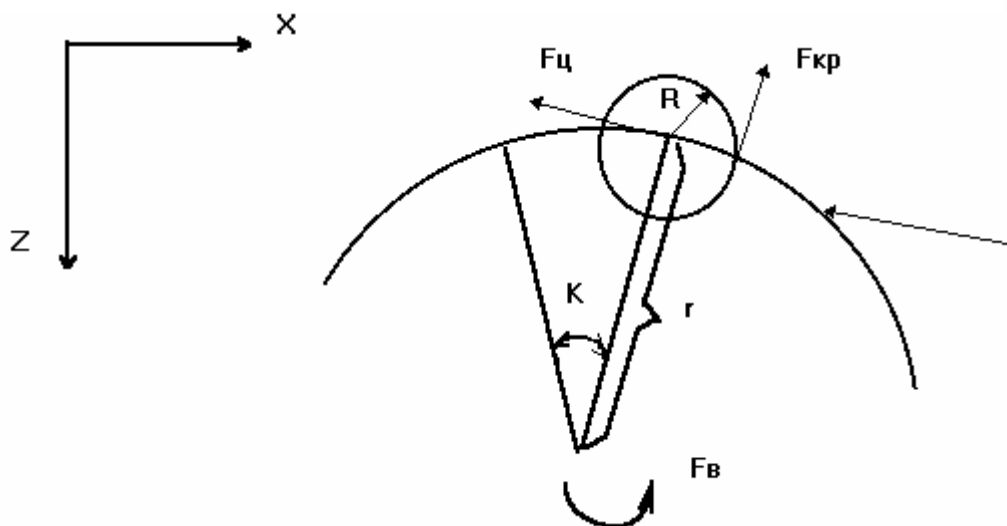


Рис. 8.

Если $F_{ц}$ считать заданной технологической подачей, то программная подача $F(K)$ определяется по формуле:

$$F_K = F_{ц} \times \frac{180 * \sqrt{(2 * \pi * R)^2 + K^2}}{\pi * R * K}$$

Примечание.

Рисунок показывает не реальную траекторию, а схему перемещений осей.

1.4.5.4. Расчет подачи для эквидистанты

Подача, заданная в кадре, в общем случае относится к центру инструмента. Поэтому при отработке прямолинейных участков контура подача края инструмента совпадает с подачей центра, а при отработке по дуге окружности отличается от нее. Это необходимо учитывать при отработке по дуге с внутренней стороны, особенно в том случае, если радиус круговой интерполяции соизмерим с радиусом инструмента (См. рис.9).

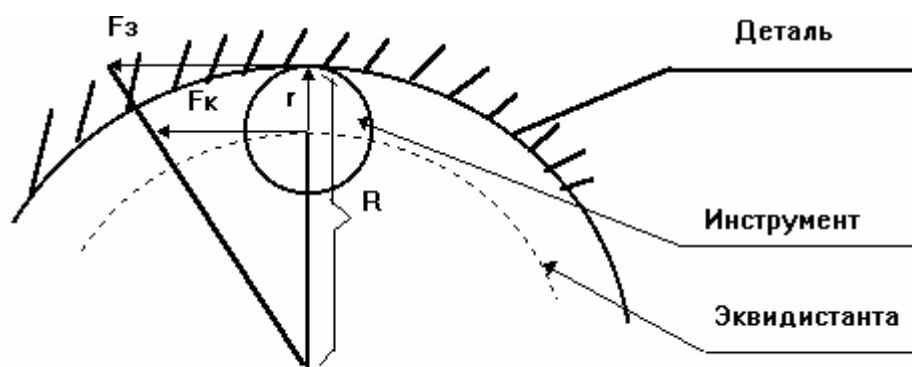


Рис. 9.

Если считать технологическую подачу заданной, то в кадре нужно запрограммировать подачу:

$$F_K = F_з \times \frac{R - r}{R}$$

Такой расчет позволяет избежать поломки инструмента.

Если обработка ведется с внешней стороны, то подача края инструмента будет меньше, чем подача центра.

Смотри рис.10.

Соответственно величина подачи:

$$F_k = F_z \times \frac{R + r}{R}$$

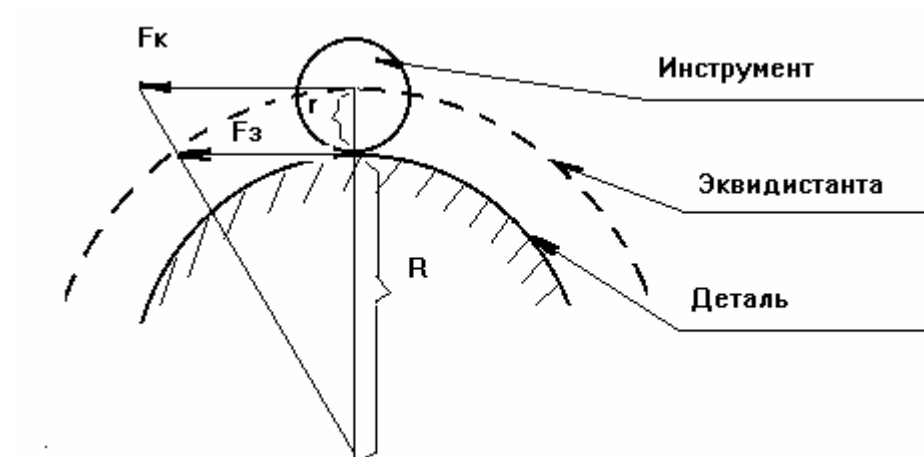


Рис. 10.

Такой расчет повышает производительность обработки.

Использование функций G65, G66 позволяет соответственно разрешить или запретить автоматический расчет подачи для центра инструмента по заданной в кадре подаче и по радиусу инструмента, хранящемуся в корректоре D.

2. Подготовительная функция (Функция G)

Содержание действия кода G определяется следующим за ним числовым значением.

Продолжительность действия G-функции определяется ее типом. Существуют два типа G-функций, показанные в табл. 5.

Таблица 5

Тип	Смысл
Одноразовый код	Код G данного типа является эффективным только в том кадре, в котором он запрограммирован
Модальный код	Код G данного типа является эффективным до тех пор, пока не будет закодирован другой код G из той же группы, в которую входит данный Код

Пример:

G01, G00 являются модальными кодами и поэтому

G01X...

X.....

Y...

Z...

G00Y...

} В этих пределах эффективным является **G01**

Действие **G01** прекращается, эффективная функция **G00**

В табл. 6 приводятся все группы и типы G-функций, возможных в данном УЧПУ.

Таблица 6

Код	Группа	Функция
00	01	Позиционирование (ускоренное перемещение)
01		Линейная интерполяция (рабочая подача)
02		Круговая интерполяция по часовой стрелке
03		Круговая интерполяция против часовой стрелки
04	00	Пауза
09		Торможение в конце текущего кадра до нулевой подачи
10		Линейно-круговая интерполяция
14	02	Сопряжение по дуге
15		Сопряжение по прямой
17	03	Задание плоскости 1-2 ось
18		Задание плоскости 3-1 ось
19		Задание плоскости 2-3 ось
20		Задание произвольной плоскости
21	04	Разрешение коррекции рабочей подачи
22		Запрет коррекции рабочей подачи
23	05	Разрешение коррекции частоты вращения шпинделя
24		Запрет коррекции частоты вращения шпинделя
25	00	Начало фрагмента программы для повтора
27		Выход в "НОЛЬ" координат станка по путевым выключателям
28		Позиционирование в "НОЛЬ" координат станка
30		Позиционирование в фиксированную точку 1
31		Позиционирование в фиксированную точку 2
32		Завершение перемещений в кадре по внешнему сигналу
33		Нарезание резьбы резцом
34	00	Синхронизация подачи в кадре с 0-меткой датчика положения

Код	Группа	Функция
35	06	Декартова система координат
36		Полярная система координат
37	00	Поворот системы координат
38		Запрет покадровой отработки УП на 1 кадр
39		Запрет останова программы по кнопке "Стоп" на 1 кадр
40		Отмена коррекции на радиус инструмента или пространственной коррекции
41	07	Коррекция на радиус инструмента слева
42		Коррекция на радиус инструмента справа
143		Пространственная коррекция на размер инструмента
144		Зеркальная пространственная коррекция на размер инструмента
43	08	Коррекция на длину инструмента в "+"
44		Коррекция на длину инструмента в "-"
49		Отмена коррекции на длину инструмента
45	09	Разрешение учета зависимых осей
46		Запрет учета зависимых осей
47	00	Перемещение неявно заданной координаты в +
48		Перемещение неявно заданной координаты в -
53		Возврат к системе координат станка
54	10	Выбор координатной системы заготовки 1
55		Выбор координатной системы заготовки 2
56		Выбор координатной системы заготовки 3
57		Выбор координатной системы заготовки 4
58		Выбор координатной системы заготовки 5
59		Выбор координатной системы заготовки 6
60	00	Одностороннее позиционирование
50		Геометрическое регулирование подачи в конце каждого кадра
61	11	Торможение в конце каждого кадра аналогично G9
62		Отмена действия G50, G61, G63
63		Торможение в конце каждого кадра до подачи, заданной параметром
64	00	Торможение в конце текущего кадра до подачи, заданной параметром
65	12	Разрешение пересчета подачи на круговом контуре
66		Запрет пересчета подачи на круговом контуре
67	00	Задание зеркальной обработки по указанным осям
68	00	Отмена зеркальной обработки по указанным осям
69	00	Задание масштаба по указанным осям
80		Отмена постоянного цикла
81	13	Цикл сверления
82		Цикл растачивания 1 (Рабочая подача)
83		Цикл глубокого сверления
84		Цикл нарезания резьбы
85		Цикл растачивания 2
86		Цикл прерывистого сверления
87		Цикл прерывистого сверления с выдержками времени
88		Цикл растачивания с ориентированным остановом шпинделя
150		Однопроходный продольный токарный цикл
151		Однопроходный поперечный токарный цикл
152		Многопроходный продольный токарный цикл
153		Многопроходный поперечный токарный цикл
154		Цикл глубокого сверления по оси Z

Код	Группа	Функция
155	13	Цикл снятия припуска по оси X
156		Цикл глубокого сверления с нисходящей обработкой по оси Z
157		Цикл снятия припуска с нисходящей обработкой по оси X
158		Многопроходный цикл нарезания цилиндрических канавок
159		Многопроходный цикл нарезания торцевых канавок
160		Цикл сверления с дроблением стружки по оси Z
161		Цикл снятия припуска с дроблением стружки по оси X
162		Многопроходный цикл нарезания резьбы
163		Цикл нарезания резьбы плашкой или метчиком
164		Цикл продольной обработки до профиля
165		Цикл поперечной обработки до профиля
166		Цикл обработки фаски
167		Цикл обработки скругления
168		Цикл обработки по профилю
90		14
91	Задание в приращениях	
92	10	Задание координатной системы заготовки в программе
94	15	Задание подачи в мм/мин
95		Задание подачи в мм/об
96	16	Поддержание постоянства скорости резания
97		Задание частоты вращения шпинделя в об/мин

Примечания:

1. При включении УЧПУ устанавливаются функции G35, G40, G80. Функции групп 01 - 05, 08 – 12, 14 – 16 устанавливаются в соответствии с технологическими параметрами УЧПУ.

2. G-функции группы 00 не являются модальными. Их действие распространяется только на тот кадр, в котором они запрограммированы.

3. В одном кадре можно запрограммировать несколько G-функций, если они из разных групп. Если же запрограммировать несколько G-функций одной группы, то действовать будет только та, которая запрограммирована последней.

4. Коды модальных G-функций выводятся на индикацию в соответствии с номером группы.

2.1. Задание плоскости

Программированием функций **G17, G18, G19, G20** одновременно задаются следующие условия отработки:

- плоскость круговой интерполяции и коррекции на радиус инструмента;
- ось, вдоль которой вводится коррекция на длину;
- ось, вдоль которой выполняется постоянный цикл;
- ось винта при линейно-круговой интерполяции в соответствии с табл.7.

Номера осей, указанных в табл. 7, подчиняются правилам, описанным в п. 1.3.4.1.

При этом следует заметить, что команда на перемещение не имеет никакого отношения к выбору плоскости.

Например, при команде **G17Z_** происходит перемещение по оси Z.

С помощью функции G20 может быть задана любая плоскость, образованная из любых двух осей, имеющихся на станке, в том числе и круговых.

Например, кадр **G20Y0U0** задает плоскость YU, при этом значения Y и U ни на что не влияют и не вызывают никаких перемещений.

Функция	Плоскость круговой интерполяции и коррекция на радиус	Ось коррекции на длину	Цикловая Ось (для фрез. Циклов)	Ось винта при линейно-круговой интерполяции
G17	1-2	3	3	Любая из оставшихся
G18	3-1	2	2	Любая из оставшихся
G19	2-3	1	1	Любая из оставшихся
G20X0A0 (пример)	XA	Остается прежней	Циклы запрещены	Любая из оставшихся

2.2. Позиционирование

Позиционирование задается с помощью функции G00. При этом происходит перемещение инструмента на скорости ускоренного перемещения в точку в случае программирования в абсолютных величинах или на расстояние в случае задания в приращениях.

Одновременно можно запрограммировать перемещение во всем осям. Следует помнить, что скорость ускоренного перемещения определяется соответствующими параметрами УЧПУ, следовательно, невозможно задавать скорость ускоренного перемещения с помощью функции F.

В общем случае программирование позиционирования выглядит так (четвертая ось - B):

G00X_Y_Z_B_

При этом происходит перемещение со скоростью ускоренного перемещения одновременно по всем запрограммированным осям до заданной точки.

Траектория перемещения инструмента зависит от установки соответствующего технологического параметра (N3022) и может быть двух видов.

В первом случае, когда установлен параметр «G0 без интерполяции», в зависимости от запрограммированных величин траектория перемещения инструмента не является прямой, то есть, перемещение на ускоренной подаче не является видом интерполяции (См. рис. 11).

NG90G0X40Y30

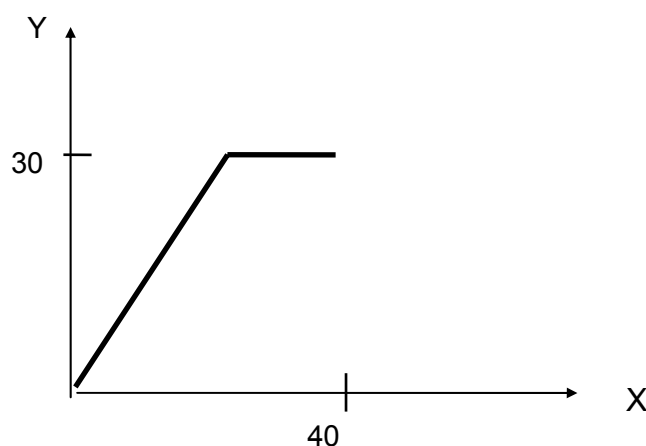


Рис. 11.

При этом скорости перемещений по координатам определяются станочными параметрами.

Во втором случае, когда установлен параметр «G0 с интерполяцией», траектория перемещения представляет собой прямую линию, то есть перемещение выполняется с линейной интерполяцией (См. рис. 15). При этом результирующая подача рассчитывается следующим образом:

1. Определяются направляющие косинусы:

$$\cos_x = \frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}$$

$$\cos_y = \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}$$

$$\cos_z = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}$$

где X,Y,Z - величины перемещений, заданные в кадре по осям X,Y,Z и четвертой оси;

2. Вычисляются максимально возможные контурные подачи:

$$F_x^k = \frac{F_{\max}^x}{\cos_x}$$

$$F_y^k = \frac{F_{\max}^y}{\cos_y}$$

$$F_z^k = \frac{F_{\max}^z}{\cos_z}$$

где F_{\max}^x , F_{\max}^y , F_{\max}^z - максимально возможные подачи по координатам из станочных параметров осей;

3. Выбирается минимальная из рассчитанных максимально возможных контурных подач. Таким образом, время позиционирования будет минимальным, при этом ни по одной из осей, участвующих в движении, подача не превысит максимальной.

2.2.1. Одностороннее позиционирование

Одностороннее позиционирование, заданное по функции G60 по характеру движения полностью соответствует позиционированию по G00 с учетом вида движения по G00, установленного технологическим параметром.

Особенностью является то, что подход к заданной точке всегда осуществляется с определенного направления, которое задается параметром УЧПУ.

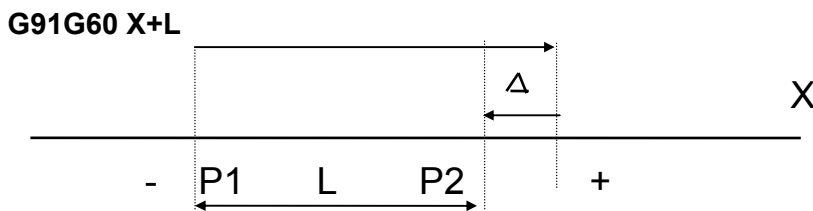
Программирование одностороннего позиционирования в общем случае осуществляется так:

G60 X_Y_Z_

Пример: См. рис.12.

Параметром задано направление выхода в точку из "+" в "-".

Запрограммировано направление перемещения из "-" в "+".



P1 - начальная точка

P2 - конечная точка

Рис. 12.

Если запрограммировано направление перемещения из "+" в "-" **G91G60 X-L**, см. рис. 13

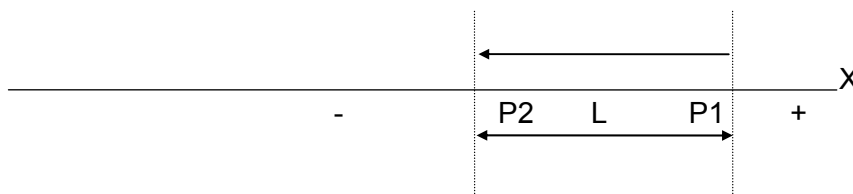


Рис. 13.

Примечание. Величина Δ определяется параметрами УЧПУ.

При программировании нулевого перемещения по G60 в случае G91 происходит движение на величину Δ и возврат назад.

G91G60 X0

См. рис. 14.

Параметром задан подход из "+" в "-", движение из "-" в "+".
Функция G60 действует на один кадр.

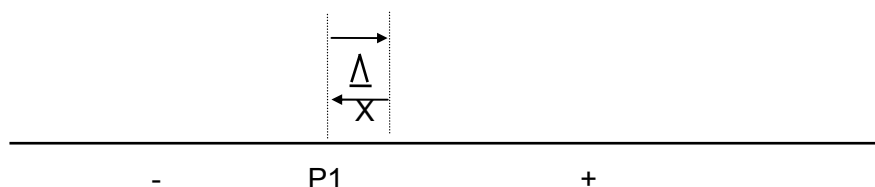


Рис. 14.

2.3. Линейная интерполяция

Линейная интерполяция задается функцией G01.

В зависимости от программирования G90 или G91, заданные величины будут означать линейное перемещение в точку (по G90) или на расстояние (G91), причем знак запрограммированной величины указывает на направление перемещения по оси.

В общем случае программирование линейной интерполяции выглядит так:

G90(ИЛИ G91)G01X_Y_Z_B_U_W_F_

Комбинации осей могут быть произвольными. При этом происходит одновременное линейное перемещение по запрограммированным осям до заданной точки с подачей, определяемой величиной F (см. рис. 15).

Задаваемая величиной F подача действует до тех пор, пока не будет запрограммирована новая величина подачи, поэтому нет необходимости программировать одну и ту же величину подачи в каждом кадре.

NG90G1X40Y30F100

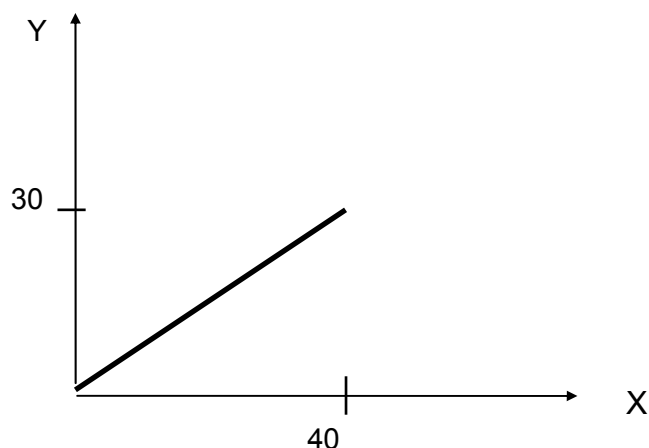


Рис. 15.

2.4. Круговая интерполяция

Круговая интерполяция задается функцией G02 или G03. Ниже приведены примеры с учетом того, что ось 1 – X, ось 2 – Y, ось 3 – Z.

Перемещение по дуге окружности в плоскости 1-2.

G17G02(G03)X_Y_I_J_(R_)F_

По дуге окружности в плоскости 3-1

G18G02(G03)Z_X_K_I_(R_)F_

По дуге окружности в плоскости 2-3

G19G02(G03)Y_Z_J_K_(R_)F_

По дуге окружности, заданной в плоскости UX (G20U0X0)

G02(G03)U_X_I_J_(R_)F_

В табл. 8 расшифровывается смысл функций и адресов, используемых при программировании круговой интерполяции.

Таблица 8

Задание	Код	Смысл
1. Задание плоскости	G17	Задание дуги окружности на плоскости осей 1-2
	G18	Задание дуги окружности на плоскости осей 3-1
	G19	Задание дуги окружности на плоскости осей 2-3
	G20U0W0	Задание дуги окружности на плоскости UW
2. Направление вращения	G02	Направление по часовой стрелке вращения
	G03	Против часовой стрелки
3. Положение конечной точки	G90	Положение конечной точки в координатной системе
	G91	

Задание	Код	Смысл
4. Координаты центра дуги окружности	Две из координат I,J,K	- Расстояние от начальной точки до центра со знаком; - Координаты центра дуги окружности относительно начала рабочей системы координат
5. Радиус дуги окружности	R	Радиус дуги окружности со знаком для определения большой и малой дуг

Направление по часовой стрелке и против часовой стрелки определяется, если смотреть на плоскость 1-2 с положительного направления оси 3 в отрицательное на плоскость 3-1 с положительного направления оси 2 в отрицательное на плоскость 2-3 с положительного направления оси 1 в отрицательное. См. рис. 16.

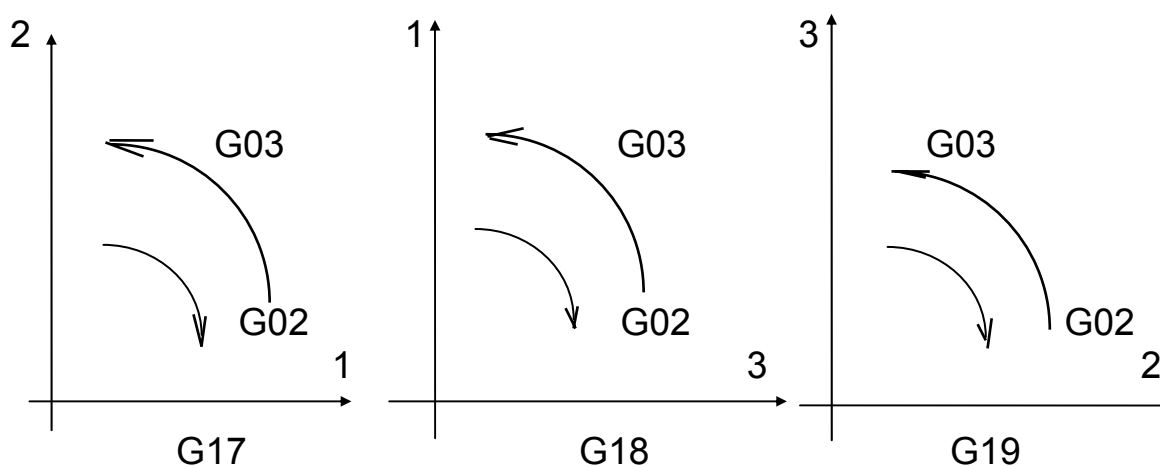


Рис. 16.

При задании G20 направление вращения определяется следующими правилами: при G2 вращение происходит от первой оси ко второй, при G3 – от второй к первой. (Номера осей определяются порядком их задания при G20)

2.4.1. Задание дуги окружности через расстояния от начальной точки до центра

При установке технологического параметра задания координат центра дуги окружности через расстояния от начальной точки до центра (N3021=0) программирование векторов I,J,K, определяющих положение центра дуги относительно начальной точки, осуществляется всегда в приращениях, независимо от G90 или G91.

В зависимости от направления I,J,K необходимо выбрать для них соответствующий знак.

Пример программы:
См. рис. 17.

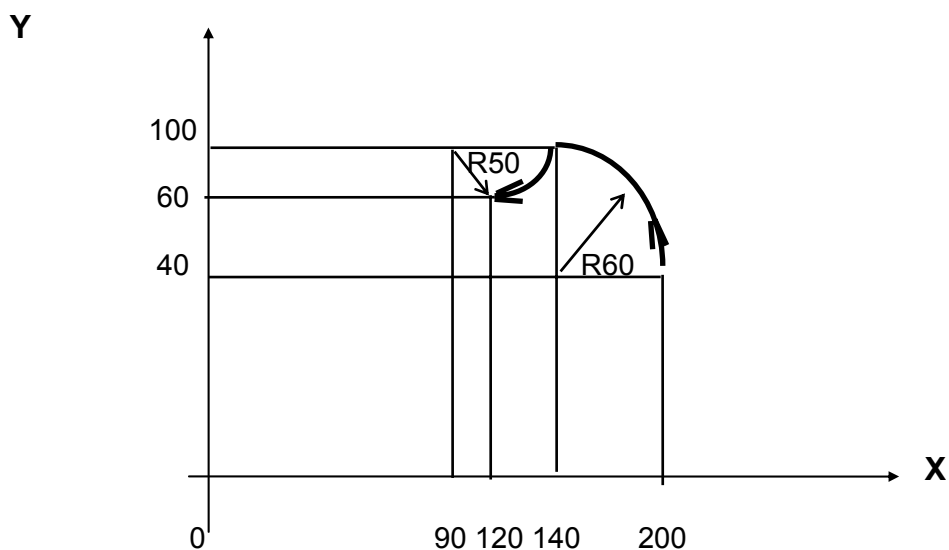


Рис. 17.

В абсолютных величинах:

G90G17G03 X140 Y100 I-60 F300
G02X120 Y60 I-50

В приращениях:

G91G17G03 X-60 Y60 I-60 F300
G02X-20 Y-40 I-50

Скорость подачи для круговой интерполяции соответствует заданной величине F, направлена по касательной к дуге окружности и поддерживается постоянной в каждой точке дуги.

2.4.2. Задание дуги окружности через координаты центра относительно начала рабочей системы координат

При установке технологического параметра задания координат центра дуги окружности через расстояния относительно начала рабочей системы координат (N3021=1) программирование векторов I,J,K, определяющих положение центра дуги, осуществляется всегда в абсолютной системе отсчета, независимо от G90 или G91.

Пример программы:

См. рис. 17.

В абсолютных величинах:

G90G17G03 X140 Y100 I140 J40 F300
G02X120 Y60 I90J100

В приращениях:

G91G17G03 X-60 Y60 I140 J40 F300
G02X-20 Y-40 I90 J100

2.4.3. Задание дуги окружности через координаты центра в зависимости от действующих функций G90 – G91

При установке технологического параметра задания координат центра дуги окружности в зависимости от действующих функций G90 – G91 (N3021=2) программирование векторов I,J,K, определяющих положение центра дуги, осуществляется в зависимости от действующих на данный момент функций G90 или G91.

Пример программы:

См. рис. 17.

В абсолютных величинах:

G90G17G03 X140 Y100 I140 J40 F300
G02X120 Y60 I90J100

В приращениях:

NG91 G17G03 X-60 Y60 I-60 F300
NG02 X-20 Y-40 I-50

Примечание.

Если задан центр с использованием векторов I,J,K и не задан ни один из адресов X,Y,Z, то при любом варианте задания центра это соответствует заданию дуги окружности на 360 град. (Задание полной окружности).

2.4.4. Задание дуги окружности через ее радиус

При программировании дуги окружности задание ее центра возможно также через ее радиус. В этом случае координаты центра определяются устройством ЧПУ автоматически. Знак радиуса определяет длинную или короткую дугу окружности по следующим правилам:

R>0 - короткая дуга,

R<0 - длинная дуга (рис 18).

Примечания:

1. При задании половины окружности знак радиуса значения не имеет.

2. Задание полной окружности с помощью радиуса невозможно.

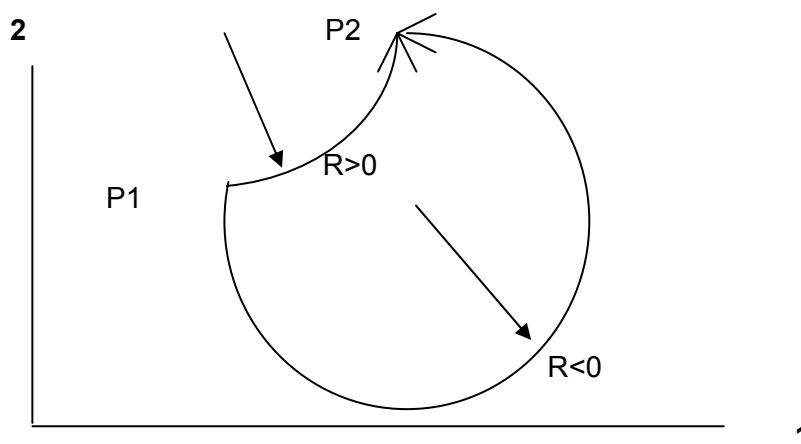


Рис. 18.

2.5. Линейно-круговая интерполяция (винтовая обработка)

Линейно-круговая интерполяция задается функцией G10.

Путем программирования круговой интерполяции в какой-либо из плоскостей 1-2, 3-1, 2-3 и синхронной с ней линейной интерполяции по оставшейся свободной линейной или круговой оси можно получить линейно-круговую интерполяцию.

Линейно-круговая интерполяция в общем случае программируется следующим образом (с учетом того, что в декартовой системе координат ось 1 – X, ось 2 – Y, ось 3 – Z):

G17G02(G03)G10X_Y_I_J_Z_F_K_

G18G02(G03)G10X_Z_I_K_Y_F_J_

G19G02(G03)G10Y_Z_J_K_X_F_I_

Здесь функцией F программируется подача по винтовой линии.

Если в качестве "ЛИНЕЙНОЙ" оси задана круговая ось, то шаг задается в градусах.

Примечания:

1. Знак шага должен совпадать с направлением перемещения по линейной оси.
2. Коррекция инструмента по радиусу выполняется только относительно дуги окружности.
3. Шаг всегда задается на один оборот винта.
4. В том случае, если начальная и конечная точки в плоскости круговой интерполяции не совпадают, для задания координат центра дуги окружности также возможно использование радиуса.
5. Координаты центра дуги окружности задаются в соответствии со значением технологического параметра N3021.

Пример.

Нужно задать перемещение по спирали с радиусом 50 мм на четверть оборота с подъемом по 3-й оси на 40 мм

G91G2G10X-50Y-50I-50Z40K160

Так как здесь за четверть оборота ось Z переместится на четверть шага, то при Z40 шаг будет K160.

2.6. Упрощенное программирование перемещений в кадре

В некоторых частных случаях возможно упрощенное задание перемещений в кадре с помощью функций G47 и G48. Это может, например, использоваться при токарной обработке для задания фасок и галтелей. Приведенные ниже примеры (рис. 19-23) показывают варианты использования этих функций.

G1G91X10G47 или G1G91Y10G47

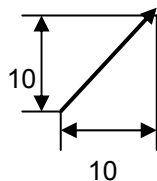
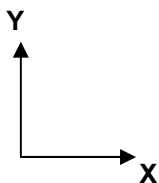


Рис. 19

G1G91X10G48 или G1G91Y-10G47

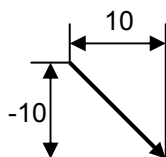
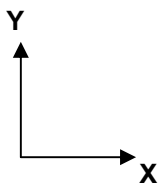


Рис. 20

G2G91X10G47 или G1G91Y10G47

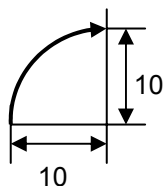
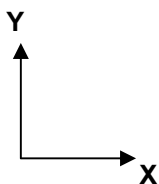


Рис. 21

G2G91X-10G48 или **G2G91Y-10G48**

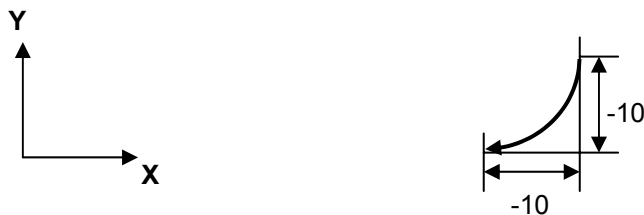


Рис. 22

G2G91X-10G47 или **G2G91Y10G48**



Рис. 23

2.7. Нарезание резьбы резцом

В том случае, если на станке установлен датчик положения шпинделя, имеется возможность нарезания резьбы резцом. Для этого используется функция G33, которая действует только на один кадр. Подача, заданная в этом кадре или действующая на этот момент, воспринимается в мм/оборот шпинделя. Вместе с этой функцией в данном кадре можно задавать любой вид интерполяции. При этом движение в этом кадре всегда будет начинаться при одном и том же положении шпинделя, что позволяет, например, нарезать резьбу за несколько проходов (изменяя вылет резца), или нарезать многозаходную резьбу (изменяя точку начала резьбы).

Пример:

N100G91G1Z-10G33F1.6

- нарезание резьбы по оси Z длиной 10 мм с шагом 1.6 мм.

-

В том случае, если по каким-либо причинам нежелательно изменение точки начала для получения многозаходной резьбы, можно использовать адрес Q. В этом случае движение в кадре начнется тогда, когда шпиндель повернется от фиксированного положения на угол, задаваемый адресом Q в градусах. Например, нужно с помощью вышеприведенного перемещения (кадр N100) получить 3-х-заходную резьбу. Тогда можно использовать следующие кадры (при условии, что ось Z будет находиться в одной и той же исходной точке):

N100G91G1Z-10G33F1.6

1-й заход

.....

N200G91G1Z-10G33F1.6Q1 20

2-й заход

.....

N300G91G1Z-10G33F1.6 Q240

3-й заход

В том случае, если требуется задать нарезание резьбы с переменным шагом, дополнительно используются адреса DF и QF. Адрес DF задает изменение шага, знак адреса определяет нарастание (положительное значение) или убывание (отрицательное значение) шага. При этом, если не задан адрес QF, изменение шага происходит через каждый оборот шпинделя. Если требуется получить более плавное изменение шага, с помощью адреса QF задается величина угла поворота шпинделя, через который должно происходить изменение шага.

Например, требуется получить резьбу длиной 20 мм, в которой через каждую четверть оборота шаг уменьшается на 0.1 мм. При этом начальное значение шага равно 2 мм:

N100G33G91G1Z20F2DF-0.1QF90

При задании уменьшающегося шага нужно учитывать то, что как только шаг будет меньше либо равен величине его уменьшения, уменьшение шага прекратится.

Значения Q, DF и QF действуют только в пределах одного кадра.

2.8. Запрет покадровой отработки

В некоторых случаях, например при разработке циклов пользователя, возникает необходимость запрета останова отработки программы в покадровом режиме. Для этого служит функция G38. Она действует на один кадр и не запрещает останов программы с помощью кнопок "Стоп программы".

2.9. Автоматический выход в точку

Программированием функций G27, G28, G30, G31 задается автоматическое позиционирование осей станка в особые точки станка.

Задания по технологическим адресам осей указывают, по каким осям требуется выход в особые точки. При этом с этими адресами нужно задать любые значения чисел, которые ни на что не влияют. Так как эти функции являются видами позиционирования, то характер движения осей соответствует функции G00 с учетом технологического параметра вида движения по функции G00 (N3022).

2.9.1. Автоматический выход в ноль координат станка по путевым выключателям

Автоматический выход в ноль координат станка задается функцией G27.

В общем случае выход в ноль станка по G27 программируется следующим образом (на станке с четырьмя осями – X Y Z B):

NG27X0Y0Z0B0

При отработке будет выполняться выход в ноль координат станка на скорости выхода в ноль в направлении, заданном параметрами. Процесс аналогичен выходу в ноль с пульта станка.

2.9.2. Позиционирование в ноль координат станка

Позиционирование в ноль координат станка задается функцией G28.

G28X0Y0Z0

При выполнении данного кадра происходит позиционирование в ноль координат станка без учета коррекций на размер инструмента и смещений нулей.

Все движения выполняются на скорости ускоренного перемещения.

2.9.3. Позиционирование в фиксированную точку

Использование функций G30, G31 приводит к перемещению исполнительного органа в точку с ранее введенными с помощью параметров N7001-N7401, N7002-N7402 координатами без учета коррекций на размер инструмента и смещений нулей.

Программирование данного перемещения осуществляется так:

G30(G31)X0Y0Z0

Данная функция по своему действию эквивалентна G28, но позиционирование осуществляется не в ноль координат, а в точку, координаты которой определены массивом G30, G31. Массив координат всегда, независимо от G90/G91, задает абсолютные значения координат фиксированной точки в системе координат станка.

Фиксированными точками могут быть точка смены инструмента, точка смены деталей и т. д.

2.10. Синхронизация подачи в кадре с 0-меткой датчика положения

Для синхронизации начала контурного движения (по функциям G1-G3, G0 с линейной интерполяцией) в кадре с 0-меткой датчика положения, установленного с помощью параметров в качестве датчика резьбонарезания, служит функция G34. Функция действует на один кадр и может

использоваться в любом кадре с интерполяцией и с любым способом задания подачи (мм/мин или мм/об).

При необходимости сдвига момента начала контурного движения по отношению к 0-метке датчика резьбонарезания используется адрес Q. При этом в одном кадре с функцией G34 задается угол в градусах, на который повернется датчик резьбонарезания, прежде чем начнется движение.

Пример.

G34G94G1X100Z200F100Q35.87

Здесь задано перемещение по прямой на подаче 100 мм/мин в точку с координатами X 100 мм и Z 200 мм. Перемещение начнется тогда, когда датчик резьбонарезания повернется от 0-метки на угол 35.87 градуса.

Значение Q действует только в пределах одного кадра.

2.11. Завершение перемещений в кадре по внешнему сигналу

В некоторых случаях обработки необходимо управлять выполнением программы по внешнему сигналу от станка.

Программирование функций G32 позволяет прекратить выполнение перемещений, заданных в кадре, при установке обменного сигнала "КАСАНИЕ" в логическую единицу и передать управление выполнением программы следующему кадру.

Примечание:

Отработка функции G32 связана с программой электроавтоматики, которая формирует диаграмму сигнала "КАСАНИЕ" при получении внешнего сигнала от станка. Таким сигналом может быть сигнал с щупового датчика (индикатора контакта).

В общем случае задание функции G32 в любой программе обеспечивает останов расшифровки управляющей программы до того момента, пока отработка программы не дойдет до кадра с функцией G32.

2.12. Пауза

Пауза программируется так:

G04EX

Это означает, что выполнение следующего кадра задержится на X/10 секунд. Программирование величины паузы производится в десятых долях секунды. Максимальная величина паузы составляет 6553,5 сек = 109,225 мин = 1,82 ч = 1 ч 49 мин 12 сек.

Пауза может быть запрограммирована как в отдельном кадре, так и вместе с любой другой информацией. В последнем случае временная задержка выполняется после отработки всех перемещений и технологических команд, заданных в кадре.

2.13. Торможение в конце кадра

Устройство ЧПУ позволяет запрограммировать три варианта торможения в конце кадра: до подачи, равной нулю, до подачи, заданной параметром (в общем случае не равной нулю) и до подачи, определяемой величиной изменения направления в соседних кадрах. Управление торможением осуществляется с помощью функций G9, G50, G61, G63-G64. Отмена действия функций G50, G61, G63 происходит по функции G62.

2.13.1. Торможение до подачи, равной нулю

Торможение до подачи, равной нулю, используется для точного останова координат в конце кадра. Кадр считается законченным только тогда, когда разница между конечными и текущими координатами будет меньше или равна заданной станочными параметрами. Данный вид торможения задается с помощью функций G9, G61, при этом функция G9 действует только на текущий кадр, функция G61 действует до замены на функции G50, G62-G63 (рис. 24).

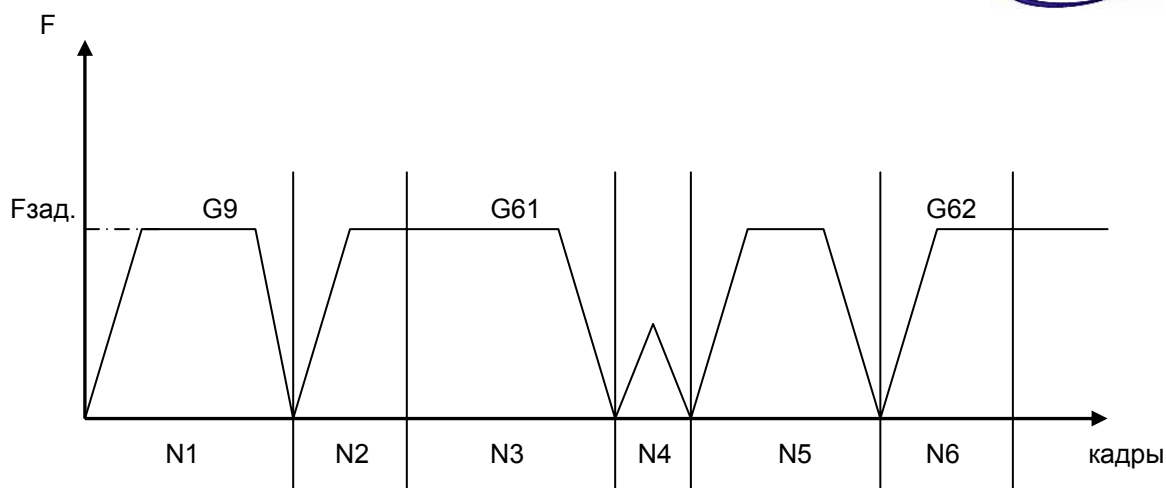


Рис. 24.

Торможение в конце кадра выполняется автоматически, без программирования G09, в следующих случаях:

- все виды позиционирования;
- перед кадром с заданным позиционированием;
- перед кадром без перемещений;
- перед выполнением постоянного цикла;
- при сопряжении участков эквидистанты в точке S;
- при ускоренной обработке;
- при работе в покадровом режиме.

2.13.2. Торможение до подачи, заданной параметром

Данный вид торможения задается с помощью функций G63, G64. При этом функция G63 действует до замены функциями G50, G61, G62, функция G64 действует только на текущий кадр. На границах кадров происходит снижение подачи до величины, заданной параметром N3000, и переход на следующий кадр без проверки вхождения координат в зону контроля. Изменение подачи в этих случаях приведено на рис. 25.

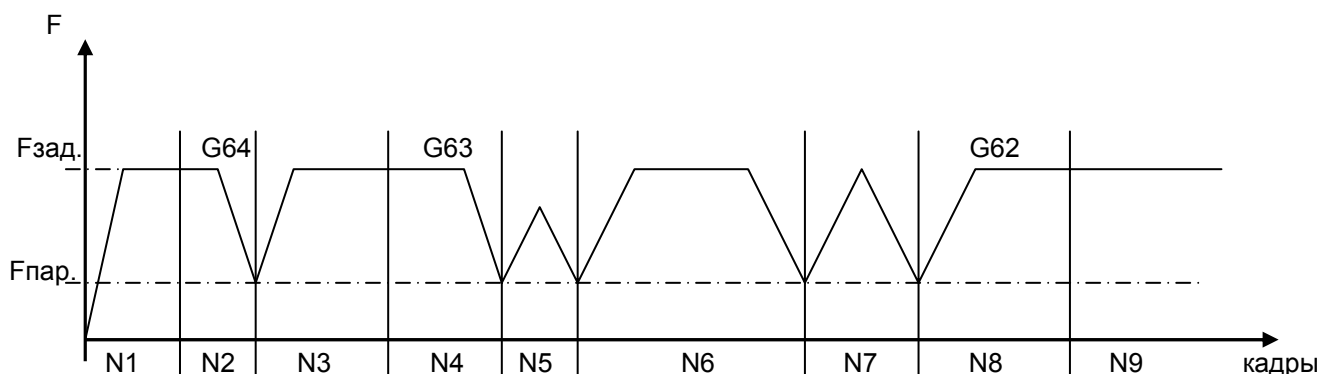


Рис. 25.

2.13.3. Геометрическое регулирование подачи

Данный вид управления подачей в конце каждого кадра задается функцией G50, которая действует до замены функциями G61, G62, G63. Значение подачи на границах кадров определяется величиной изменения направлений в этих кадрах и величиной параметра точности прохождения стыка этих кадров (N3034) (рис. 26).

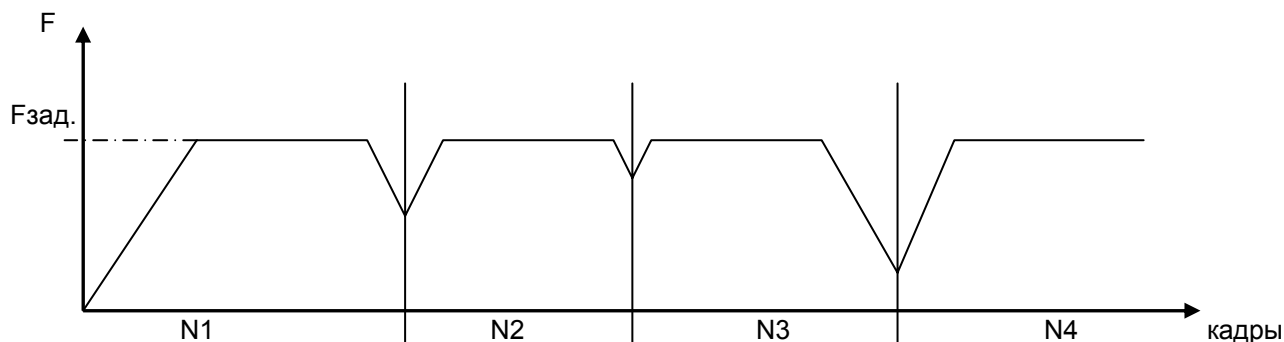


Рис. 26.

2.14. Запрет останова программы по кнопке “Стоп” на 1 кадр

В том случае, если необходимо по каким-либо технологическим причинам (например, при нарезании резьбы) заблокировать действие кнопок “Стоп программы”, используется функция G39. Функция действует на один кадр и защищает процесс обработки от неправильных действий оператора.

2.15. Системы координат

Для программирования в абсолютных величинах необходимо определить систему координат.

Устройство ЧПУ позволяет программировать позицию инструмента по осям в следующих системах:

- системе координат заготовки;
- системе координат станка.

Система координат станка задается путем установки параметров смещения нулей станка (См. "Руководство оператора"). В эти параметры вводится расстояние от нуля координат по датчикам положения до требуемых точек, принятых за начало отсчета. При совпадении нуля координат станка с нулем координат по датчикам положения необходимо параметры обнулить.

Система координат, которая определена для текущего программирования, считается действующей системой координат.

2.15.1. Фиксированные системы координат заготовки

С помощью программирования G54 - G59 можно выбрать одну из шести предварительно установленных систем координат заготовки станка.

Эти шесть систем координат определяются путем установки расстояния по каждой координатной оси от нуля координат станка до начала отсчета новой системы координат.

Задание величины смещений описано в документе "Руководство оператора".

Пример.

Допустим, заданы смещения по осям по **G55** (Рис.27).

G55
X500
Y200
Z100

При этом при программировании G90G55G00X100Y50Z20 произойдет позиционирование в положение X=100, Y=50, Z=20 в системе координат, заданной G55.

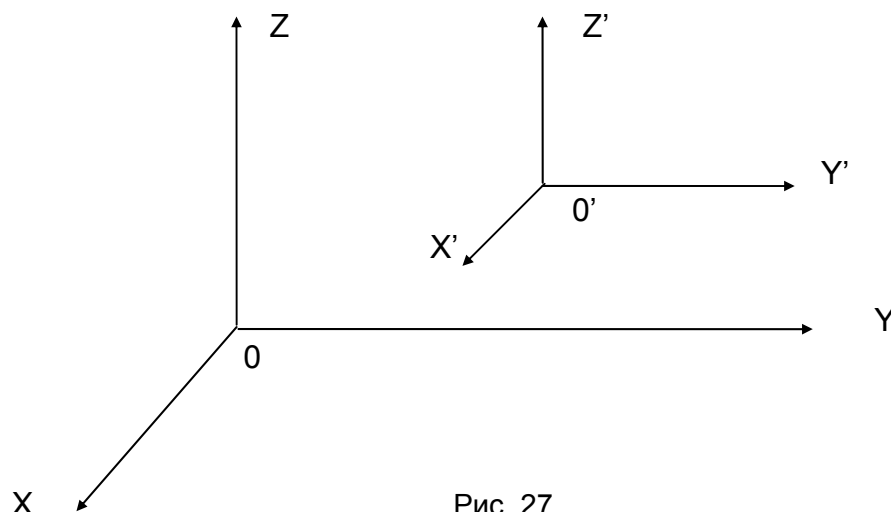


Рис. 27.

Примечание.

При включении питания УЧПУ автоматически устанавливается система координат заготовки, определяемая параметром N3008.

2.15.2. Аддитивное смещение фиксированных систем координат заготовки

Для одновременного смещения систем координат заготовки, задаваемых с помощью функций G54-G59, служит общее смещение, которое задается с клавиатуры УЧПУ в режиме ввода нулей координат заготовки (см. Руководство оператора). Так как это смещение суммируется с текущим смещением G54-G59, оно называется аддитивным (рис. 27.1). В таблице смещений, вызываемой по клавише SF8(SF18), оно обозначено с помощью символов "CM+".

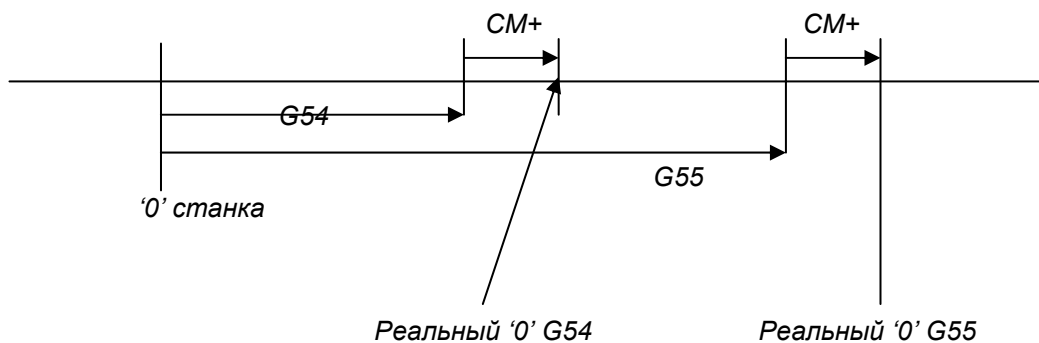


Рис. 27.1

2.15.3. Альтернативная система координат заготовки

Альтернативная система координат заготовки появляется в том случае, если в устройстве ЧПУ с помощью технологического параметра N3028 установлено наличие таблицы инструментов. При этом каждый инструмент имеет свое смещение нулей, которое задается в окне, вызываемом по клавише SF7(SF17). Кроме этого, каждый инструмент имеет аддитивное смещение, которое добавляется к основному смещению и в таблице инструментов обозначается, как 'Смещение +'. Выборка смещений из таблицы происходит по Т-функции или по М-функции.

Внимание!

Смещения, вызываемые по функциям G54-G59, и смещения из таблицы инструментов суммируются друг с другом, поэтому в случае необходимости действия только одного источника смещений другой нужно обнулить.

2.15.4. «Плавающая» система координат заготовки

Система координат заготовки может быть также установлена непосредственно в управляющей программе с помощью функции G92. В общем виде задание новой координатной системы выглядит следующим образом:

G92X_Y_Z_

В зависимости от установки соответствующего технологического параметра N3031 значения, задаваемые с адресами X, Y, Z и т. д. имеют следующий смысл:

- значения координат инструмента в новой координатной системе (рис. 28);
- величины смещения координат относительно нуля станка (аналогично G54-G59) (рис. 29);
- величины смещения действующей системы координат. При этом с каждым новым заданием функции G92 происходит суммирование этих смещений (рис. 30).

Задание новой системы координат производится путем повторного задания функции G92. Таким образом может быть задано неограниченное количество систем координат заготовки.

G92X100Y50

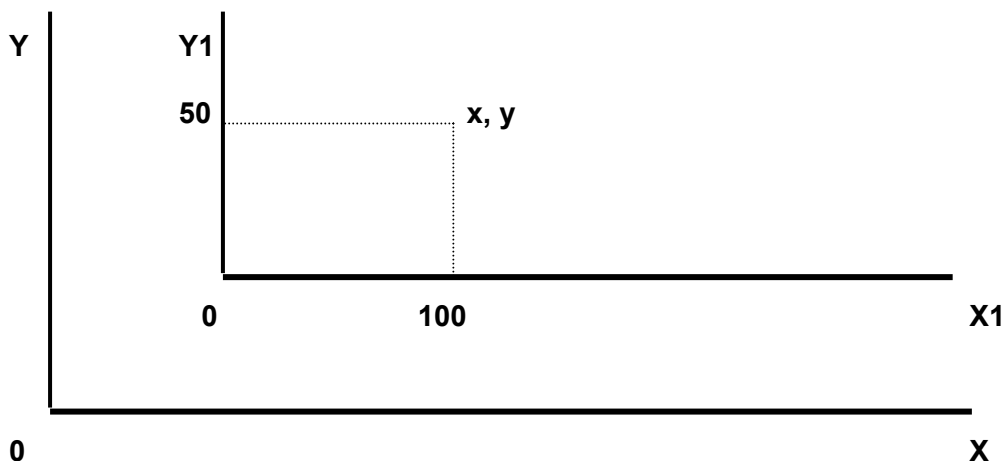


Рис. 28

G92X100Y50

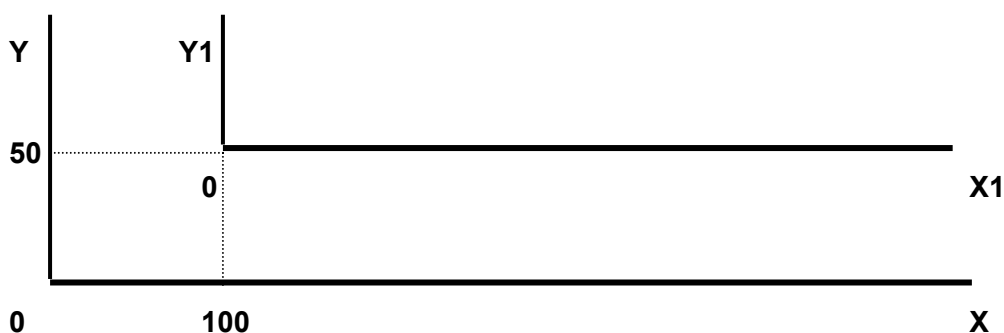


Рис. 29

G92X100Y50

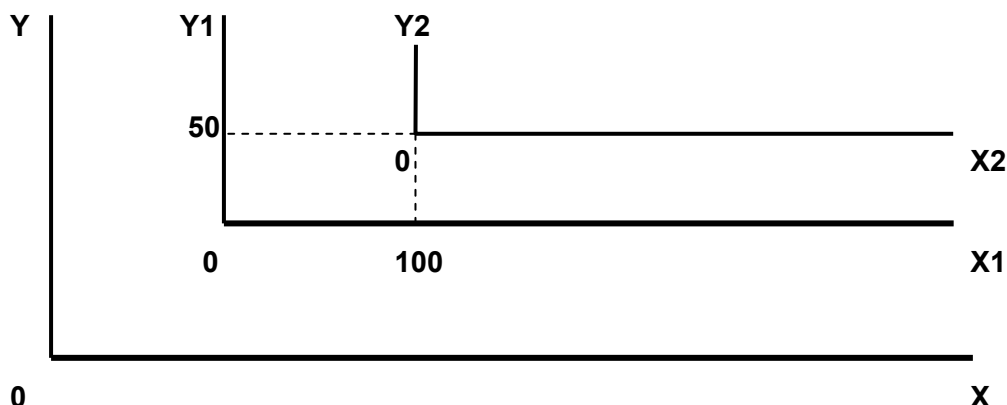


Рис. 30

2.15.5. Возврат к системе координат станка

Программированием в кадре G53 отменяется действие системы координат заготовки, выбранной по G54 - G59, G92. Перемещение, заданное в кадре с G53, и последующие перемещения будут производиться относительно системы координат станка.

Заключение.

Взаимное расположение характерных точек станка и G-функции, определяющие их, показаны на рис.31.



Рис.31

3. Функции коррекции

Для автоматического учета размера инструмента при обработке детали предназначены функции коррекции.

3.1. Функции D, H и DR

Функции D, H и DR служат для задания вида коррекции и величины смещения в соответствии с заданным номером корректора.

Функция D предназначена для задания величины смещения для коррекции по радиусу и используется функциями G40, G41, G42, G143, G144.

Функция H задает величину смещения для коррекции по длине и действует по функциям G43, G44, G49.

Функция DR предназначена для задания номера корректора величины скругления инструмента и используется функциями G143, G144.

Программируется задание смещения, например по радиусу, так:

G41 D34

Здесь запрограммирована величина смещения по радиусу, определяемая 34-м корректором.

3.2. Величина смещения

Величина смещения инструмента может находиться в пределах плюс–минус 1000.0 мм или град. и задается номером корректора.

В данном УЧПУ предусмотрено 255 корректоров с номерами 1-255, что позволяет иметь 255 различных величин смещения.

Ввод величин смещения в память УЧПУ подробно рассмотрен в документе "Руководство оператора".

Примечания:

1. Величины смещения по запрограммированным номерам корректоров следует вводить до начала отработки управляющей программы.

2. Один и тот же номер корректора может одновременно использоваться по D, H и DR.

3. Номер корректора никак не связан с номером инструмента, поэтому, вне зависимости от номера инструмента, может быть задана величина коррекции по любому номеру корректора.

3.3. Смещение инструмента по длине (G43, G44, G49)

Смещение инструмента по длине задается функциями G43, G44 следующим образом:

G43 H_
G44 H_

Функциями G43, G44 выбирается направление смещения, а функцией H указывается номер корректора.

Направление смещения:

G43 смещение в направлении "+"

G44 смещение в направлении "-"

Вне зависимости от режима задания в абсолютных величинах или приращениях, величина смещения автоматически добавляется к координатным значениям конечной точки запрограммированного перемещения по G43 и вычитается по G44. Причем эти операции производятся с учетом знака величины смещения.

Например, задание G44 с отрицательной величиной смещения эквивалентно заданию G43 с такой же величиной смещения, но имеющей положительный знак.

Функции G43, G44 являются модальными и действуют до тех пор, пока не будет запрограммирована другая G-функция этой же группы.

Для отмены смещения по длине нужно запрограммировать G49 или выбрать H00.

Примечания:

1. В случае изменения величины смещения путем изменения номера корректора старая величина смещения просто заменяется новой, и нельзя предполагать, что новая величина прибавляется к старой.

2. Для смещения инструмента по длине нельзя использовать функции D, DR.

3. При включении питания УЧПУ начальная установка функции из группы G43-G49 определяется параметром N3006.

Коррекция длины инструмента в данном УЧПУ возможна по любой из осей, причем величина смещения будет вводиться в зависимости от функции G17, G18, G19 по осям 3, 2, 1 соответственно.

Реальный ввод и вывод коррекции на длину инструмента производится в кадрах, где задано перемещение по корректируемой оси.

3.4. Коррекция инструмента на радиус (G40 - G42)

С помощью функций G40, G41, G42 программируется коррекция траектории движения инструмента на величину его радиуса. Эти функции используются вместе с G00, G01, G02, G03 и они совместно определяют некоторый режим движения инструмента.

При введенной коррекции на радиус инструмента возможно программирование до 10 кадров, не содержащих перемещений в плоскости коррекции, или кадров без перемещений.

Величина смещения задается номером корректора по функции D (табл.9).

Функция	Действие
G40	Отмена коррекции на радиус инструмента
G41	Ввод смещения слева от направления перемещения инструмента
G42	Ввод смещения справа от направления перемещения инструмента

В дальнейшем все примеры, где в качестве инструмента используется фреза, являются также справедливыми и для резца, при этом в качестве радиуса выступает радиус скругления резца.

В приведенном ниже примере (Рис. 32) описан процесс выработки режима коррекции на радиус инструмента. Кадр номер один называют кадром включения. При программировании G41 происходит переключение из режима отмены коррекции на режим коррекции на радиус инструмента слева от обрабатываемого контура.

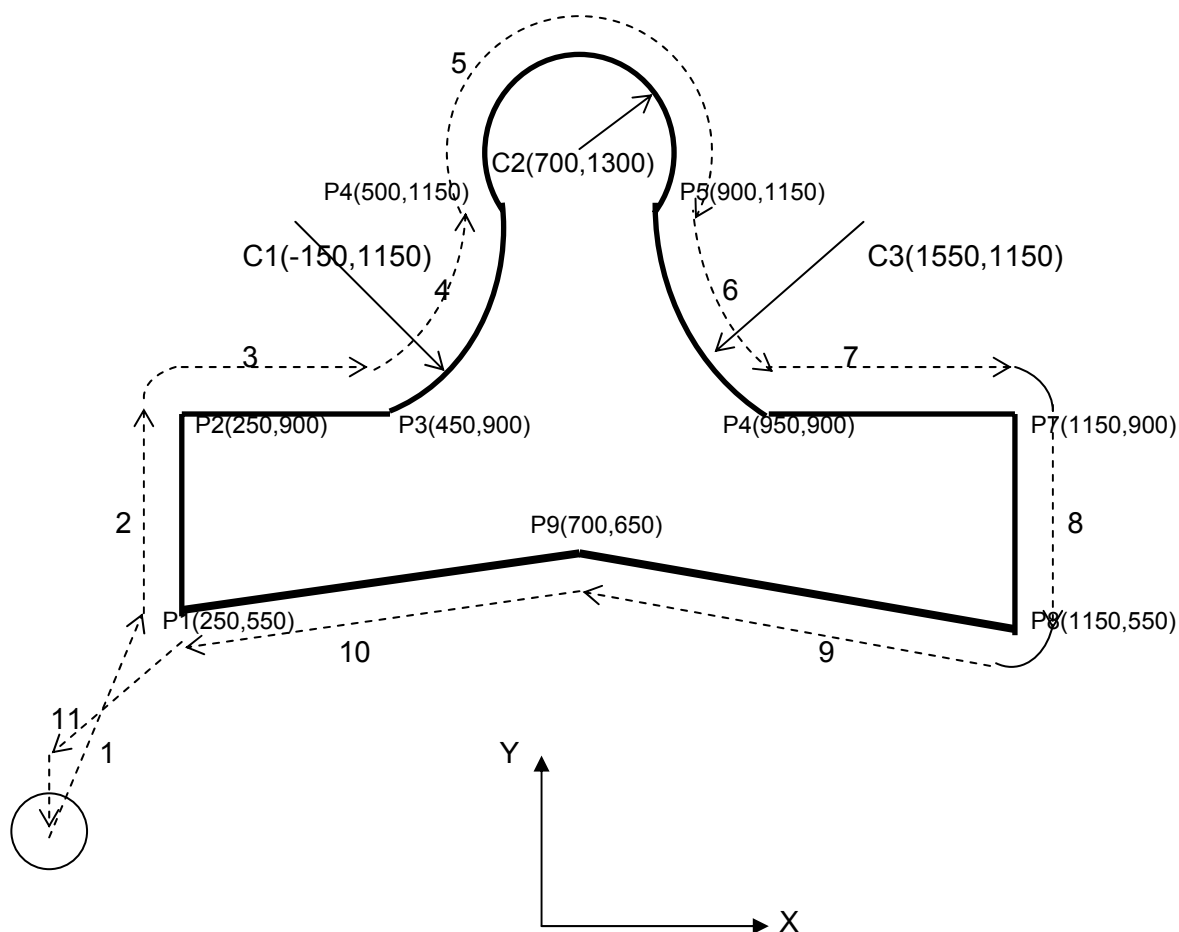


Рис. 32.

В конечной точке P1 кадра N1 происходит смещение на величину радиуса инструмента, перпендикулярное к направлению от P1 к P2. При этом радиус инструмента определен значением корректора D07, то есть, в области памяти, соответствующей номеру корректора 7, хранится значение радиуса инструмента. Теперь, когда задан режим коррекции на радиус инструмента, достаточно запрограммировать контур заготовки в соответствии с данными чертежа, смещение на радиус инструмента будет при этом вводиться автоматически. Если задать G40 в кадре N11 при возвращении в точку отправления, то коррекция на радиус будет отменена, и инструмент возвратится в точку отправления.

```
N100 G92      X0 Y0 Z0
N1  G90G17G01G41 D07 X250 Y550 F150
N2          Y900
N3          X450
N4  G03      X500 Y1150 I-600 J250
N5  G02      X900 I200 J150
N6  G03      X950 Y900 I650
N7  G01      X1150
N8          Y550
N9          X700 Y650
N10         X250 Y550
N11 G00G40   X0 Y0
```

Величину смещения D по номеру 7 необходимо установить до начала отработки программы.

3.4.1. Подробное описание коррекции инструмента на радиус

При включении УЧПУ или после завершения программы по M02, M30, M98 устанавливается режим отмены коррекции по радиусу.

3.4.1.1. Ввод коррекции на радиус инструмента

Режим коррекции по радиусу начинает выполняться при отработке кадра, удовлетворяющего следующим условиям:

- запрограммированы функции G41 или G42;
- номер корректора отличен от D00;
- запрограммировано перемещение, по крайней мере, для одной из определяемых плоскостью координат.

Примечания:

1. Не допускается программирование круговой интерполяции по функциям G02, G03 и ввода коррекции по радиусу функциями G41, G42 в одном кадре.

2. Встречающиеся далее понятия "**Внутренняя сторона**" и "**Внешняя сторона**" интерпретируются следующим образом:

- угол пересечения направления перемещений, заданный в двух кадрах, считается соответствующим "**Внутренней стороне**", если он больше 180 градусов и "**Внешней стороне**", если он находится в пределах 0-180 градусов, при измерении со стороны заготовки.

См. рис. 33 – рис. 40.

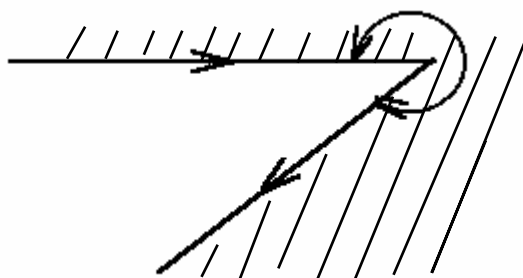


Рис. 33. Внутренняя сторона

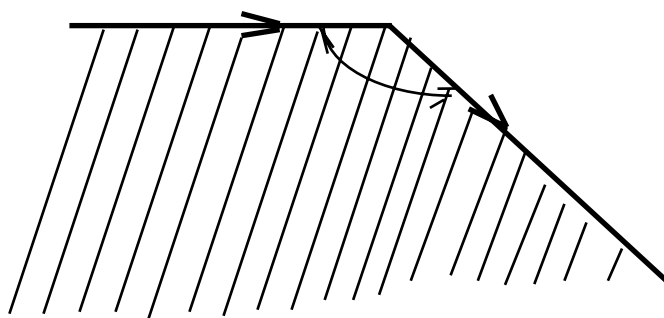


Рис. 34. Внешняя сторона

Перемещение с “внутренней стороны”

Прямая линия - прямая линия

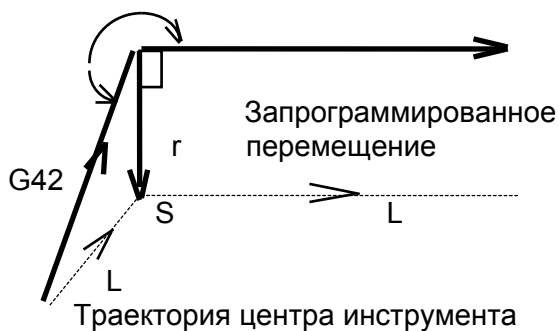


Рис. 35.

Здесь и далее на рисунках используются следующие обозначения:

- S - точка останова в режиме покадровой обработки, точка смены подачи на заданную в следующем кадре, точка автоматического торможения.
- L - перемещение по прямой линии,
- C - перемещение по дуге окружности.

Прямая линия - дуга

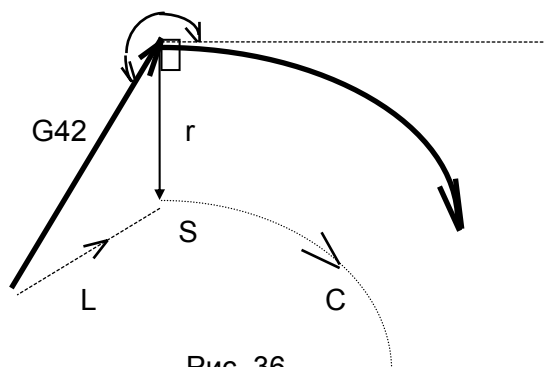


Рис. 36.

Перемещение с наружной стороны под тупым углом

Прямая линия - прямая линия

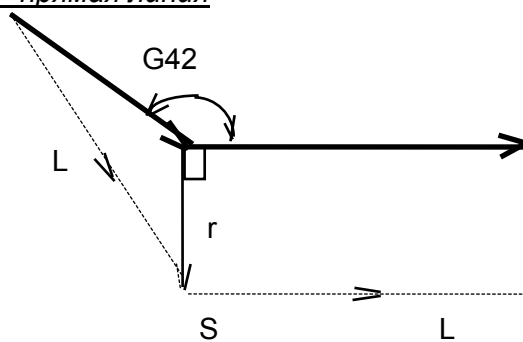


Рис.37.

Прямая линия - дуга

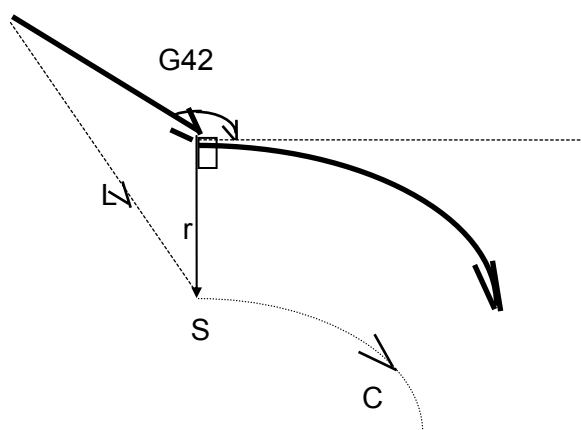


Рис. 38.

Перемещение с наружной стороны под острым углом (меньше 90 град).

Прямая - прямая

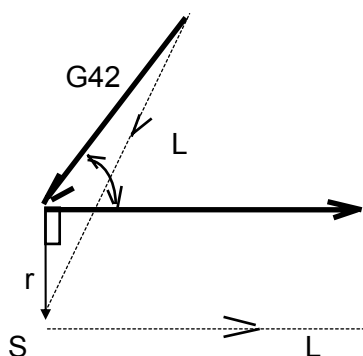


Рис. 39.

Прямая - дуга

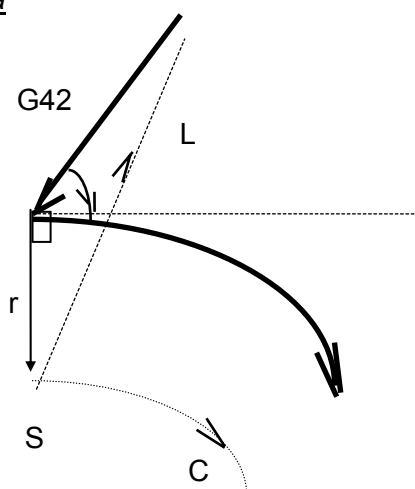


Рис. 40.

3.4.1.2. Отработка введенной коррекции на радиус инструмента

При работе УЧПУ с введенной коррекцией на радиус инструмента происходит смещение траектории центра инструмента на величину коррекции от запрограммированной траектории при линейной, круговой, линейно-круговой интерполяции и позиционировании.

Не допускается переключение G17,G18,G19 без предварительной отмены G41,G42 функцией G40.

При перемещениях с наружной стороны угла для его обхода автоматически вставляется один или несколько кадров. Дополнительные кадры могут представлять собой дугу или отрезки прямых. Вид этих кадров задается с помощью функций G14 – сопряжение по дуге, G15 – сопряжение отрезками прямых.

Варианты переходов изображены на рис.41 – рис. 60.

Перемещение с внутренней стороны (угол больше 180 град.)

Прямая - прямая

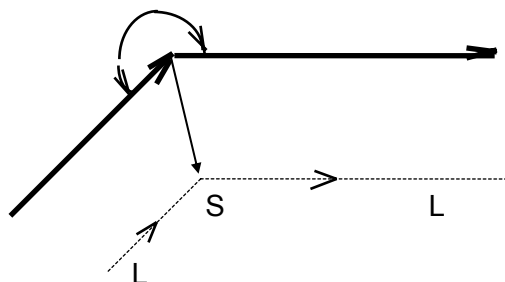


Рис. 41.

Прямая - дуга

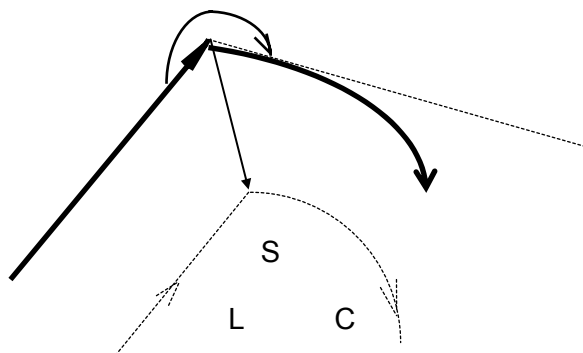


Рис. 42.

Дуга - прямая

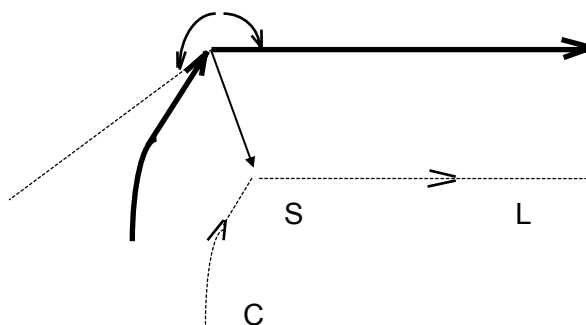


Рис. 43.

Дуга - дуга

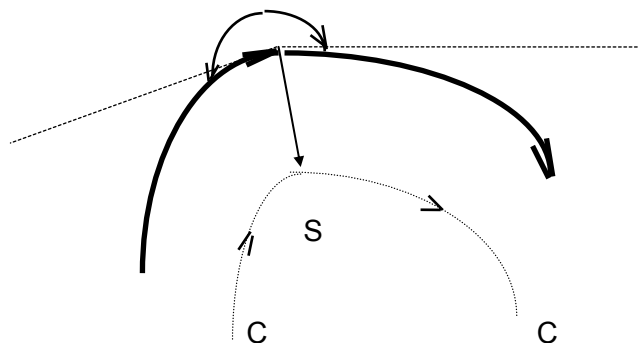


Рис. 44.

Перемещение с наружной стороны под тупым углом (угол больше 90 град., но меньше 180 град.) по функции G14

Прямая - прямая

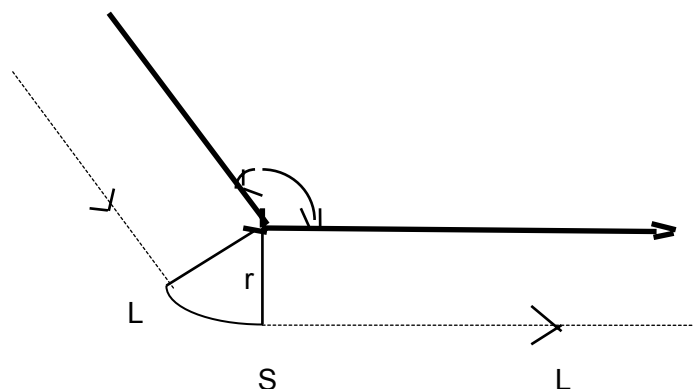


Рис. 45.

Прямая - дуга

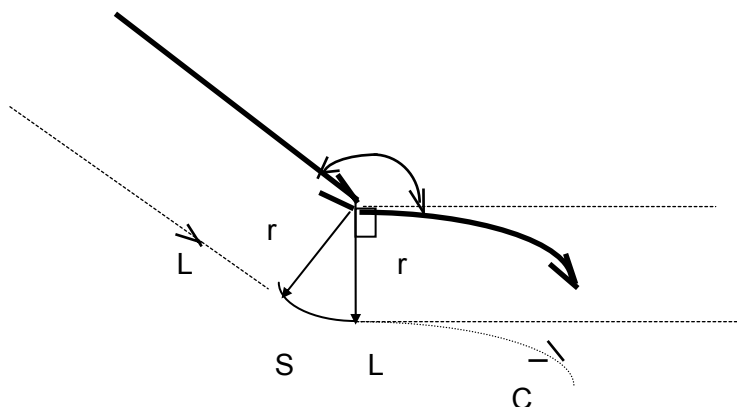


Рис. 46.

Дуга - прямая

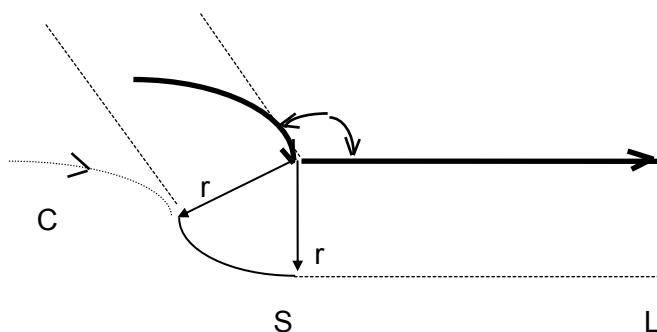


Рис. 47.

Дуга - дуга

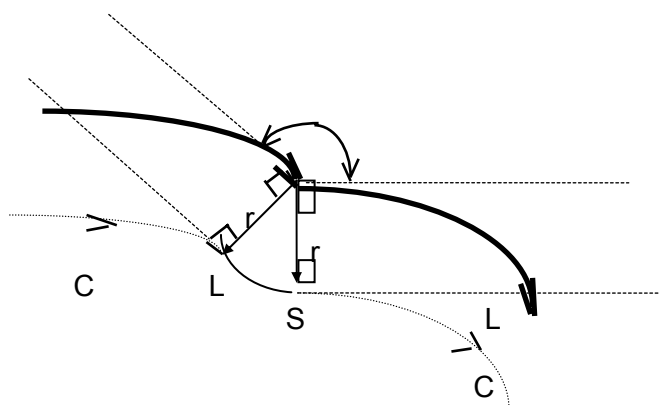


Рис. 48.

Перемещение с наружной стороны под тупым углом (угол больше 90 град., но меньше 180 град.) по функции G15

Прямая - прямая

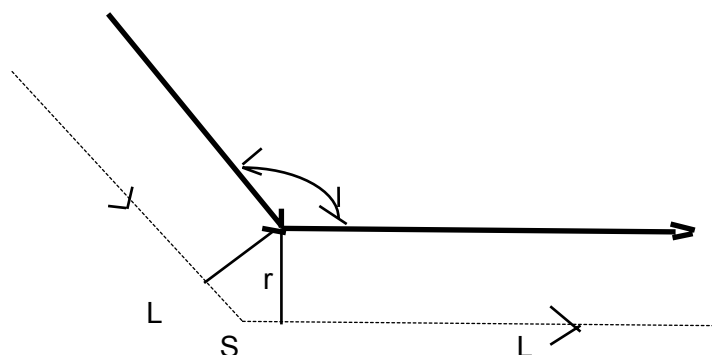


Рис. 49.

Прямая - дуга

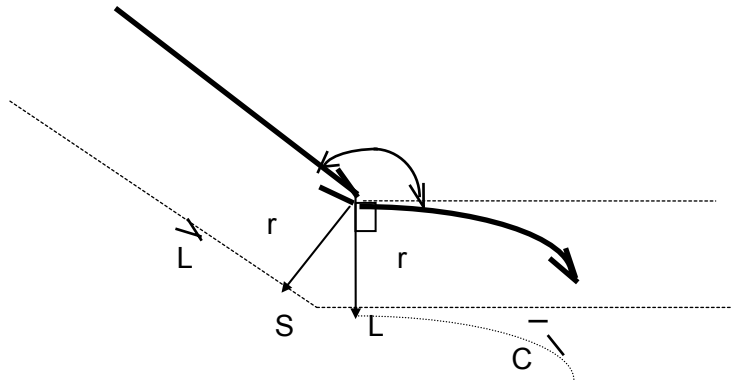


Рис. 50.

Дуга - прямая

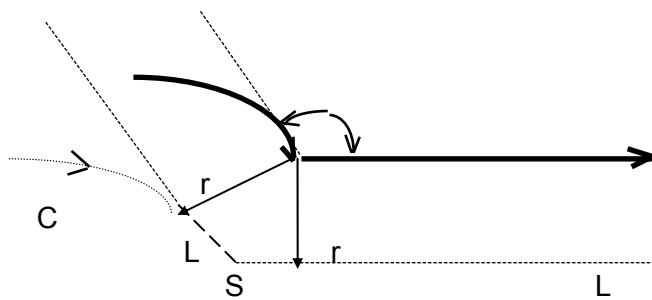


Рис. 51.

Дуга - дуга

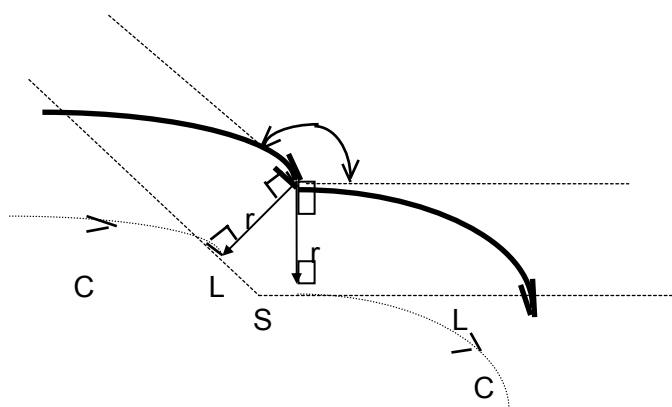


Рис. 52.

Перемещение с наружной стороны под острым углом (угол меньше 90 град.) по функции G14

Прямая - прямая

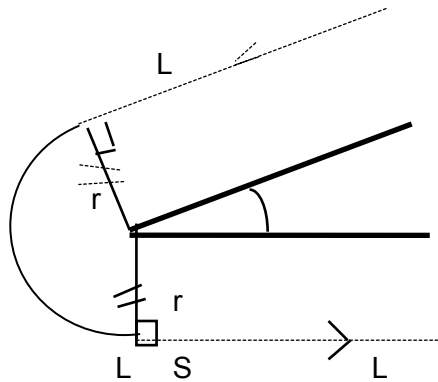


Рис. 53.

Прямая - дуга

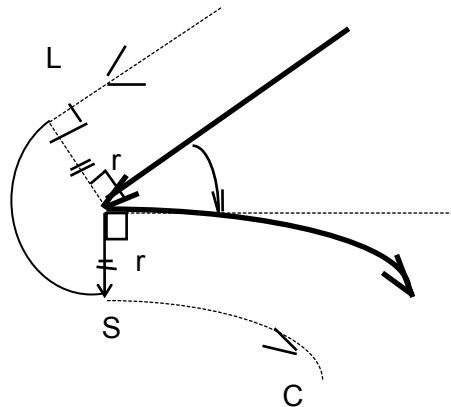


Рис. 54.

Дуга - прямая

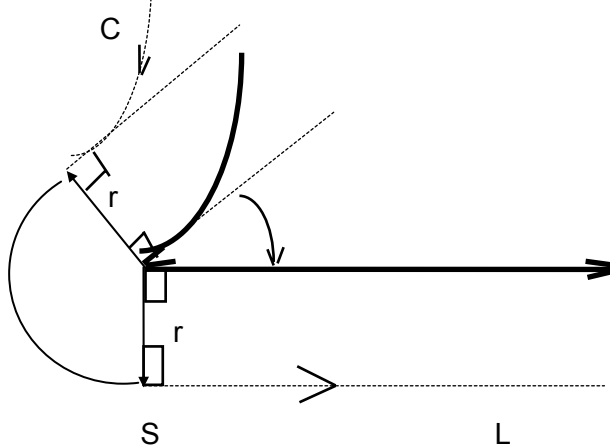


Рис. 55.

Дуга - дуга

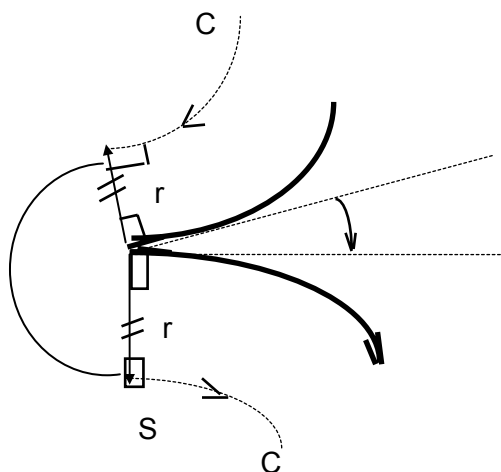


Рис. 56.

Перемещение с наружной стороны под острым углом (угол меньше 90 град.) по функции G15

Прямая - прямая

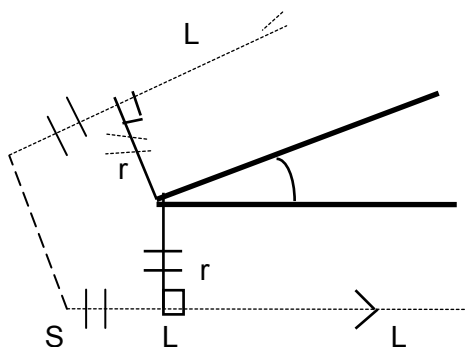


Рис. 57.

Прямая - дуга

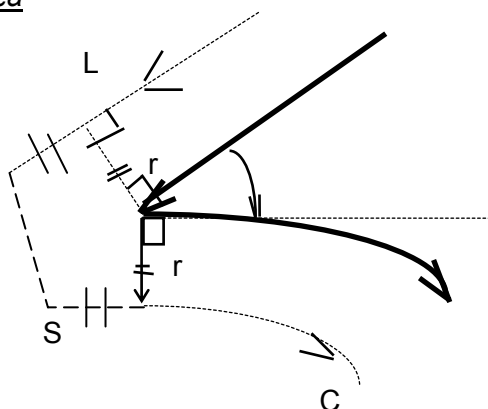


Рис. 58.

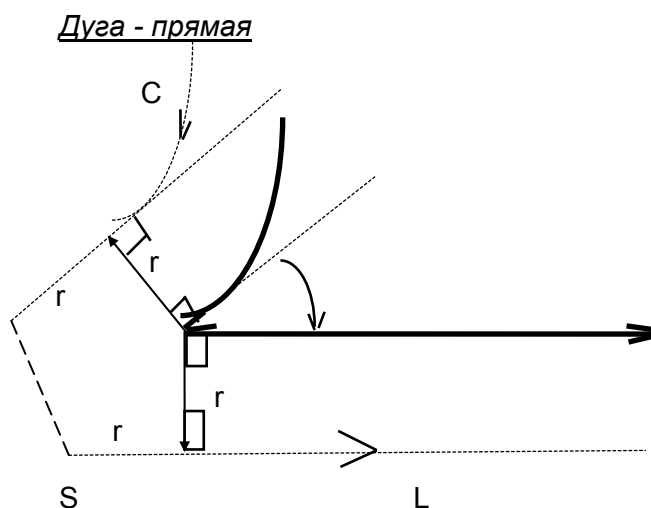


Рис. 59.

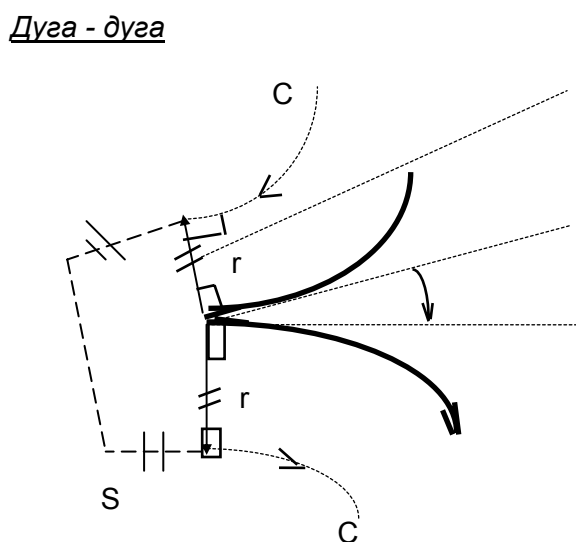


Рис. 60.

3.4.1.3. Режим отмены коррекции на радиус инструмента

Программированием G40 или D00 отменяется коррекция на радиус инструмента, причем ее вывод в виде перемещения инструмента происходит в зависимости от значения технологического параметра N3035.

При значении параметра, равном 0, вывод коррекции происходит только по той оси, по которой задано перемещение в кадре (см. рис. 60.1). При значении параметра, равном 1, вывод коррекции происходит по обеим осям, находящимся в плоскости коррекции, если в кадре задано перемещение хотя бы по одной оси (см. рис. 60.2). При значении параметра, равном 2, вывод коррекции происходит по обеим осям, находящимся в плоскости коррекции, независимо от того, задано перемещение в плоскости коррекции или нет (см. рис. 60.3).

При этом независимо от значения параметра N3035 все перемещения, заданные после кадра с отменой коррекции на радиус, выполняются без учета радиуса инструмента.

Не допускается программирование G40 или D00 и G02,G03 в одном кадре.

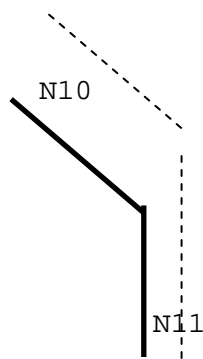


Рис. 60.1

N10G1X100Y100
N11G40Y50

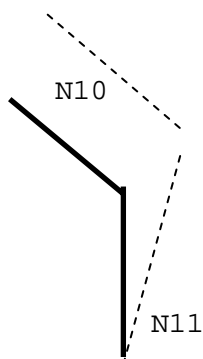


Рис. 60.2

N10G1X100Y100
N11G40Y50

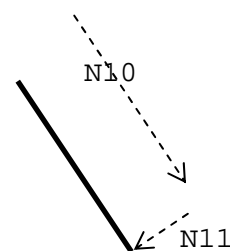


Рис. 60.3

N10G1X100Y100
N11G40

3.4.1.4. Изменение направления смещения в режиме коррекции

В соответствии с комбинацией G41,G42 и знака величины смещения для коррекции инструмента по радиусу направление смещения определяется следующим образом, показанным в табл. 10.

В случае изменения направления смещения теряется смысл понятий "С наружной стороны" и "С внутренней стороны" и они являются общими во всех случаях.

В примере, изображенном на рис.61, величина смещения считается положительной.

Таблица 10

Функция	Знак величины смещения	
	Плюс	минус
G41	Смещение слева	Смещение справа
G42	Смещение справа	Смещение слева

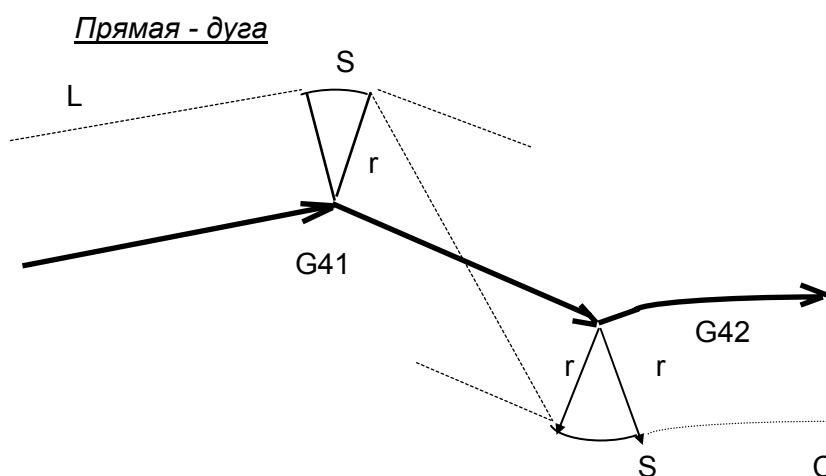


Рис. 61.

3.4.2. Пространственная коррекция на размер инструмента*

(не входит в базовый вариант ПМО УЧПУ)

В том случае, если кадры управляющей программы снабжены проекциями **NX**, **NY**, **NZ** на оси координат единичного вектора **N** нормали к поверхности в точке конца кадра, появляется возможность пространственной коррекции на размер инструмента, учитывающей его радиус и скругление (Рис. 62)

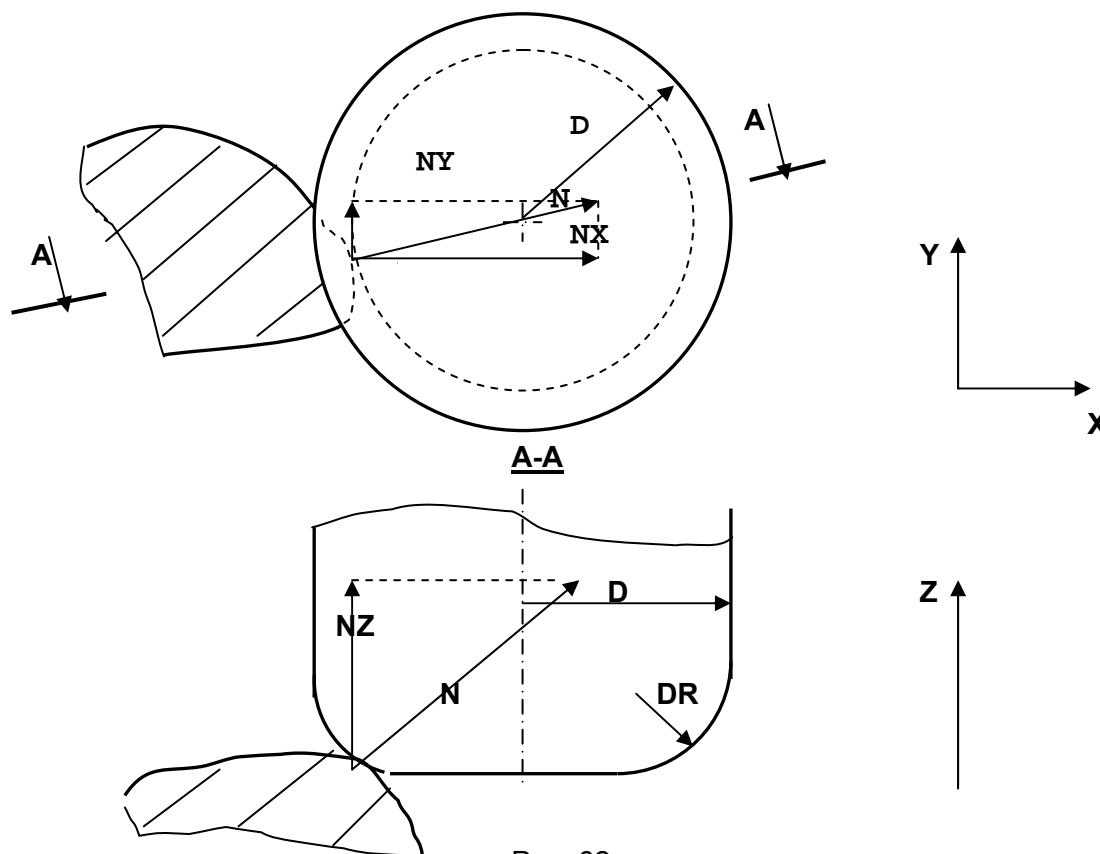


Рис. 62

Данный вид коррекции работает только для позиционирования по функции G0 и для линейной интерполяции по функции G1.

Задание проекций единичного вектора нормали в конечной точке кадра на оси 1, 2 и 3 выполняется соответственно с помощью адресов DX, DY и DZ. Количество знаков после запятой при задании проекций не ограничено.

Номер корректора, в котором хранится радиус инструмента, задается с помощью адреса D.

Номер корректора, в котором хранится величина скругления инструмента, задается с помощью адреса DR.

В зависимости от формы инструмента величина его скругления может меняться от нуля (цилиндрическая фреза) до значений, больше либо равных радиусу инструмента.

Ориентация инструмента относительно осей координат определяется действующей плоскостью аналогично функциям G43-G44. При задании функции G17 ось вращения инструмента располагается вдоль оси 3, при задании функции G18 – вдоль оси 2, при задании функции G19 – вдоль оси 1.

Пространственная коррекция на размер инструмента начинает работать, когда в программе заданы:

- разрешение действия данной коррекции – G143(G144);
- хотя бы один ненулевой номер корректоров D, DR.

Реальное действие данной коррекции выполняется только в тех кадрах, где заданы проекции вектора нормали. По функции G144 кроме разрешения действия коррекции происходит изменение знаков проекций вектора нормали на противоположные. Возможно задание функций G143(G144), D и DR в разных кадрах.

Отмена пространственной коррекции происходит или по функции G40, или при задании нулевых значений номеров D и DR, т. е. D0 и DR0.

Пример.

N1G1G90G143D1DR2X100Y150Z-100DX-0.112234DY-0.604727DZ0.788485F1000
N2X101.2Z-150.98DX-0.209643DY-0.977779
N3X105Y155
N4Y158.7Z-155DX-0.109744DY-0.732243DZ0.672143
N5G40X160Y161DX-0.0008202DY-0.951633DZ0.307235
N6M30

В данном примере в кадре N1 заданы все условия для начала работы пространственной коррекции на размер инструмента. В кадре N2 проекция единичного вектора нормали на ось Z отсутствует, что соответствует нулевому значению этой проекции. Естественно, что можно также явно задать это значение – DZ0. В кадре N3 не заданы проекции вектора нормали к поверхности – коррекция в данном кадре не действует. В кадре N5 задана функция отмены коррекции, поэтому, не смотря на задание единичного вектора нормали коррекция не действует.

В отношении знаков значений корректоров D и DR при пространственной коррекции на размер инструмента действуют следующие правила:

- при положительном значении корректора на скругление DR происходит смещение по оси Z в положительном направлении, а по осям 1 и 2- смещение вдоль вектора нормали в сторону, противоположную этому вектору, и, наоборот, при отрицательном значении корректора на скругление происходит смещение по оси Z в отрицательном направлении, а по осям 1 и 2- смещение вдоль вектора нормали по этому вектору;

- при положительном значении корректора на радиус происходит смещение по осям 1 и 2 вдоль вектора нормали по этому вектору, при отрицательном значении – в сторону, противоположную этому вектору.

3.5. Задание величины коррекции через параметры инструмента

С помощью использования таблицы инструментов и установки соответствующих параметров величина коррекции на размер инструмента может задаваться не через номера корректоров D, H и DR, а через задание номера инструмента по функции T. При этом для каждого инструмента в таблице задаются его длина, радиус и скругление (см. **Руководство оператора**). Поэтому для ввода коррекций на длину и радиус в этом случае нужно использовать только функции G40-G42, G143-G144 и G43, G44, G49. Для использования таблицы инструментов электроавтоматика станка должна обрабатывать функцию T независимо от того, есть на станке автоматическая смена инструмента или нет.

3.6. Зеркальная обработка

Выбором специальных подрежимов на пульте УЧПУ или с помощью функции G67 в тексте программы можно задать зеркальную обработку по координатам X,Y,Z и другим имеющимся на станке координатам.

Смысл понятия "**Зеркальная обработка по оси**" заключается в следующем:

- все перемещения, запрограммированные для заданной оси, выполняются симметрично в противоположном направлении относительно точки зеркальности;
- отработка функции G2 заменяется на G3 и наоборот;
- отработка функции G41 заменяется на G42 и наоборот;
- меняется на противоположный знак соответствующей проекции единичного вектора нормали при пространственной коррекции на размер инструмента.

Задание зеркальной отработки не оказывает влияния на:

- коррекцию на длину инструмента;
- позицию функций G30, G31.

Задание зеркальной обработки с пульта УЧПУ может использоваться в том случае, когда зеркальность должна действовать на всю программу.

В том случае, если зеркальная обработка должна быть выполнена только на части программы, необходимо использовать функцию G67 – для установки зеркальности и G68 – для отмены зеркальности.

Общий вид задания функции G67:

G67X_

- задание зеркальной обработки по оси X относительно точки зеркальности X.

Точка зеркальности всегда задается в абсолютной системе отсчета независимо от действующих функций G90-G91.

Отмена зеркальной обработки по оси X:

G68X0.

Пример:

Отработка фрагмента программы зеркально по оси X относительно точки зеркальности 100 мм (см. рис. 63.)

N1 G68X100

N2 G90G1F100X110G41D01

N3 X140Y15

N4 G2X180I20J0

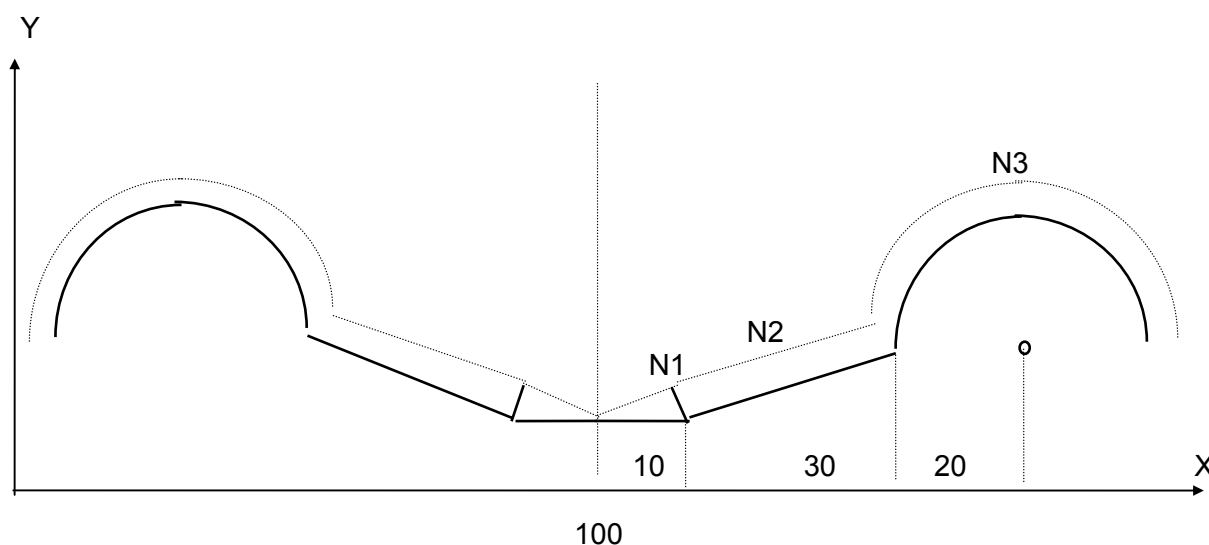


Рис. 63.

Отработка будет равносильна кадрам:

N1 G1F100X90G42D01

N2 X60Y15

N3 G3X20I-20J0

Внимание!

Точка зеркальности всегда задается в текущей системе координат, заданной по функциям G54-G59. Поэтому, если зеркальность задается в программе, функцию G67 необходимо задавать после того, как задана нужная система координат функциями G54-G59.

Если зеркальность задается с пульта УЧПУ из окна F5, нужно иметь в виду, что точка зеркальности **всегда** задается в системе координат, действующей по умолчанию (см. технологический параметр N3008). Поэтому, если в программе будет использоваться функция, отличная от установленной этим параметром, точку зеркальности нужно задавать с учетом всех этих данных.

Например, если по умолчанию действует функция G54 со смещением по оси X, равным -150 мм, а в программе задается функция G55 со смещением по оси X, равным -340 мм, и нужно задать зеркальность по оси X относительно нуля G55 с пульта УЧПУ, то в качестве точки зеркальности по оси X должна задаваться величина

$$-340 - (-150) = -190 \text{ мм}$$

4. Функции цикловой обработки

4.1. Постоянные циклы сверлильно-расточной группы

Для реализации функций цикловой сверлильно-расточной обработки предназначены постоянные циклы, программируемые функциями G81 - G88.

Ось, вдоль которой выполняется постоянный цикл, называется цикловой осью. Задание цикловой оси происходит автоматически при программировании функций выбора плоскости:

- G17 - цикловая ось Z
- G18 - цикловая ось Y
- G19 - цикловая ось X.

При выборе плоскости с помощью функции G20 программирование циклов запрещено.

Параметры цикла задаются одинаково для любой цикловой оси и всегда должны программироваться после G - функции цикла.

Каждый цикл имеет свою диаграмму перемещений цикловой оси, однако, в основе каждого цикла лежит обобщенная диаграмма перемещений, показанная на рис.64, где

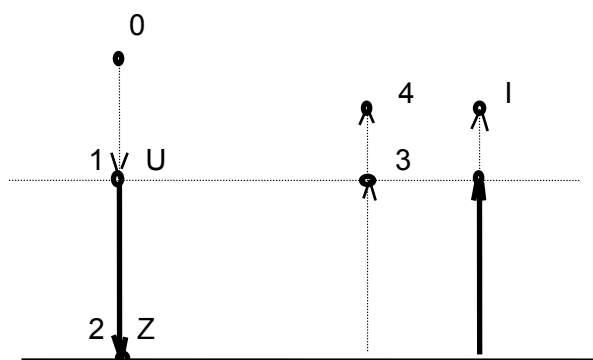


Рис. 64.

Точка 0 - начальная позиция цикла. Сюда выводится инструмент до начала выполнения цикла и включается шпиндель в нужном направлении.

Точка 1 - начальная точка для движения цикловой оси на рабочей подаче.

Точка 2 - конечная точка для движения цикловой оси на рабочей подаче. Здесь возможен останов или реверс шпинделя и задание выдержки времени до перехода на следующий участок.

Точка 3 - точка выхода. Здесь возможна выдержка времени до перехода на следующий участок.

Точка 4 - точка завершения цикла. Здесь возможен реверс или сохранение состояния шпинделя точки 2. Для следующего цикла это начальная позиция, если подряд выполняются несколько циклов.

При отработке программы в покадровом режиме происходят остановки в точках 0,1,3,4.

Условные обозначения на диаграммах:

- > - рабочая подача
- > - скорость ускоренного перемещения.

Параметры циклов показаны в табл.11.

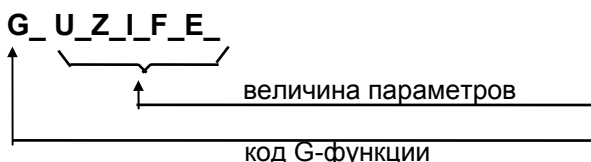
При смене циклов, а также после задания функции отмены циклов G80 все параметры циклов отменяются. Если обязательные параметры не заданы при программировании цикла или заданы лишние параметры, возникает ошибка программирования циклов.

Программирование цикла выглядит следующим образом:

G_U_Z_W_V_I_F_E_M_H_X_Y_

Если при повторном задании одного и того же цикла обязательные параметры не заданы, то в цикле используются прежние значения. Если параметр E не задан, то выдержка времени не выполняется.

Программирование цикла в общем случае:



Параметры всегда должны программироваться после G-функции цикла. Величины параметров должны задаваться в соответствии с форматом ввода (см. п. 1.2.3.).

Допускается программирование не самих величин, а формальных параметров, в которых эти величины содержатся (Подробнее см. раздел **"Макропрограммирование"**)

Если в кадре с циклом нужно запрограммировать какие-либо задания, то их нужно записать до G-функции цикла. При выполнении такого кадра цикл выполняется последним. Подпрограммы стандартных циклов написаны на языке макропрограммирования.

Таблица 11

Параметр	Характеристика	Содержание		
		G90	G91	
Обязательные	U	Для всех циклов	Позиция точки 1	Перемещение в точку 1
	Z		Позиция точки 2	Перемещение в точку 2
Необязательные	I		Позиция точки 4	Перемещение в точку 4
			Если не задан, то точка совпадает с точкой 3	
Обязательные	V	для G83 G86	Шаг сверления	
	W	для G83 для G86	Запас для очередного начала сверления	Величина отскока на скорости ускоренного перемещения
Необязательные	X	Для G88	Смещение по оси 1 после ориентации	
	Y	Для G88	Смещение по оси 2 после ориентации	
	W	для G87	Выдержка времени в точках 5 (см. рис. 71)	
	F	Для всех циклов	Подача для перемещения на участке 1-2	
	F	для G82 G84	Подача для перемещения на участке 2-3	
	H	для G82	Подача для перемещения на участке 2-3	
	E	Для всех циклов	Выдержка времени в точке 2	
	M	для G 84 G84	Выдержка времени в точке 3	
		для G85 G84	Признак смены состояния шпинделя в точке 4	

4.1.1. Цикл сверления

Цикл сверления задается функцией G81 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис.65.

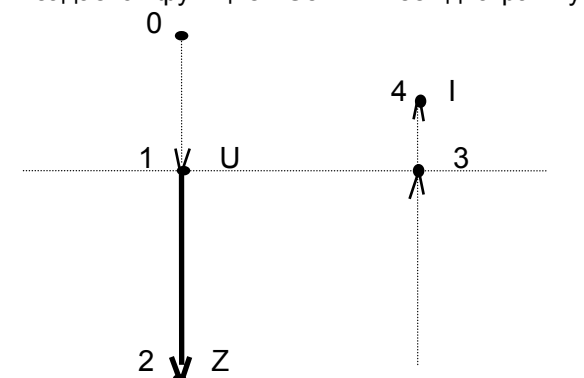


Рис. 65.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл.12.

Таблица 12

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	U	Позиция начальной точки для движения на рабочей подаче - точка 1	Перемещение в начальную точку для движения на рабочей подаче 0 - 1
	Z	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче - точка 2	Перемещение на рабочей подаче 1 - 2
Необязательные	I	Позиция точки выхода 4	Перемещение в точку выхода 2-4
	F	Рабочая подача	
	E	Выдержка времени в точке 2	

Если параметр I не задан, то точка 4 совпадает с точками 3 и 1.

Перемещения на участках выполняются со скоростями, показанными в табл. 13.

В общем случае программирование цикла выглядит так:

G81Z_U_I_F_E_

Таблица 13

Участок	Скорость перемещения	
	Параметр задан	Параметр не задан
0-1	Скорость ускоренного перемещения	Скорость ускоренного перемещения
1-2	Подача из параметра F	Подача из предыдущих кадров
2-3	Скорость ускоренного перемещения	Скорость ускоренного перемещения
3-4	Скорость ускоренного перемещения	Скорость ускоренного перемещения

Примечание.

В покадровом режиме отработки программы происходит останов в точках 0,1,3,4.

Пример: Цикловая сверлильная обработка четырех отверстий без выдержки времени (см. рис.66).

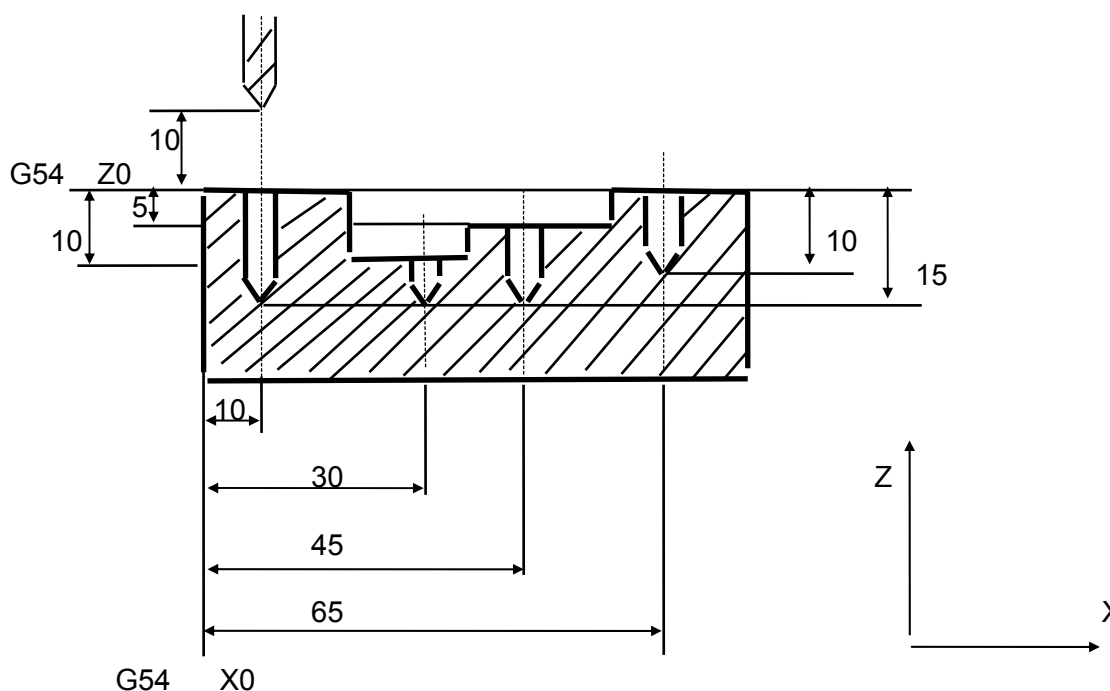


Рис. 66.

N1 G54 G0 G90 X10 Z10
N2 G81 U0.5 Z-15.5 F100
N3 X30 G81 U-9.5 I-4.
N4 X45 G81 U-4.5 I0.5
N5 X65 G81 U0.5 Z-10 I10
N6 G80

Примечание.

Предполагается, что предварительно введена коррекция на длину инструмента, и ось Y установлена в нужную позицию.

4.1.2. Циклы растачивания

Устройством ЧПУ предусмотрены три цикла растачивания:

G82 - цикл растачивания с программированием подачи выхода,

G85 - цикл растачивания с остановом шпинделя в точке 2 и выходом на быстром ходу (рис.67).

G88 - цикл растачивания с ориентированным остановом шпинделя в точке 2, смещением к центру и выходом на быстром ходу (рис.67, рис. 67.1).

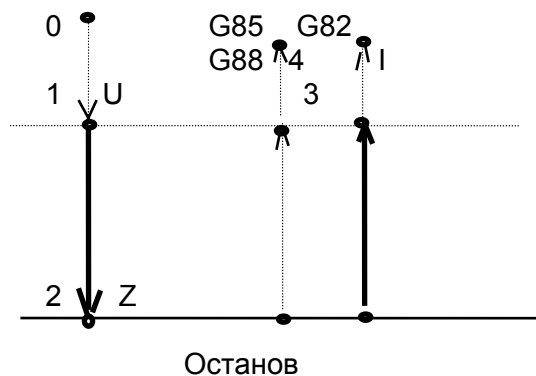


Рис. 67.

Циклы имеют такую же диаграмму перемещений, что и цикл G81.

Параметры цикла, задаваемые адресами U,Z,I,F,E и геометрические характеристики имеют тот же смысл для циклов G82,G85, G88, что и для G81.

Кроме того, для циклов G82, G85 и G88 существуют дополнительные необязательные параметры (табл.14).

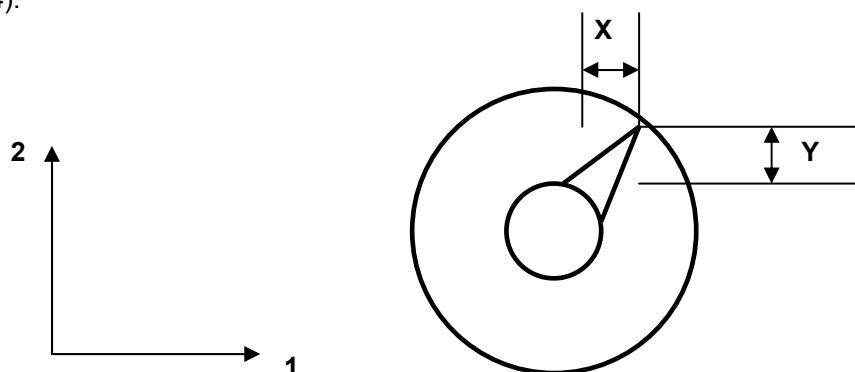


Рис. 67.1

Цикл	Параметры	Содержание	
		Параметр задан	Параметр не задан
G82	H	Подача для перемещения на участке 2-3 из параметра H	Подача на участке из параметра F или предыдущего кадра
G88	X, Y	После ориентированного останова шпинделя в точке 2 происходит смещение осей 1 и 2 на величину и в направлении, заданном параметрами X и Y. В точках 3 или 4 происходит смещение в противоположную сторону	После ориентированного останова шпинделя в точке 2 смещение осей не происходит
G85, G88	M	Если задан, то в точке 4 шпиндель не включается. Можно запрограммировать любое значение M	Если не задан, то в точке 4 восстанавливается состояние шпинделя, которое было в точке 0

Цикл G82 в общем случае программируется так:

G82U_Z_I_F_E_H_

Циклы G85, G88 задаются таким образом:

G85U_Z_I_F_E_M_

G88U_Z_I_F_E_M_X_Y_

Примечание.

Цикл G88 будет корректно обрабатываться только в том случае, если на станке есть возможность останова шпинделя в ориентированном положении.

4.1.3. Цикл глубокого сверления

Цикл глубокого сверления задается функцией G83 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис.68.

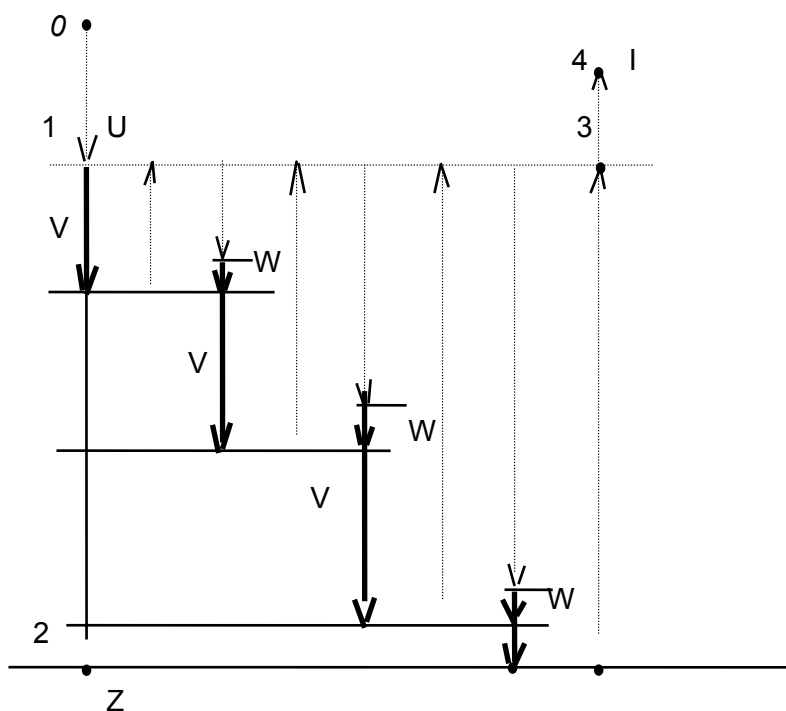


Рис. 68.

Параметры U,Z,I,F,E имеют тот же смысл, что и для циклов G81, G82,G85.
Для цикла G83 существуют обязательные параметры, показанные в табл.15.

Таблица 15

Параметр	СМЫСЛ	
	G90	G91
V	Шаг сверления	Шаг сверления
W	Запас до очередного начала сверления	Запас до очередного начала сверления

Для параметров V и W величины всегда должны задаваться положительными числами.
В общем случае цикл G83 программируется так:

G83Z_U_V_W_I_F_E_

4.1.4. Цикл нарезания резьбы

Цикл нарезания резьбы задается функцией G84 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис.69.



Рис. 69

Параметры U,Z,I имеют тот же смысл, что и у циклов G81,G82,G85, G83.

Кроме того, для цикла G84 существуют необязательные параметры, показанные в табл.16.

В общем случае цикл G84 программируется так:

G84U_Z_I_F_E_M_

Таблица 16

Параметр	Содержание	
	Параметр задан	Параметр не задан
F	Подача для участков 1-2 и 2-3	Действует подача для участков 1-2 и 2-3 из предыдущих кадров
E	Выдержка времени в точках 2 и 3	Выдержка времени равна нулю
M	Если задан, то в точке 4 реверс не происходит, а сохраняется состояние шпинделя после реверса в точке 2. Можно задать любое значение M	Если параметр не задан, то в точке 4 происходит реверс для восстановления направления вращения, которое было до цикла

4.1.5. Цикл прерывистого сверления

Цикл прерывистого сверления программируется функцией G86 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис.70.

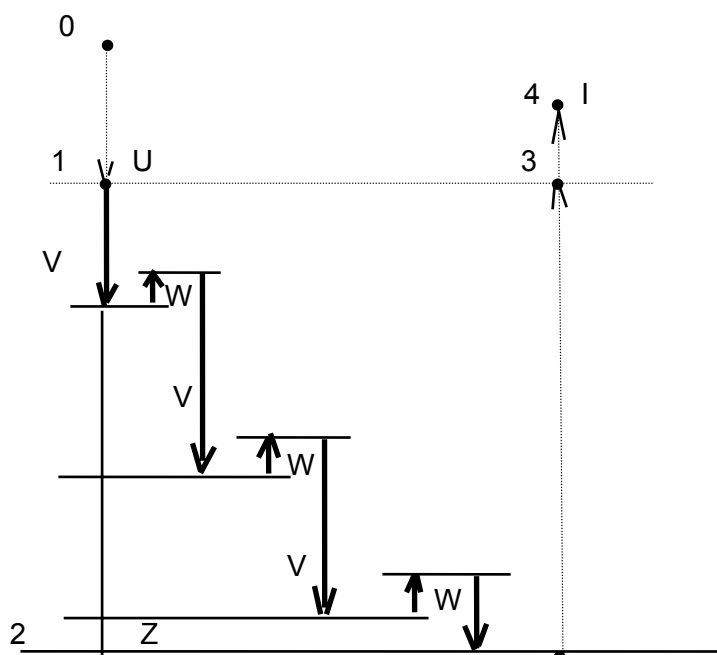


Рис. 70.

Параметры U,Z,I,F,E имеют тот же смысл, что и для циклов G81, G82, G85, G83.

Кроме того, для цикла G86 существуют обязательные параметры, показанные в табл. 17.

Таблица 17

Параметр	Содержание	
	G90	G91
V	Шаг сверления	Шаг сверления
W	Величина отскока на скорости ускоренного перемещения	Величина отскока на скорости ускоренного перемещения

4.1.6. Цикл прерывистого сверления с выдержками времени

Цикл прерывистого сверления с выдержками времени программируется функцией G87 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 71.

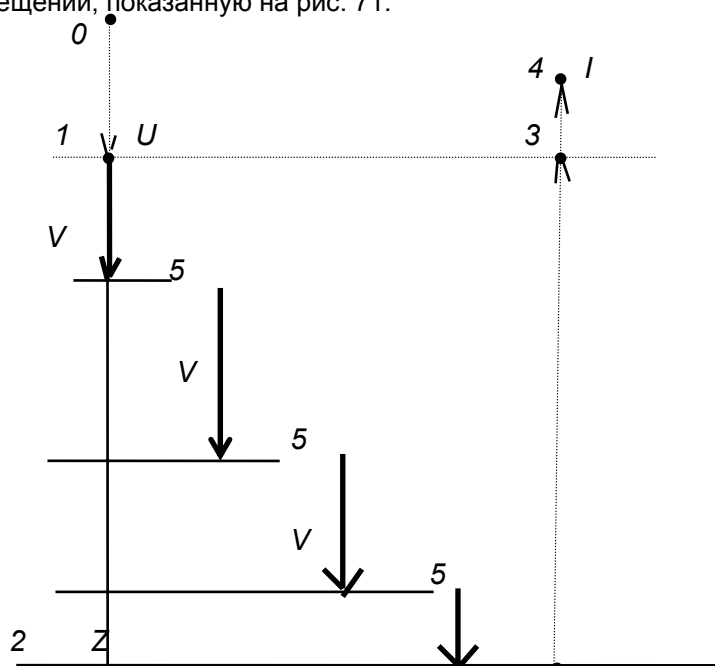


Рис. 71.

Параметры U,Z,I,F,E имеют тот же смысл, что и для циклов G81, G82, G85, G83.
Кроме того, для цикла G87 существуют параметры, показанные в табл. 18.

Таблица 18

Параметр	Содержание	
	G90	G91
V	Шаг сверления (обязательный)	Шаг сверления (обязательный)
W	Величина выдержки времени в точках 5 в десятых секунды	Величина выдержки времени в точках 5 в десятых секунды

В том случае, если параметр W не задан, в точках 5 происходит торможение до нуля, а затем перемещение до следующей точки 5.

4.2. Постоянные циклы токарной группы

Условные обозначения:

И. Т. – исходная точка цикла;

—————▶ перемещение на рабочей подаче

-----▶ перемещение на быстром ходу

4.2.1. Однопроходный продольный токарный цикл

Однопроходный продольный токарный цикл программируется функцией G150 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 72.

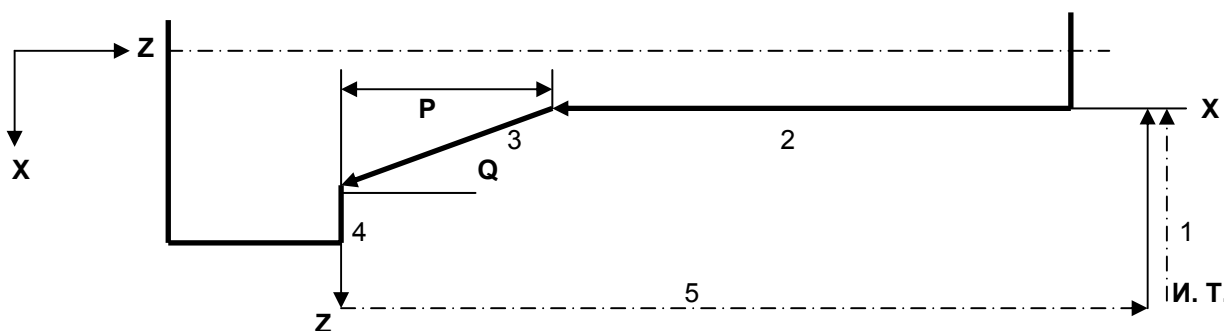


Рис. 72.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 19.

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	X	Позиция начальной точки для обработки цилиндрической поверхности	Расстояние со знаком от И. Т. до начальной точки для обработки цилиндрической поверхности (участок 1)
	Z	Позиция конечной точки обработки по оси Z (конец участка 3)	Расстояние со знаком от И. Т. до конца участка 3 по оси Z
Необязательные	P	Длина конического участка по оси Z без знака (длина участка 3)	
	Q	Позиция конечной точки конического участка по оси X (конец участка 3)	Расстояние со знаком от И. Т. до конца участка 3 по оси X
	F	Рабочая подача	
	G0	Указание на быстрый ход на участке 1	

Параметры, связанные с осью X, должны задаваться в размерности радиуса или диаметра с учетом соответствующего станочного параметра (N7006).

Параметры P и Q должны задаваться парно. Если эти параметры не заданы, то это соответствует обработке цилиндрической поверхности без конусной части.

Если параметр F не задан, то на участках 1 – 4 действует подача из предыдущих кадров.

Если параметр G не задан, то перемещение на участке 1 выполняется на рабочей подаче, если задан, то на быстром ходу.

В общем случае цикл G150 программируется так:

G150X_Z_P_Q_F_G0

4.2.2. Однопроходный поперечный токарный цикл

Однопроходный поперечный токарный цикл программируется функцией G151 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 73.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 20. При этом правила задания параметров аналогичны правилам для цикла G150.

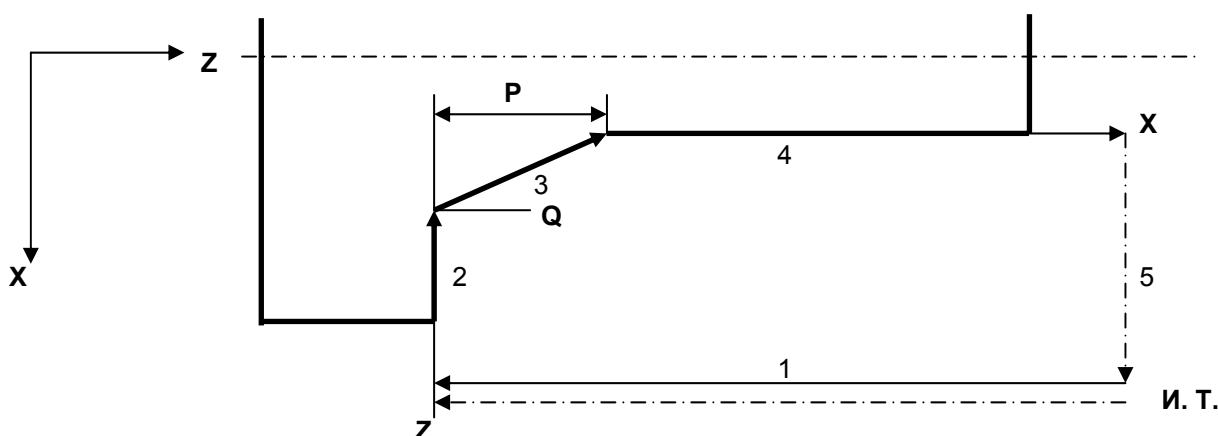


Рис. 73

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	X	Позиция конечной точки по координате X для обработки цилиндрической поверхности	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки по координате X для обработки цилиндрической поверхности (участок 5)
	Z	Позиция начальной точки обработки по оси Z (конец участка 1)	Расстояние со знаком от И. Т. до конца участка 1 по оси Z
Необязательные	P	Длина конического участка по оси Z без знака (длина участка 3)	
	Q	Позиция начальной точки конического участка по оси X (начало участка 3)	Расстояние со знаком от И. Т. до начала участка 3 по оси X
	F	Рабочая подача	
	G0	Указание на быстрый ход на участке 1	

4.2.3. Многопроходный продольный токарный цикл

Многопроходный продольный токарный цикл программируется функцией G152 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 74. Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 21.

В общем случае цикл G152 программируется так:

G152X_Z_Q_P_V_W_F_Y1G0D_

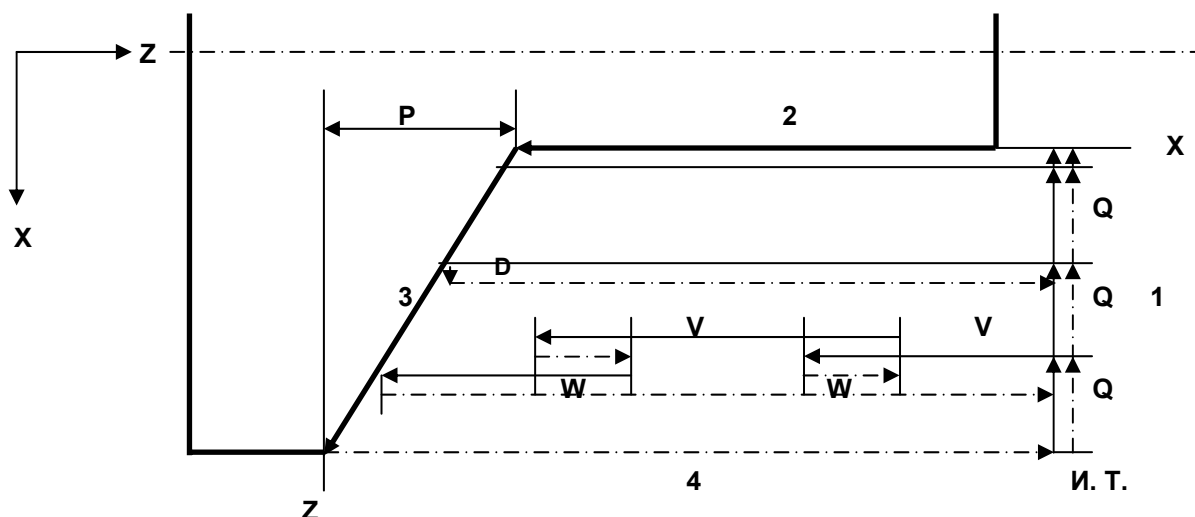


Рис. 74

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	X	Позиция конечной точки по координате X для обработки цилиндрической поверхности	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки по координате X для обработки цилиндрической поверхности
	Z	Позиция конечной точки обработки по оси Z (конец участка 3)	Расстояние со знаком от И. Т. до конца участка 3 по оси Z
	Q	Припуск на проход (без знака)	
Необязательные	D	Отскок по оси X со знаком перед возвратом по оси Z в И. Т.	
	P	Длина конического участка по оси Z без знака (длина участка 3)	
	V	Проход на рабочей подаче по оси Z до отскока без знака	
	W	Величина отскока на быстром ходу по оси Z без знака	
	F	Рабочая подача	
	Y1	Конец цикла на уровне X	
	G0	Указание на быстрый ход на участке 1	

После последнего прохода по оси Z производится зачистка по контуру 1 – 4.

Параметры, связанные с осью X, должны задаваться в размерности радиуса или диаметра с учетом соответствующего станочного параметра.

Если параметр P не задан, то это соответствует обработке цилиндрической поверхности без конусной части.

Параметры V и W должны задаваться парно. Если эти параметры не заданы, то обработка по оси Z происходит без отскоков за один проход.

Если параметр F не задан, то на участках 1 – 3 действует подача из предыдущих кадров.

Если параметр G не задан, то перемещение на участке 1 выполняется на рабочей подаче, если задан, то на быстром ходу.

Задание параметра Y позволяет закончить цикл после зачистки на уровне X.

Задание параметра D позволяет отвести инструмент от детали по оси X перед возвратом в исходную точку по оси Z, при этом направление отхода определяется знаком параметра D.

4.2.4. Многопроходный поперечный токарный цикл

Многопроходный продольный токарный цикл программируется функцией G153 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 75.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 22. При этом правила задания параметров аналогичны правилам для цикла G152.

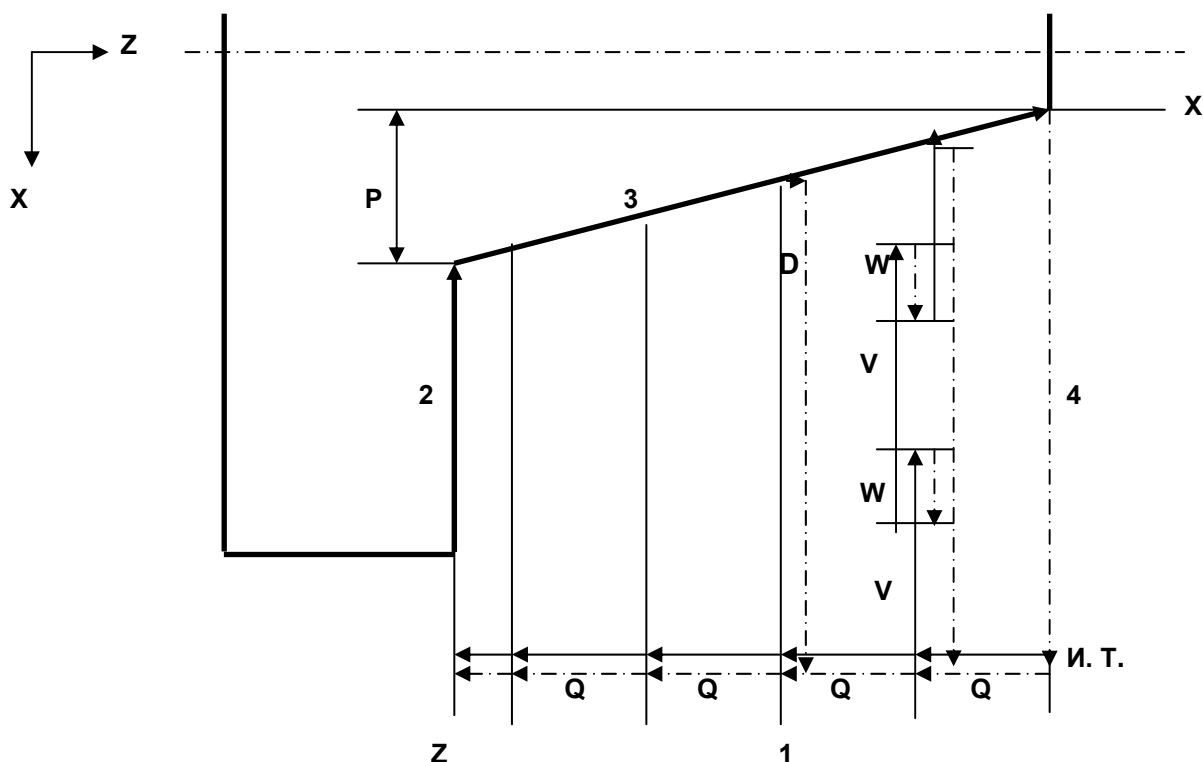


Рис. 75

Таблица 22

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	X	Позиция конечной точки по координате X	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки по координате X
	Z	Позиция конечной точки обработки по оси Z (конец участка 1)	Расстояние со знаком от И. Т. до конца участка 1 по оси Z
	Q	Припуск на проход (без знака)	
Необязательные	D	Отскок по оси Z со знаком перед возвратом по оси X в И. Т.	
	P	Длина конического участка по оси X без знака (длина участка 3)	
	V	Проход на рабочей подаче по оси X до отскока без знака	
	W	Величина отскока на быстром ходу по оси X без знака	
	F	Рабочая подача	
	Y1	Конец цикла на уровне Z	
G0	Указание на быстрый ход на участке 1		

4.2.5. Цикл глубокого сверления по оси Z

Цикл глубокого сверления по оси Z программируется функцией G154 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 76.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 23.

В общем случае цикл G154 программируется так:

G154U_Z_V_W_I_F_X_

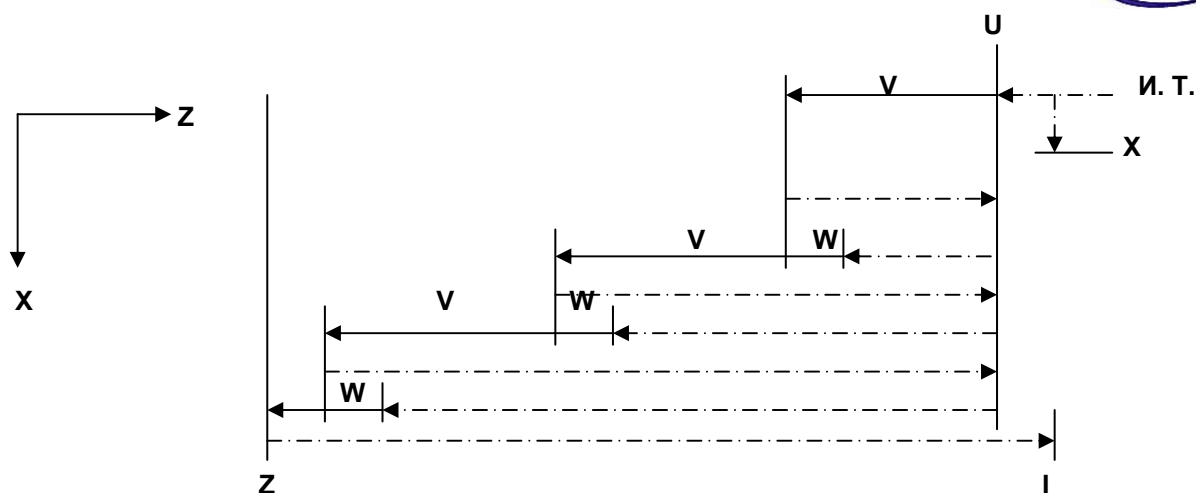


Рис. 76

Таблица 23

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	U	Позиция начальной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от И. Т. до начальной точки для движения на рабочей подаче
	Z	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от начальной точки U до конца сверления
	V	Шаг сверления	
	W	Запас до очередного начала сверления	
Необязательные	I	Позиция точки выхода по оси Z	Расстояние со знаком от конечной точки по оси Z до точки выхода
	F	Рабочая подача	
	X	Позиция конечной точки по оси X после окончания цикла	Смещение по оси X от И. Т. после окончания цикла

Параметр X должен задаваться в размерности радиуса или диаметра с учетом соответствующего станочного параметра.

Если параметр F не задан, то действует подача из предыдущих кадров.

Если задан параметр X, то после окончания цикла происходит смещение по оси X от оси отверстия.

4.2.6. Цикл снятия припуска по оси X

Цикл снятия припуска по оси X программируется функцией G155 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 77.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 24.

В общем случае цикл G155 программируется так:

G155U_X_V_W_I_F_Z_

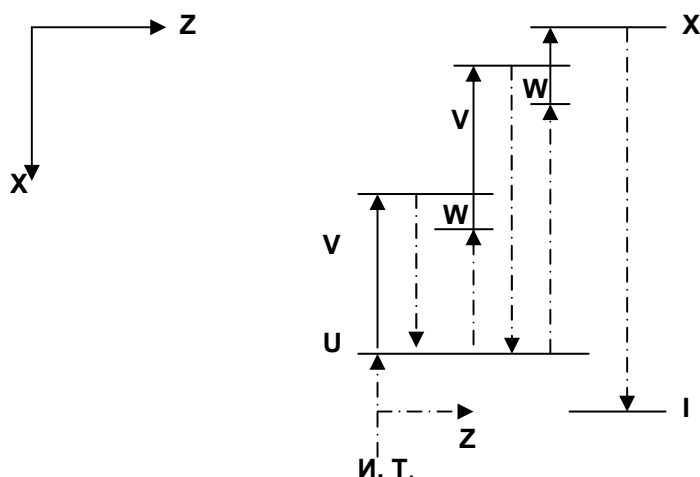


Рис. 77

Таблица 24

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	U	Позиция начальной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от И. Т. до начальной точки для движения на рабочей подаче
	X	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от начальной точки U до конца обработки
	V	Припуск по оси X	
	W	Запас до очередного начала обработки	
Необязательные	I	Позиция точки выхода по оси X	Расстояние со знаком от конечной точки по оси X до точки выхода
	F	Рабочая подача	
	Z	Позиция конечной точки по оси Z после окончания цикла	Смещение по оси Z от И. Т. после окончания цикла

4.2.7. Цикл глубокого сверления с нисходящей обработкой по оси Z

Цикл глубокого сверления с нисходящей обработкой по оси Z программируется функцией G156 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 78.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 25.

В общем случае цикл G156 программируется так:

G156U_Z_V_W_P_Q_I_F_X_

U

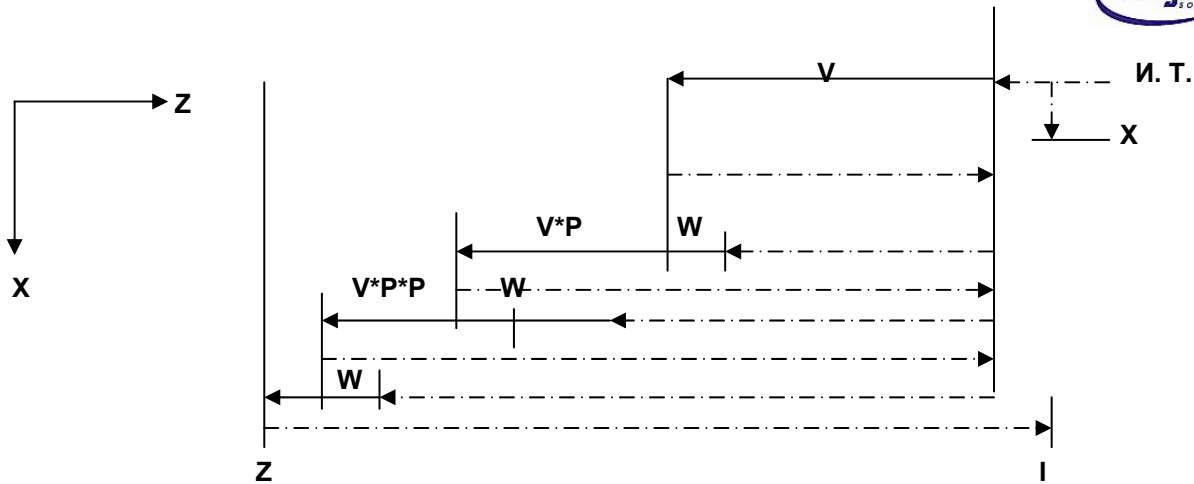


Рис. 78

Таблица 25

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	U	Позиция начальной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от И. Т. до начальной точки для движения на рабочей подаче
	Z	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от начальной точки U до конца сверления
	V	Начальный шаг сверления	
	W	Запас до очередного начала сверления	
	P	Коэффициент изменения шага сверления	
	Q	Минимальное значение шага сверления	
Необязательные	I	Позиция точки выхода по оси Z	Расстояние со знаком от конечной точки по оси Z до точки выхода
	F	Рабочая подача	
	X	Позиция конечной точки по оси X после окончания цикла	Смещение по оси X от И. Т. после окончания цикла

При значении параметра P меньше 1 (уменьшение шага сверления) вычисления шага сверления выполняются по следующему принципу:

на первом проходе шаг равен V;

на втором проходе шаг равен V*P;

на третьем проходе шаг равен V*P*P и т. д. до тех пор, пока шаг не станет меньше значения параметра Q. После этого до конца сверления шаг будет равен значению Q. При значении параметра P больше 1 (увеличение шага сверления) ограничения шага не происходит.

Параметр X должен задаваться в размерности радиуса или диаметра с учетом соответствующего станочного параметра.

Если параметр F не задан, то действует подача из предыдущих кадров.

Если задан параметр X, то после окончания цикла происходит смещение по оси X от оси отверстия.

4.2.8. Цикл снятия припуска с нисходящей обработкой по оси X

Цикл снятия припуска с нисходящей обработкой по оси X программируется функцией G157 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 79.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 26. Правила задания параметров аналогичны правилам для цикла G156.

В общем случае цикл G157 программируется так:

G157U_X_V_W_P_Q_I_F_Z_

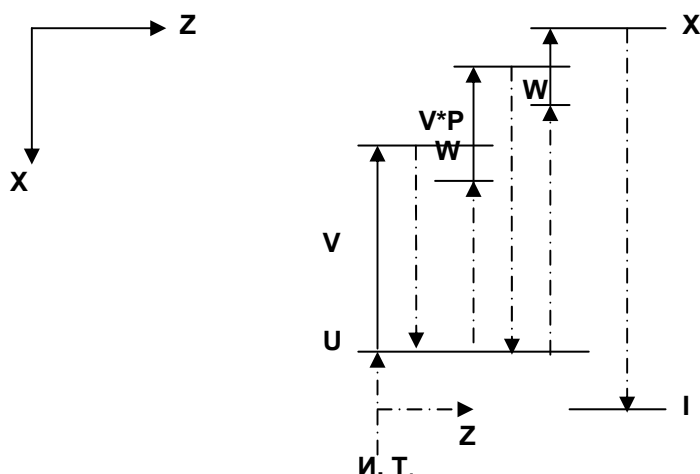


Рис. 79

Таблица 26

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	U	Позиция начальной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от И. Т. до начальной точки для движения на рабочей подаче
	X	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от начальной точки U до конца обработки
	V	Припуск по оси X	
	W	Запас до очередного начала обработки	
	P	Коэффициент изменения шага обработки	
	Q	Минимальное значение шага обработки	
Необязательные	I	Позиция точки выхода по оси X	Расстояние со знаком от конечной точки по оси X до точки выхода
	F	Рабочая подача	
	Z	Позиция конечной точки по оси Z после окончания цикла	Смещение по оси Z от И. Т. после окончания цикла

4.2.9. Многопроходный цикл нарезания цилиндрических канавок

Многопроходный цикл нарезания цилиндрических канавок программируется функцией G158 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 80. Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 27.

В общем случае цикл G158 программируется так:

G158X_Z_Q_F_G0

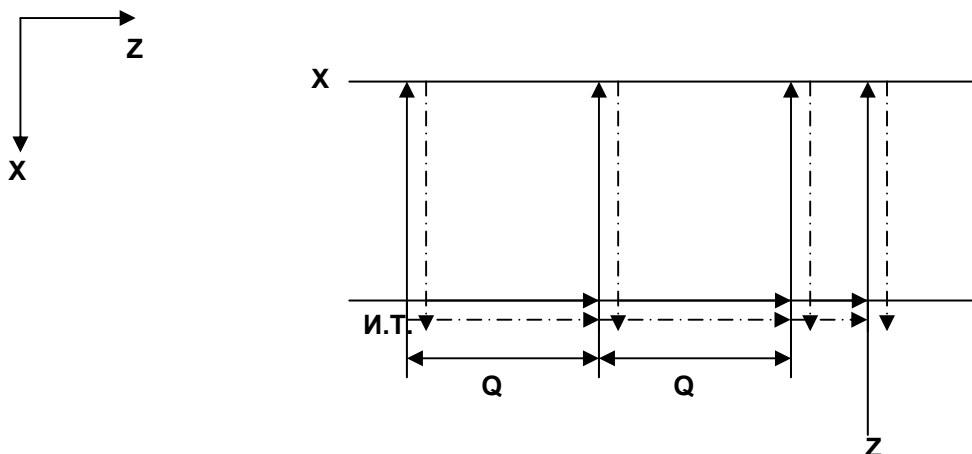


Рис. 80

Таблица 27

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	X	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки для движения на рабочей подаче
	Z	Позиция конечной точки обработки по оси Z	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки обработки по оси Z
	Q	Расстояние между канавками	
Необязательные	F	Рабочая подача	
	G0	Указание на быстрый ход между канавками	

Параметры, связанные с осью X, должны задаваться в размерности радиуса или диаметра с учетом соответствующего станочного параметра.

Если параметр F не задан, то действует подача из предыдущих кадров.

Если параметр G не задан, то перемещение между канавками выполняется на рабочей подаче, если задан, то на быстром ходу.

4.2.10. Многопроходный цикл нарезания торцевых канавок

Многопроходный цикл нарезания торцевых канавок программируется функцией G159 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 81.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 28. Правила задания параметров аналогичны правилам для цикла G158.

В общем случае цикл G159 программируется так:

G159X_Z_Q_F_G0

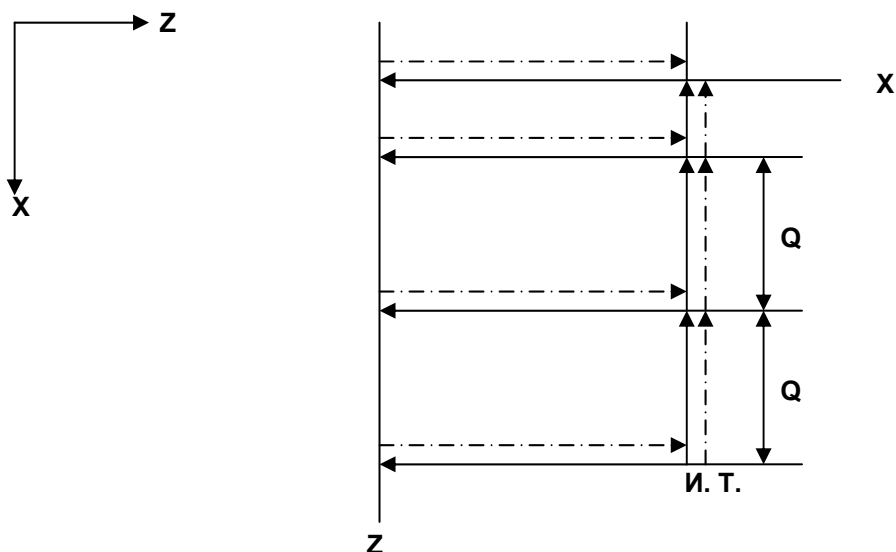


Рис. 81

Таблица 28

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	Z	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки для движения на рабочей подаче
	X	Позиция конечной точки обработки по оси X	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки обработки по оси X
	Q	Расстояние между канавками	
Необязательные	F	Рабочая подача	
	G0	Указание на быстрый ход между канавками	

4.2.11. Цикл сверления с дроблением стружки по оси Z

Цикл сверления с дроблением стружки по оси Z программируется функцией G160 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 82.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 29.

В общем случае цикл G160 программируется так:

G160U_Z_V_W_I_F_X_

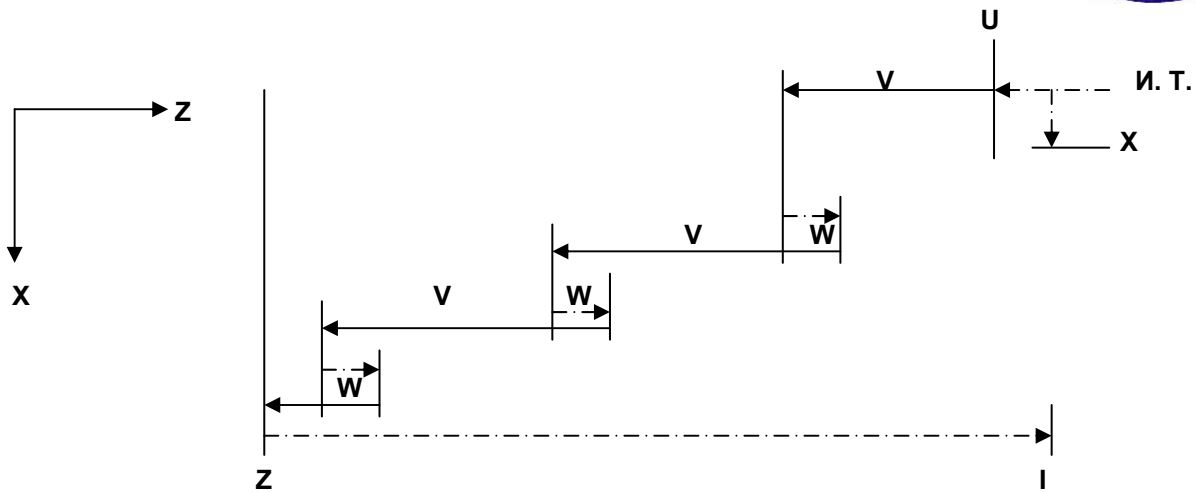


Рис. 82

Таблица 29

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	U	Позиция начальной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от И. Т. до начальной точки для движения на рабочей подаче
	Z	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от начальной точки U до конца сверления
	V	Шаг сверления	
	W	Величина отскока	
Необязательные	I	Позиция точки выхода по оси Z	Расстояние со знаком от конечной точки по оси Z до точки выхода
	F	Рабочая подача	
	X	Позиция конечной точки по оси X после окончания цикла	Смещение по оси X от И. Т. после окончания цикла

4.2.12. Цикл снятия припуска с дроблением стружки по оси X

Цикл снятия припуска с дроблением стружки по оси X программируется функцией G161 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 83.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 30.

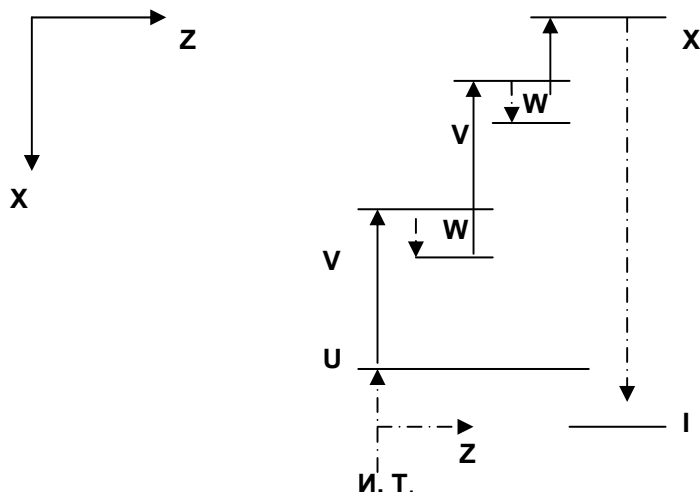


Рис. 83

Таблица 30

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	U	Позиция начальной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от И. Т. до начальной точки для движения на рабочей подаче
	X	Позиция конечной точки для движения на рабочей подаче	Расстояние со знаком от начальной точки U до конца обработки
	V	Припуск по оси X	
	W	Величина отскока	
Необязательные	I	Позиция точки выхода по оси X	Расстояние со знаком от конечной точки по оси X до точки выхода
	F	Рабочая подача	
	Z	Позиция конечной точки по оси Z после окончания цикла	Смещение по оси Z от И. Т. после окончания цикла

4.2.13. Многопроходный цикл нарезания резьбы

Многопроходный цикл нарезания резьбы программируется функцией G162 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 84.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 31.

В общем случае цикл G162 программируется так:

G162X_Z_H_P_Q_V_W_A_F_B_I_J_

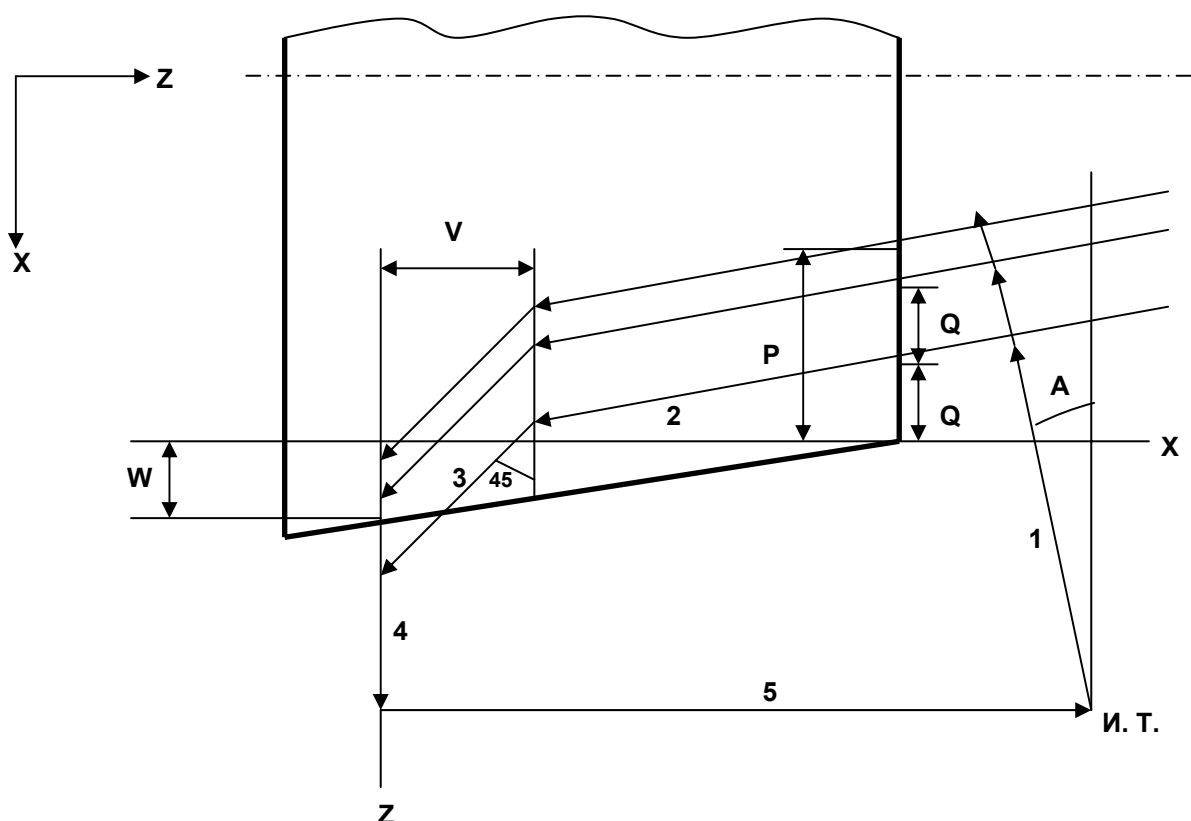


Рис. 84

Таблица 31

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	X	Позиция начальной (многопроходная резьба) или конечной (однопроходная резьба) точки резьбы по оси X	Расстояние со знаком от И. Т. до начальной (многопроходная резьба) или конечной (однопроходная резьба) точки резьбы по оси X
	Z	Позиция конечной точки резьбы по оси Z с учетом катета сбега	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки резьбы по оси Z с учетом катета сбега
	H	Подача в мм/мин на участках 1, 3-5	
Необязательные	P	Глубина резьбы (для многопроходной резьбы)	
	Q	Припуск на проход резьбы	
	V	Катет сбега по оси Z под углом 45 град.	
	W	Конусность резьбы	
	A	Угол врезания (град)	
	F	Шаг резьбы (мм/об) для участка 2	
	B	Угол смещения начала резьбы в град.(для многозаходной резьбы)	
	I	Изменение шага для резьбы с переменным шагом	
J	Угол в град. для изменения шага резьбы		

Параметры **X** и **W** должны задаваться в размерности радиуса или диаметра с учетом соответствующего станочного параметра для оси X. Знаки параметров **Z** и **W** определяют соответственно направление нарезания резьбы и направление конусности (от оси вращения или к оси вращения). Направление отхода от резьбы на участках 3 и 4 всегда противоположно направлению подхода на участке 1.

Параметры **P** и **Q** должны задаваться парно в размерности радиуса. Если эти параметры не заданы, то это соответствует нарезанию однопроходной резьбы.

Если параметр **W** не задан, то это соответствует нарезанию цилиндрической резьбы.

Если параметр **F** не задан, то на участке 2 действует обратная подача из предыдущих кадров. Если эта подача была в размерности мм/мин, то взятое из предыдущих кадров значение воспринимается в размерности мм/об.

Знак угла врезания **A** определяется по правилу: угол против ч. с. – знак плюс, по ч. с. – знак минус.

Шаг для конусной резьбы относится к оси с большим перемещением. Например, для получения шага резьбы 2мм на конусе длиной 50 мм и разностью диаметров 20 мм параметр **F** будет равен

$$F = 2 * \frac{50}{\sqrt{50^2 + 10^2}} = 1.96 \text{ мм}$$

На участках 2 и 3 не действует останов программы по кнопке стоп, заблокирован останов в конце кадра в покадровом режиме отработки программы.

При нарезании многопроходной резьбы остаток резьбы **D**, меньший значения **Q**, разбивается на несколько проходов следующим образом:

- припуск D/2;
- припуск D/4;
- припуск D/8;
- остаток резьбы D - (D/2+D/4+D/8).

Нарезание многозаходной резьбы может быть выполнено путем смещения начала резьбы по оси **Z** в пределах шага. Такой же результат может быть достигнут с помощью параметра **B** без смещения начала резьбы. Параметр **B** задается в пределах до 360 градусов и определяет угол, отсчитываемый от 0-метки датчика резьбонарезания до начала резьбонарезания. Если параметр не задан, резьба начинается от 0-метки.

С помощью параметра **I** задается изменение шага резьбы для нарезания резьбы с переменным шагом. При этом положительное значение параметра определяет резьбу с нарастающим шагом, отрицательное – резьбу с убывающим шагом. При убывающем шаге изменение шага прекращается, когда шаг становится меньше, либо равным изменению шага. Если параметр не задан, резьба имеет постоянный шаг.

Параметр **J** определяет величину угла, через который происходит изменение шага на величину **I**. Если параметр **J** не задан, изменение шага происходит через целый оборот, т. е. через 360 градусов.

4.2.14. Цикл нарезания резьбы плашкой или метчиком

Цикл нарезания резьбы плашкой или метчиком программируется функцией G163 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 85.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 32.

В общем случае цикл G163 программируется так:

G163Z_F_X_M5I1

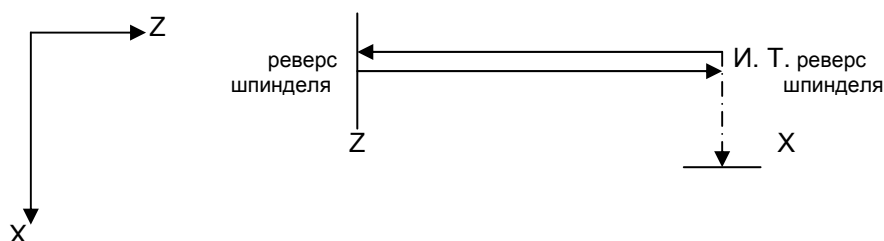


Рис. 85

Параметр		Смысл	
		G90	G91
Обязательные	Z	Позиция конечной точки резьбы	Расстояние со знаком от И. Т. до конечной точки резьбы
Необязательные	F	Шаг резьбы (мм/об)	
	X	Позиция конечной точки по оси X после окончания цикла	Смещение по оси X от И. Т. после окончания цикла
	M5	Указание на реверс шпинделя с промежуточным торможением через M5	
	I1	Указание на необходимость синхронизации с 0-меткой перед движением по оси Z	

В процессе нарезания резьбы не действует кнопка “Стоп программы”, и в позиции конечной точки резьбы не происходит останов в по кадровом режиме обработки программы.

4.2.15. Цикл продольной обработки до профиля

Цикл продольной обработки до профиля программируется функцией G164 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 86.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 33.

В общем случае цикл G164 программируется так:

G164Q_V_W_F_G0D_A_B_

Кадр подхода к профилю

```

.....
..... } Задание профиля
.....
endcont
..... Продолжение программы
    
```

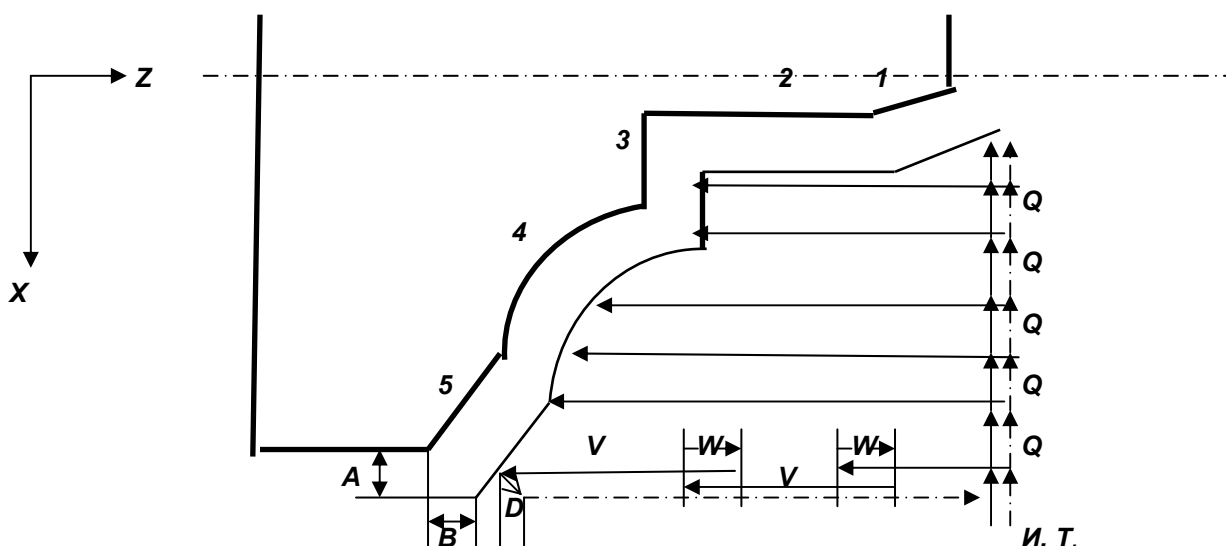


Рис. 86

Параметр		Смысл
Обязательные	Q	Шаг обработки по оси X за один проход (модуль)
Необязательные	D	Ширина фаски отхода перед возвратом по оси Z в И. Т.(модуль)
	V	Шаг обработки по оси Z (модуль)
	W	Величина отскока (модуль)
	F	Рабочая подача
	A	Припуск до профиля по оси X
	B	Припуск до профиля по оси Z
	G0	Указание на быстрый ход между проходами

Первым кадром после задания функции G164 должен быть кадр подхода к профилю. Направление перемещения по оси X в этом кадре определяет знаки параметра Q и составляющей параметра D по оси X. Профиль, до которого нужна обработка, задается после кадра подхода до строки endcont, набранной маленькими буквами. При этом профиль задается в направлении выполнения зачистного прохода. Зачистной проход выполняется после выборки до кадра N1 включительно.

Параметр Q задается в единицах радиуса или диаметра в зависимости от соответствующего станочного параметра по оси X.

Параметры V и W должны задаваться парно. Если эти параметры не заданы, то обработка по оси Z происходит без отскоков за один проход.

Если параметр F не задан, то действует подача из предыдущих кадров.

Если параметр G не задан, то перемещение Q между проходами выполняется на рабочей подаче, если задан, то на быстром ходу.

Задание параметра D позволяет отвести инструмент от детали на рабочей подаче под углом 45 градусов по отношению к осям X и Z перед возвратом в исходную точку по оси Z, при этом направление отхода определяется направлениями подхода по оси X и направлением обработки по оси Z. Величина отхода определяется шириной воображаемой фаски.

Параметры A и B определяют величины припуска со знаком соответственно по осям X и Z по отношению к конечному контуру при выполнении проходов. При этом параметр A задается в единицах радиуса или диаметра в зависимости от соответствующего станочного параметра по оси X.

Должны быть выполнены следующие требования к заданию профиля:

- профиль, задаваемый между кадром подхода к профилю и строкой endcont, должен быть монотонным по отношению к оси X, т. е. на контуре не должно быть “карманов”;
- контур должен быть задан без использования коррекции на радиус скругления инструмента;
- кадры контура могут содержать только символы **N, X, Z, G1, G2, G3, G90, G91, I, J, R, F**, обязательно с числами или выражениями языка макропрограммирования.
- допускается в описание профиля включать вычислительные операции и комментарии.

Пример.

Нужно обработать деталь до профиля, заданного на рис. 86.1, с обработкой за проход на 1.5 мм, отводом инструмента по фаске шириной 0.5 мм перед возвратом в исходную точку по оси Z, припусками до профиля 1.2 мм по оси X и 0.7 мм по оси Z.

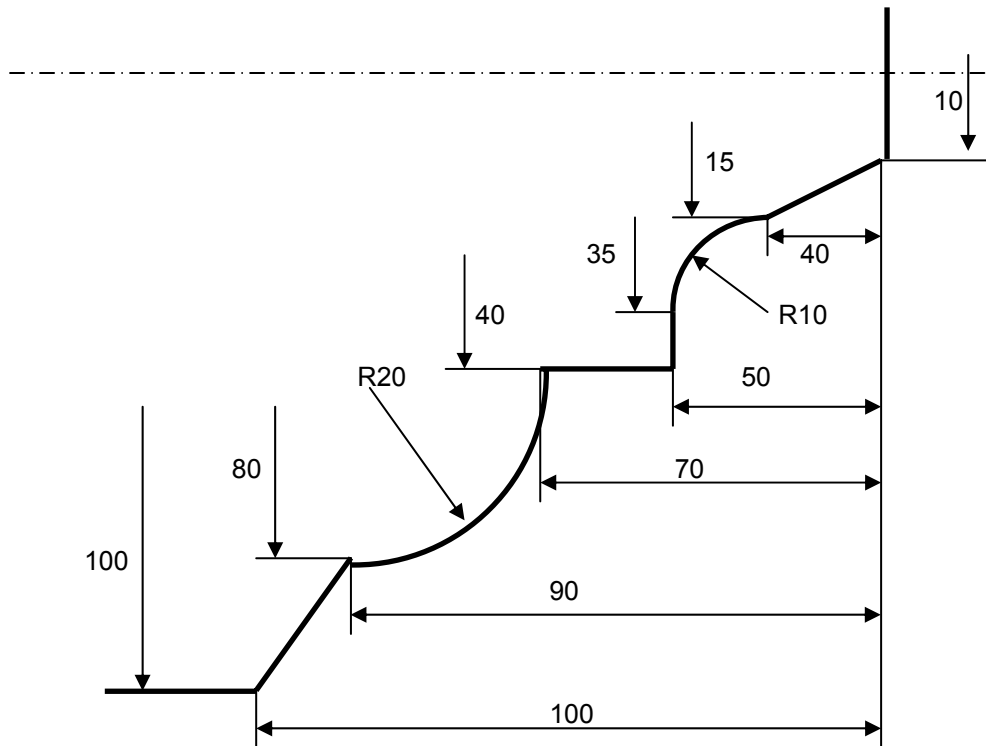


Рис. 86.1

```

N10G0X100
N20Z5
N30G164Q1.5F0.5G0D0.5A1.2B0.7
N40X10
N50G1Z0
N60X15Z-40
N70G3X35Z-40R10
N80G1X40
N90Z-70
N100G2X80Z-90R20
N110G1X100Z-100
endcont
    
```

4.2.16. Цикл поперечной обработки до профиля

Цикл поперечной обработки до профиля программируется функцией G165 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 87.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 34.

В общем случае цикл G165 программируется так:

G165Q_V_W_F_G0D_A_B_

Кадр подхода к профилю

```

.....
..... } Задание профиля
.....
endcont
    
```

.....

Продолжение программы

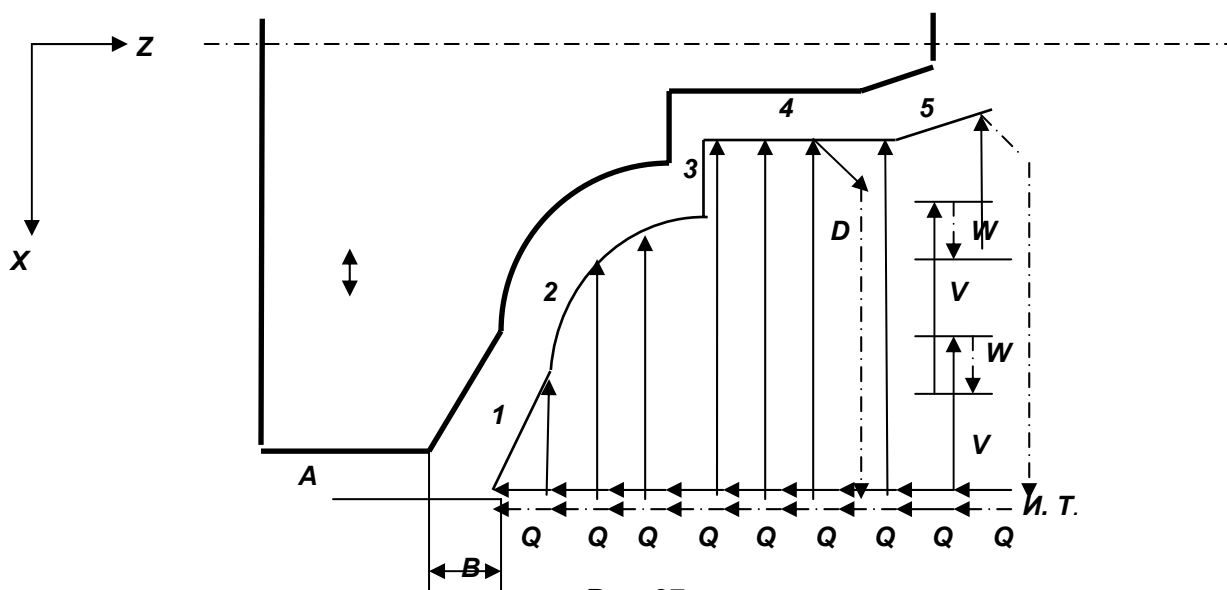


Рис. 87

Таблица 34

Параметр		Смысл
Обязательные	Q	Шаг обработки по оси Z за один проход (модуль)
Необязательные	D	Ширина фаски отхода перед возвратом по оси X в И. Т.(модуль)
	V	Шаг обработки по оси X (модуль)
	W	Величина отскока (модуль)
	F	Рабочая подача
	A	Припуск до профиля по оси X
	B	Припуск до профиля по оси Z
	G0	Указание на быстрый ход между проходами

Первым кадром после задания функции G165 должен быть кадр подхода к профилю. Направление перемещения по оси Z в этом кадре определяет знаки параметра Q и составляющей параметра D по оси Z. Профиль, до которого нужна обработка, задается после кадра подхода до строки endcont, набранной маленькими буквами. При этом профиль задается в направлении выполнения зачистного прохода. Зачистной проход выполняется после выборки до кадра N1 включительно.

Параметры V и W задаются в единицах радиуса или диаметра в зависимости от соответствующего станочного параметра по оси X. При этом они должны задаваться парно. Если эти параметры не заданы, то обработка по оси X происходит без отскоков за один проход.

Если параметр F не задан, то действует подача из предыдущих кадров.

Если параметр G не задан, то перемещение Q между проходами выполняется на рабочей подаче, если задан, то на быстром ходу.

Задание параметра D позволяет отвести инструмент от детали на рабочей подаче под углом 45 градусов по отношению к осям X и Z перед возвратом в исходную точку по оси X, при этом направление отхода определяется направлениями подхода по оси Z и направлением обработки по оси X. Величина отхода определяется шириной воображаемой фаски.

Параметры A и B определяют величины припуска со знаком соответственно по осям X и Z по отношению к конечному контуру при выполнении проходов. При этом параметр A задается в единицах радиуса или диаметра в зависимости от соответствующего станочного параметра по оси X.

Должны быть выполнены следующие требования к заданию профиля:

- профиль, задаваемый между кадром подхода к профилю и строкой endcont, должен быть монотонным по отношению к оси Z, т. е. на контуре не должно быть "карманов".

Остальные правила задания цикла аналогичны правилам для цикла G164.

4.2.17. Цикл обработки фаски

Цикл обработки фаски программируется функцией G166 и имеет диаграммы перемещений, показанную на рис. 88.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 35.

В общем случае цикл G166 программируется так:

G166X_R_

или

G166Z_R_

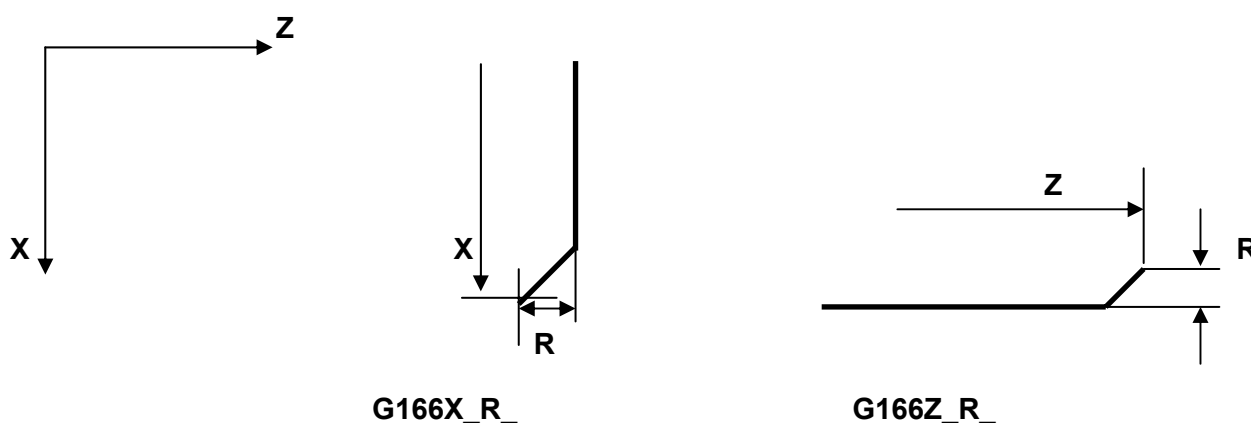


Рис. 88

Таблица 35

Параметр	Смысл	
	G90	G91
X	Координата конечной точки по оси X	Приращение до конечной точки по оси X
Z	Координата конечной точки по оси Z	Приращение до конечной точки по оси Z
R	Сторона фаски со знаком. Знак определяет направление перемещения по незаданной оси	

В кадре с циклом G166 должны быть заданы перемещение **только по одной** из осей и сторона фаски. Величина фаски должна быть всегда радиусной величиной, а знак определяет направление перемещения по незаданной оси при обработке фаски.

Перемещение в цикле происходит по функциям G0 или G1, заданным до цикла, и на подаче, заданной до цикла.

Пример (см. рис. 89)

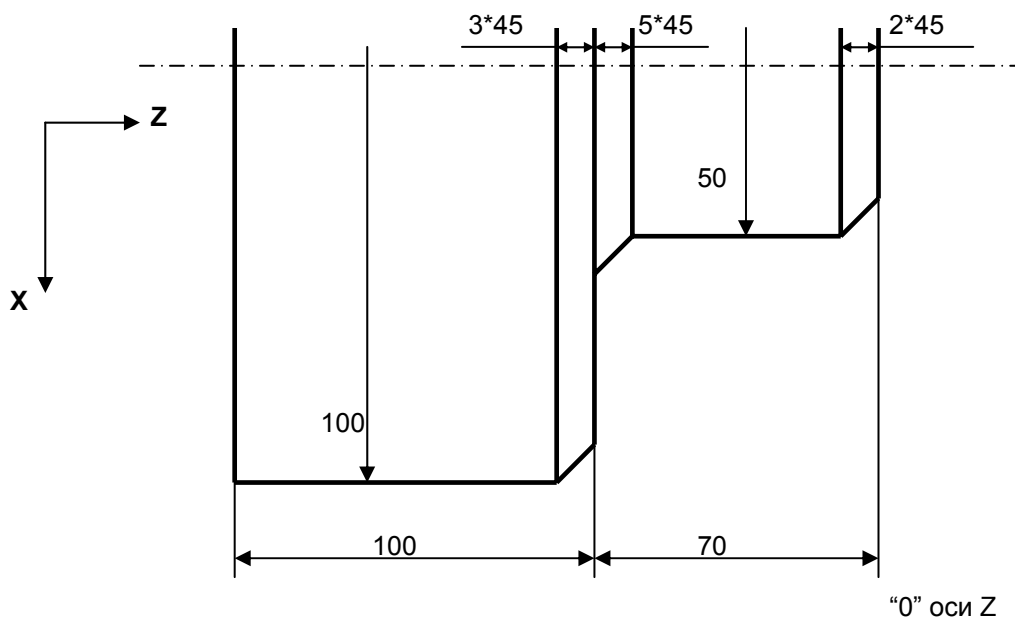


Рис. 89

N1G0Z-170
 N2G1X100F1.2
 N3G166Z-70R-3
 N4G166X50R5
 N5G166Z0R-2

4.2.17. Цикл обработки скругления

Цикл обработки скругления программируется функцией G167 и имеет диаграммы перемещений, показанную на рис. 90. Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 36.

В общем случае цикл G167 программируется так:

G167X_R_
 или
 G167Z_R_

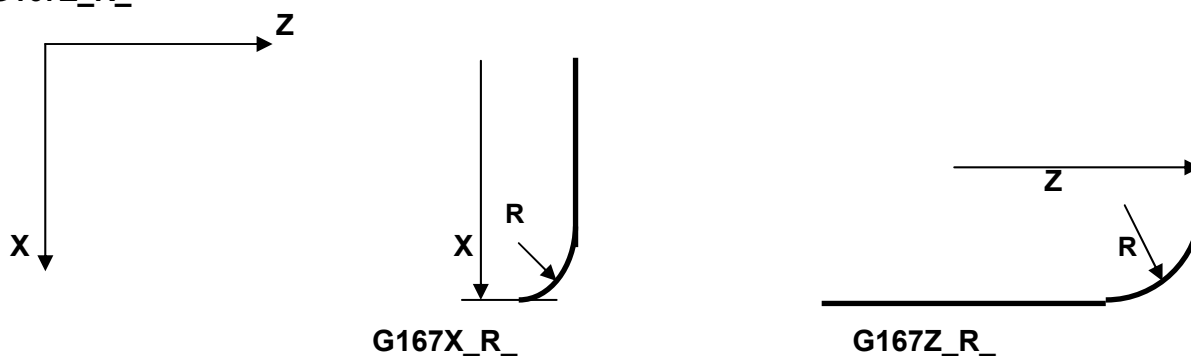


Рис. 90

Параметр	Смысл	
	G90	G91
X	Координата конечной точки по оси X	Приращение до конечной точки по оси X
Z	Координата конечной точки по оси Z	Приращение до конечной точки по оси Z
R	Радиус скругления со знаком. Знак определяет направление перемещения по незаданной оси	

В кадре с циклом G167 должны быть заданы перемещение **только по одной** из осей и радиус скругления. Величина скругления должна быть всегда радиусной величиной, а знак определяет направление перемещения по незаданной оси при обработке фаски. Перемещение в цикле на прямолинейном участке происходит по функциям G0 или G1, заданным до цикла, и на подаче, заданной до цикла.

Пример (см. рис. 91)

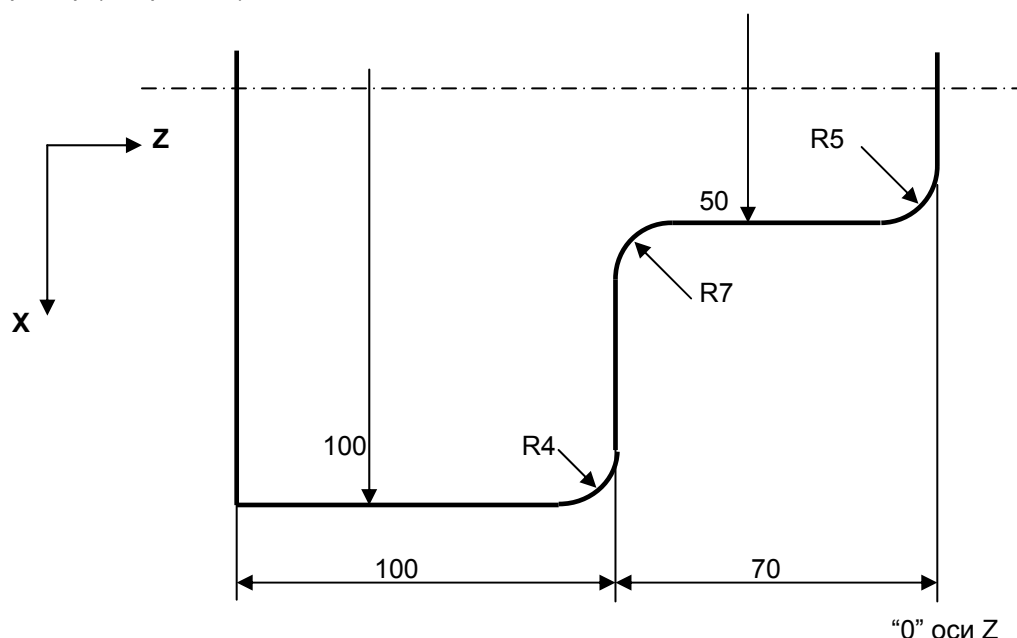


Рис. 91

N1G0Z-170
 N2G1X100F1.2
 N3G167Z-70R-4
 N4G167X50R7
 N5G167Z0R-5

4.2.18. Цикл обработки по профилю (цикл обработки поковок)

Цикл обработки по профилю программируется функцией G168 и имеет диаграмму перемещений, показанную на рис. 91.1.

Параметры цикла задаются адресами, показанными в табл. 37.

В общем случае цикл G168 программируется так:

G168I_K_Q_A_V_F_
 Кадр подхода к профилю

..... }
 } Задание профиля
 }
endcont
 Продолжение программы

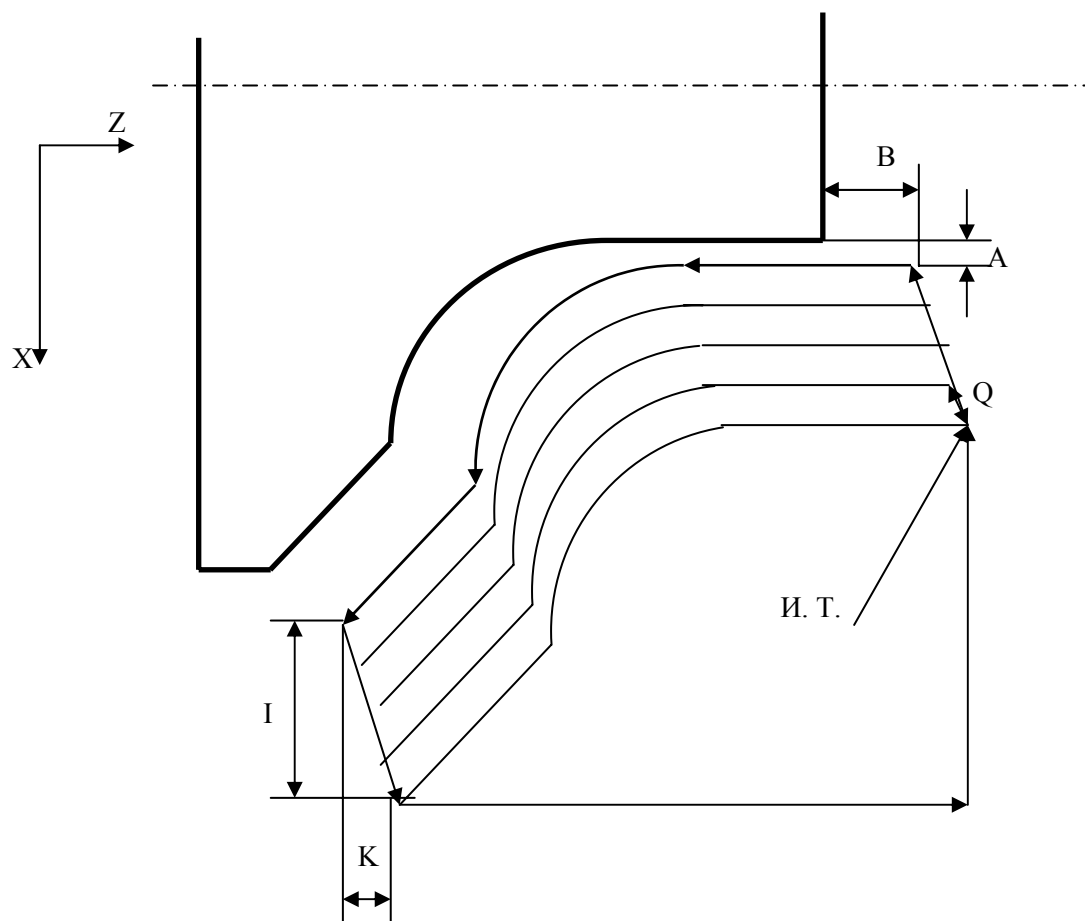


Рис. 91.1

Таблица 37

Параметр		Смысл
Обязательные	I	Глубина обработки по оси X
	K	Глубина обработки по оси Z
	Q	Глубина обработки за один проход (модуль)
Необязательные	A	Припуск по оси X
	B	Припуск по оси Z
	F	Рабочая подача

Первым кадром после задания функции G168 должен быть кадр подхода в точку начала профиля. Профиль задается после кадра подхода до строки endcont, набранной маленькими буквами, в соответствии с направлением оптимальной обработки.

Глубина обработки по оси X (параметр I) задается в единицах радиуса или диаметра в зависимости от соответствующего станочного параметра по оси X. При этом оба параметра I и K задаются со знаком.

Глубина обработки за один проход Q – всегда радиусная величина без знака. Остальные правила задания цикла аналогичны правилам для цикла G164.

4.3. Отмена циклов G81-G88, G150-G168

После задания цикла, номера которых заданы в технологическом параметре N3023, повторяются по умолчанию в каждом последующем кадре, содержащем не языковую информацию. Отмена повторения таких циклов происходит при задании функции G80.

Отмена параметров циклов происходит в двух случаях:

- при задании другого цикла;
- при задании функции G80.

Использование функции G80 бывает необходимо, когда требуется отменить действие необязательных параметров у одного и того же цикла (I, E, F, W(для G87)). После G80 обязательные параметры нужно повторять.

Пример.

Нужно просверлить 3 отверстия с выходом на уровень I, остальные отверстия с выходом на уровень U.

G90X100G81U5Z-10I10F50

X150

X200

G80

X250G81U5Z-10F50

X300

X350

X400

G80

5. Функция шпинделя (S), функция инструмента (T), вспомогательные функции (M)

При отработке числовых значений, запрограммированных под адресами M,S,T запускаются соответствующие процессы в фоновом контроллере, управляющем электроавтоматикой станка.

Возможно программирование и выполнение M,S,T - функций в одном кадре с перемещениями. В этом случае технологические функции M, S, T могут выполняться до перемещений, совместно с перемещениями и после перемещений. Это зависит от установленных параметров станка и определяется разработчиком электроавтоматики.

Подробно эти вопросы изложены в *"Инструкции по сопряжению"*, а также в *Руководстве по эксплуатации* на конкретный станок.

5.1. Функция шпинделя

В зависимости от действующих функций G96 или G97 значение под адресом S имеет различный смысл.

При действии функции G97 задаваемое адресом S значение без изменений передается в электроавтоматику станка и обычно имеет размерность **оборотов в минуту**.

Пример:

Требуется запрограммировать 1000 об/мин. Это обеспечивается командой S1000.

Максимальное задание оборотов шпинделя для УЧПУ составляет 9999 об/мин. Но конкретная максимальная скорость определяется паспортными данными станка и может отличаться от этого максимального значения.

При действии функции G96 задаваемое адресом S значение является скоростью резания и имеет размерность **метров в минуту**. При этом частота вращения шпинделя регулируется таким образом, чтобы поддержать постоянство скорости резания, заданной с помощью адреса S, при изменении положения координаты, указанной в общем базовом станочном параметре N1030. Для управления используется следующее расчетное соотношение (рис. 92):

$$S(\text{м/мин})=W(\text{об/мин})\cdot R(\text{м})\cdot 2\cdot \pi$$

т. е. для поддержания постоянной скорости резания необходимо, чтобы при удалении координаты от оси вращения (R) частота вращения шпинделя W уменьшалась.

Таким образом, например, при отработке программы (см. ниже) с диаметральным заданием и с введенным смещением на длину резца

N1M3S100
N2X50
N3G96S150
N4X25
N5G97

в кадре N3 частота вращения шпинделя будет равна $\frac{150}{0.05 \cdot \pi} \approx 955 \text{ об/мин}$

При необходимости можно ограничить максимальную частоту вращения шпинделя при изменении расстояния до оси вращения, если в программе задать параметр LIMS. Например, если в кадре N3 (см. выше) задать

N3 G96 S150 LIMS1100

то при достижении диаметра $\frac{150}{1100 \cdot \pi} = 0.043 \text{ м} = 43 \text{ мм}$

рост частоты вращения шпинделя прекратится.

Если при задании функции G96 не задается скорость резания S, в дальнейшем она стабилизируется на том уровне, на котором она получается при текущем радиусе и при текущей частоте вращения шпинделя.

Например, в программе

N1M3S100
N2X50
N3G96
N4X25
N5G97

скорость резания, начиная с кадра N3, стабилизируется на уровне $100 \cdot 0.05 \cdot \pi = 15.7 \text{ м/мин}$

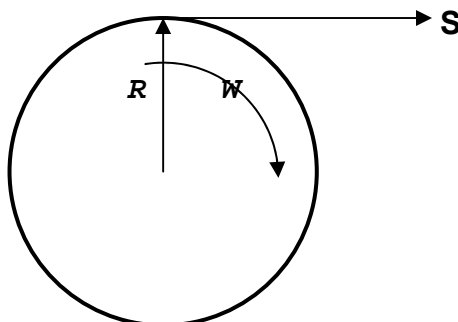


Рис. 92

5.1.1. Коррекция скорости шпинделя

При работе УЧПУ в пошаговом, автоматическом режимах, а также в режиме ручного управления возможна коррекция скорости шпинделя в пределах 2.9E-37..1.7E36 %. Реальный диапазон коррекции частоты вращения определяется техническими характеристиками станка. За величину, соответствующую 100% принимается запрограммированная под адресом S скорость шпинделя.

С помощью функций G23 и G24 возможно соответственно разрешение или запрет оперативной коррекции частоты вращения шпинделя из управляющей программы. С помощью технологического параметра N3005 устанавливается G-функция из этой группы, действующая по умолчанию по включению станка и по пуску управляющей программы с начала.

При действии функции G96 (поддержание постоянства скорости резания) коррекция частоты вращения шпинделя блокируется.

5.2. Функция инструмента

Для выбора нужного инструмента используется адрес T и последующее четырехзначное числовое значение, являющееся номером инструмента.

Программирование инструмента N39 выглядит так:

T39

Номер инструмента для УЧПУ находится в пределах 0 - 9999, но конкретное максимальное значение номера инструмента определяется емкостью магазина инструментов станка.

5.3. Вспомогательная функция (M)

При отработке запрограммированных адресов M с последующим двузначным числом происходит запуск электроавтоматики станка.

Действие конкретной функции M определяется характеристиками станка и реализуется в соответствии с его алгоритмом работы.

Ниже рассматриваются функции M, имеющие специальное назначение и поэтому действующие в любых станках.

M00: Останов программы.

При отработке кадра с M00 происходит безусловный останов автоматической работы, причем вся информация при этом сохраняется. При пуске отработки программа будет продолжена с того места, где она была прервана функцией M00.

M01: Технологический останов.

Действие M01 полностью повторяет действие M00, но отработка запрограммированной функции M01 возможна только в подрежиме работы УЧПУ с технологическим остановом или по сигналу от станка.

M02: Конец программы.

Данная функция означает конец программы и приводит к останову автоматической работы УЧПУ. Состояние системы при этом остается таким, каким оно было в последнем кадре отработанной программы.

Для повторного пуска программы необходимо выполнить поиск начала программы (См. "Руководство оператора").

M03: Пуск шпинделя по часовой стрелке, если смотреть на инструмент со стороны шпинделя.

M04: Пуск шпинделя против часовой стрелки, если смотреть на инструмент со стороны шпинделя.

M05: Останов шпинделя.

При отработке кадра с M05 происходит выключение и останов привода шпинделя.

M25: Конец фрагмента программы для повторения с помощью функции G25.

M30: Конец программы.

Действие функции M30 аналогично действию функции M02, за исключением того, что для повторного пуска программы не надо выполнять поиск начала программы.

M98: Конец программы.

Действие функции M98 аналогично действию функции M02, за исключением того, что при выполнении функции не происходит выдача сообщения оператору "M02". Это бывает необходимо, например, в подпрограммах, где при обнаружении ошибки задания параметров нужно остановить программу без возможности ее продолжения с выдачей соответствующего сообщения оператору.

M99: Конец подпрограммы.

Данная функция означает конец подпрограммы и передачу управления программе. Подробное описание действия M99 дано в главе "ПОДПРОГРАММА". При отработке M99 сигналы на станок не выдаются. При самостоятельной отработке подпрограммы как программы, M99 эквивалентна M02, но без выдачи соответствующих сигналов на станок.

Примечания:

1. Не допускается программирование более 20 M-функций в одном кадре.
2. Не допускается совместное программирование функций из группы M00, M01, M02, M30, M99, M98 в одном кадре.
3. За исключением M25, M99 все функции M обрабатываются вне УЧПУ (на стороне станка), поэтому следует в каждом конкретном случае изучить ее действие по описанию станка.

6. Подпрограмма

Если имеется постоянная последовательность операций или повторяющаяся много раз типовая часть в программе, то можно оформить эту часть как подпрограмму и, тем самым, существенно упростить и сократить основную программу.

Вызванная подпрограмма, в свою очередь, может вызвать другую подпрограмму.

Если считать вызов подпрограммы от главной программы однократным, то можно использовать максимально 65535 вызовов, иными словами, уровень вложенности подпрограмм составляет 65535.

6.1. Составление подпрограмм

Оформление подпрограммы ничем не отличается от оформления программы. Текст подпрограммы должен быть составлен в соответствии с правилами программирования управляющих программ.

Для возврата из подпрограммы ее последний кадр должен содержать M99. Можно запрограммировать M99 и отдельным кадром, с целью выхода из подпрограммы по условию (при использовании макроопераций в подпрограмме).

6.2. Выполнение подпрограмм

Подпрограммы вызывается от главной программы или уже вызванной подпрограммы следующим образом:

PN , где N - номер подпрограммы

Можно запрограммировать P_ вместе с перемещением в одном кадре.

Пример:

X1000P19

В данном случае после завершения перемещения по оси X вызывается подпрограмма с номером 19.

Примечания:

1. Сигналы по M99 не выдаются на станок.
2. Если не найден номер подпрограммы, который задан адресом P, то вырабатывается текстовое сообщение.
3. Невозможно вызвать подпрограмму в преднаборе.
4. В кадрах, содержащих M99, P, не происходит останов в полуавтоматическом режиме работы УЧПУ. Однако, в кадрах, содержащих кроме адресов M99, P, еще и другие адреса, останов происходит.
5. Кадр с M99 не должен содержать M00, M01, M02, M30, а также адреса P.

Для удобства программирования некоторые подпрограммы могут иметь номер, начинающийся с символа G. В этом случае номер, заданный после G, должен находиться в пределах от 0 до 255. При этом возможно задание номеров, совпадающих с существующими системными G-функциями при

условии указания этих номеров в соответствующем технологическом параметре. В случае необходимости вызова соответствующей системной G-функции ее программирование осуществляется в виде сдвоенного символа GG.

Пример:

N100G1X100Y100

-вызов подпрограммы G1. Здесь X100, Y100 – параметры подпрограммы.

N100GG1X100Y100

-линейная интерполяция. Здесь X100, Y100 – координаты точки.

Примечание:

Все правила, действующие для вызова подпрограмм через символ P, справедливы и для вызова через символ G.

7. Перечень сообщений об ошибках программирования

G0 в плоскости эквидистанты – при введенной коррекции на радиус задана функция G0 в плоскости коррекции;

G0/G1 с I J K – в кадре с позиционированием или линейным перемещением заданы I J K;

G2/G3 без I J K – в кадре с круговой или линейно-круговой интерполяцией не заданы I J K;

G27 без координат – задание функции выхода в ноль без указания осей;

G27 с I J K – задание функции выхода в ноль с I J K;

G32 при введенной коррекции на радиус – задание функции G32 при введенной коррекции на радиус;

Будет зарез детали – при продолжении обработки с коррекцией на радиус будет повреждение детали;

Будет программное ограничение + по оси – задание перемещения за пределы паспортного хода оси в положительном направлении;

Будет программное ограничение - по оси – задание перемещения за пределы паспортного хода оси в отрицательном направлении;

В следующем кадре радиус инструмента больше или равен радиусу дуги – с введенной коррекцией на радиус инструмента при обработке внутренней части дуги радиус инструмента больше или равен радиусу этой дуги;

Вызов более одной подпрограммы или цикла в кадре – задание в одном кадре нескольких обращений к подпрограммам;

Задание I J K не соответствует плоскости – при задании круговой интерполяции в программировании центра дуги используются не соответствующие плоскости символы I J K;

Не было функции G46 – задание перемещений по осям из одной группы при действии функции G45;

Недопустимый номер M функции – заданная M-функция не входит ни в одну из групп, описываемых параметрами N1035, N3100-N3102 и не является подпрограммой;

Недопустимый номер функции – заданная G-функция не относится к базовым функциям и к подпрограммам;

Не задана подача – при задании контурного движения по функциям G1-G3 текущее значение подачи равно нулю;

Не заданы G33, G34, G95 – адрес Q задан без функций G33, G34 или адреса DF, QF заданы без функций G33, G95;

Не найдена подпрограмма – при обращении к подпрограмме через символ P заданная подпрограмма не найдена;

Нет данных для коррекции на радиус – при отработке коррекции на радиус в ближайших 10 кадрах нет перемещений в эквидистантной плоскости;

Нет данных для ввода коррекции на радиус - при вводе коррекции на радиус в ближайших 10 кадрах нет перемещений в эквидистантной плоскости;

Нет перемещений вне плоскости круг. инт. при G10 – при линейно-круговой интерполяции не задана линейная часть этой интерполяции;

Нет точки пересечения окружностей с учетом радиуса инструмента – с введенной коррекцией на радиус при расчете сопряжения дуг нет пересечения эквидистант;

Нет шага при G10 – не задан шаг для линейно-круговой интерполяции;

Отработка подпрограмм заблокирована – вызов подпрограммы или цикла в кадре преднабора;

- Очень острый внутренний угол** – при расчете точки перехода между линейными кадрами с введенной коррекцией на радиус эта точка находится за пределами рабочей зоны станка из-за малой величины угла;
- Ошибка программирования G20** – задание в одном кадре функции определения плоскости G20 и функций G27, G28, G30, G31, G60, G67, G68, G69, G92;
- Ошибка программирования G28** - задание в одном кадре функции перемещения в ноль станка G28 и функций G20, G27, G30, G31, G60, G67, G68, G69, G92;
- Ошибка программирования G30, G31** - задание в одном кадре функции выхода в фиксированную точку (G30, G31) и функций G20, G27, G28, G60, G67, G68, G69, G92;
- Ошибка программирования G33** – задание функции нарезания резьбы при действии функции G0;
- Ошибка программирования G36** – не задан полюс полярной системы координат;
- полюс полярной системы координат задан не в текущей плоскости;
 - нарушены правила задания перемещений в полярной системе координат;
 - смена плоскости при действии полярной системы координат;
- Ошибка программирования G37** – смена плоскости при ненулевом угле поворота системы координат;
- задан угол поворота без задания функции G37;
 - задана функция G37 без задания угла поворота;
 - задание точки поворота не в действующей плоскости;
- Ошибка программирования G47-G48** - задание в одном кадре функций неявно заданного перемещения G47-G48 и функций G20, G27, G28, G30, G31, G60, G67, G68, G69, G92;
- отсутствие перемещений в кадре с G47-G48;
- Ошибка программирования G67-G68** - задание в одном кадре функций установки и отмены зеркальной обработки G67-G68 и функций G20, G27, G28, G30, G31, G60, G69, G92
- При задании G2/G3 через R радиус = 0;**
- При задании G2/G3 через R радиус меньше допустимого** – расстояние между начальной и конечной точками дуги больше $2 \cdot R$;
- При задании G33, G34 или G95 нет датчика синхронизации** – станок не имеет датчика для получения подачи в мм/об;
- Программа без M2, M30** – при достижении конца файла не встретилась M-функция конца программы M2 или M30;
- Программирование полной окружности через R** – окружность задана с использованием ее радиуса;
- Радиус дуги окружности при вводе коррекции на радиус = 0;**
- Радиус дуги окружности = 0;**
- Радиус инструмента больше или равен радиусу дуги** – при отработке программы с введенной коррекцией на радиус инструмент не вписывается в заданную дугу;
- Радиусы в начале и в конце дуги не равны** – задание координат центра дуги через символы I J K без учета технологических параметров N3020 и N3021;
- Смена плоскости без вывода коррекции на радиус;**
- Совместное задание M0, M1, M2, M30, M98;**
- Требуется параметр** – функция G25 задана без параметра повтора L;

Ошибки программирования циклов

- В задании профиля недопустимая G-функция** – в циклах G164, G165, G168 используются G-функции, отличные от G0, G1, G2, G3, G90, G91;
- В задании профиля недопустимый символ** - в циклах G164, G165, G168 используются символы, отличные от N, X, Z, G, I, J, R, F;
- В задании профиля нет данных** – в циклах G164, G165, G168 после символов X, Z, G, I, J, R, F не заданы числа;
- В контуре G0** – в циклах G164, G165, G168 в кадрах контура (кроме кадра подхода к контуру) задано движение с функцией G0;
- Глубина обработки близка к нулю** – в цикле G168 значения параметров I и K близки к нулю;
- Задание цикла при G20** – циклы G81-G88 заданы при действии плоскости G20;
- Задано перемещение по двум осям** – в циклах G166 и G167 задано перемещение сразу по осям X и Z;
- Неверный подход к профилю** – в первом после цикла G164 кадре нет перемещения по оси X, или в первом после цикла G165 кадре нет перемещения по оси Z;
- Не задан профиль** – в циклах G164, G165, G168 от кадра с вызовом циклов до строки endcont нет ни одного кадра с перемещениями;
- Не заданы обязательные параметры U или Z** – в циклах G81, G82, G84, G85, G88 не задан хотя бы один из параметров U или Z;
- Не заданы обязательные параметры U Z V W** - в циклах G83, G86, G154, G160 не задан хотя бы один из параметров U, Z, V или W;

- Не заданы обязательные параметры U Z V** - в цикле G87 не задан хотя бы один из параметров U, Z или V;
- Не заданы обязательные параметры U X V W** - в циклах G155, G161 не задан хотя бы один из параметров U, X, V или W;
- Не заданы обязательные параметры U Z V W P Q** - в цикле G156 не задан хотя бы один из параметров U, Z, V, W, P или Q;
- Не заданы обязательные параметры U X V W P Q** - в цикле G157 не задан хотя бы один из параметров U, X, V, W, P или Q;
- Не заданы обязательные параметры цикла X Z Q** - в циклах G158, G159 не задан хотя бы один из параметров X, Z или Q;
- Не заданы обязательные параметры X Z H** - в цикле G162 не задан хотя бы один из параметров X, Z или H;
- Не заданы обязательные параметры цикла** - в циклах G150-G153 не задан хотя бы один из обязательных параметров в соответствии с данной инструкцией;
- Не задан параметр P** – в циклах G150, G151, G162 при заданном параметре Q не задан параметр P;
- Не задан параметр Q** – в циклах G150, G151, G162 при заданном параметре P не задан параметр Q;
- Не задан параметр V** – в циклах G152, G153, G164, G165 при заданном параметре W не задан параметр V;
- Не задан параметр W** – в циклах G152, G153, G164, G165 при заданном параметре V не задан параметр W;
- Не задан обязательный параметр I** – в цикле G168 не задан обязательный параметр I;
- Не задан обязательный параметр K** – в цикле G168 не задан обязательный параметр K;
- Не задан обязательный параметр Q** – в циклах G164, G165, G168 не задан обязательный параметр Q;
- Не задано перемещение** – в циклах G166, G167 не задано перемещение ни по одной из осей X или Z;
- Не задан радиус скругления** – в цикле G167 не задан радиус скругления R;
- Не задана сторона фаски** – в цикле G166 не задана сторона фаски R;
- Некорректное задание дуги окружности** – в цикле G168 заданы функции G2, G3 без адресов I, J, R или задана функция G1 с адресами I, J, R;
- Нет перемещения по оси X** – в циклах G152, G162 не задано перемещение по оси X;
- Нет перемещения по оси Z** - в циклах G153, G162 не задано перемещение по оси Z;
- Ошибка программирования G1-G3** – в циклах G164, G165 заданы функции G2, G3 без адресов I, J, R или задана функция G1 с адресами I, J, R;
- Перемещение меньше стороны фаски** – в цикле G166 заданное перемещение по оси меньше стороны фаски R;
- Перемещение меньше радиуса скругления** – в цикле G167 заданное перемещение по оси меньше радиуса скругления R;
- При задании G2/G3 через R радиус меньше допустимого** – в циклах G164, G165 в кадрах контура с функциями G2, G3 с заданием центров дуг через радиус значение радиуса меньше допустимого;
- Профиль не монотонный** – в цикле G164 ось X или в цикле G165 ось Z меняют направление перемещения при задании контура;
- Радиусы в начале и в конце дуги не равны** – в циклах G164, G165 задание координат центра дуги через символы I J без учета технологических параметров N3020 и N3021;