

NCT[®] 3xxM

**Устройство ЧПУ фрезерным станком и центром
обработки**

Описание программирования

От версии программного обеспечения № 16.0

Производитель и разработчик: **NCT Ipari Elektronikai kft.**

H1148 Budapest Fogarasi út 7

☎ Телефон: (+36 1) 467 63 00

☎ Телефакс: (+36 1) 467 63 09

Электронная почта: nct@nct.hu

Вебстраница: www.nct.hu

ВНИМАНИЕ!

 **Замечание:** *Перед использованием нового программного обеспечения просьба внимательно прочесть изменения!*

Новости и отклонения вариант программного обеспечения № 16 по сравнению варианта № 15

10.2.3 Компенсация углового положения заготовки: на странице 98.

Основной поворот можно задавать уже одновременно вдоль всех трёх вращающихся осей, он не ограничен лишь на одну ось

25.20 Компенсация углового положение заготовки на пятиосевых станках: на странице 449.

Значения основного поворота принимается во внимание и на вращающихся осях непрерывного действия

15.1 Накопитель коррекций. Ссылка на коррекции инструмента (H и D): на странице 154.

Во фрезерном канале изменился построение накопителя инструментов и обращение ими, если пользуемся и токарными коррекциями. Смотри ещё седующие глава:

15.4 Вызов токарных коррекций (G43.7): на странице 166.

23.1.16 Значение актуальной коррекции по длине: на странице 304.

23.1.18 Значения накопителя инструментов: на странице 305.

20.8 Обращение осями, не перпендикулярными друг к другу: на странице 269.

25.13 Обращение прочими трансформациями после G68.2: на странице 410.

Содержание

1 Введение.	<u>12</u>
1.1 Программа деталей..	<u>12</u>
1.2 Канал.	<u>13</u>
1.3 Основные понятия.	<u>14</u>
2 Управляемые оси.	<u>18</u>
2.1 Название и номер осей..	<u>18</u>
2.2 Расширенные названия осей.	<u>19</u>
2.3 Назначение осей к каналам.	<u>19</u>
2.4 Система мер осей, и точность отображения позиции.	<u>20</u>
3 Подготовительные функции (коды G).	<u>22</u>
4 Интерполяция.	<u>28</u>
4.1 Позиционирование (G0).	<u>28</u>
4.1.1 Позиционирование линейной интерполяцией.	<u>28</u>
4.1.2 Позиционирование перекрыванием движений быстрого хода.	<u>29</u>
4.2 Линейная интерполяция (G1).	<u>30</u>
4.3 Круговая интерполяция (G2, G3).	<u>32</u>
4.3.1 Винтовая интерполяция по плоскости (G2, G3).	<u>37</u>
4.3.2 Цилиндрическая винтовая интерполяция (G2, G3).	<u>39</u>
4.3.3 Коническая винтовая интерполяция (G2, G3).	<u>42</u>
4.4 Нарезание резьбы с равномерным шагом (G33).	<u>44</u>
4.5 Интерполяция полярных координат (G12.1, G13.1).	<u>46</u>
4.6 Цилиндрическая интерполяция (G7.1).	<u>51</u>
4.7 Гладкая интерполяция (G5.1 Q2).	<u>54</u>
4.7.1 Тонкое сглаживание (G5.1 Q3).	<u>58</u>
5 Данные координат.	<u>62</u>
5.1 Абсолютное и инкрементное программирование (G90, G91), оператор I, адрес U, V, W.	<u>62</u>
5.2 Преобразование дюймы/метрические единицы (G20, G21).	<u>63</u>
5.3 Программирование по диаметру, или по радиусу.	<u>64</u>
5.3.1 Переключение программирования по радиусу/по диаметру (G10.9).	<u>64</u>
5.4 Задание данных полярными координатами (G15, G16).	<u>66</u>
5.5 Задание и точность данных координат.	<u>68</u>
5.6 Обращение переворотом вращающихся осей.	<u>68</u>
6 Подача.	<u>74</u>
6.1 Подача быстрым ходом.	<u>74</u>
6.2 Рабочая подача.	<u>74</u>
6.2.1 Поминутная подача (G94) и подача за оборот (G95).	<u>75</u>
6.3 Функции управления подачей.	<u>75</u>
6.3.1 Точный останов в конце кадра (G9).	<u>76</u>
6.3.2 Режим точного останова (G61).	<u>76</u>
6.3.3 Нерывное точение (G64).	<u>76</u>

6.3.4	Запрет override и стопа (G63).	76
6.3.5	Автоматическое уменьшение подачи при внутренних углах (G62).	76
6.4	Автоматическое уменьшение подачи при внутренних дуг.	77
7	Ускорение.	79
7.1	Автоматическое замедление при углах в состоянии G64.	82
7.2	Ограничение ускорений, возникающих вдоль траектории в нормальном направлении.	85
7.3	Ограничение скачка ускорения.	87
8	Задержка (G4).	89
9	Референтная точка.	90
9.1	Автоматической приём референтной точки (G28).	91
9.2	Наводка на референтную точку 2., 3., 4. (G30).	92
10	Системы координат, выбор плоскости.	94
10.1	Станочная система координат.	94
10.1.1	Позиционирование в станочной системе координат (G53).	95
10.2	Системы координат заготовки.	95
10.2.1	Выбор системы координат заготовки (G54...G59).	96
10.2.2	Выбор расширенных систем координат заготовки (G54.1 P).	98
10.2.3	Компенсация углового положения заготовки.	98
10.2.4	Установка смещения системы координат заготовки (G10 L2).	101
10.2.5	Установка смещения расширенных систем координат заготовки (G10 L20)	102
10.2.6	Создание новой системы координат заготовки (G92).	102
10.3	Локальная система координат (G52).	103
10.4	Выбор плоскости (G17, G18, G19).	105
11	Шпиндельные функции.	108
11.1	Команда чисел оборотов шпинделя (код S).	108
11.1.1	Ссылка на несколько шпинделей. Расширение адреса S.	108
11.1.2	Назначение шпинделей к каналам.	109
11.2	Функции M управления шпинделем.	109
11.3	Обращение диапазонами чисел оборотов.	110
11.4	Главный шпиндель. Выбор главного шпинделя.	111
11.5	Расчёт постоянной скорости резания.	112
11.5.1	Задание расчёта постоянной скорости резания (G96 S, G97).	112
11.5.2	Ограничение чисел оборотов при расчёте постоянной скорости резания (G92 S).	113
11.5.3	Выделение оси для расчёта постоянной скорости резания (G96 P).	114
11.6	Наблюдение за колебанием чисел оборотов шпинделей.	114
11.7	Позиционирование шпинделей.	114
11.7.1	Ориентировка шпинделей.	115
11.7.2	Останов шпинделей и замыкание контура регулировки позиции.	115
11.7.3	Программирование позиционирования шпинделей.	115
11.7.4	Синхронизация двух шпинделей верно позиции.	117
11.7.5	Выключение режима регулирования позиции шпинделей.	119

11.8 Преобразование шпинделя в ось, оси в шпиндель.	119
12 Функция Т.	121
12.1 Команда вызова инструмента (код Т).	121
12.2 Программирование смены инструментов.	121
12.3 Обращение инструментами.	123
12.3.1 Таблица обращения инструментами.	123
12.3.2 Таблица мест инструментов.	127
12.3.3 Таблица формы инструмента.	130
12.4 Изменение данных таблицы обращения инструментами из программы (G10, G11)	132
12.4.1 Регистрация данных таблицы обращения инструментами из программы	132
12.4.2 Изменение данных таблицы обращения инструментами из программы	133
12.4.3 Удаление произвольной строки таблицы обращения инструментами из программы.	133
12.4.4 Заполнение данных таблицы обращения инструментами из программы	134
12.4.5 Заполнение данных таблицы формы инструмента из программы.	134
12.5 Касательства программирования обращения инструментами.	135
12.5.1 Вызов коррекции в случае обращения стойкостью инструмента.	136
12.5.2 Вызов инструментов ссылкой на номер магазина и кармана.	137
12.5.3 Прочтение данных инструментов, лежащих в шпинделе и в дежурном магазине	140
13 Смешанные и вспомогательные функции.	142
13.1 Смешанные функции: (коды М).	142
13.2 Вспомогательные функции (А, В, С, U, V, или W).	144
13.3 Функции разгрузки буфера.	145
14 Организация программы деталей.	146
14.1 Номер кадра (адрес N).	146
14.2 Условный пропуск кадра (/ адрес).	146
14.3 Запись замечаний в программе деталей: (комментария).	147
14.4 Главная программа и подпрограмма.	147
14.4.1 Опознание программ в накопителе. Номер программы (O).	148
14.4.2 Вызов подпрограммы (M98).	148
14.4.3 Возвращение из подпрограммы (M99).	150
14.4.4 Переход внутри главной программы.	152
14.5 Функции М дождания между каналами.	152
15 Коррекция инструмента.	154
15.1 Накопитель коррекции. Ссылка на коррекцию инструмента (Н, или D).	154
15.2 Изменение значений коррекций инструмента из программы (G10).	160
15.3 Вызов фрезерных коррекций (G43, G44, G49).	161
15.4 Вызов токарных коррекций (G43.7).	166
15.5 Коррекция радиуса инструмента (G40, G41, G42).	167
15.5.1 Включение расчёта коррекции радиуса. Наводка на контур.	170

15.5.2 Включенное состояние расчёта коррекции радиуса. Движение по контуру.	177
15.5.3 Выключение расчёта коррекции радиуса. Отход от контура.	185
15.5.4 Перемена направления в расчёте коррекции радиуса.	190
15.5.5 Программирование сохранения вектора (G38).	193
15.5.6 Программирование угловой дуги (G39).	194
15.5.7 Проблемы помеха слежения за контуром. Проверка на интерференцию	196
16 Специальные трансформации.	204
16.1 Поворот конфигурации вокруг данной точки (G68, G69).	204
16.2 Масштабирование конфигурации относительно заданной точки (G50, G51)	206
16.3 Отражение конфигурации на одну, или несколько прямых (G50.1, G51.1).	209
16.4 Правила программирования специальных трансформаций.	211
17 Автоматические геометрические расчёты.	213
17.1 Программирование фасок и скруглений.	213
17.2 Задание прямой с углом направления.	214
17.3 Расчёты точек пересечения в плоскости.	216
17.3.1 Точка пересечения двух прямых.	216
17.3.2 Точка пересечения прямой и окружности.	218
17.3.3 Точка пересечения окружности и прямой.	220
17.3.4 Точка пересечения двух окружностей.	222
17.3.5 Сцепление расчётов точек пересечения.	224
18 Циклы сверления.	225
18.1 Подробное описание циклов сверления.	232
18.1.1 Цикл высокоскоростного глубокого сверления (G73).	232
18.1.2 Сверление левой резьбы с уравнильной насадкой (G74).	233
18.1.3 Обтачивание с автоматическим отводом инструмента (G76).	234
18.1.4 Выключение циклического состояния (G80).	235
18.1.5 Цикл сверления, отвод быстрым ходом (G81).	235
18.1.6 Цикл сверления с задержкой, отвод быстрым ходом (G82).	236
18.1.7 Цикл глубокого сверления (G83).	237
18.1.8 Сверление правой резьбы с уравнильной насадкой (G84).	238
18.1.9 Нарезание резьбы без уравнильной насадки (G84.2, G84.3).	239
18.1.10 Нарезание резьбы без уравнильной насадки, со стружколомом (G84.2, G84.3).	241
18.1.11 Цикл сверления, отвод подачей (G85).	244
18.1.12 Цикл сверления, отвод быстрым ходом при остановленном шпинделе	245
18.1.13 Ручное воздействие в упорной точке/ Обратная расточка (G87).	246
18.1.14 Цикл сверления, после задержки ручное воздействие в упорной точке	248
18.1.15 Цикл сверления с задержкой, отвод подачей (G89).	249
18.2 Замечания к использованию циклов сверления.	250
19 Токарные циклы.	251

19.1 Простые циклы.	251
19.1.1 Цикл продольного точения (G77.7).	251
19.1.2 Простой цикл нарезания резьбы (G78.7).	251
19.1.3 Цикл торцевого точения (G79.7).	251
19.2 Сложные циклы.	251
19.2.1 Цикл чернового точения (G71.7).	251
19.2.2 Цикл торцевого чернового точения (G72.7).	251
19.2.3 Цикл повторения фигуры (G73.7).	252
19.2.4 Цикл чистового точения (G70.7).	252
19.2.5 Цикл торцевой проточки (G74.7).	252
19.2.6 Цикл проточки (G75.7).	252
19.2.7 Цикл нарезания резьбы (G76.7).	252
20 Функции управления осями.	254
20.1 Электронный привод. Фрезерование зубчатых колёс способом обкатки (G81.8)	254
20.1.1 Подача за оборот в состоянии G81.8.	255
20.1.2 Включение и выключение синхронизации.	255
20.1.3 Компенсация угла наклона.	257
20.1.4 Выхват зуборезного инструмента.	260
20.2 Синхронное перемещение осей.	261
20.3 Перемена осей.	264
20.4 Изменение направления оси.	265
20.5 Перемена горизонтально-вертикальной головки с переменной осью и направления	265
20.6 Обращение сопутствующими осями.	268
20.7 Регулирование тандема.	269
20.8 Обращение осями, не перпендикулярными одной к другой.	269
21 Функции измерения.	270
21.1 Измерение с удалением остаточного хода (G31).	270
21.2 Удаление остаточного хода по пределу момента (G31).	271
21.3 Автоматическое измерение длины инструмента (G37).	273
22 Функции безопасности.	275
22.1 Конечное положение.	275
22.2 Ограничение рабочей зоны, устанавливаемой с параметра/программируемой (G22, G23).	276
22.3 Запрещённая изнутри зона.	279
22.4 Наблюдение за запрещённой зоной перед запуском движения.	280
23 Макропрограммирование.	282
23.1 Переменные языка программирования.	283
23.1.1 Ссылка на переменные.	283
23.1.2 Изображение чисел макропеременных.	284
23.1.3 Локальные переменные: #1 – #33.	285
23.1.4 Глобальные переменные: #100 - #499, #500 - #999.	285
23.1.5 Обозначения, используемые при описании системных переменных . . .	286
23.1.6 Пустая переменная. Постоянные.	286

23.1.7	Переменные между программой деталей и программой PLC.....	287
23.1.8	Сообщения программы деталей.....	289
23.1.9	Времена, счётчики заготовок.....	291
23.1.10	Переменные, действующие на работу автоматического режима.....	293
23.1.11	Запрос состояний поиска кадра и состояний теста.....	295
23.1.12	Состояние отражения.....	295
23.1.13	Номер главной программы.....	296
23.1.14	Модальные информации.....	297
23.1.15	Информации о позиции.....	302
23.1.16	Значение актуальной коррекции по длине.....	304
23.1.17	Прочие информации о позиции.....	304
23.1.18	Значения накопителя коррекции инструментов.....	305
23.1.19	Смещение нулевой точки заготовки.....	307
23.1.20	Прочтение данных инструмента, имеющихся в шпинделе и в дежурных магазинах.....	311
23.1.21	Прочтение данных палитр, находящихся на рабочем месте и на месте монтажа.....	313
23.2	Команды языка программирования.....	315
23.2.1	Команда для присвоения значения: #i = #j.....	315
23.2.2	Арифметические действия.....	315
23.2.3	Логические действия.....	316
23.2.4	Функции.....	318
23.2.5	Команды конверсии.....	319
23.2.6	Порядок выполнения сложных арифметических действий.....	320
23.2.7	Условные выражения.....	320
23.2.8	Безусловное разветвление: GOTO n.....	321
23.2.9	Условное разветвление.....	321
23.2.10	Условная команда.....	322
23.2.11	Организация цикла.....	322
23.2.12	Косвенные ссылки на оси.....	326
23.2.13	Команды выдачи данных.....	326
23.3	Вызов макрокоманд, системных макросов, системных подпрограмм.....	333
23.3.1	Простой макровывод (G65).....	336
23.3.2	Модальный вызов макроса после каждой команды движения: (G66).....	338
23.3.3	Модальный макровывод из каждого кадра: (G66.1).....	340
23.3.4	Вызов системного макроса по коду G, заданному параметром.....	341
23.3.5	Вызов системного макроса по коду M, заданному параметром.....	344
23.3.6	Вызов системной подпрограммы по коду M, заданному параметром.....	345
23.3.7	Вызов системной подпрограммы по коду A, B, C, S, T, разрешённому параметру.....	347
23.3.8	Вызов системной подпрограммы по коду ASCII, заданному параметром.....	348
23.3.9	Отображение кадров макросов и подпрограмм в автоматическом режиме.....	349
23.4	Макрос прерывания.....	350
23.5	Команды NC и макроса. Выполнение макрокадров.....	354
23.6	Макроцикл фрезерования полости.....	356

24	Писание и чтение параметров.....	360
-----------	---	------------

24.1 Писание параметров из программы деталей (G10 L52).....	361
24.2 Чтение параметров из программы деталей (PRM).....	362
25 Обработки по 5-осям.	364
25.1 Построение 5-координатных станков.	364
25.2 Коррекция по длине в направлении оси инструмента (G43.1).	373
25.3 Трёхмерная трансформация координат (G68.1).	376
25.4 Динамическое обращение нулевой точкой поворотных столов (G54.2 P)....	379
25.4.1 Установка динамических смещений нулевой точки (G10 L21).	382
25.5 Образцовые примеры для применения функций G43.1, G68.1 и G54.2.	383
25.6 Выделение пространственной плоскости заданием углов Эйлера (G68.2). ..	390
25.7 Выделение пространственной плоскости поворотом по осям (G68.2 P1). ...	392
25.8 Выделение пространственной плоскости заданием 3-х точек плоскости (G68.2 P2)	
.....	394
25.9 Выделение пространственной плоскости заданием 2-х векторов (G68.2 P3)	
.....	396
25.10 Выделение пространственной плоскости заданием проекционных углов (G68.2	
P4).....	398
25.11 Установка вращающихся осей в направление инструмента (G53.1).	400
25.12 Образцовый пример для применения функций G68.2 и G53.1.	406
25.13 Обращение прочими трансформациями после G68.2..	410
25.14 Проведение точки центра инструмента (G43.4, G43.5).	411
25.15 Установка вращающихся осей в направление инструмента с проведением точки	
центра инструмента (G53.6).	425
25.16 Проведение хвостовика инструмента (G43.4 P1, G43.5 P1).....	431
25.17 Проведение точки точения (G43.8, G43.9).....	437
25.18 Гладкая интерполяция в случае проведения точки центра инструмента. ...	443
25.19 Информации о позиции макроязыка в случае обработки по 5D.....	445
25.20 Компенсация углового положения заготовки на пятиосевых станках	449
Записи.	454

12 Март 2024 г.

© Copyright NCT 12 Март 2024 г.

По содержанию настоящего описания все издательские права сохраняются за собой. Для допечатки даже сокращённого издания требуется наше разрешение.

Описание составлено с максимальной осмотрительностью и тщательно проверено, однако за возможные ошибки или ошибочные данные *и за истекающие из этого ущерба не берём на себя ответственность.*

1 Введение

1.1 Программа деталей

Программа деталей является совокупностью таких команд, которых управление способно истолковать и на основании которых управляет работой станка.

Программа деталей состоит из кадров. Кадры образуются словами.

Слово: Адрес и Данные

Слово состоит из двух частей: из адреса и из данных. Адрес представляет собой один или несколько символов, а данные - числовое значение, которое может иметь и целое и десятичное значение. Некоторые из адресов могут получить знак, или оператор I. Адреса можно задавать в программе и строчной и прописной буквой, обе варианта принимается управлением.

Адреса:

Адреса	Значение	Лимит
O	номер программы	0001 - 9999
/	опциональный кадр	1 - 9
N	номер кадра	1 - 999999999
G	подготовительная функция	*
X, Y, Z, U, V, W	координаты длины	I, -, *
A, B, C	координаты угла, координаты длины, вспомогательные функции	I, -, *
R	радиус окружности, вспомогательные данные	I, -, *
I, J, K	координата центра окружности, вспомогательная координата	-, *
E	вспомогательная координата	-, *
F	подача	*
S	число оборотов шпинделя	*
M	смешанная функция	1 - 999999999
T	номер инструмента	1 - 999999999
H, D	номер коррекции по длине и радиуса	1 - 999
L	число повторений	1 - 999999999
P	вспомогательные данные, время задержки	0
Q	вспомогательные данные	0
,C	длина стороны фаски	-, *
,R	радиус скругления	-, *
,A	угол направления прямой	-, *

Адреса, имеющие знак * в столбе лимита, данные могут принимать и десятичные значения. Для адресов, имеющие знак I и знак -, можно задавать адресу инкрементный оператор или знак.

Не отображаются, и не сохраняются знаки +.

Кадр

Кадры образуются словами.

Кадры отделены в накопителе друг от друга символом LF (Line Feed). В кадрах не обязательно пользоваться номером кадра.

Главная программа и подпрограмма

Программу деталей можно делить на две главные части:

- на главные программы, и
- на подпрограммы.

Обработка детали описана главной программой. Если в ходе обработки приходится обрабатывать повторяющиеся фигуры в главной программе в различных местах, то эти фрагменты программы не нужно опять описать в главной программе, а можно для этого организовать подпрограмму (субрутин), вызываемую из произвольного места, хоть из другой подпрограммы. Из подпрограммы можно возвращаться в вызывающую программу.

Формат программы в накопителе

Программы деталей, находящиеся в накопителе, **представляют собой текстовые файлы с кодировкой ASCII.**

1.2 Канал

Обычно на одном станке одновременно работает один инструмент, движением которого управляет программа деталей через устройство ЧПУ.

Если то же самое устройство ЧПУ одновременно управляет траекторией двух или больше инструментов, независимых от движения другого выполнением двух, или больше программ деталей, то речь идёт о работе многоканальной работы.

К каждому каналу можно выделить по одной программе деталей для выполнения.

Если на станке работает одновременно только один инструмент, однако установлен на станок например, загрузочный механизм заготовки, где передвижение заготовки необходимо программировать, в то же время инструмент выполняет точение, даже при этом требуется многоканальная работа.

В те точки программы, где **приходится дожидаться друг друга движениям траекторий инструментов**, можно запрограммировать **точки синхронизации.**

К каждому каналу принадлежит отдельная таблица нулевой точки заготовки, таблица коррекции инструментов и макропеременные. Можно обобщить таблицу коррекции инструментов и часть макропеременных, выделяемую параметром для всех каналов.

Основные исполнения устройств ЧПУ типа NCT3xx являются одноканальными, а опционально пригодны для многоканальной работы. Для каждого устройства ЧПУ можно построить не более 8 каналов.

В устройстве ЧПУ в каждом канале можно параметром определить способ работы канала. Это в устройстве ЧПУ типа NCT3xx **может быть двойко: токарный или фрезерный канал.** В одном устройстве ЧПУ каналы могут быть и смешанными. Например:

1-й канал: токарный

2-й канал: токарный

3-й канал: фрезерный

В дальнейшем это описание содержит описание программирования фрезерного канала. Если в данном устройстве ЧПУ выстроен и токарный канал, его описание программирования содержит книжка под названием описание программирования устройства ЧПУ для управления токарным станком.

1.3 Основные понятия

Интерполяция

Устройство ЧПУ способно в ходе обработки перемещать инструмент в долъ прямой и круговой траектории. Эту деятельность в дальнейшем называем интерполяцией.

Движение инструмента в долъ прямой:

программа:

G01 X__ Y__

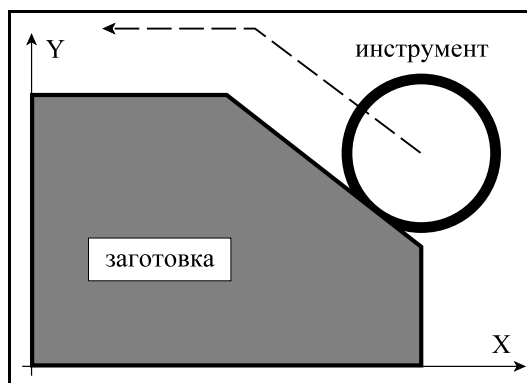


рисунок 1.3-1

Движение инструмента в долъ дуги круга:

программа:

G03 X__ Y__ R__

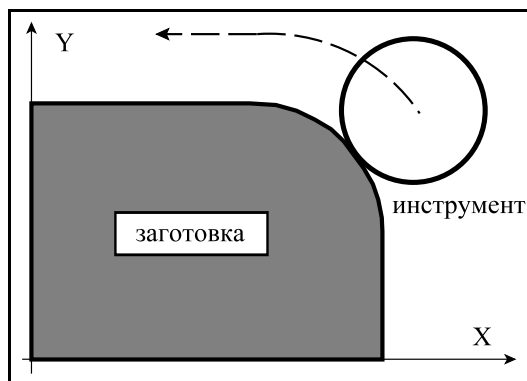


рисунок 1.3-2

Хотя в действительности обычно стол перемещается с заготовкой и не инструмент, в этом описании в дальнейшем речь идёт всегда о движении инструмента по сравнению к заготовке.

Подготовительные функции (коды G)

Тип деятельности, выполняемой в одном данном кадре, описываем с помощью подготовительных функций, или по-иному кодов G. Например: кодом G01 вводится прямая интерполяция.

Подача

Подачей называется скорость инструмента относительно заготовки во время точения. В программе задаётся желаемая подача адресом F и числовым значением. Например: F150 означает 150 мм/мин.

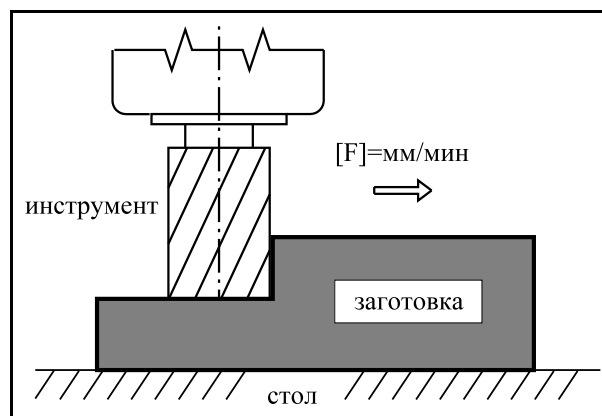


рисунок 1.3-3

Референтная точка

Референтная точка представляет собой постоянную точку на станке, выделённую производителем, характерную для станка. После включения станка суппорты нужно направить в референтную точку, если на станке нет абсолютного измерительного инструмента. Для приёма референтной точки встроен специальный режим в устройство ЧПУ. После этого устройство ЧПУ уже может выполнить и абсолютные команды позиции.

Система координат

Размеры, указанные на рисунке детали, понимаются относительно данной точки детали. Эта точка является нулевой точкой системы координат заготовки. В программу деталей надо записывать эти данные по размеру в адреса координат. Например: X30 Y20 Z1 означает: точка системы координат заготовки с координатой 30, 20 и 1 мм в направлении X, Y и Z.

Для того, чтобы устройство ЧПУ сумел истолковать запрограммированные данные координат, надо задавать расстояние между станочной нулевой точкой и нулевой точкой заготовки. Это происходит замером нулевой точки

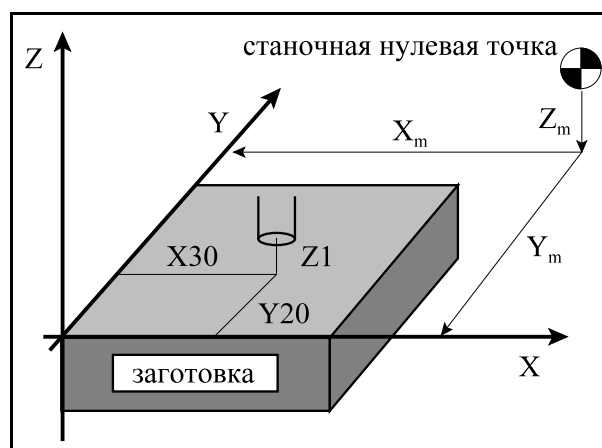


рисунок 1.3-4

Задача абсолютных координат

В случае задачи абсолютных координат инструмент перемещается на расстояние, отсчитанное от точки начала системы координат, то есть в точку с позицией, заданной координатой.

Код задачи абсолютных данных: G90.

Ряд команд

```
G90 X20 Y30 Z0
```

перемещает инструмент в точку с вышеуказанной позицией, где бы не стоял до выдачи команды.

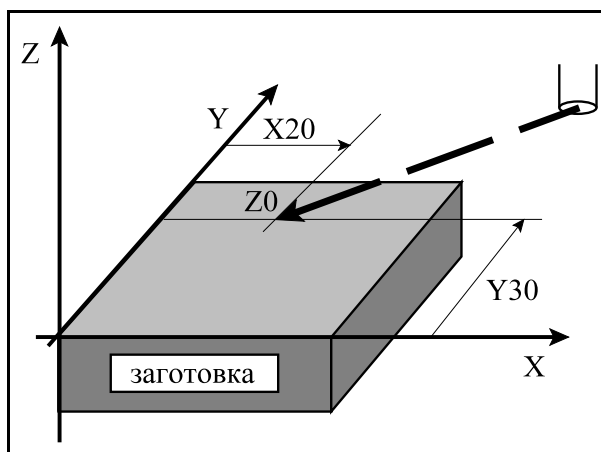


рисунок 1.3-5

Задача координат (инкрементных) с приращением

В случае задачи координат с приращением данные координат понимаются устройством ЧПУ таким образом, чтобы инструмент перемещался на расстояние, отсчитанное от мгновенной позиции.

Код задачи инкрементных данных: G91.
Код G91 относится ко всем значениям координат.

Ряд команд

```
G91 X-40 Y-20 Z-5
```

перемещает инструмент от предыдущей позиции на вышеуказанное расстояние.

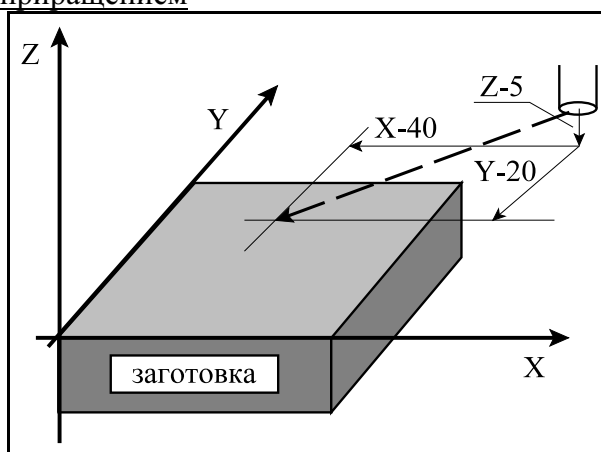


рисунок 1.3-6

Модальные функции

В языке программы действие некоторых команд, или величина их значения сохраняются в виде модальных до тех пор, пока не выдаётся команда противоположного значения, или не задаётся другое значение для соответствующей функции. Например: В фрагменте программы

```
N15 G90 G1 X20 Y30 F180
N16 X30
N17 Y100
```

принятое в кадре N15 состояние G90 (абсолютная задача данных) и G1 (линейная интерполяция), а также значение F (подача) передаётся в виде модальных для кадра N16 и N17. Таким образом не нужно задавать эти коды с кадра в кадр.

Не сохраняющиеся (разовые) функции

Действие некоторых функций, или значение данных имеет силу только в данном кадре. Эти функции называем не сохраняющимися, или разовыми функциями.

Команда чисел оборотов шпинделя

Число оборотов шпинделя задаётся по адресу S. Это обычно называется ещё и функцией S. Команда S1500 назначает, чтобы шпиндель вращался с числом оборотов 1500 об/мин.

Номер инструмента

В ходе обработки приходится выполнять разные операции со снятием стружки с разными инструментами. Инструменты различаем друг от друга с номерами. Ссылаться на инструменты можно кодом Т. В программе команда

T25

означает, что надо вызывать инструмент с номером 25.

Смешанные функции

В ходе обработки приходится многократно выполнять операцию включения и выключения. Например: запускать шпиндель, включить охлаждающую воду. Эти операции можно выполнить с помощью смешанной функции или функции М. Например: в ряду команд

M3 M8

значение M3: вращение шпинделя по часовой стрелке, а значение M8: включить охлаждающую воду.

Коррекция по длине

В ходе обработки выполняем различные операции с разными по длине инструментами. Однако, в случае в производстве большой серии ту же операцию приходится выполнять также с разными по длине инструментами, например, из-за полома инструмента. Для того, чтобы описанные в программе детали движения были независимыми от длины инструмента, то есть от его вылета, надо сообщить устройству ЧПУ различные по длине инструментов.

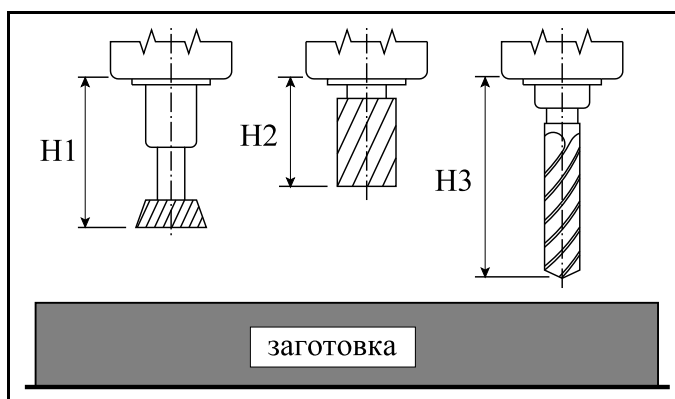


рисунок 1.3-7

При желании, чтобы вершина инструмента перемещалась в заданную точку, надо вызвать того значения данных по длине с помощью сопровождающего кода. Это возможно по адресу Н. Например: команда Н1 относится к данным по длине с номером 1. С этого момента устройство ЧПУ перемещает вершину инструмента в заданную точку. Эту операцию называем включением коррекции по длине.

Коррекция радиуса

При фрезеровании контура заготовка обрабатывается с инструментами разного диаметра. Для того, чтобы нужно было записать в программу не траекторию центра инструмента, с учётом радиуса инструментов, а фактические данные контура заготовки, нужно вводить коррекцию по радиусу. Значения коррекции радиуса надо установить в устройстве ЧПУ. В программе можно ссылаться на коррекцию радиуса по адресу R.

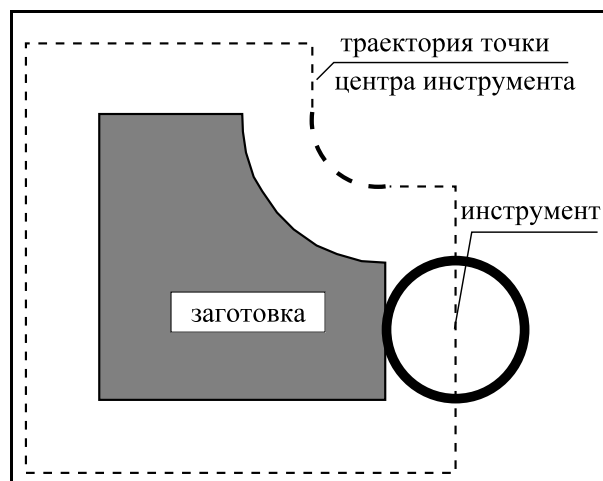


рисунок 1.3-8

2 Управляемые оси

Число осей в основной конструкции	3 оси
Число дополнительных осей	ещё 13 осей не более в том же канале
Максимальное число осей	всего 32 осей, в нескольких каналах

2.1 Название и номер осей

Название управляемых осей можно определить в накопителе параметров. Здесь можно выделить, чтобы какая физическая ось на какой адрес должна перемещаться.

В основной конструкции в устройстве ЧПУ фрезерным станком название осей: X, Y и Z.

Эти оси устанавливаются параметром N0103 Axis to Plane в качестве **главных осей**.

Название дополнительных осей зависит от типа оси.

Возможное название дальнейших дополнительных осей, совершающих линейное движение: U, V и W. Если эти оси параллельны какому-то из главных направлений, то **параллельная** оси X **дополнительная ось** имеет название U, а параллельная оси Y - называется V, и параллельная оси Z - называется W. Параметром N0103 Axis to Plane устанавливается, что какая-то линейная дополнительная ось параллельна ли какой-то основной оси.

Название осей, совершающих вращательное движение: A, B и C. Ось вращения, параллельная направлению оси X имеет название A, параллельная направлению Y называется B, а параллельная направлению Z называется C. Установлением параметра N0106 Axis Properties в ROT=1 можно задавать, что ось является ли осью вращения.

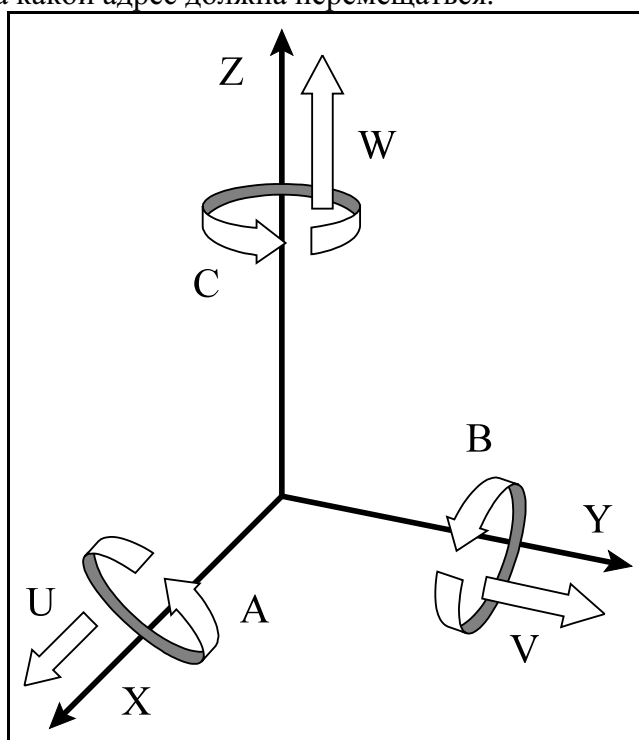


рисунок 2.1-1

Учёт данной **оси** внутри устройства ЧПУ происходит **на основании их номера**. Название осей также надо привязать к номеру оси. Обычная установка: X является осью № 1, Y является осью №2, а Z является осью №3.

В некоторых командах программы, например, в случае ссылки на макропеременные, запрашивающие позицию оси, надо задавать не название оси, а номер оси.

Нумерацию осей спрашивайте у строителя станка.

2.2 Расширенные названия осей

В сложных, многшпиндельных станках не достаточно пользоваться вышеуказанными не более 9 буквами для названия всех осей. Поэтому нужно было вводить расширенные названия осей, при котором не одной буквой, а **не более 3 символами можно задавать название оси**.

Первым символом должен быть X, Y, Z, U, V, W, A, B, или C, чтобы было чего задавать параметром N0100 Axis Name1. Этот параметр надо заполнять даже тогда, если используются названия осей с одним символом.

2-ое, а также 3-ье название символа можно задавать параметром N0101 Axis Name2 и N0102 Axis Name3. Эти могут быть буквы английского алфавита: A, B, C, D, ... Y, Z, а также цифры: 0, 1, 2, ..., 9. Если не использовать название оси 2, или 3, значение параметра 0.

Таким образом можно задавать например, и название оси XDE, но можно использовать и название оси Z1 и Z2.

Если название оси заканчивается на букву, принадлежащее к нему значение можно записать рядом.

XDE127.81

означает: пусть ось XDE перемещается в позицию 127.81..

Если название оси заканчивается номером, после название оси всегда надо написать знак =.

Z1=87.257

означает: пусть ось Z1 перемещается в позицию 87.257.

Естественно, и при использовании расширенными названиями осей надо задавать параметром N0103 Axis to Plane, что какая из осей является главной или основной осью, далее какая из них является параллельной осью.

В дальнейшем в описании используются обычно название осей с одним символом.

2.3 Назначение осей к каналам

Строителем станка назначаются отдельные оси с помощью параметров к различным каналам. Эти установки параметров означают положение после включения.

Оси назначаются к отдельным каналам всегда **на основании их номера**. Значит, **номер оси** является внутри устройства ЧПУ **глобальным**, а **названия осей локальными**, назначенные к отдельным каналам. Естественно, внутри одного канала нельзя иметь ось с таким же названием, однако в разных каналах да. Внутри одного канала устройство ЧПУ управляет не более 16 осями.

Например:

1-й канал:

1-ая ось: X
2-ая ось: Y
3-ья ось: Z
4-ая ось: C

2-й канал:

5-ая ось: X
6-ая ось: Y
7-ая ось: Z
8-ая ось: C

В ходе обработки может понадобиться, чтобы одну или несколько осей использовать в другом канале. В таком случае две оси можно поменять между двумя каналами, одну ось можно передавать другому каналу. Смена происходит на основании номера оси. После смены название оси может сохраниться, но может и измениться.

Смена осей осуществляется строителем станка через программу PLC, например, с помощью функции M. Описание этого содержит всегда инструкция данного станка.

2.4 Система мер осей, и точность отображения позиции

Данные координат задаются *с точностью до 15 цифр* не более. Десятичный знак надо выставить только тогда, если надо позиционировать в точку с не целой координатой. Данные координат могут иметь и знак. Знак “+” не выставляется перед цифрой.

Данные координат длины можно задавать в программе в *мм*-ах и в *дюйм*-ах. Это есть **входная система мер**. Входную систему мер можно выбирать из программы кодом G (G21/G20)).

Измеритель хода, оборудованный на станок, может измерить позицию и в мм-ах и в дюйм-ах. Измеритель хода определяет **выходную систему мер**, которую можно задавать устройству ЧПУ на бите IND параметра N0104 Unit of Measure. Внутри одного станка нельзя смещать выходные системы мер между осями.

Если входная и выходная система мер отличается друг от друга, переход выполняется устройством ЧПУ автоматически.

Система мер осей вращения использует всегда *градус*. **Оси вращения можно выделить установкой ROT=1 параметра N0106 Axis Properties. Правильная установка этого параметра важна потому, что устройство ЧПУ для выделённых таким образом осей не выполняет переход дюйм/метрической системы.**

Параметром N0105 Increment System можно устанавливать, что **индикацию позиции с точностью** до скольких десятичных знаков желаем выполнить.

Внутреннее отображение позиции системы не зависит от значения параметра Increment System. Точность:

Для продольных осей в случае метрического измерения: 10^{-6} мм,

Для продольных осей в случае дюймового измерения: 10^{-7} дюйм,

В случае круговых осей: 10^{-6} градус.

Знак	ось	Точность отображения в зависимости от системы мер	
		G21 метрическая	G20 дюймовая
ISA	продольная	0.01 мм	0.001 дюйм
	вращающая	0.01 градус	0.01 градус
ISB	продольная	0.001 мм	0.0001 дюйм
	вращающая	0.001 градус	0.001 градус
ISC	продольная	0.0001 мм	0.00001 дюйм
	вращающая	0.0001 градус	0.0001 градус
ISD	продольная	0.00001 мм	0.000001 дюйм
	вращающая	0.00001 градус	0.00001 градус
ISE	продольная	0.000001 мм	0.0000001 дюйм
	вращающая	0.000001 градус	0.000001 градус

С установкой положения DIA=1 параметра N0106 Axis Properties можно произвольно выделить любую ось для ввода данных и индикацию позиции по *диаметру*.

3 Подготовительные функции (коды G)

Характер команды в данном кадре определяется адресом G и последующим за ним числом. Имеются так называемые *одноразовые коды G*, эффект которых действителен только в данном кадре, и имеются так называемые модальные, или *наследственные функции G*, эффект которых действует до тех пор, пока другим кодом G не выключаем его, или не изменяем этот эффект.

Одноразовые коды G входят в 0-ую группу. Среди модальных кодов G, действующих друг на друга, они получают номер группы, отличающийся от 0.

В одном кадре можно писать несколько кодов G, таким ограничением, что по группам может фигурировать только одна функция, принадлежащая к той же группе.

В код не надо записать ведущий ноль, но устройство ЧПУ примет его. Например: в программе можно писать и G01 и G1.

Следующая таблица содержит коды G, интерпретируемые устройством ЧПУ, а также их номер группы и функции.

Код G	Группа	Функция	Стр.
G0*	1	позиционирование	28
G1*		линейная интерполяция	30
G2		круговая и винтовая (плоскостная, цилиндрическая, коническая) интерполяция по ходу часовой стрелки	32, 37, 39, 42
G3		круговая и винтовая (плоскостная, цилиндрическая, коническая) интерполяция против хода часовой стрелки	32, 37, 39, 42
G4	0	задержка	89
G5.1		гладкая интерполяция	54, 58, 443
G9		точный останов в данном кадре	76
G7.1		цилиндрическая интерполяция	51
G10		запрограммированный ввод данных	101, 102, 160, 382, 132
G11		выключение запрограммированного ввода данных	132
G10.9		переключение программирования по радиусу/по диаметру из программы	64
G12.1	21	интерполяция полярной координаты вкл.	46
G13.1*		интерполяция полярной координаты выкл.	46
G15*	17	задание данных полярными координатами выкл.	66

Код G	Группа	Функция	Стр.
G16		задание данных полярными координатами вкл.	66
G17*	02	выбор плоскости $X_p Y_p$	105
G18*		выбор плоскости $Z_p X_p$	105
G19*		выбор плоскости $Y_p Z_p$	105
G20*	6	дюймовое задание данных	63
G21*		метрическое задание данных	63
G22*	04	ограничение рабочей зоны вкл.	276
G23*		ограничение рабочей зоны выкл.	276
G28	0	запрограммированный приём референтной точки	91
G30		наводка во вторую, третью и четвертую референтную точку	92
G31		измерение с удалением остаточного хода	270
G33	01	нарезание резьбы	44
G37	00	автоматическое измерение длины инструмента	273
G38		сохранение вектора коррекции радиуса	193
G39		угловая дуга с коррекцией радиуса	181
G40*	07	выключение расчёта коррекции радиуса инструмента	89
G41		расчёт коррекции радиуса инструмента слева	167
G42		расчёт коррекции радиуса инструмента справа	167
G43*	8	коррекция по длине вкл. +	161
G44*		коррекция по длине вкл. -	161
G43.1		коррекция по длине по направлению оси инструмента вкл.	373
G43.4		проведение точки центра инструмента 1-го типа вкл.	411
		P1: проведение хвостовика инструмента 1-го типа	431
G43.5		проведение точки центра инструмента 2-го типа вкл.	411
		P1: проведение хвостовика инструмента 2-го типа вкл.	431
G43.7		Вызов токарных коррекций	166
G43.8		Точку точения 1-го типа и точку центра инструмента вкл.	437
		P1: Точку точения 1-го типа и проведения хвостовика инструмента вкл.	437
G43.9		Точку точения 2-го типа и точку центра инструмента вкл.	437

Код G	Группа	Функция	Стр.
		P1: Точку точения 2-го типа и проведения хвостовика инструмента вкл.	437
G49*		коррекция по длине, проведение точки центра инструмента, хвостовика инструмента, точки точения выкл.	161 , 373 , 411 437
G50*	11	масштабирование выкл.	206
G51		масштабирование вкл.	206
G50.1*	22	выключение отражения	209
G51.1		включение отражения	209
G52	0	смещение координат	103
G53		позиционирование в системе координат станка	95
G53.1		установка вращающихся осей в направление инструмента	400
G53.6		Установка вращающихся осей в направление инструмента с проведением точки центра инструмента	425
G54*	14	выбор системы координат первой заготовки	97
G55		выбор системы координат второй заготовки	97
G56		выбор системы координат третьей заготовки	97
G57		выбор системы координат четвёртой заготовки	97
G58		выбор системы координат пятой заготовки	97
G59		выбор системы координат шестой заготовки	97
G54.1		выбор расширенной системы координат заготовки	98
G54.2		динамическая нулевая точка поворотных столов	379
G61	15	режим точного останова	76
G62		уменьшение подачи при углов	76
G63		запрет override	76
G64*		режим непрерывной обработки резанием	76
G65	0	простой макровывоз	336
G66	12	модальный макровывоз после каждой команды движения	338
G66.1		модальный макровывоз из каждого кадра	340
G67*		удаление модального макровывоза	338
G68	16	плоскостной поворот конфигурации вокруг данной точки	204
G69*		плоскостной поворот выкл.	204

Код G	Группа	Функция	Стр.
G68.1	18	трёхмерная трансформация координат вкл.	376
G68.2		выделение пространственной плоскости заданием углов Эйлера	390
		P1: выделение пространственной плоскости поворотом по осям	392
		P2: выделение пространственной плоскости заданием 3-х точек плоскости	394
		P3: выделение пространственной плоскости заданием 2-х векторов	396
		P4: выделение пространственной плоскости заданием проекционных углов	398
G69.1		трёхмерная трансформация координат выкл.	376 , 390
G70.7	0	чистовой цикл	252
G71.7		черновой цикл	251
G72.7		торцевой черновой цикл	251
G73.7		цикл повторения шаблона	252
G74.7		цикл торцевой проточки	252
G75.7		цикл проточки	252
G76.7		цикл нарезания резьбы	252
G77.7	1	цикл продольного точения	251
G78.7		цикл простого нарезания резьбы	251
G79.7		цикл торцевого точения	251
G73	09	цикл высокоскоростного глубокого сверления	232
G74		сверление левой резьбы с уравнильной насадкой	233
G76		обтачивание с автоматическим отводом инструмента	234
G80*		выключение циклического состояния	235
G81		цикл сверления, отвод быстрым ходом	235
G82		цикл сверления с задержкой, отвод быстрым ходом	236
G83		цикл глубокого сверления	237
G84		сверление правой резьбы с уравнильной насадкой	238
G84.2		сверление правой резьбы без уравнильной насадкой сверление правой резьбы без уравнильной насадкой со стружколомом	239

Код G	Группа	Функция	Стр.
G84.3		сверление левой резьбы без уравнильной насадкой сверление левой резьбы без уравнильной насадкой со стружколомом	239
G85		цикл сверления, отвод подачей	244
G86		цикл сверления, отвод быстрым ходом при остановленном шпинделе	245
G87		вытачивание возвратом, автоматическим/ручным отводом инструмента	246
G88		цикл сверления, ручное воздействие в упорной точке	248
G89		цикл сверления, задержка в упорной точке, отвод подачей	249
G80.8	34	электронный привод выкл.	254
G81.8		электронный привод вкл.	254
G90*	03	абсолютное задание размера	62
G91*		задание размера с приращением	62
G92	00	создание новой системы координат заготовки	102
G94*	05	по минутная подача	75
G95*		подача за оборот	75
G96	13	расчёт постоянной скорости резания вкл.	112
G97*		расчёт постоянной скорости резания выкл.	112
G98*	10	возвращение из цикла сверления в исходную точку	226
G99		возвращение из цикла сверления в точку R (приближения)	226

Исходное положение после включения

Внутри одной группы кодов G, обозначенных с * означают то состояние, которое примет устройство ЧПУ **после включения**.

Там, где внутри одной группы после нескольких кодов G имеется знак *, там на основании параметра N1300 DefaultG1 и N1301 DefaultG2 можно выбирать, какой из них будет действовать **после включения**. Эти следующие:

G00, G01;
G17, G18, G19;
G20, G21;
G22, G23;
G43, G44, G49;
G90, G91;
G94, G95.

Исходное положение после нажатия клавиши Reset, а также после конца программы

В следствие нажатия клавиши *reset*, или *конца программы* (M2, M30), если бит CLR параметра N1301 DefaultG2 имеет значение

=0: устройство ЧПУ без условно принимает состояние, обозначенное в таблице кода G со знаком *, далее восстанавливает значение кода G в исходное положение, имеющееся после включения, установленное параметром N1300 DefaultG1иN1301 DefaultG2,

=1: на основании значений, заданных параметром CLR G Table1, 2, 3, 4, 5 устройство ЧПУ занимает исходное положение, согласно группам кода G, или оставляет его модальное значение без изменения.

Если бит Cnn (где номер группы кода G будет nn), относящий к группе кода G в параметре CLR G Table1, 2, 3, 4, 5 имеет значение:

=0: устройство ЧПУ приведёт соответствующую группу кода G в исходное положение,

=1: а устройство ЧПУ оставляет соответствующую группу кода G в создавшемся, модальном положении.

4 Интерполяция

4.1 Позиционирование (G0)

Команда позиционирования G0 перемещает инструменты в доль всех осей, запрограммированных в кадре в заданную точку.

Перемещение выполняется быстрым ходом. Величина быстрого хода определяется на параметре строителем по осям, его из программы устанавливать нельзя.

В случае абсолютного задания данных актуальная заготовка перемещается в системе координат в точку заданной позиции.

В случае инкрементного задания данных инструмент совершает заданное расстояние шагами, отсчитывая от мгновенной его позиции.

Формат кадра:

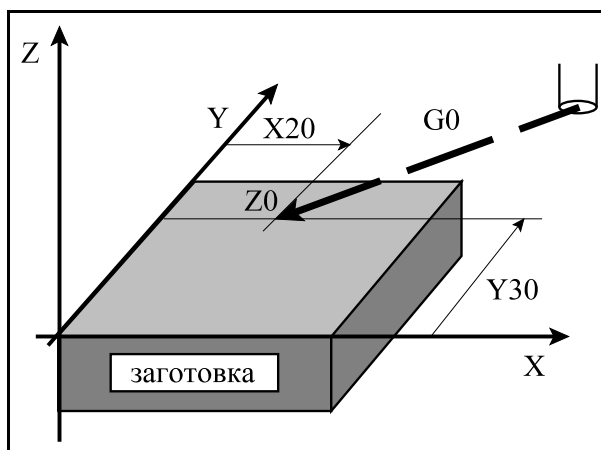
G0 v

где v - координаты, заданные в кадре. Обозначение v здесь (и в дальнейшем) относится ко всем управляемым осям, использованным в данном канале. Позиционировать можно одновременно в доль всех осей канала.

Вместо G0 можно задавать и G00.

Пример:

G0 X20 Y30 Z0



В кадре можно задавать и другой код G и функцию. Например:

G0 G90 X20 Y30 Z0 S2000 M3

Код G0 является модалным, он действителен до тех пор, пока другая команда интерполяции не изменяет его.

Например:

G0 X20 Y30 Z0

X10 Z1 (позиционирующий кадр, так как G0 модалный)

После включения в случае положения бита G01=0 параметра N1300 DefaultG1 действителен код G0.

4.1.1 Позиционирование линейной интерполяцией

В случае одновременного перемещения нескольких осей, устройство ЧПУ при позиционировании перемещает инструмент в доль прямой, соединяющей начальную точку с конечной точкой, в случае положения бита ROL=0 параметра N0421 Acc Contr.

Устройство ЧПУ рассчитывает результирующий вектор (v) таким образом, чтобы позиционирование произошло за минимальное время, и скорость не превосходила ни на одной оси значения быстрого хода, установленного для данной оси.

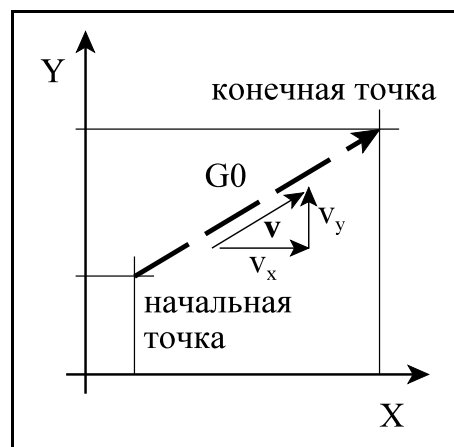


рисунок 4.1.1-1

После завершения движения, в случае положения бита РСН=1 параметра N1337 Execution Config, устройство ЧПУ проверяет сигнал "в позиции".

После сигнала "в позиции" устройство ЧПУ делает задержку на время, установленное параметром N1340 Inpos Timeout, если после этого не приходит сигнал, выводится сообщение 2501 Ошибка позиции.

Параметром N0516 Inpos можно задавать по осям максимальное, но ещё допустимое отклонение, измеренное от позиции.

Установить проверку позиции следует только в обоснованном случае, иначе необоснованно может нарастать время выполнения. Например, выполнив фрагмент программы,

```
G0 Z10
X30
Z1
```

на приложенном рисунке видна разность по продолжительности между двумя случаями.

Устройство ЧПУ **всегда выполняет проверку позиции** в конечной точки кадра в состоянии

G61 (режим точного останова), или в том кадре позиционирования, куда записан код

G9 (точный останов), даже при положении параметра РСН=0 (нет проверки позиции).

4.1.2 Позиционирование перекрыванием движений быстрого хода

Позиционирования, выполненные на разных и последующих друг за другом осях, могут быть дальше ускорены перекрыванием движения кадров позиционирования. Это означает, что за время, пока в кадре позиционирования одна из осей замедляет до позиции конечной точки, то другая ось, участвующая в следующем кадре позиционирования, уже начинает ускорять.

Перекрывание включается положением бита ROL=1 параметра N0421 Acc Contr. Перекрывание включается положением бита ROL=1 параметра N0421 Acc Contr.

Параметром N0422 Rapid Reduct. Ratio

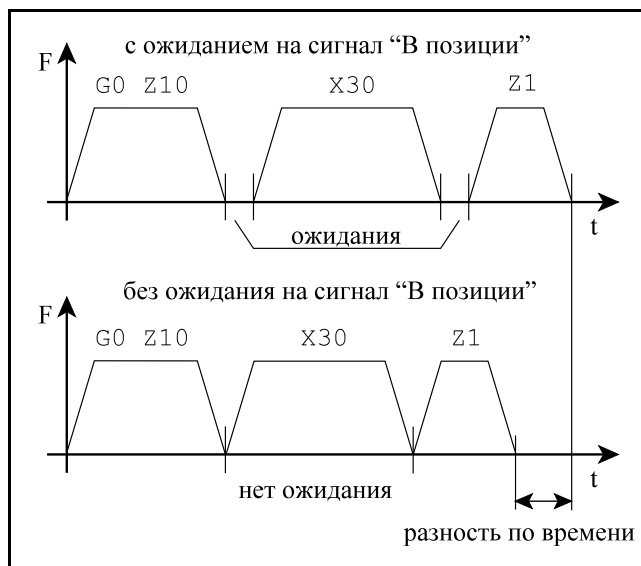


рисунок 4.1.1-2

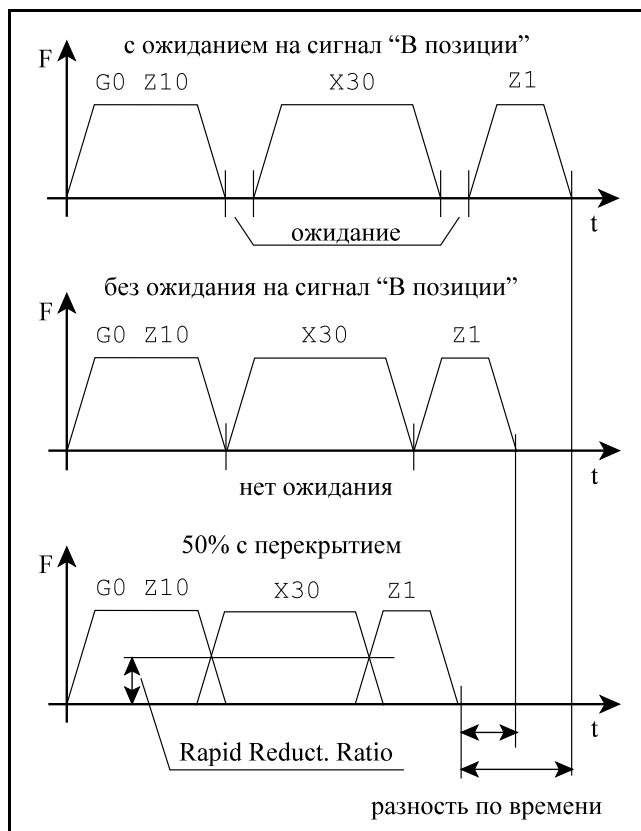


рисунок 4.1.2-1

можно установить в процентах, что в участке замедления предыдущего кадра, после какого в процентах замедления запускается следующий кадр.

Оставшись у примера, представленного предыдущей главой, выполнив фрагмент программы

```
G0 Z10
X30
Z1
```

на приложенном рисунке видна разность по времени выполнения.

В случае позиционирования перекрыванием траектория инструмента получится не по угловой, а по скругленной траектории. Из-за этого в программе должны быть осторожными, чтобы от отводили инструмент от заготовки больше привычного.

При запрограммированном в одном кадре позиционировании *нескольких осей* инструмент *перемещается только приблизительно вдоль прямой траектории*, и различные оси доходят до позиции с расхождением по времени.

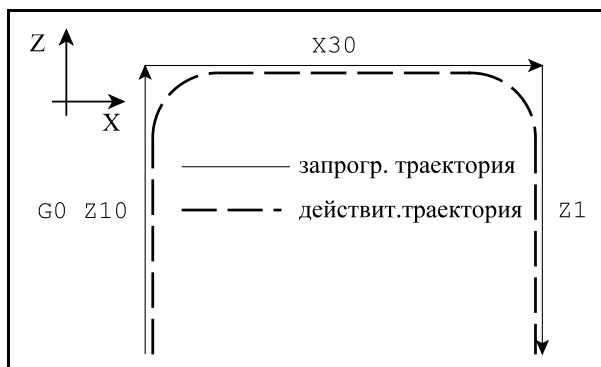


рисунок 4.1.2-2

Устройство ЧПУ *отложит перекрывание* между кадрами позиционирования и *всегда выполняет проверку позиции* в конечной точке кадра в состоянии

G61 (режим точного останова),

или в том кадре позиционирования, куда записали код

G9 (точный останов),

даже при положении параметра PCH=0 (нет проверки позиции).

4.2 Линейная интерполяция (G1)

Команда линейной интерполяции G1 перемещает инструмент вдоль всех осей, запрограммированных в кадре, в заданную точку вдоль прямой траектории.

Перемещение выполняется с запрограммированной в кадре или модальной подачей F.

В случае абсолютного задания данных актуальная заготовка перемещается в системе координат в точку с заданной позицией.

В случае инкрементного задания данных заданное расстояние совершается шагами, отсчитывая от мгновенной позиции инструмента.

Формат кадра:

G1 v F

где v - заданные в кадре координаты, F- значение подачи. Перемещаться можно одновременно вдоль всех осей канала.

Вместо G1 можно задавать и G01.

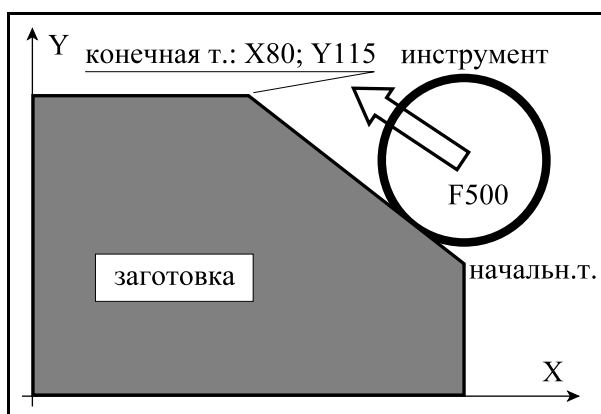


рисунок 4.2-1

Пример:

G1 X80 Y115 F500

В кадре можно задавать и другой код G и другая функция.

Пример:

G1 G91 X50 Y30 Z10 S2000 M3

G1 модальный код действует до тех пор, пока другая команда интерполяции не изменяет его.

Например:

G1 X80 Y115 F500

X0 (линейная интерполяция с F500, так как G1 и F модальные)

В случае положения бита G01=1 параметра N1300 DefaultG1, после включения действует код G1.

Подача, запрограммированная по адресу F действует всегда вдоль запрограммированной траектории. Составляющие вдоль оси:

Подача вдоль оси X: $F_x = \frac{\Delta x}{L} F$

Подача вдоль оси Z: $F_y = \frac{\Delta y}{L} F$

.....

Формула продолжается для всех осей, запрограммированных в кадре.

Где: $\Delta x, \Delta y, \dots$: значения перемещения, рассчитанного вдоль соответствующих осей,
L: длина запрограммированного перемещения:

$$L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \dots}$$

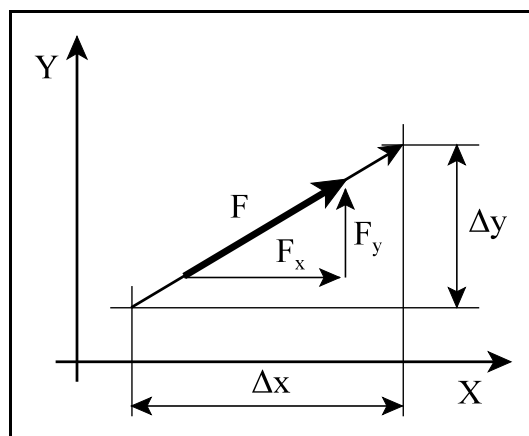


рисунок 4.2-2

Вдоль оси вращения подача понимается в размерности °/мин. В кадре

G1 C270 F120

значение F120: 120 °/мин.

В том случае, если соединить движение линейной оси и оси вращения с линейной интерполяцией, раскладка составляющих подачи происходит на основании вышеуказанных формул.

Например:

в кадре

G91 G01 Z100 C45 F120

составляющие подачи в направлении Z а также В:

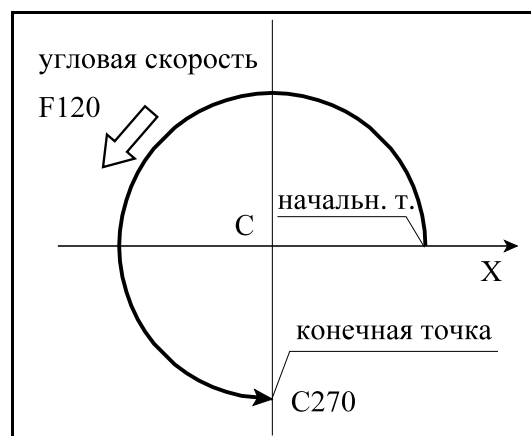


рисунок 4.2-3

Подача вдоль оси Z: $F_z = \frac{100}{\sqrt{100^2 + 45^2}} 120 = 109.4 \quad \text{мм/мин}$

Подача вдоль оси C: $F_c = \frac{45}{\sqrt{100^2 + 45^2}} = 49.2 \quad \text{°/мин}$

4.3 Круговая интерполяция (G2, G3)

Команда G2, или G3 перемещает инструмент в выбранной плоскости вдоль дуги круга в заданную в кадре точку. Перемещение происходит с запрограммированной в кадре или модальной подачей F.

Формат кадра:

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_p - Y_p - \left\{ \begin{matrix} R_- \\ I_- J_- \end{matrix} \right\} F_-$$

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_p - Z_p - \left\{ \begin{matrix} R_- \\ I_- K_- \end{matrix} \right\} F_-$$

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} Y_p - Z_p - \left\{ \begin{matrix} R_- \\ J_- K_- \end{matrix} \right\} F_-$$

Круговая интерполяция выполняется в плоскости, выбранной командами G17, G18, G19. В случае **G2** в направлении *по ходу часовой стрелки*, а в случае **G3** *против хода часовой стрелки*:

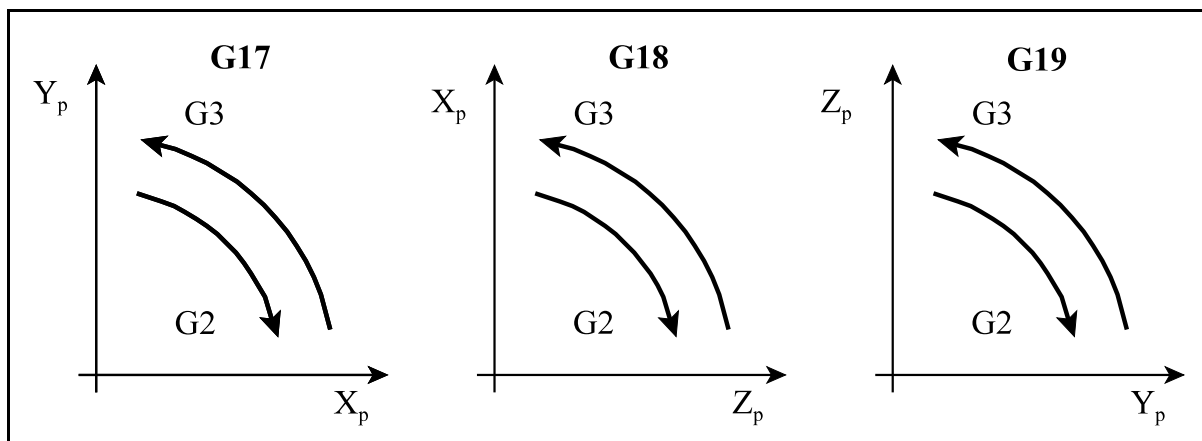


рисунок 4.3-1

В место G2 и G3 можно записать в программу и код G02 и G03.

G2 и G3 модальные коды действуют до тех пор, пока другая команда интерполяции не изменяет их.

Значение X_p , Y_p , Z_p здесь, и в дальнейших:

X_p : ось X, или параллельная ей ось,

Y_p : ось Y, или параллельная ей ось,

Z_p : ось Z, или параллельная ей ось.

Значение X_p , Y_p , Z_p - это **координата конечной точки круга**, заданная в данной системе координат как абсолютные данные, или измеренные от начальной точки инкрементные данные.

Задание дальнейших данных круга может быть двояко:

1-й случай: задание окружности радиусом по адресу R

При этом устройство ЧПУ автоматически вычисляет координаты центра окружности из координаты начальной точки (это та точка, где устройство ЧПУ в момент прочтения периода находится), из координат конечной точки (значение, определённое по адресу X_p , Y_p , Z_p), а также из запрограммированного радиуса окружности R. В случае данного направления обхода (G2, или G3) между начальной и конечной точки можно нарисовать две разные окружности с радиусом R.

Если значение радиуса окружности, то есть **R** задаётся

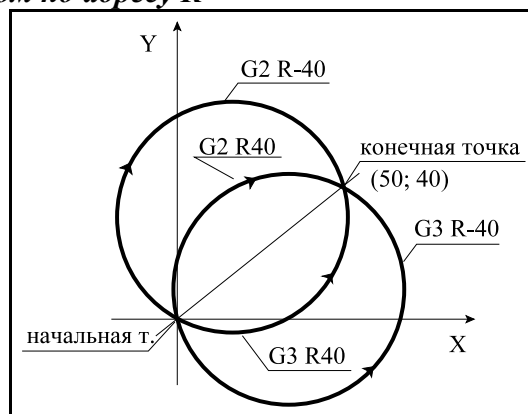


рисунок 4.3-2

положительным числом, устройство ЧПУ интерполирует дугу, **меньшую 180°**
отрицательным числом, то - **большую 180°** .

Например:

1-й участок дуги: G2 X50 Y40 R40

2-й участок дуги: G2 X50 Y40 R-40

3-й участок дуги: G3 X50 Y40 R40

4-й участок дуги: G3 X50 Y40 R-40

2-й случай: задание окружности центром по адресу I, J, K

Устройство ЧПУ истолкует значения, заданные по адресу I, J, K **инкрементно**, так, что вектор, определённый значениями I, J, K показывает от **начальной точки** окружности в **точку центра**.

Значения **I, J, K** должны быть заданы всегда по **радиусу**, даже тогда, если принадлежащие к ним оси установлены для программирования по диаметру.

Например:

В случае G17: G3 X10 Y70 I-50 J-20

В случае G18: G3 X70 Z10 I-20 K-50

В случае G19: G3 Y10 Z70 J-50 K-20

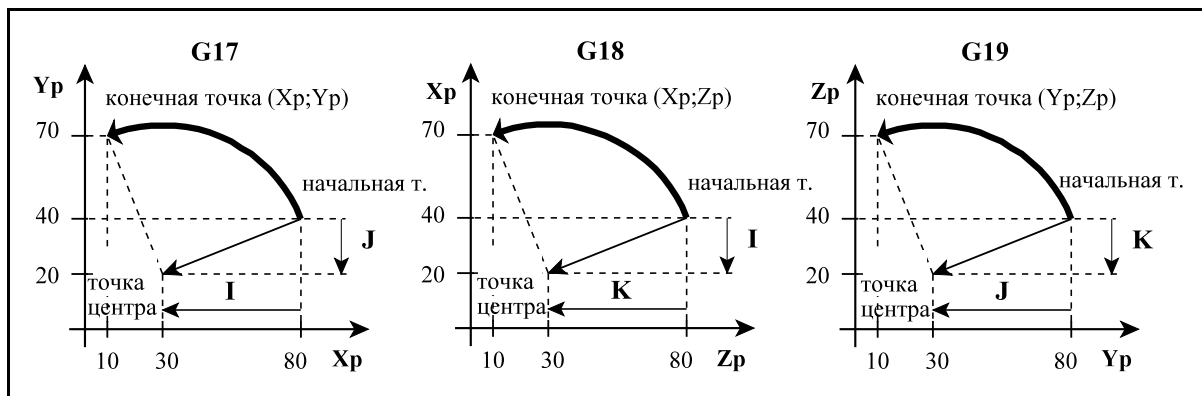


рисунок 4.3-3

По адресу F можно запрограммировать подачу по траектории, которая показывает всегда в направлении касательной окружности и постоянная вдоль всей траектории.

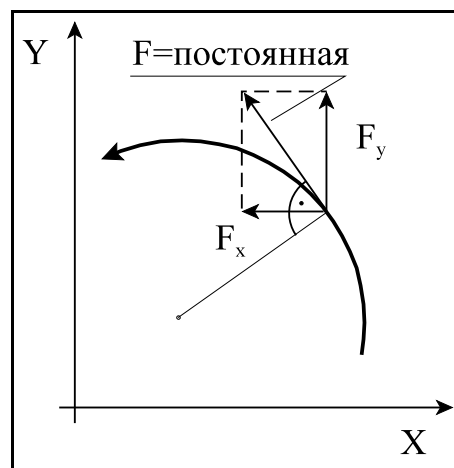


рисунок 4.3-4

Пример:

Программируется траектория на приложенном рисунке.

Программирование окружности абсолютными координатами и заданием R:

```
G90 G17
G0 X130 Y0 M3 S1000
G1 Y20 F500
G3 X60 Y90 R70
G2 X40 Y50 R50
G1 X0
...
```

Программирование окружности абсолютными координатами и заданием центра окружности I, J

```
G90 G17
G0 X130 Y0 M3 S1000
G1 Y20 F500
G3 X60 Y90 I-70
G2 X40 Y50 I-50
G1 X0
...
```

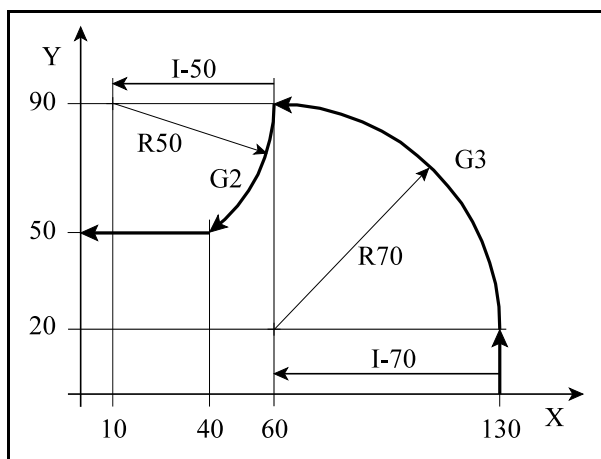


рисунок 4.3-5

Программирование окружности инкрементными координатами и заданием R:

```
G90 G17 G0 X130 Y0 M3 S1000
G91
G1 Y20 F500
G3 X-70 Y70 R70
G2 X-20 Y-40 R50
G1 X-40
...
```

Программирование окружности инкрементными координатами и заданием центра окружности I, J

```
G90 G17 G0 X130 Y0 M3 S1000
G91
G1 Y20 F500
G3 X-70 Y70 I-70
G2 X-20 Y-40 I-50
G1 X-40
...
```

Заданием **I0, J0, K0** можно пренебречь. Например:

```
G0 X100 Y0 F500
G17 G03 X0 Y100 I-100
```

В случае программирования четверти окружности с радиусом 100 мм, с центром начала координат, поскольку центр окружности находится в направлении Y на расстояние 0 от центра X100 Y0 не надо написать J0.

Если X_p, Y_p, Z_p , все пренебрежены:

– если задаются координаты точки центра окружности по адресу I, J, K: устройство ЧПУ интерполирует дугу как полную окружность с 360° . Например:

```
G0 X200 Y0 F500
G17 G03 I-100
```

в этом случае устройство ЧПУ интерполирует полную окружность с радиусом 100 мм, с точкой центра X100 Y0

– если задаётся радиус R, например

```
G0 X200 Y0 F500
G17 G03 R100
```

устройство ЧПУ не движется и не выдаёт сообщение об ошибке.

Если период не содержит **ни радиус R, ни I, J, K**, устройство ЧПУ выдаёт сообщение 2015 Ошибка задания окружности.

Если ссылка сделана по адресу **I, J, K вне выбранной плоскости**, устройство ЧПУ 2015 выдаёт сообщение Ошибка задания окружности.

Если **разность радиуса начальной точки и конечной точки окружности**, заданной в кадре G2, G3 больше, чем значение, определённое параметром N1339 Radius Diff, устройство ЧПУ выдаёт сообщение 2012 Ошибка разности радиуса в окружности.

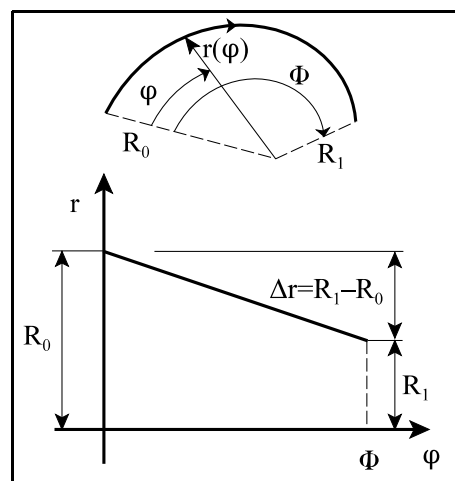


рисунок 4.3-6

Если разность радиуса меньше заданного параметром выше значения устройство ЧПУ перемещает инструмент вдоль такой плоскостной винтовой траектории, у которой радиус линейно меняется в зависимости от центрального угла.

При интерполяции дуги окружности с переменным радиусом, постоянной будет не скорость вдоль траектории, а угловая скорость.

Пусть значение параметра N1339 Radius Diff будет больше, чем 0, например 0.01, иначе устройство ЧПУ выдаёт лишние сообщения.

Ошибку разности радиуса, или интерполяцию дуги окружности с переменным радиусом могут причинить следующие случаи:

Если позиция точки центра окружности, заданная по адресу I, J, K не годная.

Например:

```
G17 G90 G0 X50 Y0
G3 X-20 I-50
```

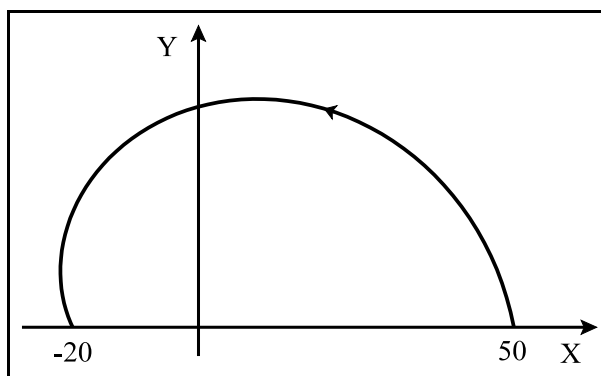


рисунок 4.3-7

Если заданный радиус окружности меньше, чем половина расстояния прямой, соединяющей начальную точку с конечной точкой, устройство ЧПУ считает заданный радиус окружности за радиусом начальной точки окружности, и интерполирует такую окружность с переменным радиусом, точка центра которой лежит на прямой, соединяющей начальную точку с конечной точкой, на расстояние R от точки начала:

```
G17 G0 G90 X0 Y0
G2 X40 Y30 R10
```

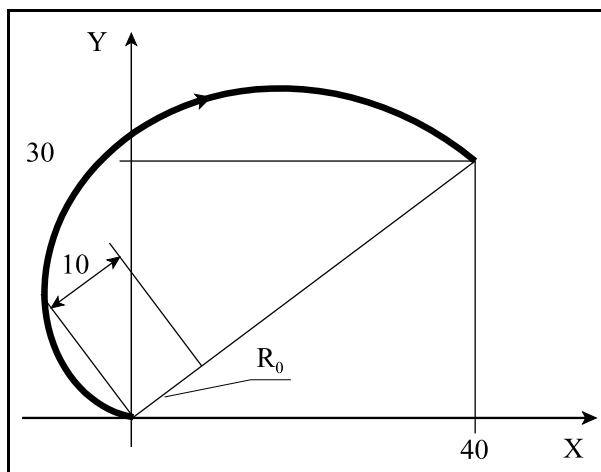


рисунок 4.3-8

Позицию точки центра окружности I, J, K можно задавать и абсолютным значением, рассчитанном от нулевой точки заготовки. Для этого нужна установка бита #2 CCA=1 параметра N1337 Execution Config. Этого случая надо избежать.

4.3.1 Винтовая интерполяция по плоскости (G2, G3)

Командой G2, или G3 можно запрограммировать плоскостную винтовую интерполяцию, что по адресу задавать и число оборотов винта. **Точка центра и конечная точка окружности** задаётся так, чтобы **радиус окружности начальной точки и конечной точки разные**. Перемещение выполняется запрограммированной в кадре или модальной подачей F.

Формат кадра:

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_p - Y_p - I - J - L - F -$$

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_p - Z_p - I - K - L - F -$$

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} Y_p - Z_p - J - K - L - F -$$

Значение **координат конечной точки винта** X_p , Y_p , Z_p в данной системе координат задаются абсолютными, или измеренные от начальной точки инкрементными данными.

По адресам **I, J, K** задавали **координаты точки центра** винта как **инкрементные** данные, измеренные от начальной точки так, чтобы вектор, определённый значением I, J, K показывает от **начальной точки** винта **к точке центра** винта.

Значения **I, J, K** надо залавать всегда **радиусом**, даже тогда, если принадлежащие к ним оси установлены для прораграммирования по диаметру.

По адресу L задаётся **число оборотов винта**. Каждый заход означает новый оборот, даже тогда, если после этого совершается не полный оборот. Адрес **L представляет собой положительное целое число**.

В ходе винтовой интерполяции устройство ЧПУ линейно изменяет радиус точки начала (R_0) в зависимости от угла поворота (φ) так, что пока совершается поворот, заданный по адресу L и дойдёт до позиции конечной точки, радиус конечной точки соответствовал запрограммированным данным.

Из вышеописанных следует, что в ходе винтовой интерполяции, о чём заполнение адреса L сообщает устройству ЧПУ, радиус начальной точки отличается от радиуса конечной точки. Если заполнен адрес L, устройство ЧПУ никогда не рассматривает значение максимальной разности радиуса, определённое параметром N1339 Radius Diff.

Подача F, заданная в винтовой интерполяции остаётся **постоянной по всей длине винта**.

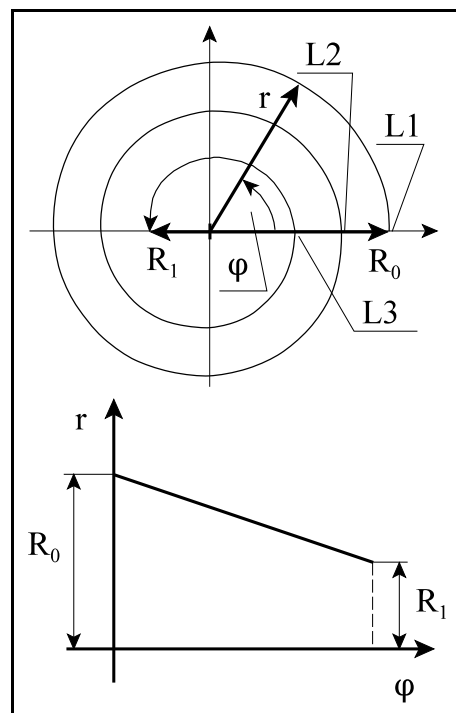


рисунок 4.3.1-1

Пример:

Программируем винт на приложенном рисунке.

Начальная точка винта X90 Y0, точка его центра, измеряя от начальной точки I-90, J0, изменение радиуса за оборот 24, и совершает 2,5 оборота. Итак радиус конечной точки винта:

$$R=90-2*24-24/2=30$$

Число начатых оборотов винта 3.

Программа:

```
G17 G90 G94 M3 S1000
G0 X90 Y0 F1000
G3 X-30 I-90 L3
```

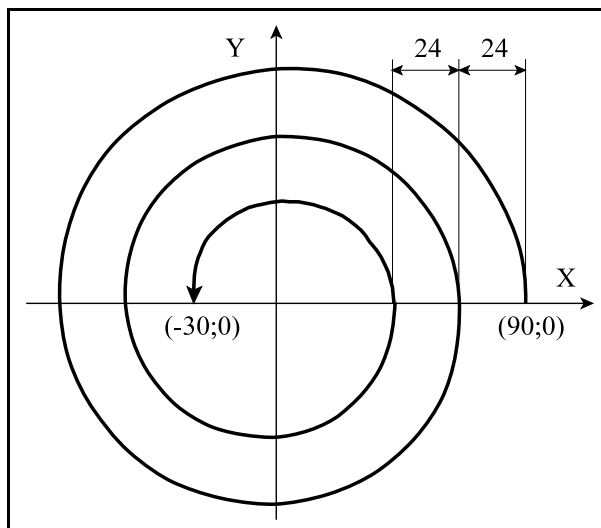


рисунок 4.3.1-2

Если желаем, что по заданному примеру во главе 4.3 Круговая интерполяция (32 страница) устройство ЧПУ не выводило сообщение 2012 Ошибка разницы радиуса в окружности, следует изменить программу так:

```
G17 G90 G0 X50 Y0
G3 X-20 I-50 L1
```

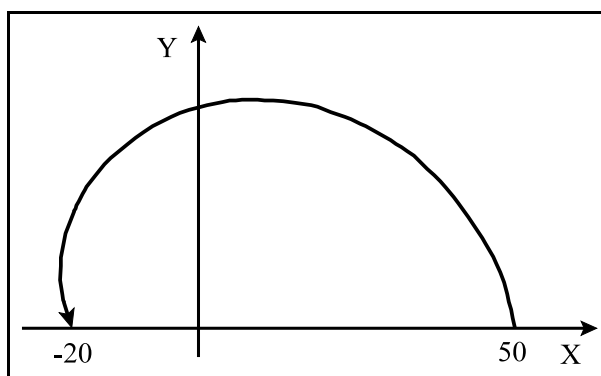


рисунок 4.3.1-3

4.3.2 Цилиндрическая винтовая интерполяция (G2, G3)

Командой G2, или G3 можно запрограммировать цилиндрическую интерполяцию так, что **на оси, перпендикулярной плоскости окружности запрограммировать движение. По адресу L** можно задавать **число оборотов винта**. Перемещение выполняется запрограммированной в кадре, или модальной подачей F.

Формат кадра:

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_P - Y_P - \left\{ \begin{matrix} R \\ I - J \end{matrix} \right\} Z_P - q \dots L - F -$$

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_P - Z_P - \left\{ \begin{matrix} R_- \\ I - K \end{matrix} \right\} Y_P - q \dots L - F -$$

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} Y_P - Z_P - \left\{ \begin{matrix} R_- \\ J - K \end{matrix} \right\} X_P - q \dots L - F -$$

Задание окружности происходит согласно правилам, заданным у круговой интерполяции. Смещение по оси, перпендикулярной плоскости окружности пропорционально смещению вдоль дуги окружности.

К оси, перпендикулярной окружности, можно задавать перемещение для произвольного числа программируемой в канале оси, указанной в формуле выше с буквой q....

По адресу L можно задавать **число оборотов цилиндрического винта**. Каждый заход означает один новый оборот, даже тогда, если после него не последует полный оборот. Адрес **L** представляет собой **положительное целое число**.

В ходе цилиндрической винтовой интерполяции устройство ЧПУ изменяет подъём винтовой линии линейно в зависимости от угла поворота (ϕ) таким образом, чтобы пока совершается оборот, заданный по адресу L и достигается позиция конечной точки, на осях, находящихся вне плоскости окружности, позиция конечной точки соответствовала запрограммированным данным.

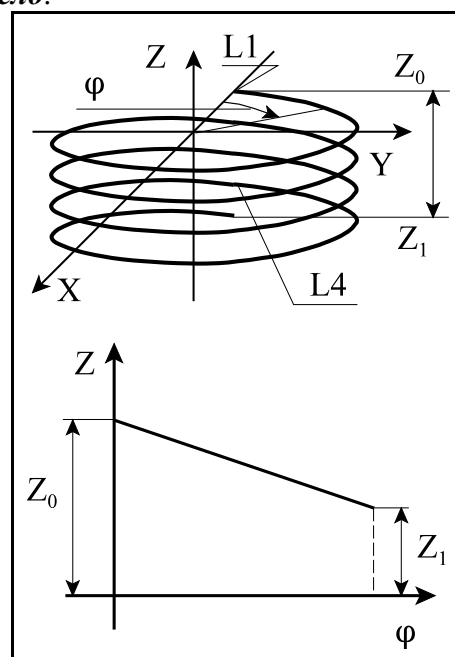


рисунок 4.3.2-1

Примеры:

Цилиндрическую винтовую интерполяцию, показанную на приложенном рисунке, можно задавать следующим образом:

```
G17 G90 G0 X100 Y0 Z0
G03 X0 Y100 Z20 R100 F150
```

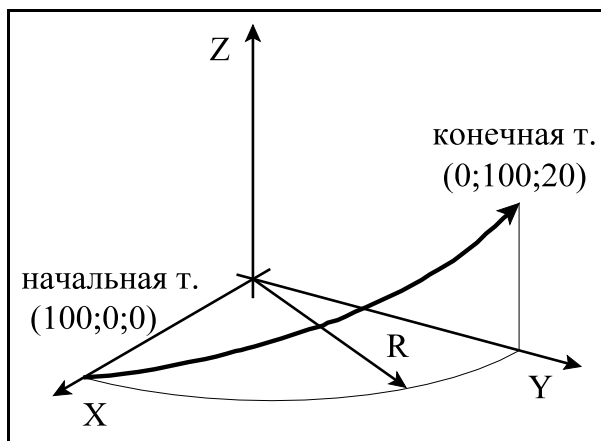


рисунок 4.3.2-2

На боковую поверхность косого цилиндра, показанную на приложенном рисунке, фрезеруется дуга окружности. Ось V параллельна оси Y, которую перемещает устройство ЧПУ вместе с осью Z:

```
G17 G90 G0 X100 Y0 Z0 V0
G03 X0 Y-100 Z50 V20 I-100
```

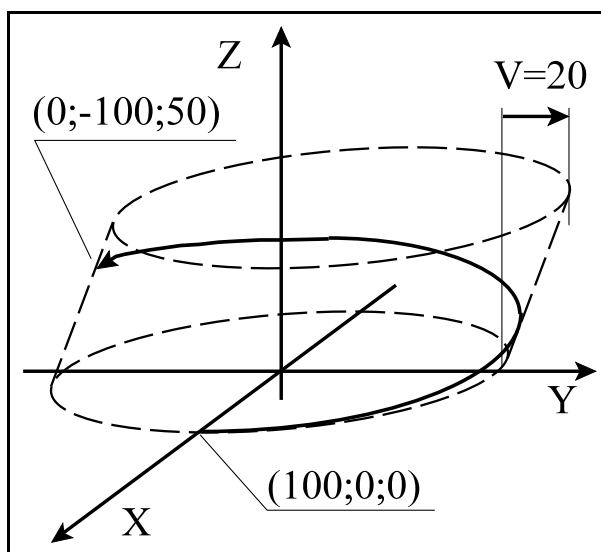


рисунок 4.3.2-3

Запрограммируется цилиндрический винт с 4 оборотами, показанный на приложенном рисунке.

Начальная точка винта X-50 Y0, Z0, точка центра измеряя от начальной точки I-50, J0, подъем винтовой линии за оборот 5, и совершается 4 целых оборотов.

Программа:

```
G54 G17 G90 ...
G0 X-50 Y0
Z0
G2 I50 Z-20 L4 F100
...
```

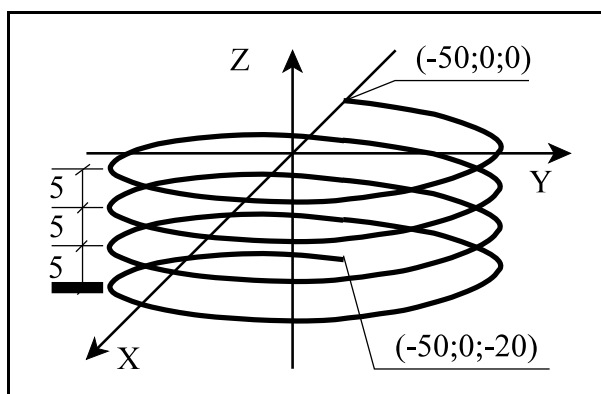


рисунок 4.3.2-4

Заданная по адресу F подача в основном случае достигается **вдоль круговой траектории** при положении бита N1337 Execution Config #3 $HEF=0$. При этом подача по осям получается согласно следующим формулам:

$$F_{iv} = F$$

$$F_q = \frac{L_q}{L_{iv}} F$$

При положении бита $HEF=1$ подача рассчитывается **вдоль круговой траектории**. При этом подача по осям получается согласно следующим формулам:

$$F_{iv} = \frac{L_{iv}}{\sqrt{L_{iv}^2 + L_q^2}} F$$

$$F_q = \frac{L_q}{\sqrt{L_{iv}^2 + L_q^2}} F$$

где L_q : перемещение вдоль оси q,
 L_{iv} : длина дуги окружности,
 F : запрограммированная подача,
 F_q : подача вдоль оси q
 F_{iv} : смещение вдоль дуги окружности

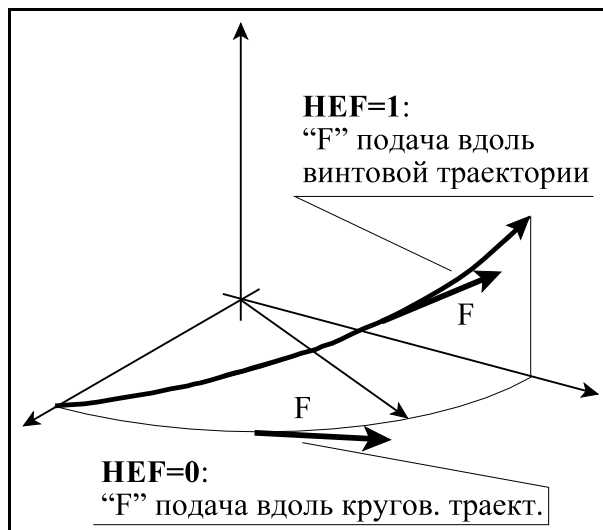


рисунок 4.3.2-5

Заданная **коррекция радиуса инструмента** действительна всегда в плоскости **окружности** вдоль дуги окружности.

В том случае, если **радиус окружности**, заданной в выбранной плоскости **переменный**, интерполяция выполняется вдоль боковой поверхности заданного конуса.

4.3.3 Коническая винтовая интерполяция (G2, G3)

Командой G2, или G3 можно запрограммировать коническую винтовую интерполяцию так, что *запрограммировать движение по оси, перпендикулярной к плоскости окружности. Точка центра и конечная точка окружности* задаётся так, чтобы *радиус начальной точки и конечной точки окружности отличались друг от друга. По адресу L* можно задавать *число оборотов конического винта*. Перемещение выполняется запрограммированной в кадре, или модальной подачей F.

Формат кадра:

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_P_Y_P_I_J_Z_P_q...L_F_$$

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_P_Z_P_I_K_Y_P_q...L_F_$$

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} Y_P_Z_P_J_K_X_P_q...L_F_$$

Значение X_P , Y_P , Z_P как *координата конечной точки винта* задаётся в данной системе координат абсолютными данными, или измеренными от начальной точки инкрементными данными.

К оси, перпендикулярной окружности, можно задавать перемещение для произвольного числа программируемой в канале оси, указанной в формуле выше с буквой q....

По адресу I , J , K задаются *координаты точки центра* конического винта в выбранной плоскости, *измеренные* от начальной точки *инкрементными* данными так, чтобы определённые значениями I , J , K вектор показывал *от начальной точки в точку центра* винта.

Значения I , J , K надо задавать всегда в *радиусе*, даже тогда, если принадлежащие к ним оси установлены для программирования по диаметру.

По адресу L задаётся *число оборотов винта*. Каждый заход означает один новый оборот, даже тогда, если после ним не последует полный оборот. Адрес L *положительное целое число*.

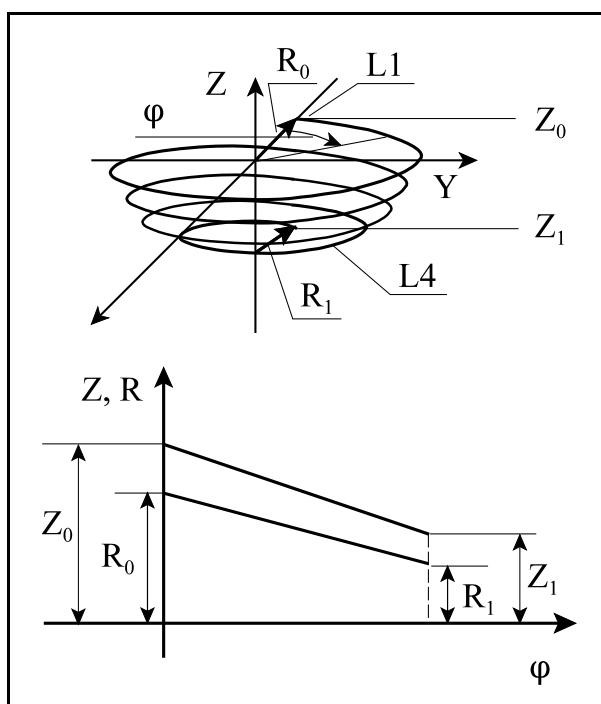


рисунок 4.3.3-1

В ходе конической винтовой интерполяции подъём винтовой линии устройство ЧПУ изменяет в зависимости от угла поворота (ϕ) линейно таким образом, чтобы пока совершается заданный по адресу L оборот и достигается позиция конечной точки, на осях, лежащих вне плоскости окружности, позиция конечной точки соответствовала запрограммированным данным. Вместе с этим устройство ЧПУ линейно изменяет и радиус окружности в зависимости от угла поворота.

Пример:

Запрограммировать конический винт с 4 оборотами, радиус начальной точки которого 50, радиус конечной точки 20 и подъём винтовой линии за оборот 5.

Программа:

```
G17 G90 ...
G0 X-50 Y0
Z0
G2 X-20 I50 Z-20 L4 F100
...
```

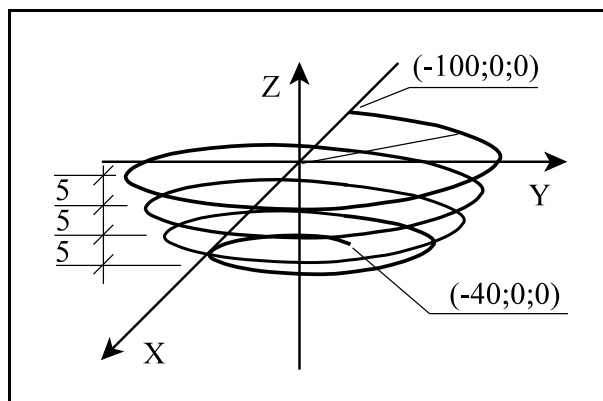


рисунок [4.3.3-2](#)

4.4 Нарезание резьбы с равномерным шагом (G33)

Командой G33 можно запрограммировать нарезание цилиндрической, или конической резьбы с равномерным шагом. Формат кадра:

G33 v F Q

или

G33 v E Q

Для вектора “v” можно записать данные координат не более двух осей. Если для вектора v указаны данные двух координат, устройство ЧПУ нарезает коническую резьбу. Устройство ЧПУ принимает во внимание шаг резьбы для той оси, у которой получается большее перемещение.

Если $\alpha < 45^\circ$, то есть $Z > X$, запрограммированный шаг резьбы принимается во внимание *вдоль оси Z*,

если $\alpha > 45^\circ$, то есть $X > Z$, запрограммированный шаг резьбы принимается во внимание *вдоль оси X*.

Шаг резьбы можно определить двояко:

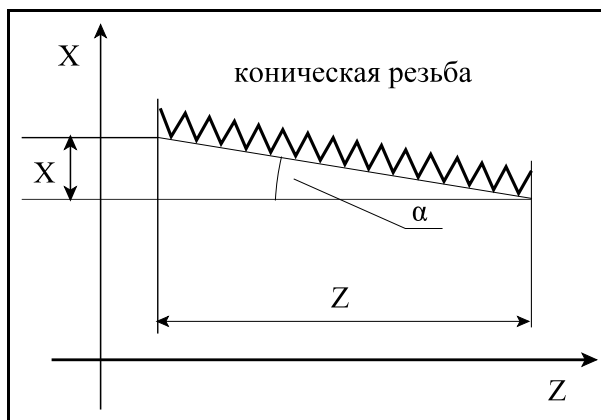


рисунок 4.4-1

Задание шага резьбы по адресу F

Если шаг резьбы задаётся *по адресу F*, тогда данные истолкуются *мм/об*, или *дюйм/об*. Значит, если желаем нарезать резьбу с шагом 2.5 мм, надо запрограммировать F2.5.

Задание шага резьбы по адресу E

Если шаг резьбы задаётся по адресу E, устройство ЧПУ нарезает дюймовую резьбу. Истолкование *адреса E* - это *число витков за дюйм*. Если например, запрограммировать E8, тогда устройство ЧПУ нарезает резьбу с шагом $1/8" = 25.4/8 = 3.175$ мм.

По адресу Q задаётся то значение угла, что *на сколько градусов поворота должен совершить* шпиндель до начала нарезание резьбы, *отсчитывая от нулевого импульса датчика шпинделя*. *Многозаходная резьба* нарезается соответствующим программированием значения *Q*, то есть здесь можно запрограммировать, что при какого угла поворота шпинделя должно начинать устройство ЧПУ разные зарезы. Например, при желании нарезать двузаходную резьбу, первый зарез надо запускать из Q0 (отдельно задавать не надо), а второй зарез - из Q180.

G33 представляет собой модалную функцию. Если запрограммировать один за другой несколько кадров нарезания резьбы, можно нарезать резьбу на произвольную поверхность, ограниченную прямыми



рисунок 4.4-2

Устройство ЧПУ осуществляет синхронизацию в первом кадре по нулевому импульсу датчика шпинделя, и у последующих кадрах уже не выполняет синхронизацию, следовательно подъём винтовой линии выполняется плавно на всех участках. Исходя из этого и запро-

граммированный поворот угла Q шпинделя принимается во внимание только в первом кадре.

Пример для программирования нарезания резьбы:

```
N50 G90 G0 X0 Y0 S100 M4
N55 Z2
N60 G33 Z-100 F2
N65 M19
N70 G0 X5
N75 Z2 M0
N80 X0 M4
N85 G4 P2
N90 G33 Z-100 F2
...
```

Объяснение:

N50, N55: инструмент наводится над точкой центра отверстия, шпиндель запускается в направлении вращения против хода часовой стрелки,

N60: первая операция нарезания резьбы, шаг резьбы 2 мм,

N65: ориентированный останов шпинделя (шпиндель остановится в установленной позиции),

N70: отвод инструмента вдоль оси X,

N75: возвращение инструмент к вершине отверстия, запрограммированный останов, оператор установит инструмент к следующей операции нарезания резьбы,

N80: возвращение к центру отверстия, перезапуск шпинделя,

N85: задержка, чтобы шпиндель набрал соответствующие обороты,

N90: вторая операция нарезания резьбы.

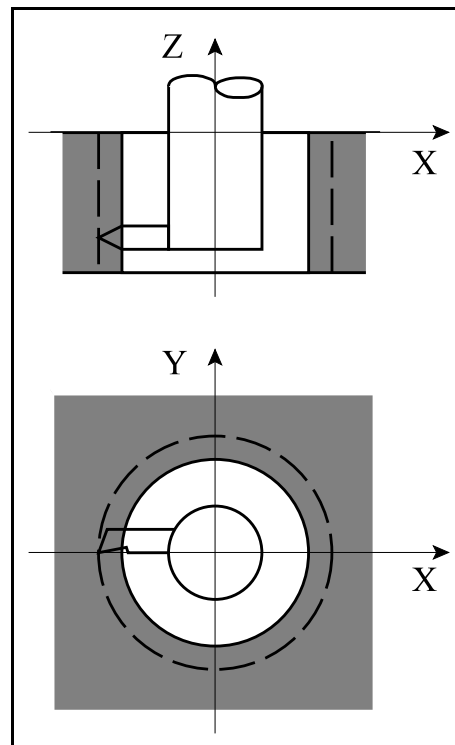


рисунок 4.4-3

☞ **Замечания:**

- Если в кадре нарезания резьбы заполнен адрес и F и E, задаём F0, или E0 устройство ЧПУ выдаёт сообщение об ошибке 2021 Ошибка задания нарезания резьбы.
- В ходе выполнения команды G33 override значение подачи и шпинделя устройством ЧПУ автоматически принимается за 100% и клавиша Stop стой не имеет действия.
- Из-за ошибки слежения сервосистемы в начале и в конце резьбы необходимо оставлять расстояние инструменту для набега и сбеге вне материала, чтобы подъём нарезки был постоянным по всему участку.
- Перед выдачей команды нарезания резьбы надо выключить состояние расчёта постоянной скорости резания (G96).

4.5 Интерполяция полярных координат (G12.1, G13.1)

Интерполяция полярных координат представляет собой такой режим работы устройства ЧПУ, в котором траекторию контура заготовки, описанную в прямоугольной системе координат (Декартова) проходит перемещением одной **линейной** и одной **вращающейся оси**, то есть в ходе перемещения с минуты на минуту пересчитывает траекторию, заданную прямоугольными координатами для траектории, заданной данными полярных координат.

Команда

G12.1 интерполяция полярных координат вкл.

включает режим полярных координат. В последующем за этим фрагменте программы траекторию фрезы можно описывать в

прямоугольной системе координат с программированием одной **линейной** и одной **вращающейся оси** (**виртуальной линейной** оси). Команда выдаётся всегда в отдельном кадре, и рядом с ним нельзя программировать другую команду.

Команда

G13.1 интерполяции полярных координат выкл.

выключает режим полярных координат. Команда выдаётся всегда в отдельном кадре, и рядом с ним нельзя программировать другую команду. Устройство ЧПУ после включения, или reset примет всегда состояние G13.1.

Выбор линейной и вращающейся оси

Перед включением интерполяции полярных координат надо выбрать одну линейную и одну вращающуюся (виртуальную) оси, которые участвуют в интерполяции полярных координат.

Выбор осей выполняется командой выбора плоскости G17, G18, G19.

G17 X_p_ адрес одной вращающейся (виртуальной) оси_

G18 Z_p_ адрес одной вращающейся (виртуальной) оси_

G19 Y_p_ адрес одной вращающейся (виртуальной) оси_

Первая ось выбранной плоскости будет всегда **линейной осью**. Можно выбирать и параллельную ось.

Вращающаяся ось, заданная в команде выбора плоскости будет вращающейся осью интерполяции полярных координат. После этого команда G12.1 ведёт расчёт данными, заданными адресами линейной и вращающейся осей, заданных таким образом.

Например, команда

G17 X_ C_

назначает ось X линейной, а C вращающейся осью.

А команда

G19 Y_ C_

назначает ось Y линейной, а C вращающейся осью.

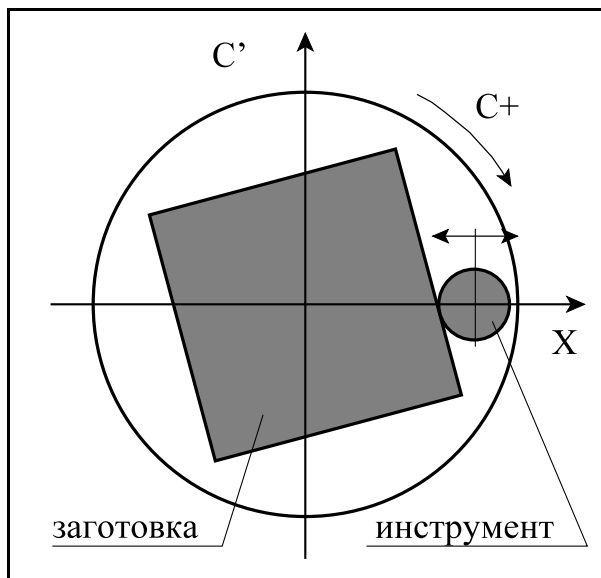


рисунок 4.5-1

Положение нулевой точки заготовки в ходе интерполяции полярных координат

Перед включением интерполяции полярных координат надо выбирать такую систему координат заготовки, в которой **точка центра вращения вращающейся оси совпадает с началом координат линейной оси** полярной интерполяции.

Например, если С вращающаяся ось а Х линейная ось, нулевую точку системы координат так надо выбирать по оси Х, чтобы позиция инструмента $X=0$ совпадала осью вращения (С) круговой оси.

Если точка центра вращения вращающейся оси не совпадает первой осью (линейной осью) выбранной плоскости, другими словами точка центра вращения вращающейся оси не совпадает осью вращения инструмента в направлении, перпендикулярной к линейной оси, обрабатываемая заготовка искажается. Мера искажения будет тем больше, чем ближе подойдёт инструмент к началу координат.

Поскольку в этом направлении совсем нет осей, поэтому это отклонение нельзя компенсировать со смещением нулевой точки.

Параметром N0217 Polar Intp. Comp. Amount можно компенсировать это отклонение. Значение компенсации надо написать **всегда по адресу вращающейся оси** в мм-ах или в дюймах.

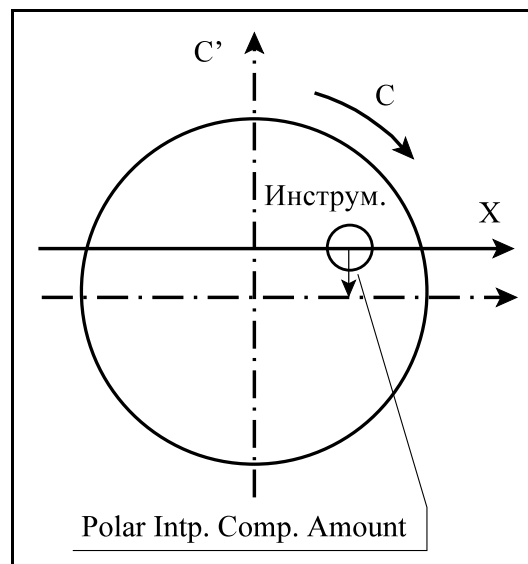


рисунок 4.5-2

Положение осей в момент включения интерполяции полярных координат

Перед включением интерполяции полярных координат (команда G12.1) необходимо позаботиться о том, чтобы **круговая ось находилась** в точке с **позицией 0**. **Позиция линейной оси** может быть и **отрицательной** и **положительной**, но **не может быть 0**.

Программирование данных по длине в ходе интерполяции полярных координат

Во включенном состоянии интерполяции полярных координат программируем данные по длине на обеих осях, принадлежащих к выбранной плоскости: вращающаяся ось, лежащая в выбранной плоскости будет второй (виртуальной) осью. Если например, командой G17 X_ C_ выбрали ось X, C, адрес C можно программировать так, как в случае выбора плоскости G17 X_ Y_ поступили с осью Y.

В интерполяции полярных координат можно применить и функцию G16 программирования в полярных координатах. При этом, по смыслу, по адресу первой оси выбранной плоскости задаётся полярный радиус, а на вращающейся оси - полярный угол.

В основном случае на программирование виртуальной оси не оказывает влияние, что программирование первой оси выполнена ли в диаметре, для виртуальной оси надо задавать данные координат всегда в радиусе. Если например, интерполяция полярных координат происходит в плоскости X C, значение, написанное по адресу C надо задавать в радиусе, независимо от того, что адрес X задаётся в диаметре, или в радиусе.

Перемещение осей, не участвующих в интерполяции полярных координат

Инструмент перемещается по этим осям так, как в нормальном случае, независимо от включенного состояния интерполяции полярных координат.

Программирование круговой интерполяции в ходе интерполяции полярных координат

Во включенном состоянии интерполяции задание окружности возможно уже известным образом, радиусом, или программированием координат точки центра окружности. Если выбрать это последнее, адреса I, J, K, согласно выбранной плоскости, надо использовать следующим образом:

G17 X_p_ адрес одной вращающейся (виртуальной) оси _ I _ J _

G18 Z_p_ адрес одной вращающейся (виртуальной) оси _ I _ K _

G19 Y_p_ адрес одной вращающейся (виртуальной) оси _ J _ K _

Использование коррекции радиуса инструмента в случае интерполяции полярных координат

Команды G41, G42 можно использовать обычным образом во включенном состоянии интерполяции полярных координат. Следите за тем, чтобы в группе коррекции вращающегося инструмента код позиции инструмента должен быть Q=0. К его использованию относятся следующие ограничения:

Включение интерполяции полярных координат (команда G12.1) возможно только в состоянии G40,

Если в состоянии G12.1 включить G41, или G42, перед выключением интерполяции полярных координат (команда G13.1) надо запрограммировать G40.

Ограничения программирования в ходе интерполяции полярных координат

А Во включенном состоянии интерполяции нельзя пользоваться следующими командами:

- смена плоскости: G17, G18, G19,
- трансформации координат: G52, G92,
- смена системы координат заготовки: G54, ..., G59,
- позиционирование в станочной системе координат : G53
- приём референтной точки G28, G30 Pp: 2. 3. 4. Набег на референтную точку,
- измерение с удалением остаточного хода G31.

Подача в ходе интерполяции полярных координат

Истолкование подачи во включенном состоянии интерполяции полярных координат происходит привычным при прямоугольной интерполяции образом, в качестве скорости вдоль траектории: она укажет относительную скорость заготовки и инструмента.

В ходе интерполяции полярных координат заданную в системе прямоугольной системы координат траектория исполняется перемещением одной линейной и одной вращающейся осями. Как точка центра инструмента приближается к оси вращения круговой координаты, так вращающаяся ось должна бы всё больше и больше шага совершить за единицу времени для того, чтобы скорость вдоль траектории осталась постоянной. Однако, скорость круговой оси ограничивается максимальной скоростью, допускаемой для вращающейся оси, и определённой параметром. Поэтому вблизи начала координат устройство ЧПУ постепенно уменьшает подачу вдоль траектории, чтобы скорость вращающейся оси не увеличивалась беспрестанно.

Приложенный рисунок показывает тот случай, когда запрограммируем прямые (1, 2, 3, 4), параллельны оси X. К запрограммированной подаче принадлежит перемещение Δx за единицу времени. К перемещению Δx в случае разных прямых (1, 2, 3, 4) принадлежат разные угла поворота ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$). Видно, что чем ближе проходит обработка к началу координат, тем больше угла поворота должна совершить вращающаяся ось за единицу времени, чтобы сумела придерживаться к запрограммированной подаче.

Если в таком случае угловая скорость превосходит значение, установленное для вращающейся оси параметром N0305 Max Feed, устройство ЧПУ постепенно уменьшает подачу вдоль траектории.

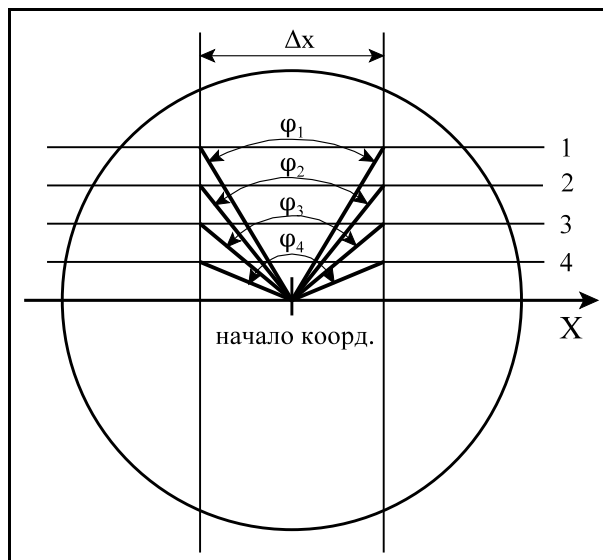


рисунок 4.5-3

Образцовый пример

В следующем описываем показательный пример к использованию интерполяции полярных координат. Участвующие в интерполяции оси: X (линейная ось) и C (вращающаяся ось). Программирование **оси X** выполняется в **диаметре**, а **оси C** в **радиусе**.

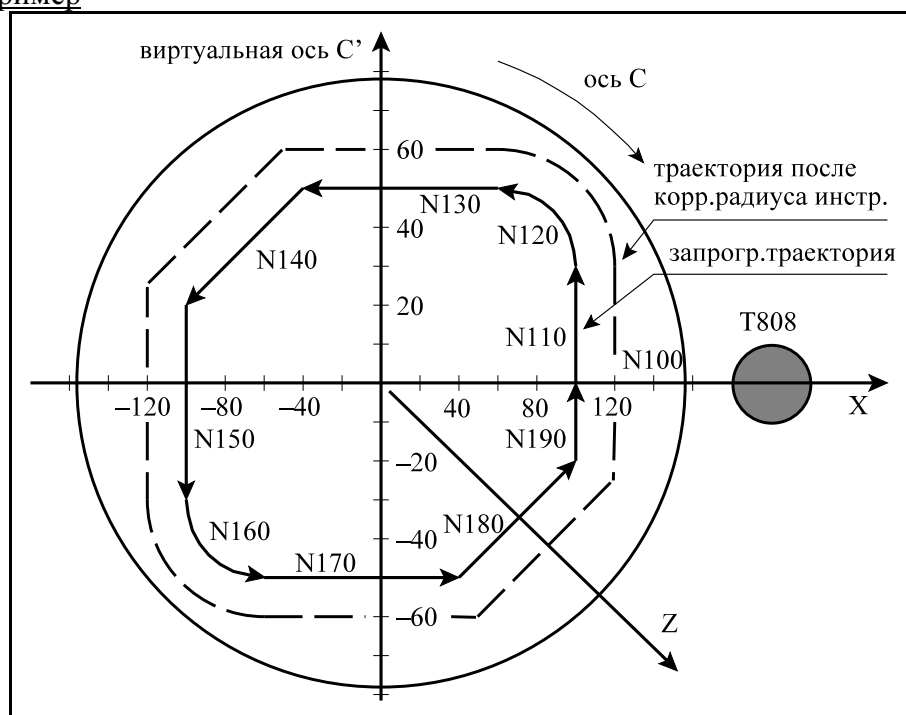


рисунок 4.5-4

...

N050 T808

N060 G59

N070 G17 G0 X200 C0

N080 G94 Z-3 S1000 M3

N090 G12.1

(Точка начала системы координат G59 в направлении X есть ось вращения для C)
(Выбор плоскости X, C; позиционирование $X \neq 0$, на координату $C=0$)

(интерполяция полярных координат вкл.)

4.5 Интерполяция полярных координат (G12.1, G13.1)

```
N100 G42 G1 X100 F1000
N110 C30
N120 G3 X60 C50 I-20 J0
N130 G1 X-40
N140 X-100 C20
N150 C-30
N160 G3 X-60 C-50 R20
N170 G1 X40
N180 X100 C-20
N190 C0
N200 G40 G0 X150
N210 G13.1 (интерполяция полярных координат выкл.)
N220 G0 Z100 (отвод инструмента )
... .
```

4.6 Цилиндрическая интерполяция (G7.1)

Если нужно профрезеровать в боковую поверхность цилиндра траекторию лекала, применяем цилиндрическую интерполяцию. При этом должны совпадать осевая линия цилиндра и с осью вращения вращающейся оси.

Программу описываем как программирование *линейной оси, параллельной осевой линией цилиндра и круговой оси, вращающий цилиндр*. В программе перемещение *вращающейся оси* задаётся в единицах угла, в *градусах*, который устройство ЧПУ пересчитывает вдоль боковой поверхности в зависимости радиуса цилиндра в длину дуги, в мм, или дюйм. Перемещение, получаемое после интерполяции преобразует назад в поворот угла для вращающейся оси.

Подачу F , заданную во время цилиндрической интерполяции принимается во внимание всегда *вдоль боковой поверхности цилиндра*.

Команда

G7.1 Qr цилиндрическая интерполяция
 вкл.

включает цилиндрическую интерполяцию, где

Q: адрес вращающейся осей, участвующей в цилиндрической интерполяции
r: радиус цилиндра.

Если например, ось “А” является вращающейся осью, участвующей в цилиндрической интерполяции, и радиус цилиндра 50 мм, тогда цилиндрическую интерполяцию можно включить командой G7.1 A50.

В фрагменте программы, последующей после этого можно описать траекторию, профрезеруемую в боковую поверхность цилиндра заданием линейной и круговой интерполяции. На продольной оси координата задаётся всегда в мм-ах, или в дюймах, а на вращающейся оси - всегда в °-ах.

Команда

G7.1 Q0 цилиндрическая интерполяция выкл.

выключает цилиндрическую интерполяцию, то есть код G тот же самый, как при включении, только надо записать в адрес вращающейся оси 0.

Цилиндрическую интерполяцию (G7.1 A50) включенную согласно вышеуказанному примеру можно выключить командой G7.1 A0.

Устройство ЧПУ после включения, конец программы или reset всегда примет состояние цилиндрическая интерполяция выкл.

Команду G7.1 надо задавать в отдельном кадре.

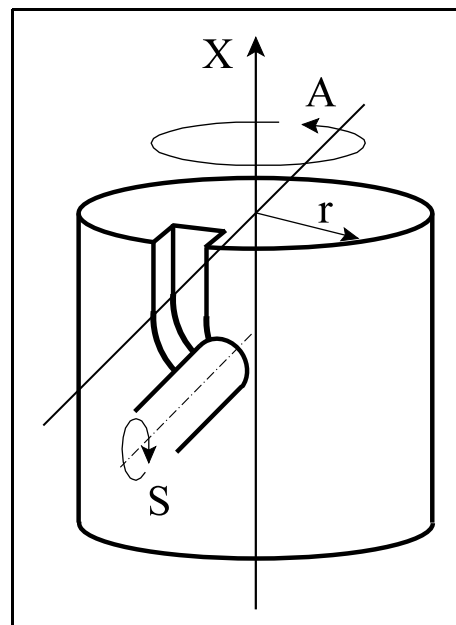


рисунок 4.6-1

Выбор линейной и вращающейся оси

Перед включением цилиндрической интерполяции нужно выбирать одну линейную и одну вращающуюся ось, которые представляют собой оси, участвующие в цилиндрической интерполяции.

Выбор осей выполняется командой выбора плоскости G17, G18, G19.

G17 X_p_, или Y_p_ и адрес одной вращающейся оси_

G18 X_p_, или Z_p_ и адрес одной вращающейся оси_

G19 Y_p_, или Z_p_ и адрес одной вращающейся оси_

Цилиндрическая интерполяция истолкует направления круговой интерполяции G2, G3 и направление коррекции радиуса инструмента (G41, G42) на основании выбранной плоскости и принадлежащей к ней линейной оси. Круговая ось будет второй осью плоскости. Можно выбирать и параллельную ось.

Например, пусть будет ось X параллельна осевой линии цилиндра и пусть будет ось “A” осью вращения цилиндра. При этом перед включением цилиндрической интерполяции или командой

G17 X_ A_

или командой

G18 Z_ A_

можно выделить линейную и вращающуюся ось.

Круговая интерполяция

В режиме цилиндрической интерполяции возможно задание круговой интерполяции, однако только заданием радиуса R.

В случае цилиндрической интерполяции нельзя выполнить круговую интерполяцию заданием точки центра окружности (I, J, K).

Радиус окружности истолкуется всегда в мм-ах, или в дюймах, никогда не в градусах.

Круговую интерполяцию, например между осями X и “A” можно задавать двояко:

G17 X_ A_

G18 A_ X_

G2 X_ A_ R_

G3 A_ X_ R_

G3 X_ A_ R_

G2 A_ X_ R_

При желании описать ту же траекторию, выбором плоскости G17 и G18 направления окружностей можно поменять друг с другом.

Использование коррекции инструмента в случае цилиндрической интерполяции

Команду G41, G42 можно использовать привычным образом во включенном состоянии цилиндрической интерполяции. К её использованию относятся следующие ограничения:

- Включение цилиндрической интерполяции возможно (команда G7.1 Qr) только в состоянии G40,
- Если в состоянии цилиндрической интерполяции включили G41, или G42, перед выключением цилиндрической интерполяции (команда G7.1 Q0) надо программировать G40.

Ограничения программирования в ходе цилиндрической интерполяции

Во включенном состоянии цилиндрической интерполяции нельзя использовать следующие команды:

- выбор плоскости: G17, G18, G19,

- трансформации координат: G52, G92,
- смена системы координат заготовки: G54, ..., G59,
- позиционирование в станойной системе координат: G53,
- круговая интерполяция заданием точки центра окружности (I, J, K),
- циклы сверления.

Образцовый пример

Фрезеровать на боковую поверхность цилиндра с радиусом $R=28.65$ мм траекторию с глубиной 3 мм, показанную на приложенном рисунке. Фреза Т параллельна оси Z.

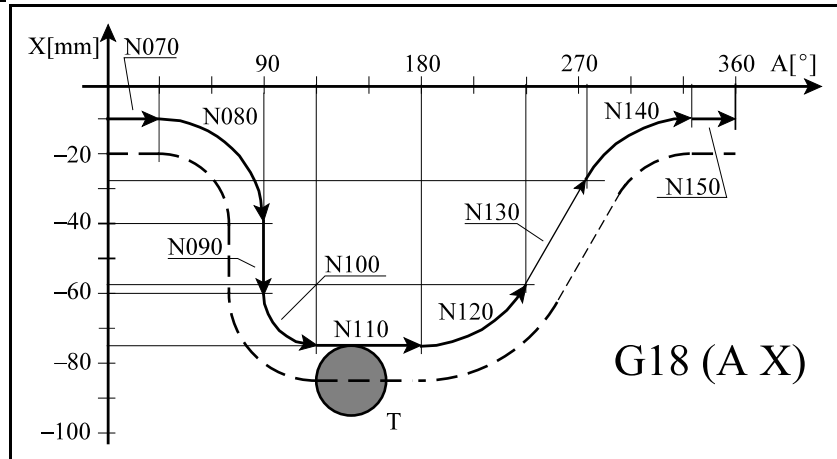


рисунок 4.6-2

Перемещение, выходящее на один градус (1°) боковой поверхности цилиндра:

$$28.65\text{mm} \cdot \frac{1^\circ}{180^\circ} \cdot \pi = 0.5\text{mm}$$

Расположение осей, показанное на рисунке соответствует выбору плоскости G18.

(ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ)

```

...
N30 G0 Y0
N40 G18 X-20 A0          (G18: выбор плоскости A-X)
N40 G1 Z25.65 F500       (глубина врезания 3 мм)
N50 G7.1 A28.65          (включение цилиндрической интерполяции,
                          вращающаяся ось: A, радиус цилиндра
                          28.65 мм)

N60 G1 G42 X-10 F500 D1
N70 A30
N80 G2 X-40 A90 R30
N90 G1 X-60
N100 G3 X-75 A120 R15
N110 G1 A180
N120 G3 X-57.5 A240 R35
N130 G1 X-27.5 A275
N140 G2 X-10 A335 R35
N150 G1 A360
N160 G40 X-20 (A380)
N170 G7.1 A0            (выключение цилиндрической интерполя-
                          ции)

N180 G0 Z100
...

```

4.7 Гладкая интерполяция (G5.1 Q2)

В случае линейной интерполяции в случае G1 программист может выбирать между *двумя способами обработки*:

1-й случай:

У таких деталей, или таких части деталей, где точная по программе форма существенная, как например, при углах, плоских поверхностях, обработка выполняется точно согласно командам, заданным в программе (устройство ЧПУ перемещается всегда по прямой траектории),

2-й случай:

У таких деталей, или таких части деталей, у которых программа приближается к кривой траектории прямыми участками, и требуется гладкая поверхность, устройство ЧПУ соединяет заданные точки не прямыми участками, а проводит кривую между точками.

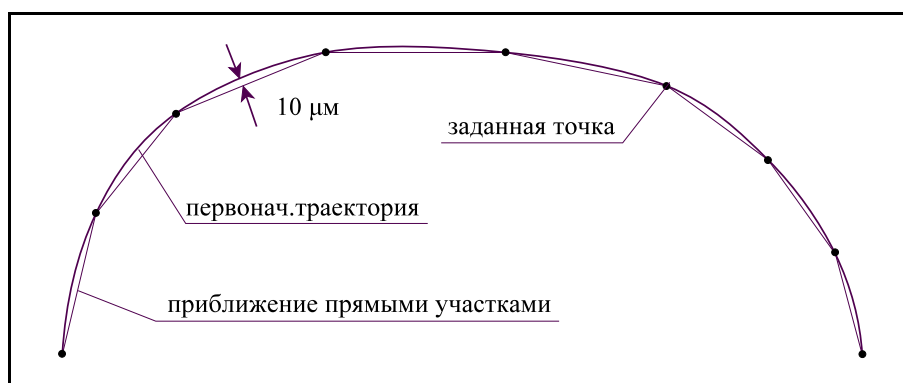


рисунок 4.7-1

Когда приходится обработать сложные поверхности, например, в ходе изготовления металлических формовок, программа обычно приближается к траектории мелкими, прямыми участками. Проектирующие системы устанавливают длину прямых участков так, чтобы расхождение между прямой и кривой траектории не превысило заданного значения (например, 0,01 мм). Когда приближаемся к поверхности прямыми участками, там, где радиус кривизны траектории маленький, заданные прямые участки короткие будут, а там, где радиус кривизны большой, прямые участки длиннее будут.

Когда такие поверхности обрабатываются в высокоскоростном высокоточном режиме (NSNP), устройство ЧПУ старается как можно наибольшей точностью следовать за линией запрограммированной траектории. Вследствие этого поверхность не будет гладкой, между прямыми участками видны будут переломы. Это является нормальным побочным действием обработки.

Гладкая интерполяция была введена для устранения описанного выше явления.

Команда

G5.1 Q2 X0 Y0 Z0 гладкая интерполяция вкл.

включает гладкую интерполяцию. Команда заодно включает и режим многократной предварительной кадров и режим высокоскоростной высокоточной обработки.

Гладкая обработка траектории между кадрами G1 выполняется вдоль осей, заданных в команде G5.1. В команде можно выделить вместо осей X, Y, Z и параллельную им линейную ось.

При этом точки, заданные в кадрах G1 соединяются не прямыми, а с помощью Bezièr spline третьей степени. Это потребуется тогда, если необходимо “разгладить” поверхность, чтобы исчезли переломы между хордами, описывающими поверхность.

Включение гладкой интерполяции заодно **увеличивает и скорость выполнения программы**, так как вдоль разглаженной траектории оси могут большей скоростью перемещаться.

Команда

G5.1 Q0 гладкая интерполяция и NSNP выкл.

выключает гладкую интерполяцию и режим высокоскоростной высокоточной обработки.

Команда

G5.1 Q1 гладкая интерполяция выкл.

выключает гладкую интерполяцию, но оставляет включенным режим высокоскоростной высокоточной обработки.

После включения устройства ЧПУ, после конца программы, или reset всегда **выключается** гладкая интерполяция.

Выделение осей, участвующих в гладкой обработке

Если не программировать в кадре G5.1 Q2 адрес оси, то вдоль всех запрограммированных, линейных осей выполняется гладкая обработка.

В кадре G5.1 Q2 значения (например, 0), написанные в адрес осей, не имеют никакого действия, устройство ЧПУ по ним не выполняет никакого движения, оно выделяет лишь участвующие в гладкой обработке оси.

Если поверхность описывает программа например, перемещаясь по плоскости XZ и вдоль Y только шагает, тогда надо писать в программу G5.1 Q2 X0 Z0, так как гладкую обработку надо выполнять только в плоскости XZ.

Если поверхность описывает программа вдоль 3-х осей, например, перемещаясь по плоскости XY вдоль прямой под 45 градусов, причём перемещает и Z, тогда надо писать в программу G5.1 Q2 X0 Y0 Z0.

Условия включения гладкой интерполяции:

G94: поминутная подача

Устройство ЧПУ выполняет гладкую интерполяцию при одновременном присутствии следующих случаев:

- в случае кадров G1, содержащих линейную интерполяцию,
- в состоянии G40
- в состоянии G64 непрерывного точения
- в состоянии G80

Устройство ЧПУ отложит гладкую интерполяцию, временно, в следующих случаях:

- Если выполняется код интерполяции, отличающегося от G1 (например: G0, G2, G3, G33). При этом перемещается согласно коду по прямой, или круговой траектории,
- Если выполняется код G43, или G44,
- Если набегит на код G, или M, отложивший предварительную обработку кадров (например: G53), в кадре перед кодом перемещается по прямой траектории.

Параметры, воздействующие на гладкую интерполяцию

Гладкая интерполяция автоматически включается и выключается под действием перечисленных ниже параметров.

Параметр N3100 Max. Distance of a Block

Если длина прямого участка, заданного кодом G1 больше, чем значение, заданное параметром N3100 Max. Distance of a Block, на этот участок отложится гладкая обработки и выполняется линейная интерполяция.

Если на данном участке приходится фрезеровать длинные поверхности, этот параметр следует установить под длину плоскости.

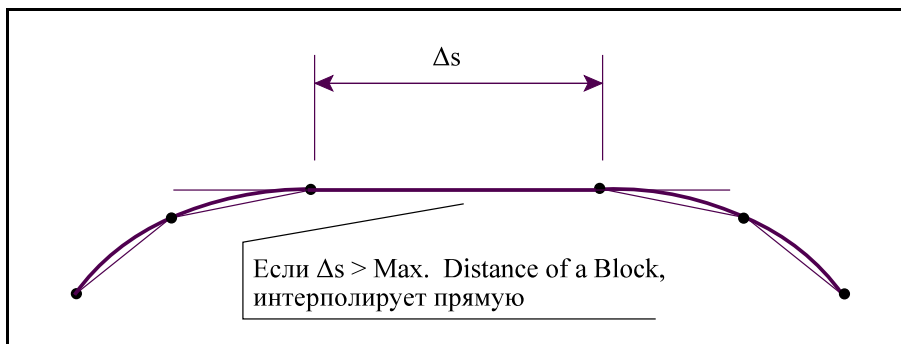


рисунок 4.7-2

Параметр N3101 Min. Distance of a Block

Если длина прямого участка, заданного кодом G1 меньше, чем значение, заданное параметром N3101 Min. Distance of a Block, на этот участок отложится гладкая обработка и выполняется линейная интерполяция.

Если на заготовку приходится фрезеровать мелкую ступень, параметр следует поправить под высоту ступени.

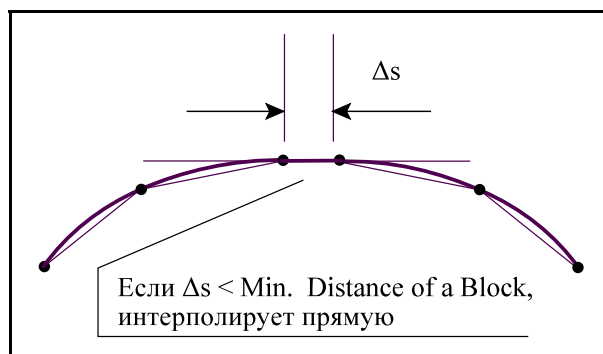


рисунок 4.7-3

Параметр N3102 Angle Cancelling Smooth

Если угол, образованный двумя прямыми участками, заданными последующими друг за другом кодами G1 превышает значение, установленное параметром N3102 Angle Cancelling Smooth, на две участки отложится гладкая обработка.

Если на поверхности заготовки нужно обработать определённую линию перелома с заданным углом, этим параметром можно установить отложение гладкой обработки и обработку линии перелома.

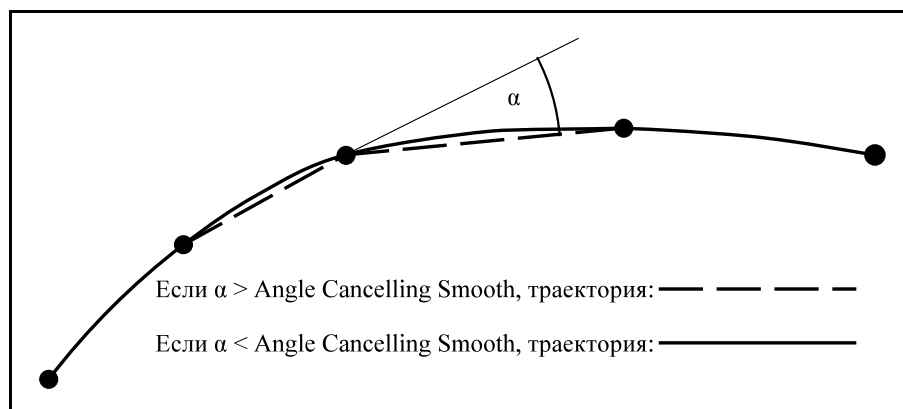


рисунок 4.7-4

N3103 Параметр Accuracy

Он служит для установки уровня точности во включенном состоянии высокоскоростного, высокоточного слежения за траекторией (BCVT).

Он стягивает запрограммированные, короткие, прямые перемещения (кадры G01) по осям до тех пор, пока величина (абсолютное значение) перемещения на одной из осей не превышает значения, установленного параметром, затем стянутые таким образом перемещения выдаёт целиком.

Если значение параметра 0.01, наименьшее перемещение, выданное устройством ЧПУ для станка составляет 0.01 мм.

Например, рассмотрим следующую программу:

```
G90 G1
...
N2500 X25.432 Y47.847
N2510 X25.434 Y47.843
N2520 X25.437 Y47.839
N2530 X25.439 Y47.835
N2540 X25.440 Y47.831
N2550 X25.442 Y47.827
```

В примере выше перемещение вдоль оси Y в кадрах N2500 и N2530 больше 47.835–47.847=–0.012, что уже превышает установленного параметром значения. Поэтому устройство ЧПУ перемещается так, как будто вычеркнули из программы строки N2510, N2520:

```
G90 G1
...
N2500 X25.432 Y47.847
N2530 X25.439 Y47.835
N2540 X25.440 Y47.831
N2550 X25.442 Y47.827
```

Установленное здесь значение влияет и на подачу, так как чем меньшее значение задаётся,

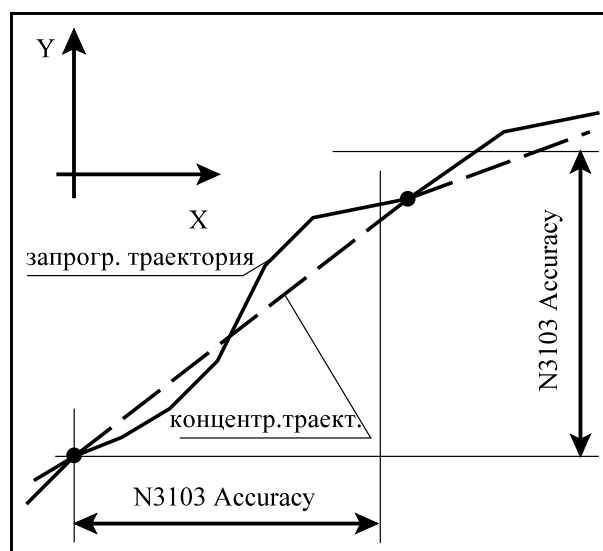


рисунок 4.7-5

тем меньшей подачей перемещается инструмент на коротких участках.

В режиме по кадрам останавливается всегда после стягивания кадров.

Параметр N3104 Max. Tolerance of Smooth

Число, написанное на параметр показывает, что в ходе гладкой обработки запрограммированного прямого участка максимально на сколько может отклоняться траектория гладкой обработки от прямой. Если отклонение получится больше заданного значения, на данном участке выполняется не гладкая обработка, а линейная интерполяция.

На этот параметр целесообразно написать то значение точности (например 0.01 мм), которое задавали в САМ-е, когда образовали программу деталей.

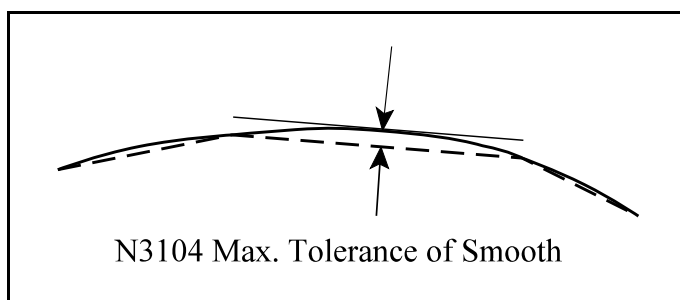


рисунок 4.7-6

Параметр N3105 Min. Tolerance of Smooth

Число, написанное на параметр показывает, что а в ходе гладкой обработки запрограммированного прямого участка максимально на сколько может отклоняться траектория гладкой обработки от прямой. Если отклонение получится меньше заданного значения, на данном участке выполняется не гладкая обработка, а линейная интерполяция.

Замечание!

В случае установки интерполяции гладкой обработки, соответствующей параметрам выше, это может не только улучшить качество поверхности, но и воздействует и на скорость обработки.

Установка параметра, суживающая гладкую обработку, уменьшает скорость обработки, то есть увеличивает штучное время, а установка параметра, разрешающая больше гладкую обработку, увеличивает скорость обработки, то есть уменьшает штучное время.

4.7.1 Тонкое сглаживание (G5.1 Q3)

Тонкое сглаживание отличается от нормальной гладкой интерполяции в том, что пока при нормальном сглаживании траектория всегда обязательно проходит через запрограммированные точки, в то же время **при тонком сглаживании устройство ЧПУ переносит запрограммированные точки в определённых пределах** в интересах того, чтобы перемещение и траектория получились как можно гладкими, время прохода было по мере возможности кратчайшим.

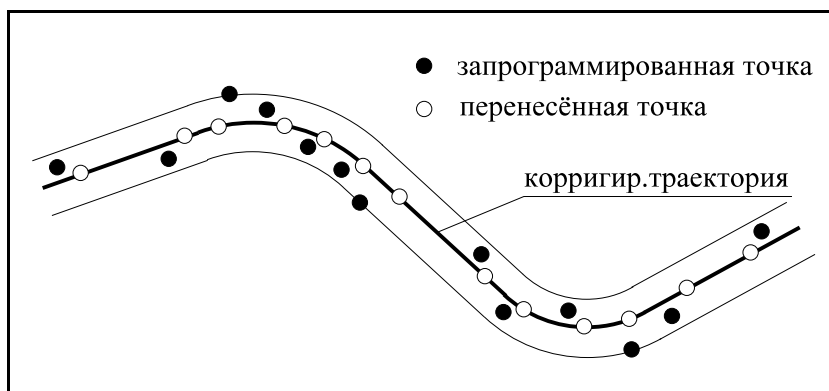


рисунок 4.7.1-1

Команда

G5.1 Q3 X0 Y0 Z0 тонкое сглаживание вкл.

включает тонкое сглаживание. Командой включается заодно и режим многократной предварительной обработки кадров и режим высокоскоростной высокоточной обработки (BCBT).

Команда

G5.1 Q0 тонкое сглаживание и BCBT выкл.

выключает гладкую интерполяцию и режим высокоскоростной высокоточной обработки.

Команда

G5.1 Q1 тонкое сглаживание выкл.

выключает гладкую интерполяцию, но оставляет включенным режим высокоскоростной высокоточной обработки.

Устройство ЧПУ после его включения, конца программы, или после reset всегда **выключает** тонкое сглаживание.

В случае тонкого сглаживания

к выделению осей,

к условиям включения

к его отложению

относятся те же правила, как к нормальной гладкой интерполяции.

Во включенном состоянии тонкого сглаживания нельзя включить, или выключить коррекцию по длине. В противном случае устройством ЧПУ выводится сообщение “2188 G<код> не разрешено при тонком сглаживании”.

Правильно	Ошибочное
... G43 X Y Z B C G5.1 Q3 X0 Y0 Z0 B0 C0 (тонкое сглаживание вкл.) G1 X Y Z B C G5.1 Q0 тонкое сглаживание выкл.) G49 ...	... G5.1 Q3 X0 Y0 Z0 B0 C0 (тонкое сглаживание вкл.) G43 X Y Z B C G1 X Y Z B C G49 G5.1 Q0 (тонкое сглаживание выкл.) ...

В ходе тонкого сглаживания в режиме по кадрам оно остановится всегда в корригированной точке, и не в запрограммированной.

Параметры

N3100 Max. Distance of a Block

N3101 Min. Distance of a Block

N3102 Angle Cancelling Smooth

N3103 Accuracy

при гладкой интерполяции (G5.1 Q2) **действительны и для тонкого сглаживания (G5.1 Q3)**, согласно описанию в предыдущей главе.

Для тонкого сглаживания введены следующие новые параметры.

N3106 Parametp Tolerance of Smooth2

В случае тонкого сглаживания (G5.1 Q3) изменённая траектория остаётся в пределах этой точности и после переноса запрограммированных конечных точек кадров.

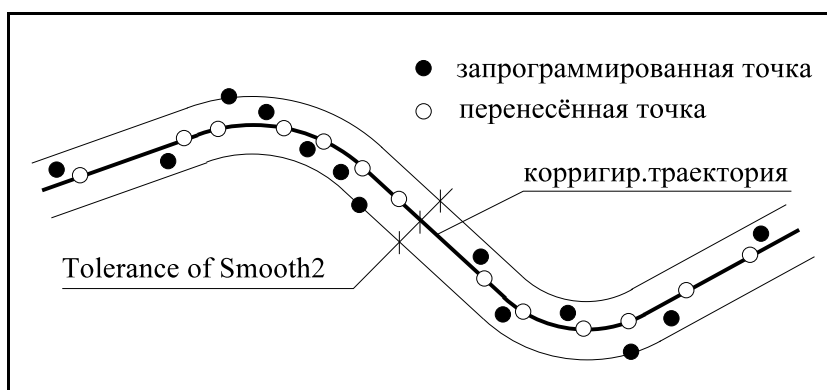


рисунок 4.7.1-2

Замечание: В случае тонкого сглаживания устройством ЧПУ используются приведенные выше параметры вместо параметров N3104 Max. Tolerance of Smooth и N3105 Min. Tolerance of Smooth.

N3107 Parametp Dist. Cancelling of Angular Calc. in Smooth2

Если из-за какой-то неточности расчёта САМ вставляется такой короткий участок между точками, который приводит к большому изменению направления вдоль траектории, тем

самым параметром можно устранить изменения направления.

В ходе тонкого сглаживания (G5.1 Q3) участок, короче этого, обязательно разгладится, не зависимо от значения параметра N3102 Angle Cancelling Smooth, то есть прекращает изменения направления траектории. Заданное значение не должно быть больше двойного значения параметра N3106 Tolerance of Smooth2!

Этот параметр действует только тогда, если его значение больше, чем значение параметра N3103 Assurасу, выполняющего стягивание кадров.

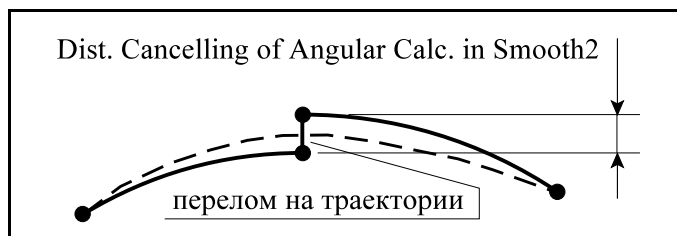


рисунок 4.7.1-3

Тонким сглаживанием G5.1 Q3 можно пользоваться и в ходе обработки по 5D вместе с проведением точки центра инструмента. Описание этого находится во главе “[25.18](#) Гладкая интерполяция в случае проведения точки центра инструмента” на странице [443](#).

5 Данные координат

5.1 Абсолютное и инкрементное программирование (G90, G91), оператор I, адрес U, V, W

Входные данные координат можно задавать как абсолютные значения и как значения с приращением. При абсолютном задании данных необходимо задавать устройству ЧПУ координаты конечной точки, а при данных с приращением - расстояние, совершаемое в кадре.

G90: Программирование с абсолютным заданием данных

G91: Программирование с заданием данных с приращением

Функции G90, G91 являются модалными. При включении устройство ЧПУ решает на основании бита #7 G91 параметра N1300 DefaultG1, какое состояние принять. В конце программы, или под действием reset действовать будет также код, установленный параметром.

Перемещение в абсолютную позицию возможно только после приёма референтной точки.

Пример:

На основании рисунка можно запрограммировать движение двояко:

```
G90 G01 X20 Y50
G91 G01 X-40 Y30
```

Оператор I действует в состоянии абсолютного задания данных G90. *Он относится только к той координате, после адреса которой стоит.*

Значение: модалные данные.

Приведённый выше пример можно решать и следующим образом:

```
G90 G01 XI-40 YI30
G01 X20 YI30
G01 XI-40 Y50
```

В случае использования *многосимвольного названия оси*, если название *заканчивается на число*, например, в случае оси X2, оператор I надо ставить после знака = :

```
X2=I100
```

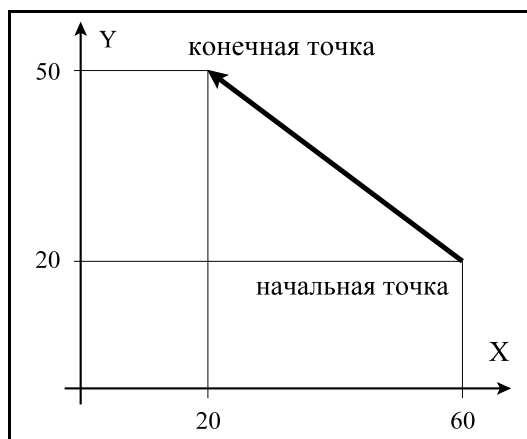


рисунок 5.1-1

Если не назначены осями **адреса U, V, W**, тогда можно их использовать для обозначения инкрементных движений в направлении X, Y, Z:

	адрес абсолютной команды	адрес инкрементной команды
команда движения в направлении X	X	U
команда движения в направлении Y	Y	V
команда движения в направлении Z	Z	W

Принимая во внимание вышеописанных, показательный пример:

```
G90 G01 U-40 V30
G01 X20 V30
G01 U-40 Y50
```

5.2 Преобразование дюймы/метрические единицы (G20, G21)

Входящие данные можно задавать хоть в метрической, хоть в дюймовой системе мер, программированием соответствующего кода G.

G20: Выбор дюймовой системы мер.

G21: Выбор метрической системы мер.

Выбранная система мер остаётся в силу до выдачи команды с противоположным значением, значит, коды G20, G21 модальные.

При включении на основании бита #3 G20 параметра N1300 DefaultG1 решает устройство ЧПУ, какое состояние принять им. В конце программы, или под действием reset действует код, установленный также параметром.

Например:

```
G21 G0 G54 X20 Y10 Z50 (позиционирование на X=20, Y=10, Z=50 мм)
```

```
G20 X2 Y3 Z1 (позиционирование на X=2, Y=3, Z=1 дюйм)
```

Изменение системы мер влияет на следующие позиции:

- Данные координат и коррекций, (мм/дюйм)
- Подача (мм/мин, дюйм/мин, мм/об, дюйм/об),
- Постоянная скорость резания (м/мин, feet/мин),
- Значения позиции, коррекции, смещения нулевой точки и подачи выводятся на индикатор всегда в выбранной системе мер,
- При чтении макропеременных (смещение, данные позиции и т. д.) данные прочитываются всегда в выбранной системе мер,
- Величина шага инкрементного jog и маховичка,
- Подача ручного перемещения (jog).

5.3 Программирование по диаметру, или по радиусу

В случае использования токарных функций в фрезерном канале сечение обрабатываемых заготовок обычно круглое, измерением диаметра заготовки можно проверить, итак размеры на отдельных осях целесообразно задавать диаметром. Для того, чтобы устройство ЧПУ истолковало размер в данной оси в диаметре, или в радиусе, можно это задавать в бите #0 DIA параметра N0106 Axis Properties, по осям:

в случае **программирования в радиусе:**

#0 DIA=0

в случае **программирования в диаметре:**

#0 DIA=1

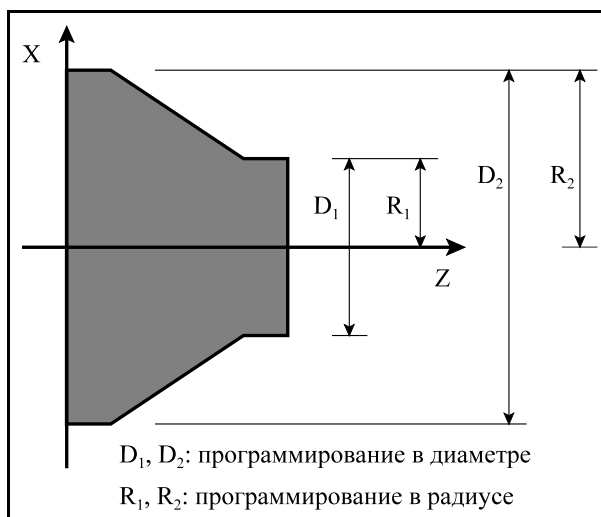


рисунок 5.3-1

Если параметр установлен для программирования диаметра, следует учитывать следующие:

случай	замечание
команда абсолютного движения	задаётся в диаметре
команда инкрементного движения	задаётся в диаметре (на рисунке $D_2 - D_1$)
смещение координат и нулевой точки	задаётся в диаметре
коррекция по длине инструмента	задаётся в диаметре
Параметры, относящиеся к осям, работающим по диаметру в цикле, как например глубина врезания	задаётся всегда в радиусе
при задании круговой интерполяции значения R и I, J, K	задаётся всегда в радиусе
отображение позиции оси	задаётся в диаметре
подача в направлении оси, истолкованной по диаметру	всегда радиус/об, или радиус/мин
величина шага в режиме прокрутки и маховичка	в случае выбора инкремента 1 совершается шаг 1 μм в диаметре

5.3.1 Переключение программирования по радиусу/по диаметру (G10.9)

Способ программирования на отдельных осях в радиусе, или в диаметре определяется положением параметра параметр N0106 Axis Properties при #0 DIA

Если значение бита DIA:

=0: в радиусе,

=1: в диаметре

выполняется программирование оси.

В программе деталей в произвольном месте можно переключить способ программирования. То, что переключение происходит из PLC, или кодом G, определяется битом #5 MGD параметра N0106 Axis Properties

Если значение бита

=0: переключение программирования по радиусу/по диаметру выполняется через индикатор PLC,

=1: переключение программирования по радиусу/по диаметру выполняется кодом G10.9.

Способ переключения из PLC определяется строителем станка.

В дальнейшем описываем переключение кодом G10.9.

Команда

G10.9 v

переключает программирование по радиусу, или по диаметру, где

v: адрес произвольных линейных осей: X, Y, ... и т. д.

Если значение, написанное в адрес оси:

=0: программирование оси по радиусу, если

=1: программирование оси по диаметру.

Например, на фрезерном станке программируем ось X и Y в основном случае по радиусу.

Если в данном отрезке программы деталей целесообразно задавать значение X и Y по диаметру, в программу деталей надо записать это:

```
... (X, Y задано в радиусе)
...
G10.9 X1 Y1 (программирование в диаметре)
... (X, Y задано в диаметре)
...
G10.9 X0 Y0 (программирование в радиусе)
... (X, Y задано в радиусе)
...
```

Если на токарном станке программируем ось X в диаметре, но при фрезеровании интерполяцией осью X, С желаем программировать X в радиусе:

```
... (X задано в диаметре, точение)
...
G10.9 X0 (программирование в радиусе)
G12.1 (полярная интерполяция вкл.)
... (X, задано в радиусе, фрезерование)
...
G13.1 (полярная интерполяция выкл.)
G10.9 X1 (программирование в диаметре)
... (X задано в диаметре, точение)
...
```

Код G10.9 надо задавать всегда в отдельном кадре!

В конце программы, или под действием reset установленный через G10.9 способ программирования удаляется и устройство ЧПУ примет основное положение, установленное в бите #0 DIA параметра N0106 Axis Properties.

5.4 Задание данных полярными координатами (G15, G16)

Значения запрограммированных координат можно вводить полярными координатами, то есть в мм-ах, или радиусом, заданным в дюймах и углом, заданным в градусах.

G16: Задание данных полярными координатами вкл.

G15: Задание данных полярными координатами выкл.

G15, G16 являются модалными функциями. После включения, в конце программы, или под действием reset устройство ЧПУ попадает в состояние G15.

Данные, заданные в полярных координатах истолкуются в плоскости, определённой через G17, G18, G19. При задании данных устройство ЧПУ считает адрес первой оси плоскости за радиус, а адрес второй оси - за углом.

G17 X_p (радиус) Y_p (угол)

G18 Z_p (радиус) X_p (угол)

G19 Y_p (радиус) Z_p (угол)

X_p , Y_p , Z_p может быть основная ось X, Y, Z, или параллельная ей ось.

В случае задания угла *в направлении против хода часовой стрелки* направление угла *положительное*, а *в направлении по ходу часовой стрелки* направление угла *отрицательное*.

Данные остальных осей, лежащих вне выбранной плоскости, берутся данными в декартовых (прямоугольных) координатах.

Радиус и угол можно задавать и абсолютными данными и данными с приращением

Когда **радиус** задаётся **абсолютными** данными, начало координат актуальной системы координат будет начальной точкой полярной системы координат:

G90 G16 X100 Y60

И **угол** и **радиус** являются **абсолютными данными**, инструмент набегаёт в точку с 60° с радиусом 100 мм..

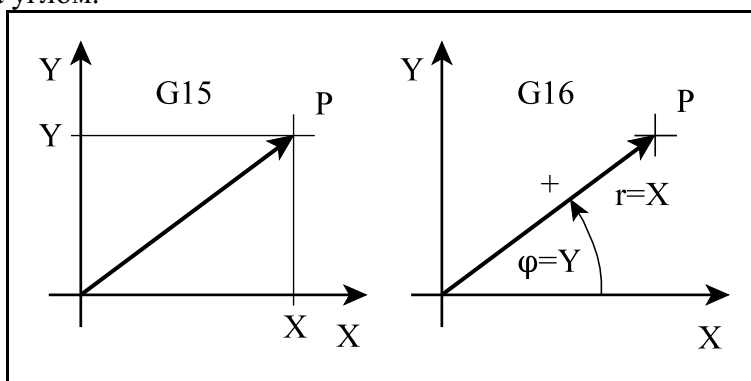


рисунок 5.4-1

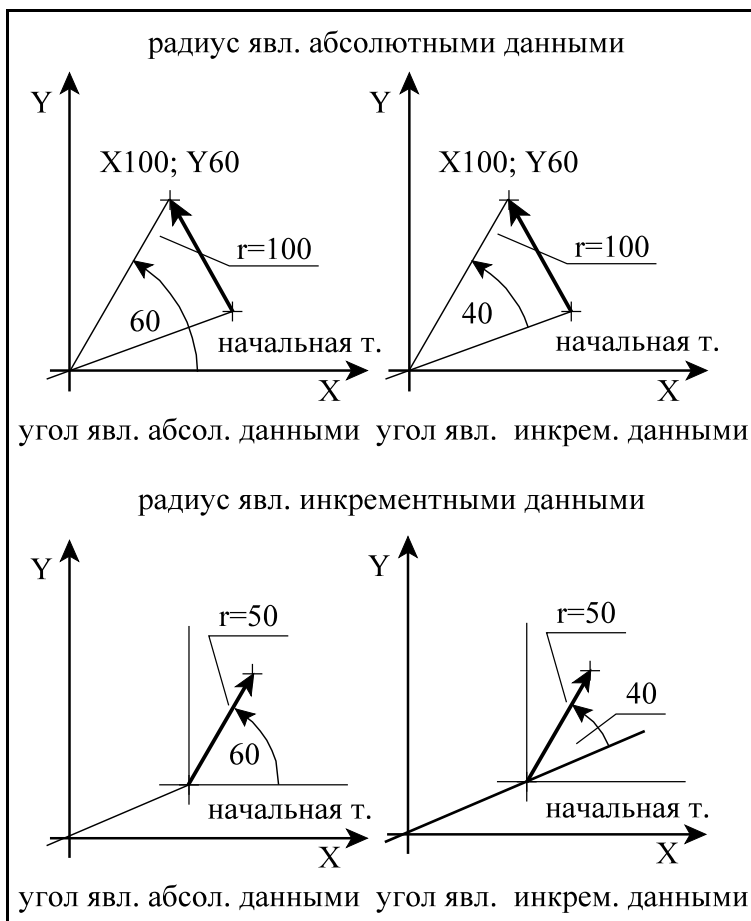


рисунок 5.4-2

G90 G16 X100 YI40

Угол является данными *с приращением*. Инструмент набегает в точку с радиусом 100 мм, по сравнению предыдущему угловому положению на 40° дальше.

Когда определяем **радиус** как значение *с приращением*, перемещение совершается по заданному радиусу, отсчитывая от позиции начала кадра осей в направлении заданного угла:

G90 G16 XI50 Y60

Радиус 50 мм измеряется, отсчитывая от начальной точки и перемещается до абсолютного угла в 60°.

G91 G16 X50 Y40

Радиус 50 мм измеряется, отсчитывая от начальной точки и перемещается до угла, измеренного от начального угла в 40°.

Во включенном состоянии задания данных полярными координатами G16 также можно и окружность программировать. Окружность можно задавать и радиусом и через I, J, K. Однако, в последнем случае устройство ЧПУ считает адрес **I, J, K всегда за прямоугольными данными**.

Если точка центра актуальной системы координат совпадает с точкой центра окружности, заданием данных полярными координатами можно программировать многоповоротную окружность, или винт:

G17 G16 G90 G02 X100 Y-990 Z50 R-100

В кадре выше задан винт с поворотом 2 целых $\frac{3}{4}$, с направлением поворота по ходу часовой стрелки. При программировании многоповоротной окружности следите за тем, что в случае направления G2 надо программировать отрицательный полярный угол, а в случае направления G3 - положительный.

Адреса, которые бывают в следующих командах, устройство ЧПУ не считает за данными полярных координат, даже если включено состояние G16:

- G10 координаты, которые бывают в команде установки,
- G52 смещение координат,
- G92 установка координат,
- G28, G30 координаты промежуточной точки,
- G53 позиционирование в станочной системе координат,
- G68 точка центра поворота системы координат,
- G51 точка центра масштабирования,
- G50.1 точка центра отражения.

Показательный пример: фрезерование шести-угольника

```

N1 G90 G17 G0 X120 Y120 F120
N2 G16 G1 X100 Y60
N3 Y120
N4 Y180
N5 Y240
N6 Y300
N7 Y0
N8 Y60
N9 G15 G0 X120 Y120
    
```

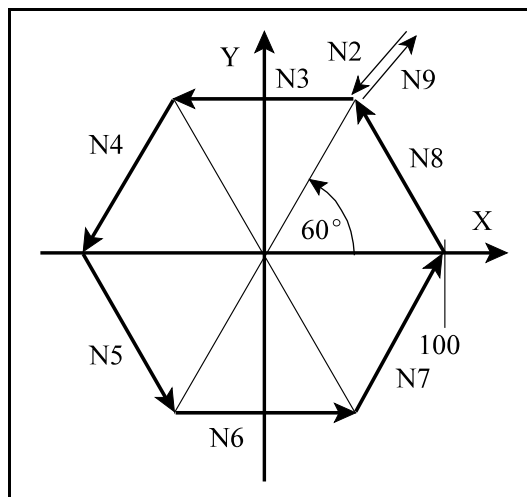


рисунок 5.4-3

5.5 Задание и точность данных координат

Истолкование десятичной запятой в зависимости от применённой системы мер:

- X2.134 означает 2.134 мм, или 2.134 дюйм,
- B24.236 означает 24.236 градусов, если по адресу В задавали данные угла.

Пользоваться десятичной запятой не обязательно:

- X325 означает например 325 мм.

Впереди стоящие нули можно пропускать:

- .032=0.032

После десятичной запятой можно пропускать последующие за ней нули:

- 0.320=.32

Данные координат можно задавать с точностью не более 15 десятичных цифр.

5.6 Обращение переворотом вращающихся осей

Этой функцией можно пользоваться в случае вращающихся осей, то есть тогда, если один из адресов оси, (например C) назначена вращающейся осью .

Под обращением переворотом понимается то, что позиция зарегистрирована на данной оси устройством ЧПУ не между плюс/минус бесконечного, а учитывая периодичность оси, например: между 0° и 360°.

Назначение оси вращающейся осью и его действие

Это назначение надо выполнить установкой положения бита в #1 ROT=1 параметра N0106 Axis Properties. Для вращающейся оси

- устройство ЧПУ **не выполняет дюймы/метрические** конверсию,
- для вращающейся оси **можно разрешить обращение переворотом**.

Разрешение обращения переворотом

Функцию задействует установка бита #0 REN=1 параметра N0107 RollOver Control. Если значение бита:

- =0: устройство ЧПУ обращается вращающейся осью, как линейными осями, и заполнение остальных параметров не имеет действие,
- =1: устройство ЧПУ применяет для вращающейся оси обращение переворотом, суть кото-

рого определяется нижеописанными

Задание хода, совершаемого за один оборот

Параметром N0108 RollAmount задаётся ход, совершаемый за один оборот оси. Значит, если ось совершает за один оборот 360° , на соответствующий параметр надо написать значение: 360. Система может обращаться произвольной периодичностью, не только 360 градусов.

Описанными выше установками параметров позиция вращающейся оси выводится устройством ЧПУ всегда в области между 0° - $+359.999^\circ$, независимо от того, что в какое направление вращалась, и сколько оборотов совершила вращающаяся ось.

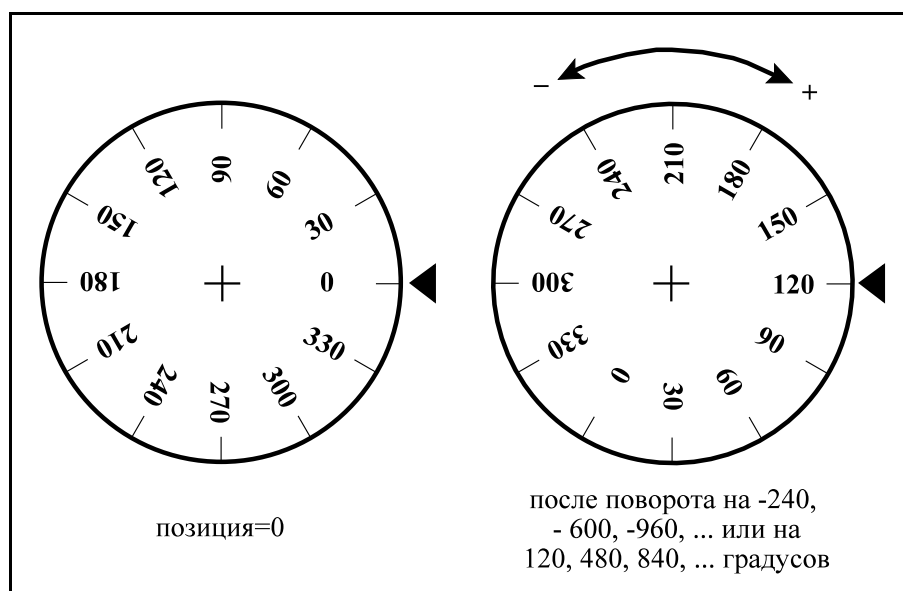


рисунок 5.6-1

Перечень последующих за этим возможностей установок предполагает установку бита в #0 REN=1 параметра N0107 RollOver Control и установку параметра N0108 RollAmount.

Вращение в заданную позицию: основной случай вращения

В случае установки параметра N0107 RollOver Control в

#2 ABS=0 и #1 ASH=0

при абсолютном программировании (G90) вращение выполняется в заданную позицию. Величина перемещения будет всегда меньше значения, заданного параметром RollAmount, значит, в ходе движения всегда срезаются целые повороты.

Пример:

Пусть будет исходная позиция оси C

C=0

Под действием команды

G90 C210

G90 C570

G90 C930

...

перемещается всегда в положительное направление 210 градусов ($\Delta C=210^\circ$), срезая целые

повороты, и позиция конечной точки будет 210° .

Пусть будет исходная позиция оси C

$C=0$

Под действием команды

G90 C-210

G90 C-570

G90 C-930

...

перемещается всегда в отрицательное направление 210 градусов ($\Delta C = -210^\circ$), срезая целые повороты, и позиция конечной точки будет $150^\circ (= -210^\circ)$.

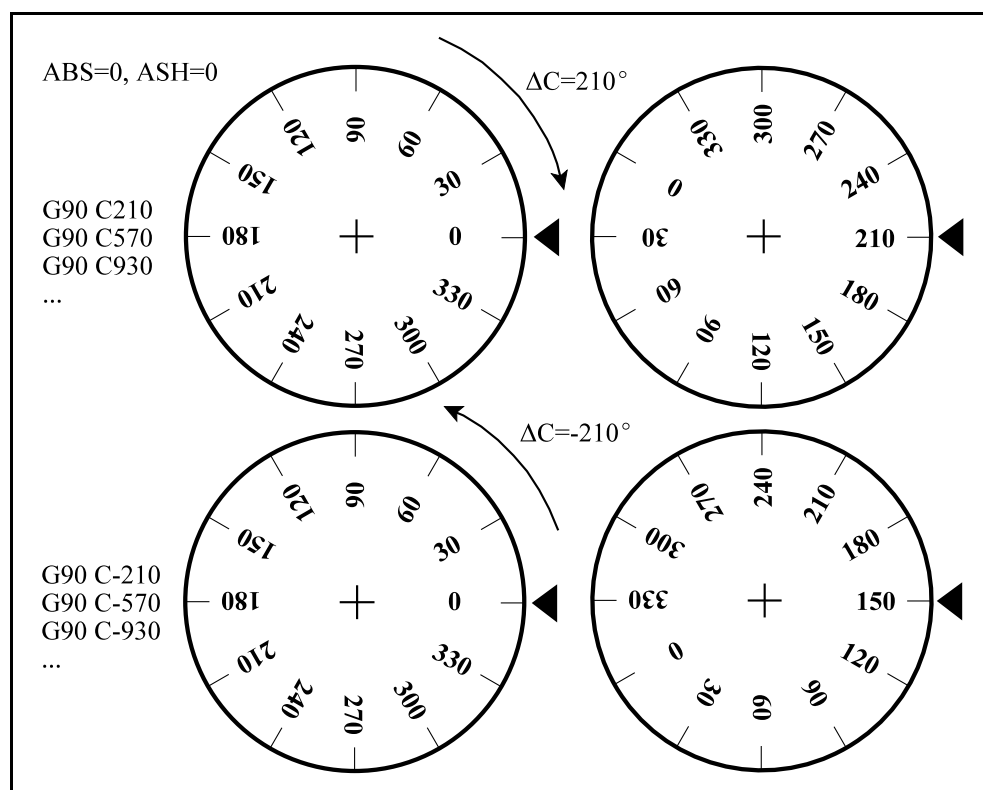


рисунок 5.6-2

Вращение в заданную позицию кратчайшим путём

В случае установки параметра N0107 RollOver Control в

#2 ABS=0 és #1 ASH=1

при абсолютном программировании (G90) вращение выполняется в заданную позицию, вращая в направление, принадлежащее к кратчайшему пути. Величина перемещения будет всегда меньше значения, заданного параметром RollAmount, значит, в ходе движения всегда срезаются целые повороты.

Пример:

Пусть будет исходная позиция оси C

$C=0$

Под действием команды

G90 C210

G90 C570

G90 C930

...

перемещается в отрицательное направление (кратчайшим путём) 150 градусов ($\Delta C = -150^\circ$), срезая целые повороты, и позиция конечной точки будет 210° .

Пусть будет исходная позиция оси C

C=0

Под действием команды

G90 C-210

G90 C-570

G90 C-930

...

перемещается в положительное направление (кратчайшим путём) 150 градусов ($\Delta C = 150^\circ$), срезая целые повороты, и позиция конечной точки будет $150^\circ (= -210^\circ)$.

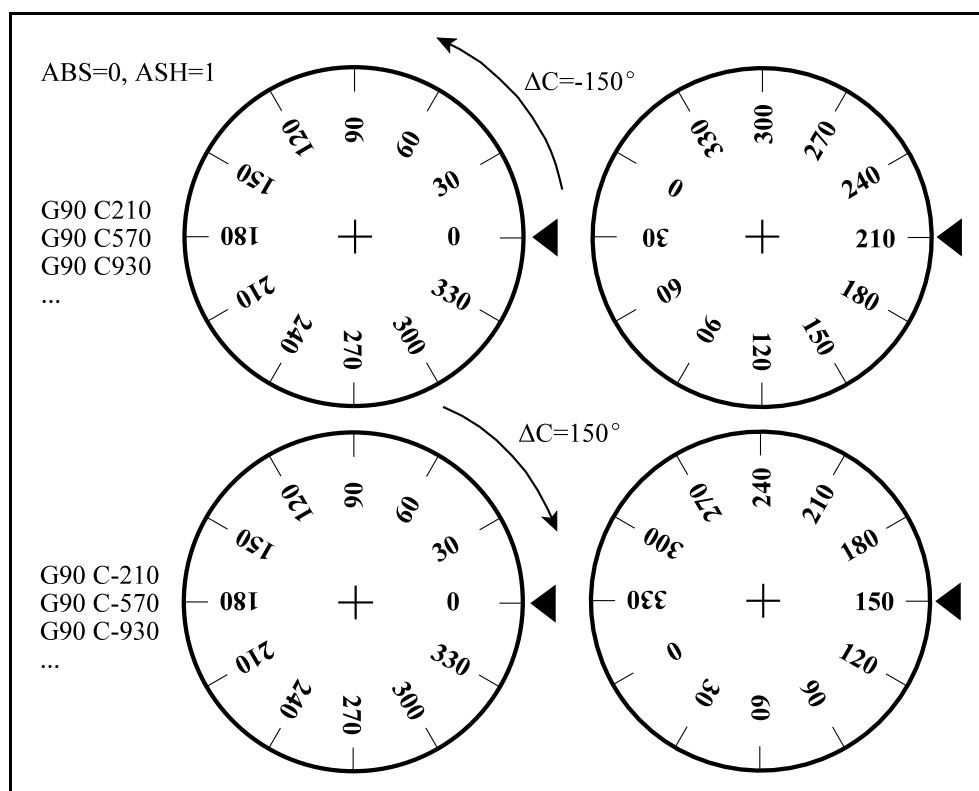


рисунок 5.6-3

Вращение в абсолютное значение заданной позиции в направлении, согласно знаку

В случае установки параметра N0107 RollOver Control в

#2 ABS=1 és #1 ASH=0

при абсолютном программировании (G90) вращение выполняется в абсолютное значение заданной позиции в направлении, согласно знаку. Величина перемещения будет всегда меньше значения, заданного параметром RollAmount, значит, в ходе движения всегда срезаются целые повороты.

Пример:

Пусть будет исходная позиция оси C

C=0

Под действием команды

```
G90 C30
G90 C390
G90 C750
```

...

перемещается в положительное направление 30 градусов ($\Delta C=30^\circ$), срезая целые повороты, и позиция конечной точки будет 30° .

Пусть будет исходная позиция оси C

$C=0$

Под действием команды

```
G90 C-30
G90 C-390
G90 C-750
```

...

перемещается в отрицательное направление 330 градусов ($\Delta C=-330^\circ$), срезая целые повороты, и позиция конечной точки будет 30° .

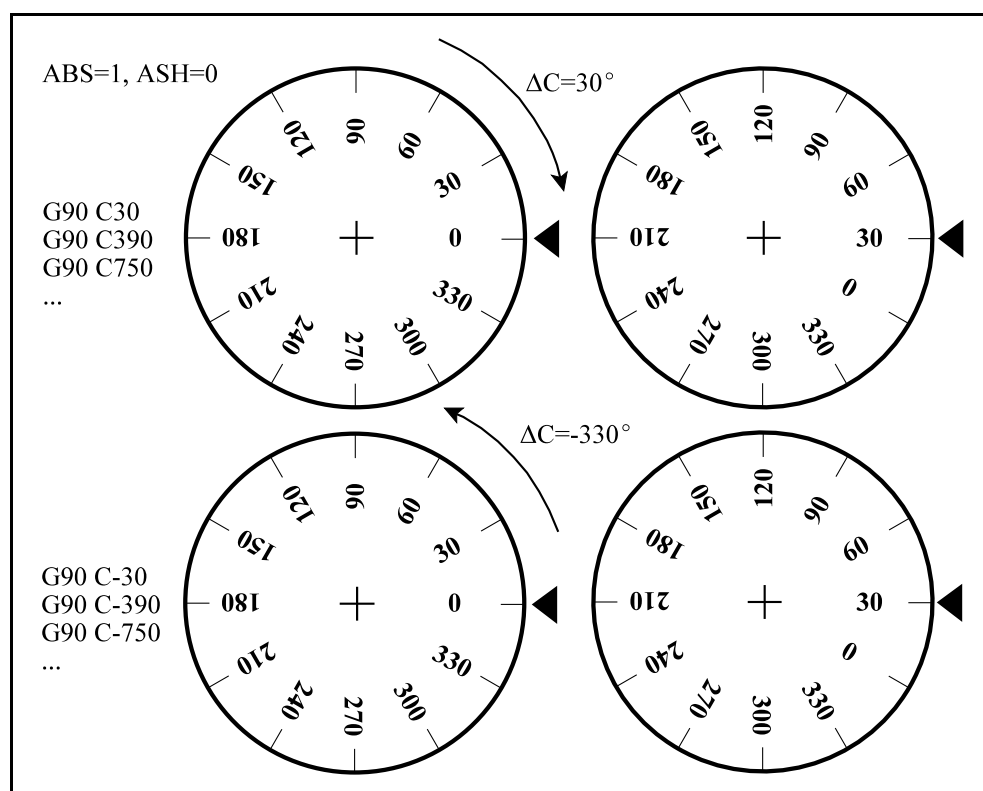


рисунок 5.6-4

☞ **Замечание:** 0 (нуль) является положительным числом! Значит, запрограммируя позицию 0, перемещение совершается в положительное направление.

Пусть будет исходная позиция оси C

$C=30$

Под действием команды

```
G90 C0
```

перемещается в положительное направление 330 градусов ($\Delta C=330^\circ$), и конечная позиция будет 0 градусов.

При желании совершить перемещение в отрицательное направление с 30 градусов до 0 градусов, надо запрограммировать кадр

G90 C-360

При этом перемещение совершается в отрицательное направление 30 градусов ($\Delta C = -30^\circ$), и конечная позиция будет 0 градусов.

Перемещение вращающейся оси в случае инкрементного программирования

В случае программирования инкрементного задания данных перемещения происходит всегда в направлении согласно запрограммированного знака.

В случае положения параметра N0107 RollOver Control

REN=0

для пути, запрограммированного инкрементно, не применяется параметр Roll Amount, значит, перемещение на несколько оборотов можно запрограммировать и инкрементно.

Пусть будет исходная позиция оси C

C=0

При выполнении кадров

G91 C30 (сдвиг на 30 градусов)

G91 C390 (сдвиг на 390 градусов)

G91 C750 (сдвиг на 750 градусов)

...

не срезаются целые обороты. Однако, в конце движения на индикаторе позиции, позиция оси C будет всегда 30 градусов, так как для отражения позиции всегда действительно значение, установленное параметром RollAmount.

В случае положения параметра N0107 RollOver Control

REN=1

и для пути, запрограммированного инкрементно применяется параметр Roll Amount, значит, даже инкрементным заданием нельзя запрограммировать перемещение, большее одного оборота.

Пусть будет исходная позиция оси C

C=0

При выполнении кадров

G91 C30 (сдвиг на 30 градусов)

G91 C390 (сдвиг на 30 градусов)

G91 C750 (сдвиг на 30 градусов)

...

срезаются целые обороты. Однако, на индикаторе позиция оси C будет всегда 30 градусов.

6 Подача

6.1 Подача быстрым ходом

Позиционирование происходит быстрым ходом посредством команды G0. Кроме позиционирования G0 быстрым ходом перемещаются команды G53, G28, G30, а также фазы, позиционирующие циклы.

Значение быстрого хода позиционирования по осям **устанавливается строителем станка параметром в единицах мм/мин, дюйм/мин, или градус/мин**. Величина быстрого хода может отличаться по осям.

Если одновременно несколько осей выполняет перемещение быстрым ходом, значение результирующей подачи рассчитывается устройством ЧПУ так, чтобы проектируемая на оси составляющая скорости ни на одной оси не превышала действующее для той оси значение быстрого хода, заданное параметром, и позиционирование произошло за минимальное время.

Величину подачи быстрого хода изменяет включатель процента быстрого хода (override). Работа override быстрого хода определяется строителем станка в программе PLC. Описание этого смотрите в руководстве, выданным строителем станка.

Значение override быстрого хода не идёт выше 100%.

Подачу быстрого хода всегда останавливает в 0% положения включателя процента быстрого хода.

Не имея действующую референтную точку, будут в силу уменьшенные значения быстрого хода по осям, определённые в поле параметров строителем станка до тех пор, пока не происходит приём референтной точки.

При перемещении суппортов клавишами (jog) перемещения осей, скорость быстрого хода является разным по осям значением, отличающимся от быстрого хода позиционирования, установленного также параметром. Оно по смыслу является меньшим значением скорости позиционирования, чтобы для останова можно было учитывать и время реакции человека.

6.2 Рабочая подача

Подача программируется
по адресу F

Запрограммированная подача действует в линейных кадрах (G01) и в кадрах круговой интерполяции (G02, G03).

Единицу измерения подачи определяют кодами **G94, G95**.

Подача рассчитывается тангенциально вдоль запрограммированной траектории устройством ЧПУ.

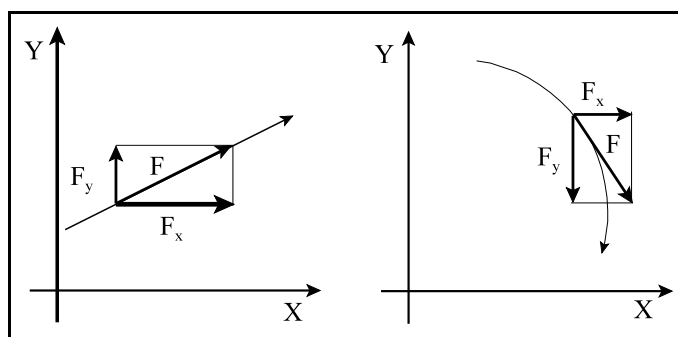


рисунок 6.2-1

F : величина подачи в направлении касательной (запрограммированное значение)

F_x : составляющая подачи в направлении X

F_y : составляющая подачи в направлении Y

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

Запрограммированную подачу можно изменить включателем процента быстрого хода (override), кроме состояния G63, включателя процента и стопа.

Работу override подачи определяет строитель станка в программе PLC. Его описание и предела значений смотрите в руководстве, выданным строителем станка.

Подача является модальным значением.

После включения устройство ЧПУ примет значение, определённое параметром. В состоянии G94 берётся начальное значение подачи с параметра N0300 Default F G94, а в состоянии G95 - с параметра N0301 Default F G95..

Строителем станка в поле параметров ограничено по осям максимальная подача, программируемая на данном станке. Установленное здесь значение истолкуется всегда в поминутной размерности. Это значение является заодно скоростью движения подачи во включенном состоянии включателя СУХОЙ БЕГ.

Значение подачи можно задавать с точностью не более 15 десятичных цифр. Можно пользоваться десятичной запятой. Оно всегда положительное число.

6.2.1 Поминутная подача (G94) и подача за оборот (G95)

Единицу измерения подачи можно задавать в программе кодами G94 и G95:

G94: поминутная подача

G95: подача за оборот

Под поминутной подачей понимается подача, заданная в размерности мм/мин, дюйм/мин, или градус/мин.

Под подачей за оборот понимается подача, выполненная за один оборот шпинделя в размерности мм/об, дюйм/об или градус/об.

Значения являются модальным.

После включения, reset, или конец программы битом #0 G95 параметра N1301 DefaultG2 решается, что устройство ЧПУ примет состояние G94, или G95.

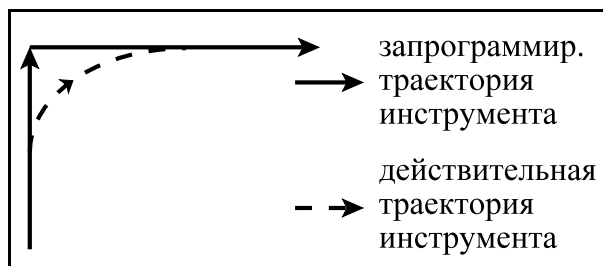
Состояние G94/G95 не влияет на подачу быстрого хода, она понимается всегда в поминутной размерности.

6.3 Функции управления подачей

Функции управления подачей нужны

- при **обработке углов**,
- далее в таком случае, когда технология требует, что включатели **override** или **stop** были **запрещены**.

Если используется непрерывный режим точения, при обработке углов суппорты не могут следить за командами хода, выданными устройством ЧПУ из-за их инертности. При этом инструмент в большей или меньшей мере скругляет углы, в зависимости от подачи.



Если для заготовки требуются острые углы, тогда надо сообщить устройству ЧПУ, чтобы замедлило в конце перемещения, дождало, пока останавливаются оси, и только после этого запустило следующее движение.

рисунок 6.3-2

6.3.1 Точный останов в конце кадра (G9)

Эта функция не является *модальной*, действует только в том кадре, в котором запрограммировали.

В *конце* того *кадра*, где задавали его, устройство ЧПУ замедляет после выполнения интерполяции, *остановится и дожидается сигнал система мер в позиции*.

Если сигнал не приходит до установленного параметром времени, устройство ЧПУ *выдаёт сообщение 2501 Ошибка позиции*.

Эта функция служит для точного обхода острых углов.

6.3.2 Режим точного останова (G61)

Функция является модальной. Удаляется командой G62, G63, G64.

Устройство ЧПУ замедляет *в конце каждого кадра, остановится и дожидается сигнал система мер в позиции*, и только после этого запускает следующий цикл интерполяции.

Если сигнал не приходит до установленного параметром времени, устройство ЧПУ *выдаёт сообщение 2501 Ошибка позиции*.

Эта функция служит для точного обхода острых углов.

6.3.3 Нерывное точение (G64)

Функция является модальной. *После включения, reset, или конец программы устройство ЧПУ примет это состояние*. Следующие коды прекращают это состояние: G61, G62, G63.

В этом режиме после выполнения интерполяции не остановится движение, оси не дожидают сигнала система мер в позиции, а сразу начинается интерполяция следующего кадра.

В этом режиме нельзя обработать острые углы, так как у переходов они скругляются.

6.3.4 Запрет override и стопа (G63)

Функция является модальной. Коды G61, G62, G64 прекращают это состояние.

В этом режиме *не действительны включатель подачи и включатель процента шпинделя (override), а также стоп подачи*. Значение процента берётся за 100%, не зависимо от их положения. После выполнения интерполяции устройство ЧПУ не замедляет, а сразу запускает следующий цикл интерполяции.

Этот режим можно использовать в случае обработки разных резьб.

6.3.5 Автоматическое уменьшение подачи при внутренних углах (G62)

Функция является модальной. Коды G61, G63, G64 прекращают это состояние.

В случае обработки внутренних углов увеличивается усилие, действующее на инструмент на участке перед углами и после углов. Для того, чтобы инструмент не вибрировал, и поверхность осталась соответствующей, во включенном состоянии G62 устройство ЧПУ автоматически уменьшает подачу перед и после внутренних углов.

Уменьшение подачи действует при следующих условиях:

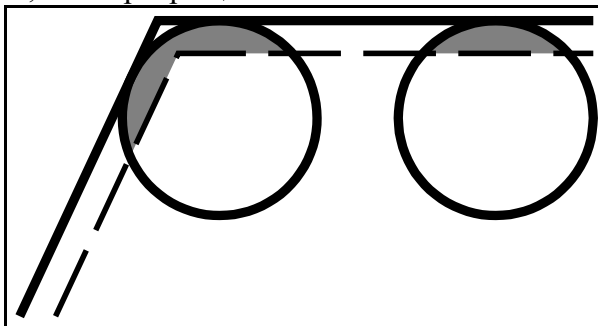


рисунок 6.3.5-1

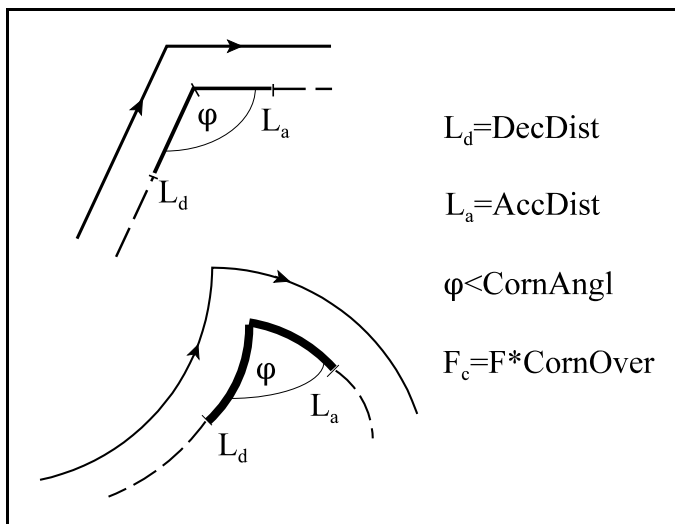
- 1. во включенном состоянии плоскостной коррекции радиуса инструмента (G41, G42),
- 2. между кадрами G1, G2, G3,
- 3. при перемещениях, выполненных в выбранной плоскости,
- 4. если инструмент обходит угол изнутри,
- 5. если угол меньше, чем определённый параметром угол,
- 6. перед углом и после угла на расстояние, определённое параметром.

Функция уменьшение подачи работает при всех четырёх возможных переходах: прямая-прямая, прямая-окружность, окружность-прямая, окружность-окружность.

Значение внутреннего угла φ можно установить параметром N1409 CornAngle в области угла 1–180°.

Перед углом на расстояние L_d начинается замедление, а после угла на расстояние L_a - ускорение. В случае дуги окружности расстояние L_d и L_a учитывается устройством ЧПУ вдоль дуги.

Задание расстояния L_d выполняется параметром N1407 DecDist, а расстояния L_a - параметром N1408 AccDist.



На параметре N1410 CornOver можно задавать числом соотношения между 0 и 1, что до какой меры должно устройство ЧПУ уменьшить подачу у внутренних углов. Подача будет

$$F * \text{CornOver}$$

где F - запрограммированная подача. На подачу, полученную таким образом, влияет и включатель override.

Если в состоянии G62 желаем программировать точный останов, в данный кадр следует записать G09.

6.4 Автоматическое уменьшение подачи при внутренних дуг

Во включенном состоянии плоскостной коррекции радиуса инструмента (G41, G42), запрограммированная в ходе круговой интерполяции подача действует вдоль точки центра радиуса инструмента. При обработке внутренних дуг устройство ЧПУ автоматически уменьшает значение подачи, чтобы запрограммированная подача действовала по радиусу точения. Величина подачи в точке центра радиуса инструмента:

$$F_c = \frac{R_c}{R} F$$

где F_c : подача в точке центра радиуса инструмента (корректированная подача)

R : запрограммированный радиус окружности

R_c : корректированный радиус окружности

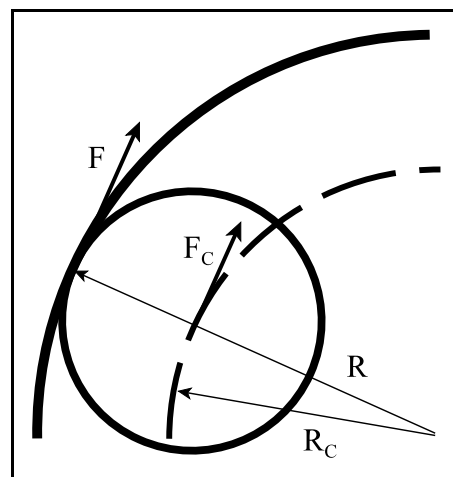


рисунок 6.4-1

F: запрограммированная подача.

Автоматическое уменьшение подачи ограничивается снизу параметром N1406 CircOver, где минимальное уменьшение подачи можно задавать числом соотношения между 0 и 1, то есть для актуальной подачи удовлетворяется условие

$$F_c \geq F * \text{CircOver}$$

Произведение override, вызванное радиусом окружности и значение подачи и углового override будет выдаваться.

7 Ускорение

Ускорение - это мера изменения скорости по времени. Чем короче времени нужно для достижения данной скорости, тем больше ускорение.

Чем больше ускорение желаем достичь, тем больше мощности должны иметь двигателя и привод.

Величина сил, действующие на станок во время движения, в конечном итоге нагрузка станка прямо пропорциональна ускорению, возникающему на станке.

Параметры ускорения устанавливаются строителем станка по осям с учётом вышеописанных двух точек зрения.

Устройство ЧПУ ускоряет всегда значение (векториальное) подачи вдоль траектории. Значение ускорения рассчитывается таким образом, чтобы величина составляющих ускорения по осям ни на одной оси не превосходила значение, установленное на ось.

Ускорение можно установить два вида:

- линейное и
- формы колоколообразной кривой.

В случае **линейного ускорения** во время ускорения, или замедления значение ускорения постоянное, устройство ЧПУ увеличивает подачу по линейной функции при запуске, или уменьшает при останове. Величина ускорения устанавливается параметром по осям.

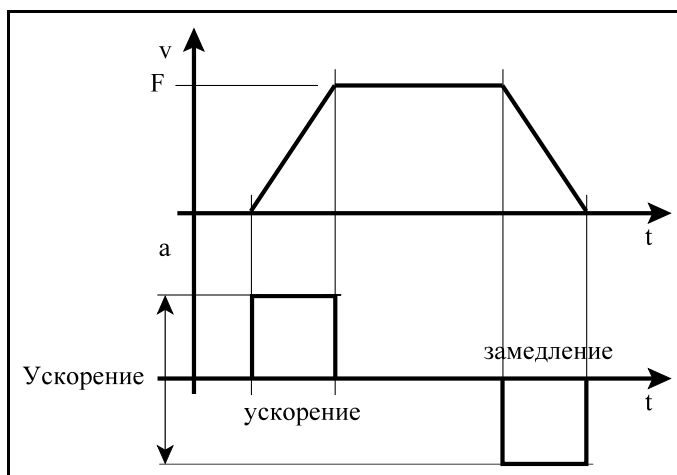


рисунок 7-1

В случае **колоколообразного ускорения** во время ускорения, или замедления меняется и значение ускорения, линейно растёт до достижения установленного значения ускорения или линейно уменьшается перед достижением целевой скорости. В следствие этого форма набега и сбег подачи имеет форму колоколообразной кривой в функции от времени, поэтому называется ускорением формы колоколообразной кривой.

Время T , за которое устройство ЧПУ

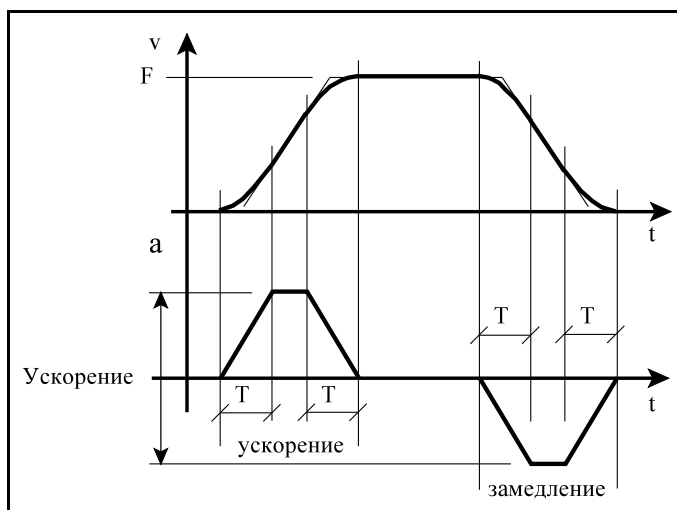


рисунок 7-2

достигает установленное значение ускорения, можно установить по осям, параметром.

Установлением **ускорения без рывка** можно дальше увеличить качество ускорения формы колоколообразной кривой. Включить ускорение без рывка можно установкой бита в #1 JRK=1 параметра N0421 Acc Contr. При этом даже набег и сбег функции ускорения будет иметь форму колоколообразной кривой, иначе говоря и в производной первого порядка (j) ускорения (a) не будет скачка.

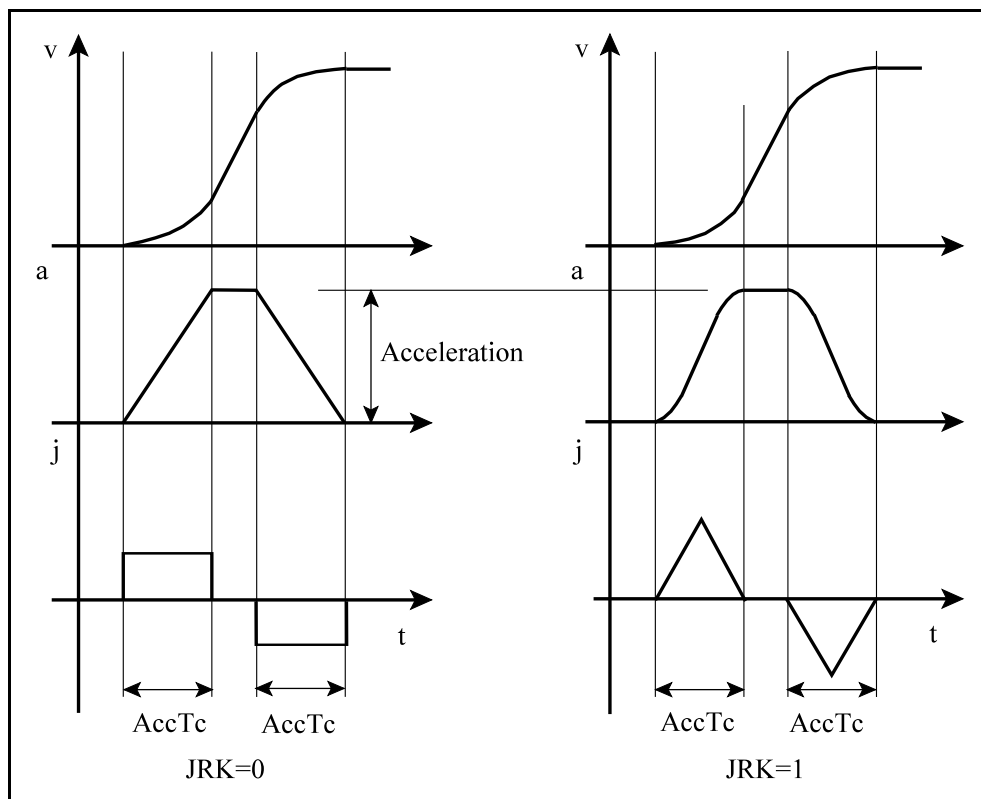


рисунок 7-3

Установкой JRK=1 ускорения без рывка можно установить на станке и большее ускорение, в то же время запуск и останов будет более качественным.

В случае высокоскоростной обработки для достижения требуемой точности необходимо применение скорости с опережающей связью. В этом случае надо установить всегда ускорение с формой колоколообразной кривой!

В нормальных условиях устройство ЧПУ ускоряет или замедляет в следующих случаях:

- при ручных перемещениях,
- в ходе позиционирования быстрого хода (G0) в начале кадра перемещение запускается со скоростью 0, и в конце позиционирования замедляет до скорости 0,
- в случае движения подачи (G1, G2, G3) в состоянии G9, или G61 в конце кадра всегда замедляет до скорости 0,
- замедляет, если подачу останавливаем клавишей STOP, или ускоряет, если подачу запускаем в движение со START-ом,

— остановится замедлением, если после движения следует выполнение функции и в конце кадра, если включен режим ПО КАДРАМ.

Ускорение до нового значения, большего предыдущего, устройство ЧПУ начинает всегда в ходе выполнения того кадра, в котором задавалась новая подача. Этот процесс может протянуться через несколько кадров.

Замедление до нового значения, меньшего предыдущего, устройство ЧПУ начинает всегда с такого соответствующего предыдущего кадра, что в том кадре, где задавалась новая подача, обработка началась уже с запрограммированной в данном кадре скоростью.

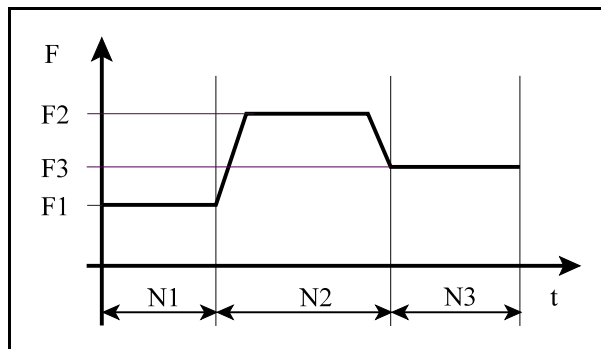


рисунок 7-4

Устройство ЧПУ предварительно следит за тангенциальными изменениями скорости, и регистрирует их. Это необходимо для того, чтобы желаемую целевую скорость достигалась непрерывным ускорением, протянувшимся хоть через выполнение нескольких кадров.

Также может протянуться достижение желаемой целевой скорости через несколько кадров при запуске или останове.

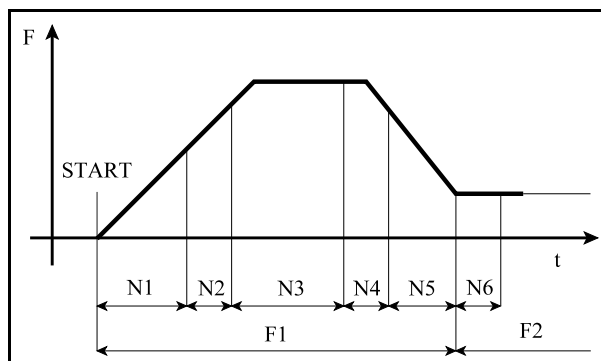


рисунок 7-5

7.1 Автоматическое замедление при углах в состоянии G64

В случае непрерывного точения, в состоянии G64, устройство ЧПУ старается следить за траекторией с запрограммированной подачей.

Если между двумя кадрами находит угол, оно должно замедлить подачу вдоль траектории.

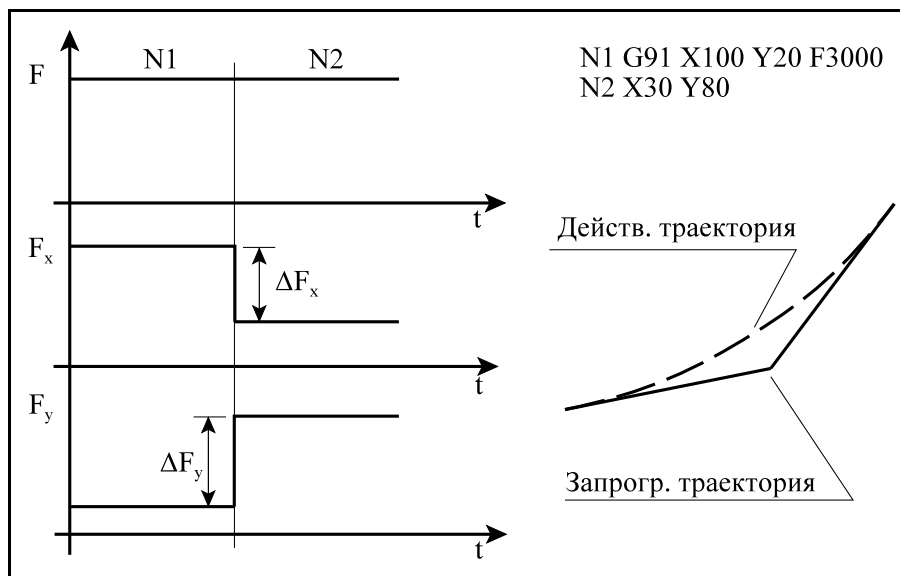


рисунок 7.1-1

Если не замедляет при углах в двух, последующих друг за другом кадрах N1, N2, тогда возникают вдоль некоторых осей разность подачи (ΔF_x , ΔF_y) показанные на рисунке.

Обнаружение изменений подачи (углов), и заодно уменьшение подачи необходимо по двум причинам:

- Изменения подачи (ускорения) по осям, возникающие вследствие резких изменений направления траектории могут быть настолько большими, что без замедления приводы не могут без колебаний следовать за ними, и это может приводить к ущербу точности, далее механически слышком нагружает инструментальный станок.
- Если в ходе точения необходимо получить “острые” углы, но не хочется остановиться и этим увеличить время точения (программировать точный останов G61), тоже надо замедлить. Чем больше замедляем подачу, тем острее получается угол.

Устройство ЧПУ может выполнить обнаружение углов двояко: проследив за изменением угла направления траектории, а также проследив за изменением составляющих подачи по осям. На основании параметров можно выбирать, что на основании какого способа сработало замедление.

Замедление при углов следив за изменением угла направления траектории.

При положении бита #0 FDF=0 параметра N0306 Feed Control, замедление происходит следив за изменением угла направления траектории.

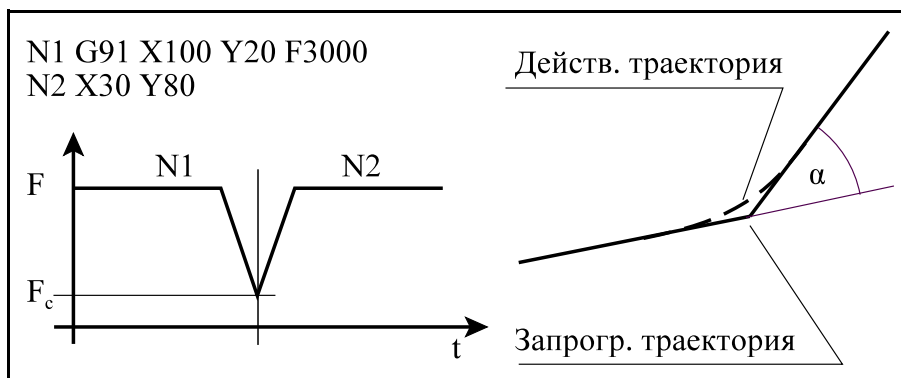


рисунок 7.1-2

Если в точке встречи кадров N1, N2, показанных на рисунке значение угла α превышает допустимое параметром значение, устройство ЧПУ замедляет подачу до значения F_c .

Значение критического угла можно установить параметром N0307 Crit A Diff в градусах: $\alpha = \text{Crit A Diff}$. Значение параметром N0308 Feed Corn задаётся, что превышая критического угла, до какой угловой подачи должно замедлить устройство ЧПУ: $F_c = \text{Feed Corn}$.

Чем больше значение критического угла и угловой подачи, тем быстрее идёт обработка, однако тем сильнее нагружается станок и сильнее закругляется угол.

Эта установка не подходит при высокоскоростной обработке!

Замедление при углах, следив за изменением составляющих подачи по осям.

При положении бита #0 FDF=1 параметра N0306 Feed Control, замедление происходит следив за изменением составляющих подачи N0306 Feed Control.

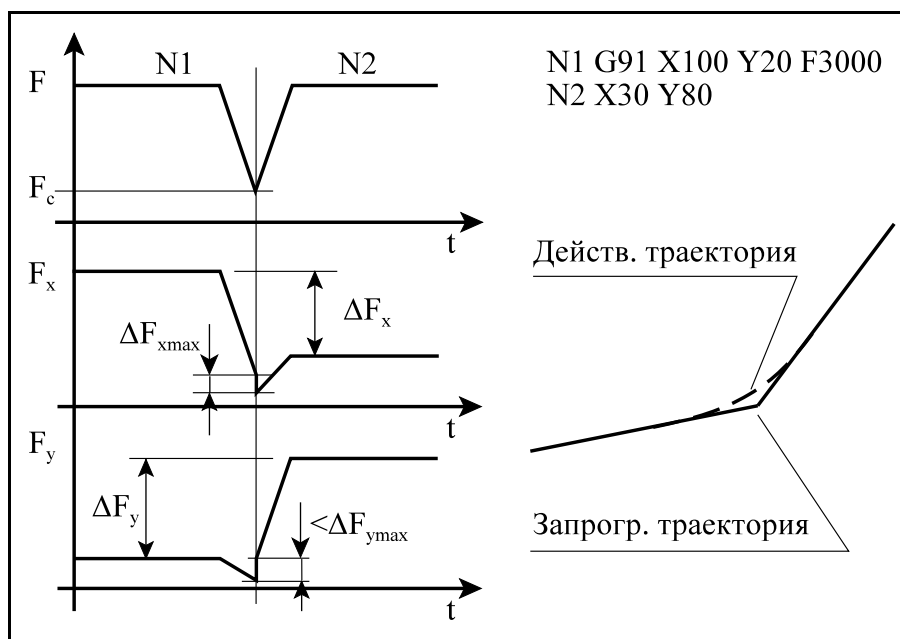


рисунок 7.1-3

Если в точке встречи кадров N1, N2, показанных на рисунке, значение **изменения составляющих подачи** ΔF_x , ΔF_y превышает допустимое параметром максимальное значение, устройство ЧПУ замедляет подачу вдоль траектории F до значения F_c .

Подача замедляется до той меры, чтобы мера изменения подачи не превышала ни на одной оси допустимую для той оси критическую разность подачи ($\Delta F_{x\max}$, $\Delta F_{y\max}$) заданную по осям параметром N0309 Crit F Diff: $\Delta F_{x\max} = \text{Crit F Diff}_x$, $\Delta F_{y\max} = \text{Crit F Diff}_y$.

Чем больше значение критического значения разности подачи, тем быстрее идёт обработка, однако тем сильнее нагружается станок и сильнее закругляется угол.

Устройство ЧПУ на основании установки ускорения сверху ограничивает установленное значение критической разности подачи.

Эту установку надо применить при высокоскоростной обработке!

7.2 Ограничение ускорений, возникающих вдоль траектории в нормальном направлении

Устройство ЧПУ в ходе обработки поддерживает подачу вдоль касательной траектории (в тангенциальном направлении) в постоянном значении. Вследствие этого в тангенциальном направлении не возникают составляющие ускорения. Не так в нормальном направлении (перпендикулярно к траектории, или перпендикулярно к скорости). Составляющие ускорения в нормальном направлении по осям на отдельных осях могут выходить из допустимого на данную ось значения. Для избежания этого скорость вдоль траектории надо ограничивать по мере кривизны траектории.

Максимальное значение допускаемого ускорения в нормальном направлении можно установить параметром N0402 Normal Acc.

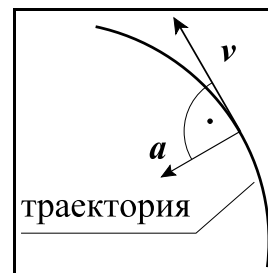


рисунок 7.2-1

Ограничение ускорения в нормальном направлении при дугах окружности

В ходе обработке дуг окружности величину подачи F ограничивается на основании зависимости

$$F = \sqrt{a \cdot r}$$

где:

- а: меньшее из значений ускорения, установленное для осей, участвующих в круговой интерполяции,
- г: радиус окружности.

Круговая интерполяция начинается уже с рассчитанной таким образом скоростью.

Устройство ЧПУ не уменьшает скорость на меньшее значение, заданное для подачи параметром N0310 Circ F Min, независимо от указанной выше зависимости.

Внимание:

Эту функцию нельзя перепутать автоматическим уменьшением подачи при обработке внутренних дуг окружности в состоянии G41, G42!

Ограничение ускорения в нормальном направлении при прочих интерполяциях

В случае линейной интерполяции данный участок (траектория) прадва не имеет кривизну, поэтому не имеет и составляющее ускорения в нормальном направлении, однако это верно только для длинных прямых участков. Если **траектория построена из мелких, прямых участков**, как например, это характерно для производства инструментов, тогда получаемая таким образом кривизна траектории может быть значительной, и подачу следует замедлить, как это видно из примера ниже:

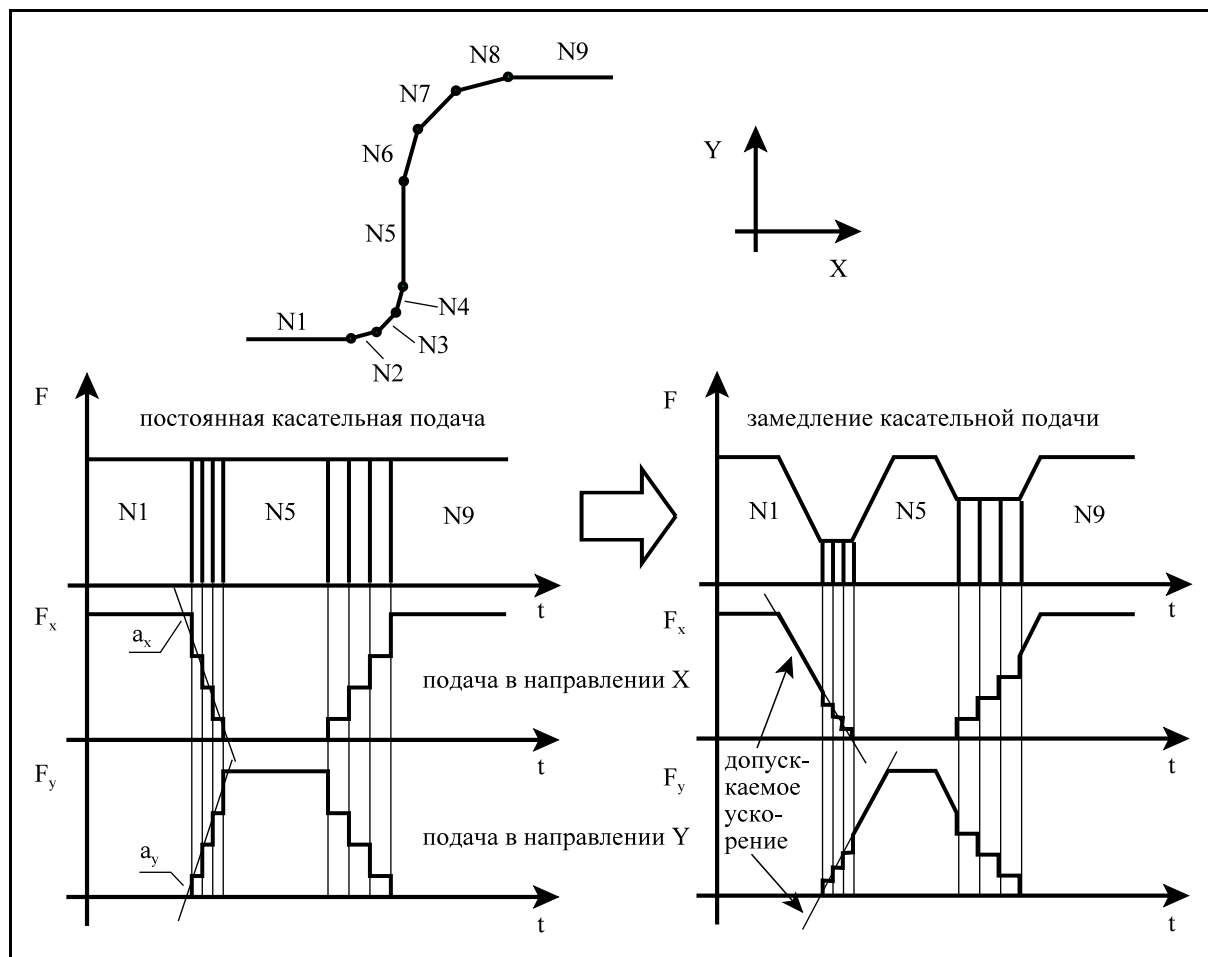


рисунок 7.2-2

В кадрах N2, N3, N4, далее N6, N7, и N8 траектория построена из коротких, прямых участков. Если поддержать подачу вдоль траектории на постоянном значении (левая диаграмма на рисунке) исходя из геометрии (изменения направления) траектории, крутизна изменения скорости на оси X, далее на оси Y (ускорение в нормальном направлении) может превышать допустимое для данной оси значение.

Поэтому устройство ЧПУ с кадра на кадр проверит, чтобы смог ограничивать ускорения в нормальном направлении. Там, где исходя из геометрии, составляющие ускорения вдоль отдельных осей больше допустимого, там надо замедлить скорость вдоль траектории. Диаграмма с правой стороны показывает, как уменьшается мера изменения скорости (ускорение в нормальном направлении) вдоль отдельных осей под действием замедления подачи вдоль траектории.

В случае чистовой интерполяции G5.1 Q2 устройство ЧПУ также проверяет ускорения в нормальном направлении, возникающие исходя из кривизны траектории, и в случае необходимости уменьшает подачу.

7.3 Ограничение скачка ускорения

На некоторых участках траектории может возникнуть незапный скачок, дёргание в ускорении, вызывающий колебание, механически нагружающее станок и отражающееся на поверхности точения. Таким случаем является например, когда обработка продолжается после прямого участка касающейся окружностью, или когда после дуги окружности последует касательная прямая.

Целью этой функции является, чтобы устройство ЧПУ, путём уменьшения подачи в точке перехода, ограничивало меру скачка в ускорении.

Ограничение скачка ускорения в начале и в конце периода

При переходе из прямого участка в касающуюся дугу окружности подачей F , мера скачка в ускорении рассчитывается из зависимости

$$a = \frac{F^2}{r}$$

где:

a : величина скачка в ускорении,

r : радиус окружности.

Если например, подачей $F6000$ станок входит в дугу окружности с радиусом 10 мм , как это видно на рисунке ниже, числовое значение получаемого на оси Y скачка в ускорении:

$$a = \frac{\left(\frac{6000\text{ мм}}{60\text{ сек}}\right)^2}{10\text{ мм}} = 1000 \frac{\text{мм}}{\text{сек}^2}$$

При желании, чтобы скачок в ускорении не было больше, чем 250 мм/сек^2 , на основании уравнения выше подачу надо уменьшить до $F=50*60=3000\text{ мм/мин}$.

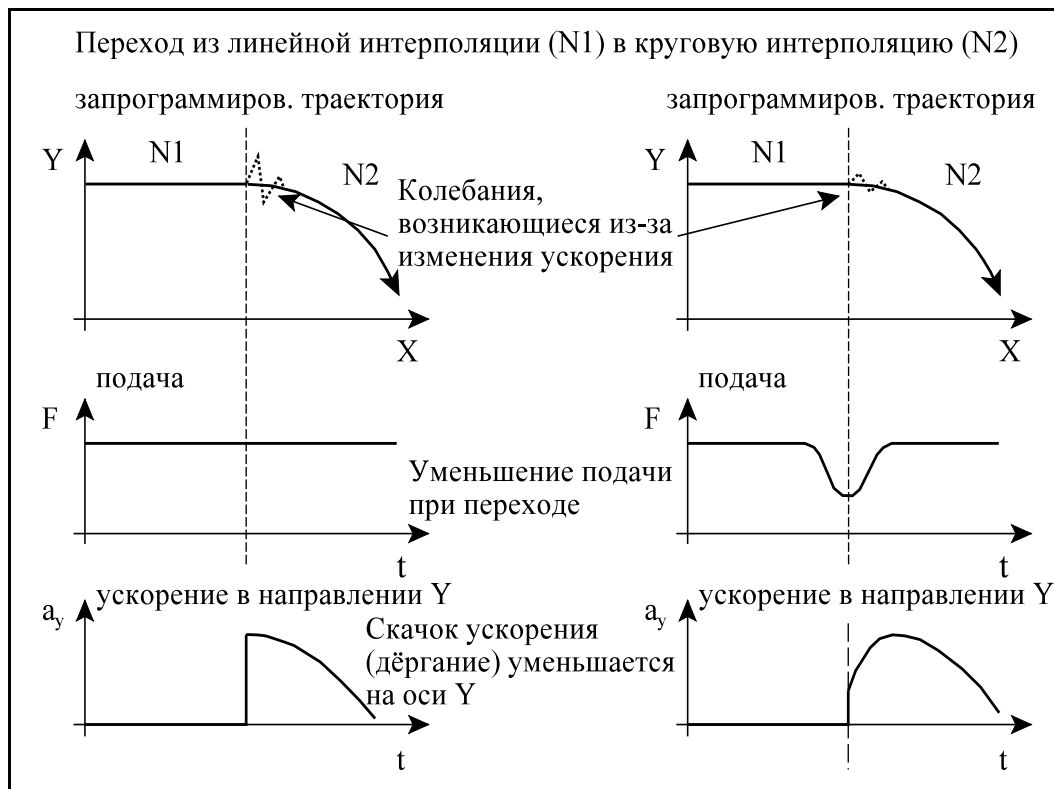


рисунок 7.3-1

В случае дуг окружности скачок в ускорении можно ограничивать параметром N0404 Acc Diff Circ.

Ограничение скачка ускорения в последующих друг за другом линейных кадрах

Если траектория состоит из длинных прямых участков, мера изменения ускорения ничтожная. В этом случае изменение составляющих подачи по осям может ограничивать подачу.

Другая ситуация, если траектория состоит из очень коротких прямых участков. В этом случае может создаться та ситуация, что изменение подачи, выходящее на отдельные оси между прямыми участками мало, из-за чего интерполятор не ограничивает подачу,

однако скачок в ускорении, выходящий на отдельные оси, высокий. В таком случае также надо ограничивать подачу в зависимости от допускаемого скачка в ускорении.

В случае последующих друг за другом прямых участков скачок в ускорении можно ограничивать параметром N0403 Acc Diff.



рисунок 7.3-2

8 Задержка (G4)

Время задержки можно программировать командой

G94 G4 P....

в секундах.

Командой

G95 G4 P....

время задержки можно программировать за обороты шпинделя.

Точность P представляет собой 15 десятичных цифр.

При положении бита #1 SEC=1 параметра N1337 Execution Config задержка происходит всегда в секундах, даже в состоянии G95.

Задержка означает всегда запрограммированное запаздывание выполнения следующего кадра. Функция модально не сохраняется.

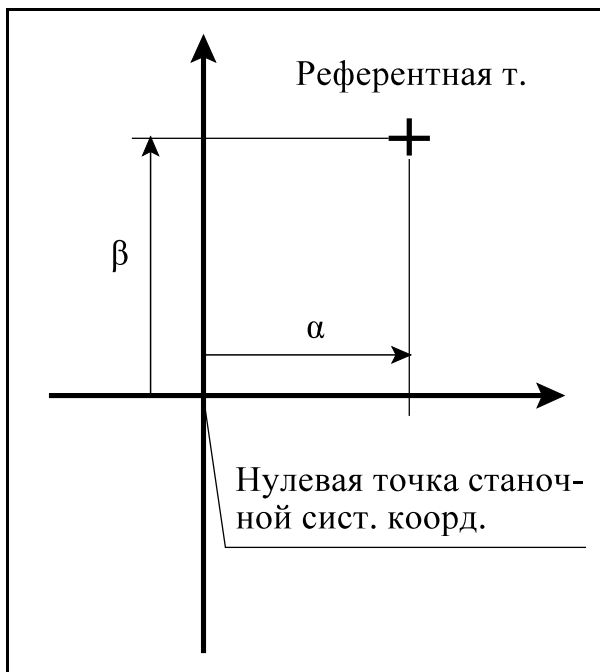
9 Референтная точка

Референтная точка - это есть та точка оси, где измерительная система сдаст позицию 0.

На осях, оборудованных инкрементными измерительными инструментами, эту точку надо находить. Этот процесс называется приёмом референтной точки.

При наличии референтной точки можно замеры системы координат заготовки, и встать в абсолютную позицию. Только после приёма референтной точки действуют конечные положения с параметром и запрограммированное ограничение рабочей зоны.

Устройство ЧПУ берёт на учёт позиции не по сравнению референтной точки, а в станочной системе координат.



Нулевая точка **в станочной системе координат** определяется строителем станка, она является отличительной точкой на инструментальном станке.

В станочной системе координат устройства ЧПУ состоит на учёте положения смены, точки вращения вращающихся осей и т.д. Также в станочной системе координат состоят на учёте все компенсации станочной измерительной системы (по шагу резьбы, прямолинейности и т.д.).

В станочной системе координат устройства ЧПУ состоит на учёте **и положение референтной точки**, установленное строителем станка параметром.

Если ось оборудована **инкрементной измерительной системой**, после включения надо принять референтную точку. В ходе приёма референтной точки, суппорты набегает на включатель в направлении, определённом параметром, затем слезая с него находят нулевой импульс измерительной системы, и возмут на учёт наличие референтной точки. Позиция будет значением, заданным параметром в станочной системе координат.

Если ось оборудована **измерительной системой, кодированной по расстоянию**, после включения надо принять референтную точку. В ходе приёма референтной точки, суппорты отправляются в направлении, определённом параметром, находят два нулевых импульса, и возмут на учёт наличие референтной точки. Позиция будет положением нулевого импульса, найденного вторым в станочной системе координат.

Если ось оборудована **абсолютной измерительной системой**, после включения нет необходимости взять на учёт референтную точку.

В случае кодированной по расстоянию а также абсолютной измерительной системы референтная точка - это та точка, где измерительная система сдаст позицию 0. Эта точка обычно *не входит в рабочую зону станка*. Поэтому строитель станка эту точку сдвигает внутрь рабочей зоны с заданием параметра, например, вблизи положительного конечного положения, затем замеряет перемещённую референтную точку к началу координат станочной системы координат. Такое перемещение требуется например, при желании использовать команду G28 в программе деталей, например, для выхода инструментами.

9.1 Автоматической приём референтной точки (G28)

Команда

G28 v

совершает наводку на референтную точку на осях, определённых в векторе v. Движение состоит из двух фаз.

Первая фаза

Сначала устройство ЧПУ быстрым ходом занимает промежуточную точку, определённую вектором v, считая за *промежуточные точки* координаты, заданные в *актуальной системе координат заготовки* на осях, определённых вектором v. Заданные значения координат могут быть абсолютными, а также инкрементными значениями. Наводка на промежуточную точку происходит так, что плоскостная коррекция радиуса инструмента удаляется.

Вторая фаза

После этого о промежуточной точки одновременно берётся референтная точка на осях, определённых вектором v.

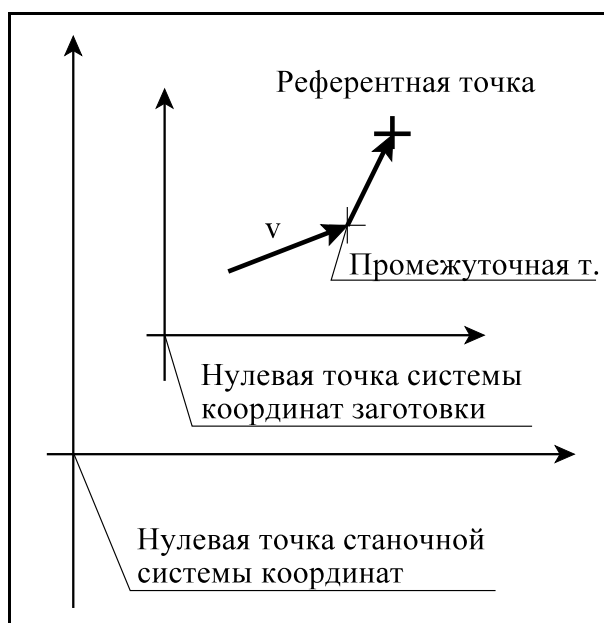


рисунок 9.1-1

Если на данных осях не произошёл приём

референтной точки, согласно порядку, определённому для ручного приёма референтной точки, берётся референтная точка. В таком случае,

- если ось оборудована **инкрементной измерительной системой**, в конце движения станочная позиция будет позицией референтной точки, определённой параметром,
- если ось оборудована **измерительной системой, кодированной по расстоянию**, в конце движения станочная позиция будет позицией второго нулевого импульса.

Если на данных осях уже произошёл приём референтной точки, или ось оборудована абсолютной измерительной системой, ось быстрым ходом занимает позицию референтной точки, заданную в станочной системе координат.

Код G28 модально не передаётся.

Например:

G90 G28 X100 Y50 (промежуточная точка: X=100, Y50)

Если позиция X: X=20, позиция Y Y=50:

G91 G28 X100 Y50 (промежуточная точка: X=120, Y=100)

Замечания:

– Если ещё нет действующей референтной точки, надо присвоить инкрементное значение промежуточным v координатам, имеющимся в команде G28.

9.2 Наводка на референтную точку 2., 3., 4. (G30)

В станочной системе координат параметром можно выделить 3 дальнейших знаменитых точек, которые **назовём референтной точкой 2., 3., 4.**

Эти референтные точки используем на станке в положениях смены, например, для сохранения места смены инструмента, места смены поддона и т.д.

На эти места смены можно перемещаться только после приёма референтной точки.

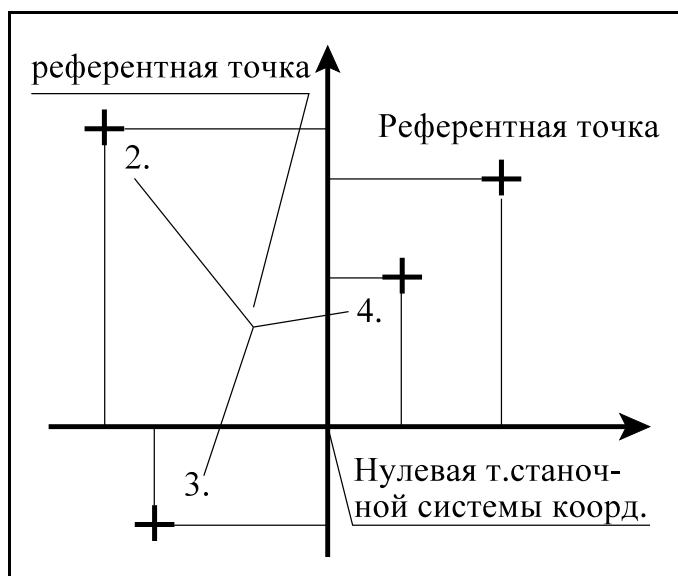


рисунок 9.2-1

Ряд команд

G30 v P

отправляет оси с координатами, определёнными по адресам вектора v на референтную точку, определённую по адресу P.

P2: 2-я референтная точка

P3: 3-я референтная точка

P4: 4-я референтная точка

Движение состоит из двух частей, подобно команде G28.

Сначала устройство ЧПУ быстрым ходом, линейным перемещением **занимает промежуточные координаты**, определённые вектором v , считая за промежуточными точками координаты, определённые вектором v . Заданные значения координат могут быть абсолютными, далее инкрементными значениями. Перемещение происходит всегда в актуальной системе координат. Наводка на конечную точку линейного движения происходит так, что плоскостный вектор коррекции радиуса инструмента удаляется.

Во второй фазе оси, выделённые вектором v , с промежуточной точки быстрым ходом **занимают референтную точку, выбранную по адресу P.**

Наводка на референтную точку выполняется пренебрежением векторов коррекции (длина, смещение, 3-мерный радиус), их не надо удалить перед выдачей команды G30, однако при программировании дальнейших перемещений устройство ЧПУ задействует их. Плоскостный вектор коррекции радиуса инструмента автоматически включается обратно в первом кадре движения.

Код модально не передаётся.

Под действием команды G30 v P1 станок перемещается в референтную точку, его действие

совпадает действием команды G28.

Например:

G90 G30 X100 Y50 P3 (промежуточная точка: X=100, Y=50, на-
водка на P3)

Если позиция X : X=20, позиция Y=50:

G91 G30 X100 Y50 P4 (промежуточная точка: X=120, Y=100, на-
водка на P4)

10 Системы координат, выбор плоскости

Позиция, в которую желаем перемещать инструмент, задаётся в программе данными координат. Если имеется 3 оси (X, Y, Z) позиция инструмента выражается тремя данными координат X___ Y___ Z___:

Сколько осей имеется на станке, столько разные данные координат выражает позицию инструмента. Данные координат истолкуются всегда в данной системе координат.

Устройство ЧПУ различает системы координат трёх видов:

1. станочную систему координат,
2. систему координат заготовки,
3. локальную систему координат.

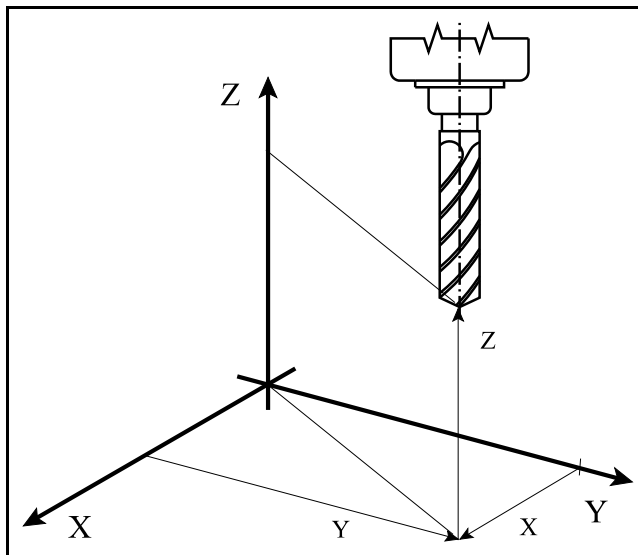


рисунок 10-1

10.1 Станочная система координат

Устройство ЧПУ берёт на учёт позиции не по сравнению референтной точки, а в станочной системе координат.

Нулевая точка в станочной системе координат определяется строителем станка, она является отличительной точкой на инструментальном станке.

В станочной системе координат устройства ЧПУ состоят на учёте положения смены, точки вращения вращающихся осей и т.д. Также в станочной системе координат состоят на учёте все компенсации станочной измерительной системы (по шагу резьбы, прямолинейности и т.д.).

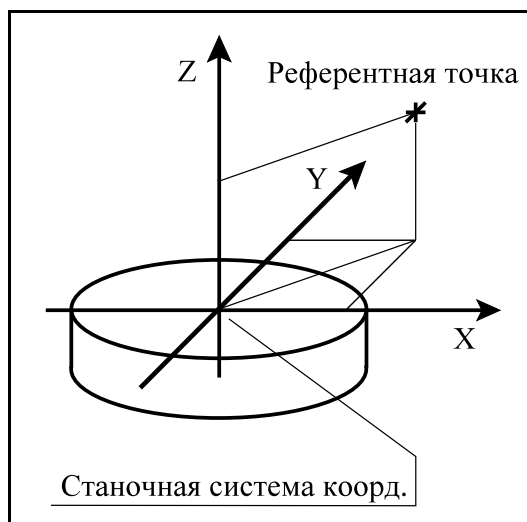


рисунок 10.1-1

В станочной системе координат устройства ЧПУ состоит на учёте **и положение референтной точки**, установленное строителем станка параметром.

Положение станочной системы координат нельзя изменить никакой командой, никаким смещением.

10.1.1 Позиционирование в станочной системе координат (G53)

Под действием команды

G53 v

инструмент перемещается в точку с позицией *v* станочной системы координат.

- независимо от состояния G90, G91, координатами *v* обращается **всегда как абсолютными** координатами,
- оператор I выдаёт сообщение 2097 Нелегальное инкрементное перемещение на оси после адреса координат, или в случае использования инкрементной задачи адреса U, V, W,
- перемещение выполняется всегда **быстрым ходом**, подобно команде G0,
- позиционирование выполняется всегда пренебрежением установленных коррекций инструмента (длина, радиус).



рисунок 10.1.1-1

Команду G53 можно выполнить только после приёма референтной точки. Команда G53 является **одноразовой**, она действует только в том кадре, где её задавали.

Пример: Под действием команды

G53 X200 Y150 Z20

происходит перемещение в заданную точку в станочной системе координат.

☞ **Внимание!** Команда G53 отложит чтение вперёд кадров (буферное действие). Поэтому можно её использовать самостоятельно стоящую команду G53, и без задания координат, для отложения чтения кадров вперёд!

10.2 Системы координат заготовки

Та система координат, в которой пишем программу деталей, называется системой координат заготовки. Начало координат системы координат заготовки состоит на учёте устройством ЧПУ применительно к станочной системе координат.

Начало координат системы координат заготовки устанавливается к соответствующей точке заготовки. Этой точкой является например. один из углов заготовки, одно из отверстий, или точка центра плеча и т.д. Установка может быть выполнена:

внутри станка ручным замером или щупом, или
вне станка.

В последнем случае значение, измеренное вне, надо вводить в память устройства ЧПУ. Это можно выполнить ручным вводом данных, или из программы, использованием команд NC.

Связь между системой координат заготовки и каналами

Смещения системы координат заготовки относятся к отдельным осям. Поскольку каждая ось выделена параметром к одному данному каналу, поэтому к каждому каналу принадлежит отдельная таблица смещения заготовки.

Если между двумя каналами поменяем одну или несколько осей, оси берут собой смеще-

ния нулевой точки в новый канал. В таких случаях после смены осей целесообразно вызвать новую систему координат заготовки вместе с абсолютным позиционированием и после этого продолжать обработку.

10.2.1 Выбор системы координат заготовки (G54...G59)

В основном исполнении состоит на учёте устройством ЧПУ 6 разных систем координат заготовки. **Смещения** системы координат заготовки *по сравнению к началу координат станочной системы координат* надо задавать по осям.

Если нет общего смещения нулевой точки:

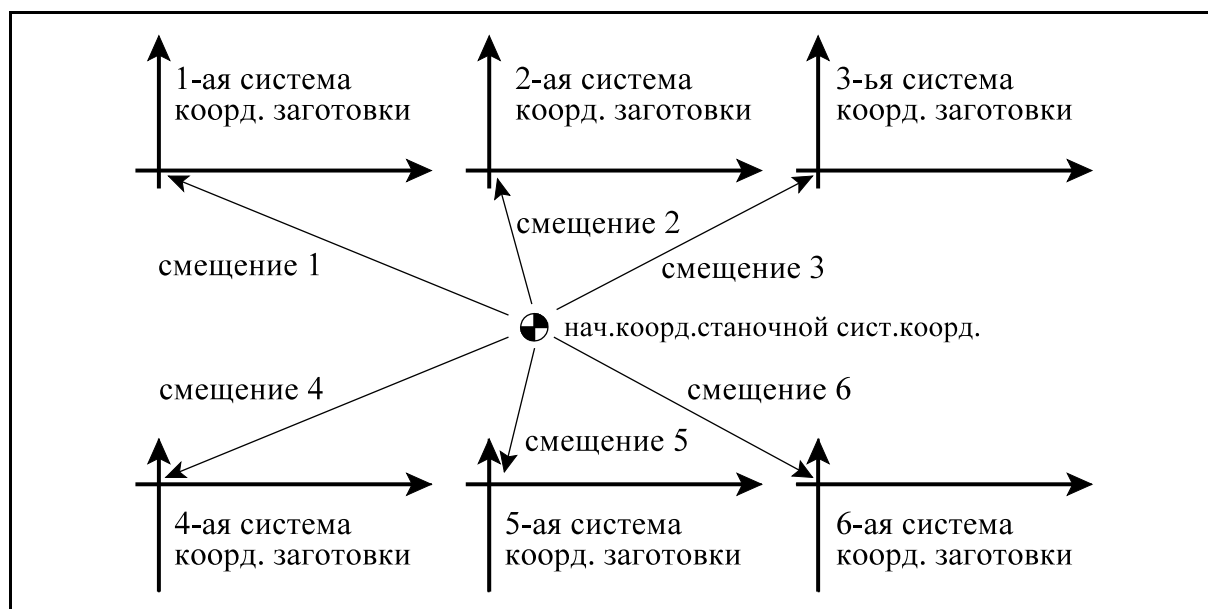


рисунок [10.2.1-2](#)

По сравнению к началу координат станочной системы координат можно сместить все системы координат заготовки. **Общее смещение нулевой точки смещает начало координат всех систем координат заготовки** по сравнению станочной системы координат.

Если имеется общее смещение нулевой точки:

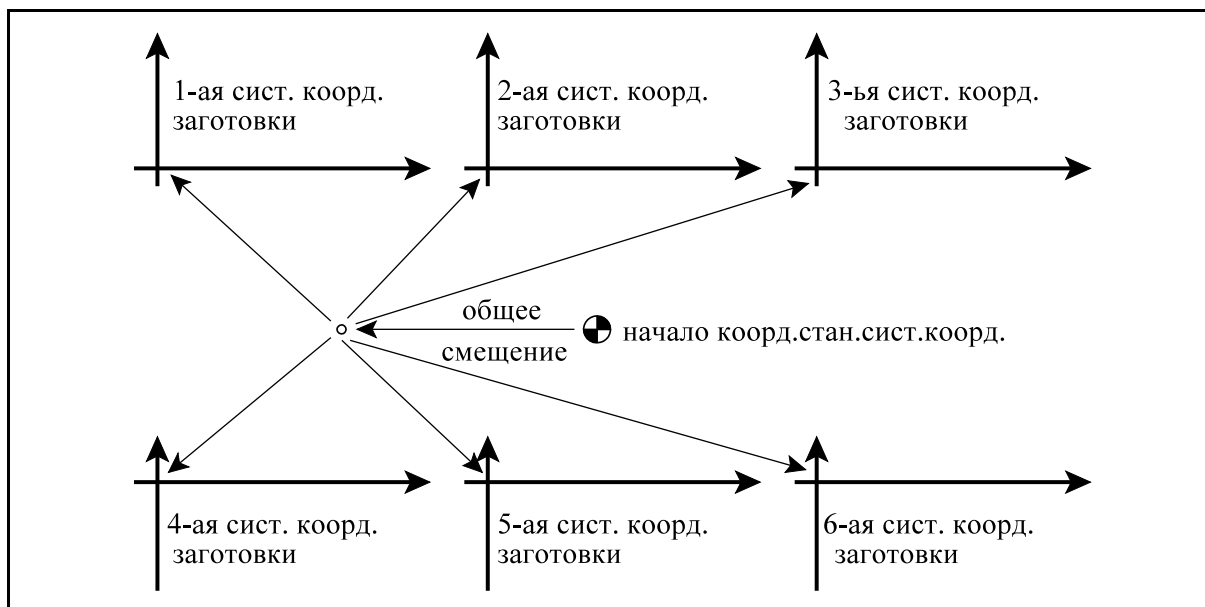


рисунок [10.2.1-3](#)

Командами G54...G59 можно выбирать разные системы координат заготовки.

G54: 1-ая система координат заготовки

G55: 2-ая система координат заготовки

G56: 3-ая система координат заготовки

G57: 4-ая система координат заготовки

G58: 5-ая система координат заготовки

G59: 6-ая система координат заготовки

Модально передающиеся функции.

После включения, приёма референтной точки, reset, или конца программы выбирается G54-ая система координат.

Устройство ЧПУ принимает во внимание абсолютные данные координат кадров интерполяции в актуальной системе координат заготовки.

Например, в случае команды

G56 G90 G00 X60 Y40

3-ая система координат заготовки настроится на точку

X=60, Y=40.

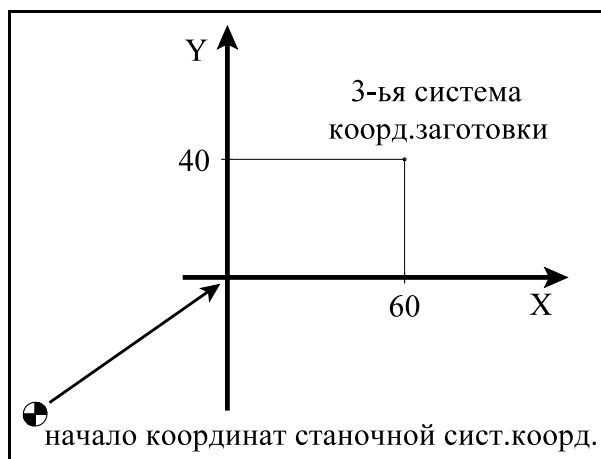


рисунок [10.2.1-4](#)

В случае смены системы координат заготовки позиция инструмента выводится в новой системе координат. Например, на столе размещается две заготовки. К одной из точек приведения прикрепили первую систему координат заготовки **G54**, *смещение* которой в станочной системе координат

$$X=300, Y=800.$$

Ко второй точки приведения прикрепили вторую систему координат заготовки **G55**, *смещение* которой в станочной системе координат

$$X=1300, Y=400.$$

В системе координат **G54** X', Y' *позиция инструмента*

$$X'=700, Y'=500.$$

Под действием команды **G55** *позиция инструмента* истолкуется в системе координат X'', Y'' :

$$X''=-300, Y''=900.$$

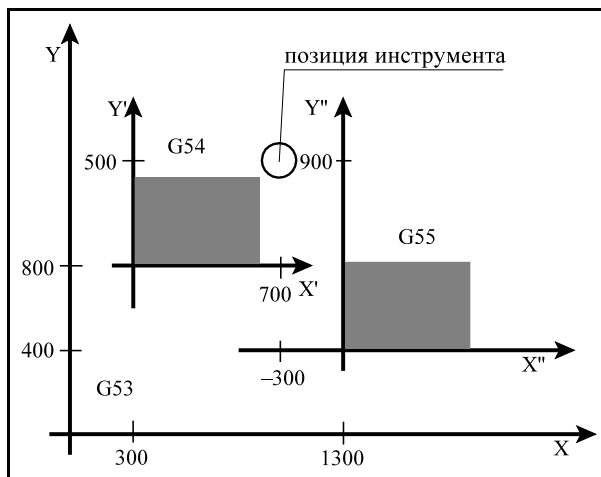


рисунок 10.2.1-5

10.2.2 Выбор расширенных систем координат заготовки (G54.1 P)

Опционально в устройстве ЧПУ можно использовать дальнейшие 99 штук системы координат заготовки. Эти системы координат являются расширением 6 штук основных систем координат, поэтому называются они расширенными системами координат заготовки.

Общее смещение нулевой точки смещает и расширенные системы координат. Расширенные системы координат заготовки *также можно поворачивать*, как основные системы координат.

Командой

G54.1 Pp

можно выбирать расширенные системы координат заготовки, где по адресу P можно задавать номер расширенных систем координат:

$$P = 1, 2, \dots, 99$$

Модально передающаяся функция.

☞ **Внимание!** Адрес P можно использовать для многих целей. Надо следить за тем, чтобы использование адреса P в кадре было однозначное:

G0 G54.1 P16 X100 Y20 M98 P1 (ОШИБКА! Два P в одном кадре)

G0 G54.1 P16 X100 Y20 (Однозначно)

10.2.3 Компенсация углового положения заготовки

Компенсация углового положения заготовки требуется тогда, когда нельзя установить заготовку в направлении, параллельно главным осям. В дальнейшем эту компенсацию назовём *основным поворотом*.

Истолкование основного поворота

В общей таблице смещения нулевой точки ниже значение столбцов следующее:

X, Y, Z: на 3-х главных осях - смещение нулевой точки,

α , β , γ : углы основного поворота, в плоскости G19 - α , в плоскости G18 - β , в плоскости G17 - γ .

	X	Y	Z	G17(γ)	G18(β)	G19(α)
G54						
...						
G54.1 P						
...						

Повороты выполняются всегда вокруг главных осей. Порядок поворотов:

1. поворот: вокруг оси X на угол α ,
2. поворот: вокруг оси Y на угол β ,
3. поворот: вокруг оси Z на угол γ .

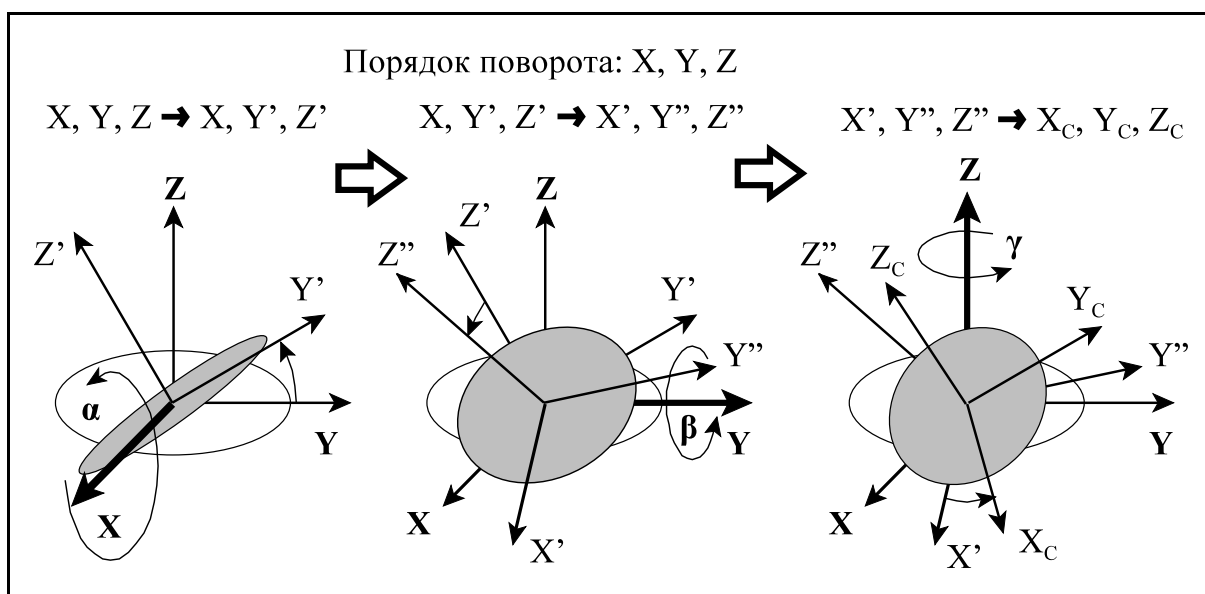


рисунок 10.2.3-1

Направление α , β , γ является всегда направлением трансформаций поворота, вокруг соответствующей осью, согласно правилу правокручения.

Трансформации основного поворота **принимается во внимание всегда в актуальной системе координат заготовки, в случае команд движения**

К командам движение, направленным на станочную позицию (G53, G28, G30) никогда не относятся.

В случае ручных перемещений принимается во внимание включатель “Согласный основным поворотам” (указатель CP_WMCAXF PLC), то есть используется поворот вокруг всех стрёх осей.

Если поворот на запрограммированную окончательную точку $v[x, y, z]$, происходит на основании уравнения

$$v' = M_Z(\gamma) * M_Y(\beta) * M_X(\alpha) * v$$

где:

$v'[x', y', z']$ - матриксы координат поворота и

$M_X(\alpha)$, $M_Y(\beta)$, $M_Z(\gamma)$ - матриксы поворотов вокруг осей X, Y, Z:

$$M_X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad M_Y = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \quad M_Z = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Применение основного поворота на трёхосевых станках

В том случае, если основной поворот происходит только вокруг оси инструмента (На рисунке ниже вокруг оси Z):

- Позиция окончательной точки инструмента подходит нам и отверстие будет параллельно оси Z,
- При фрезеровании одной стороны инструмент строгает сторону, перпендикулярную к плоскости XY.

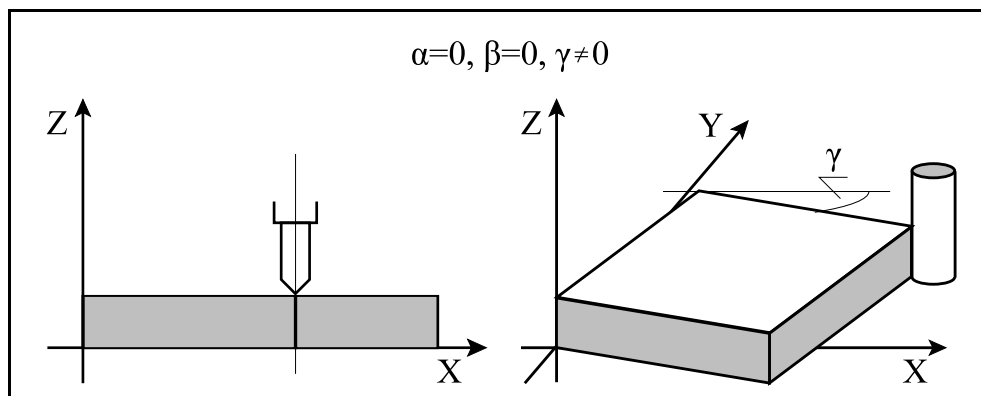


рисунок 10.2.3-2

В том случае, если основной поворот происходит вокруг оси, перпендикулярной к инструменту (на рисунке ниже вокруг оси Y):

- Позиция окончательной точки инструмента подходит нам, но отверстие не будет перпендикулярным к плоскости заготовки,
- При фрезеровании одной стороны инструмент строгает сторону, перпендикулярную к плоскости XY, то есть сторона заготовки не будет перпендикулярна к верхней плоскости заготовки.

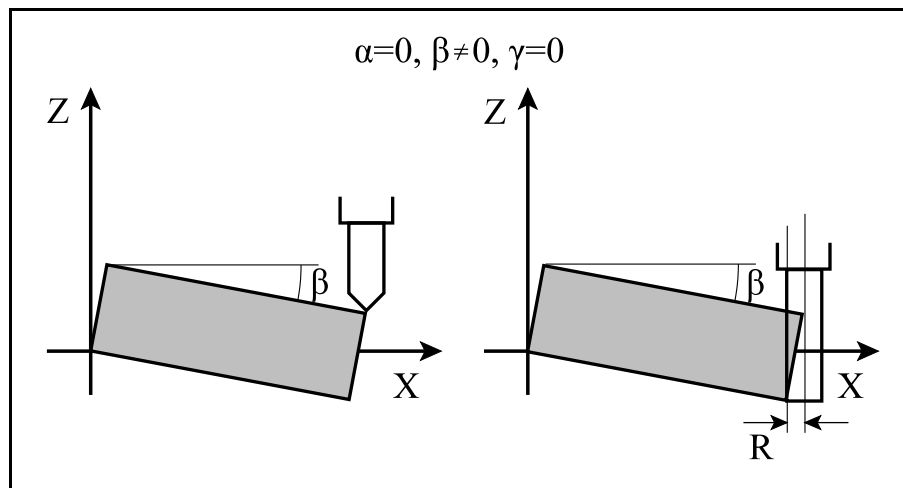


рисунок 10.2.3-3

10.2.4 Установка смещения системы координат заготовки (G10 L2)

Смещение, поворачивание, и общего смещения нулевой точки систем координат заготовки можно установить и командами программы.

Установка выполняется командой

G10 L2 P v I J K

где

P = 0	установка общего смещения нулевой точки
P = 1...6	выбор системы координат заготовки G54, ..., G59
v (X, Y, Z, ...):	значения смещения по осям

Смещения осей зачитаются всегда прямоугольными значениями. Данные длины в мм-ах, или в дюймах, данные угла в градусах.

I:	γ угол поворота в плоскости G17
J:	β угол поворота в плоскости G18
K:	α угол поворота в плоскости G19

Угол поворота надо задавать в градусах.

На общее смещение нулевой точки нельзя задавать поворачивание.

Команда G10 является одноразовой.

G90 в состоянии команды абсолютного задания данных попадает в соответствующие регистры смещения значение, написанное на адреса координат и на адрес I, J, K.

G91 в состоянии команды инкрементного задания данных, или в случае использования оператора I данные, написанные на адреса, добавляются к содержанию соответствующего регистра смещения. Оператор I можно использовать только на адреса координат, на адрес I, J, K нельзя.

10.2.5 Установка смещения расширенных систем координат заготовки (G10 L20)

Смещение и поворачивание расширенных систем координат заготовки можно устанавливать и командами программ.

Установка выполняется командой

G10 L20 P v I J K

где

P = 1...n выбор системы координат заготовки G54.1 P1, G54.1 P2, ..., G54.1 Pn

v (X, Y, Z, ...): значения смещения по осям

Смещения осей зачитываются всегда прямоугольными значениями. Данные длины в мм-ах, или в дюймах, данные угла в градусах.

I: γ угол поворота в плоскости G17

J: β угол поворота в плоскости G18

K: α угол поворота в плоскости G19

Угол поворота надо задавать в градусах.

Команда G10 является одноразовой.

G90 в состоянии команды абсолютного задания данных попадает в соответствующие регистры смещения значение, написанное на адреса координат и на адрес I, J, K.

G91 в состоянии команды инкрементного задания данных, или в случае использования оператора I данные, написанные на адреса, добавляются к содержанию соответствующего регистра смещения. Оператор I можно использовать только на адреса координат, на адрес I, J, K нельзя.

10.2.6 Создание новой системы координат заготовки (G92)

Под действием команды

G92 v

можно создать новую систему координат заготовки так, чтобы одна выделённая точка, например, вершина инструмента была точкой новой системы координат заготовки с координатой v. После этого любая следующая абсолютная команда истолкуется в этой новой системе координат заготовки, и отображение позиции формируется также в этой системе координат. Координаты, заданные в команде G92 всегда истолкуются как прямоугольные абсолютные значения.

Если например, инструмент находится в точке с координатами

$$X=150, Y=100$$

в актуальной системе координат заготовки X, Y под действием команды

G92 X90 Y60

создаётся новая система координат X', Y' в которой инструмент попадает в точку с координатами

$$X'=90, Y'=60$$

Осевые составляющие вектора смещения v' между системами координат X, Y-X', Y':

$$v'_x = 150 - 90 = 60, \text{ а также}$$

$$v'_y = 100 - 60 = 40$$

будут.

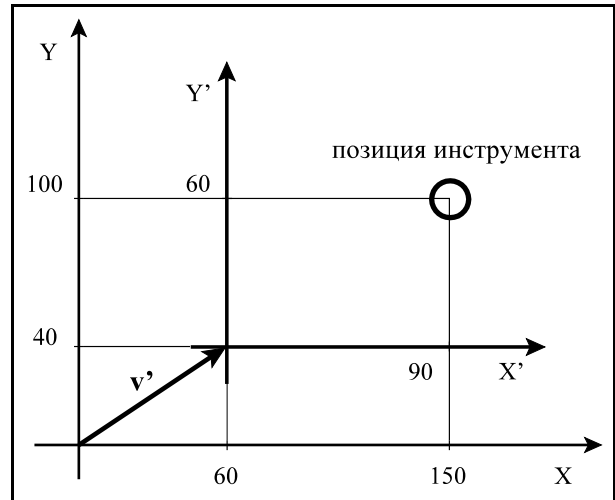


рисунок 10.2.6-4

Команда G92 действует в каждой системе координат заготовки, то есть рассчитанной в одной системе смещение v учитывается и в других.

Установленная командой G92 смещение системы координат заготовки удаляется при включении, в конце программы, и при reset.

Команда **G92** *удаляет вектор коррекции радиуса инструмента*, смещение отсчитывается всегда с позиции вершины инструмента.

Команда **G92** на тех осях, которые фигурируют в команде, *удаляет смещения*, запрограммированные

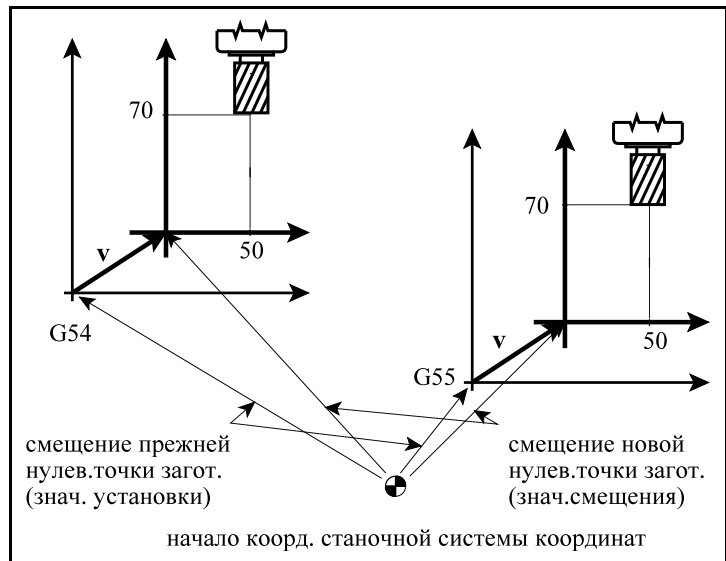


рисунок 10.2.6-5

командой **G52** локальной системы координат.

В движении вектор смещение, заданный в команде G92, принимает во внимание поворачивание действующей системы координат заготовки также повернуто.

10.3 Локальная система координат (G52)

В некоторых случаях во время написания программы деталей, легче задавать данные координат в так называемой локальной системе координат, чем в системе координат заготовки.

Команда

G52 v

создаёт локальную систему координат.

Если координата v задана **абсолютным значением**, начало координат локальной системы координат попадает в точку системы координат заготовки с координатой v .

Если координата v задана **инкрементным значением**, это смещает начало координат локальной системы координат на v .

Начиная с этого, каждая команда движения, заданная абсолютными координатами, выпол-

няется в новой системе координат. Отображение позиции также происходит в новой системе координат.

Значениями координат v устройство ЧПУ обращается всегда **прямоугольными** данными. Команда

G90 G52 v0

удаляет смещения в точках с координатой v . При включении, в конце программы, под действием reset удаляются значения смещения, установленные с помощью G52.

Если инструмент находится в точке с координатой

$X=150, Y=100$

в актуальной системе координат заготовки X, Y под действием команды

G90 G52 X60 Y40

создаётся новая локальная система координат X', Y' , в которой инструмент попадает в точку с координатой

$X'=90, Y'=60$

Осевые составляющие вектора смещения v' между системами координат X, Y - X', Y' определяются командой G52: $v'_x=60$, и также $v'_y=40$.

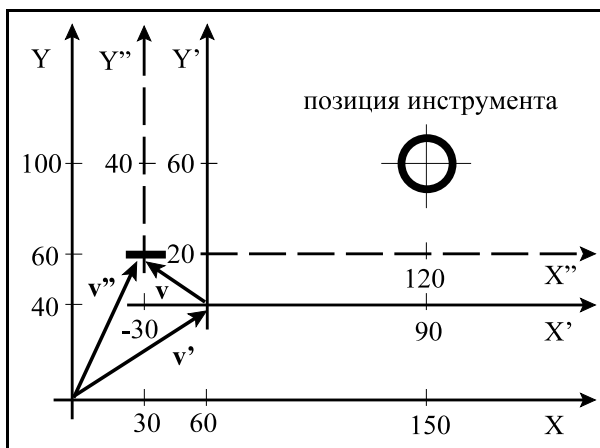


рисунок 10.3-1

При желании создать новую систему координат X'', Y'' поступить можно двояко:

Абсолютным заданием данных: команда

G90 G52 X30 Y60

в системе координат заготовки X, Y наводит начало координат системы координат X'', Y'' в точку с координатой $X=30, Y=60$. Составляющие вектора v'' создаются заданием значения $v''_x=30, v''_y=60$.

Инкрементным заданием данных: команда

G91 G52 X-30 Y20

смещает начало координат системы координат X', Y' на значение $X'=-30, Y'=20$. Составляющие вектора v создаются заданием $v_x=-30, v_y=20$, показывающий положение новой локальной системы координат, в системе координат заготовки X, Y : $v''=v'+v$. Его составляющие: $v''_x=60+(-30)=30, v''_y=40+20=60$.

Позиция инструмента в системе координат X'', Y'' : $X''=120, Y''=40$.

Смещение локальной системы координат действует во всех системах координат заготовки.

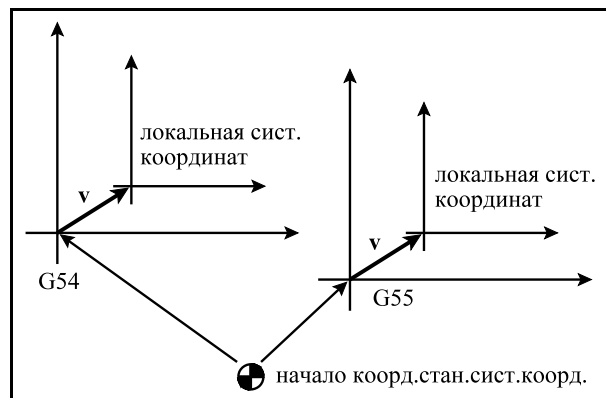


рисунок 10.3-2

Запрограммирование команды **G92** на тех осях, которым задавали значение, *удаляют* смещения, созданные командой **G52**, как будто выдавали команду G52 v0.

Если инструмент находится в точке с координатой $X=200$, $Y=120$ системы координат заготовки X , Y , под действием команды
G52 X60 Y40

в локальной системе координат X' , Y' его позиция будет $X'=140$, $Y'=80$. После этого под действием команды

G92 X110 Y40

в новой системе координат заготовки X'' , Y'' позиция инструмента будет $X''=110$, $Y''=40$. Значит, локальная система координат X' , Y' под действием команды G92 удаляется, как будто выдавали команду G52 X0 Y0.

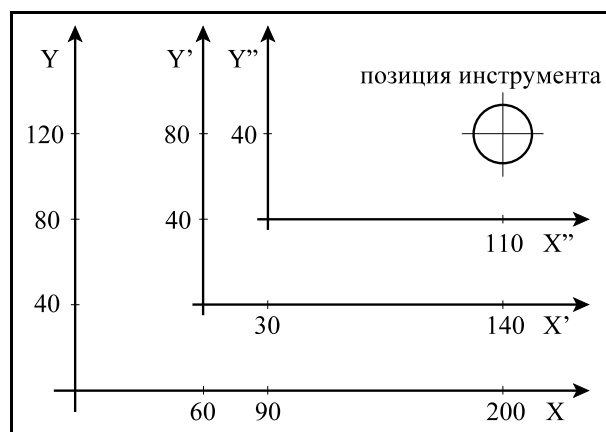


рисунок 10.3-3

10.4 Выбор плоскости (G17, G18, G19)

Плоскость, в которой выполняются

- круговая интерполяция,
- задание данных полярными координатами,
- плоскостное поворачивание системы координат,
- плоскостная коррекция радиуса инструмента,
- позиционирования циклов сверления,
- циклы точения,

можно выбирать следующими кодами G:

G17 плоскость $X_p Y_p$

G18 плоскость $Z_p X_p$

G19 плоскость $Y_p Z_p$,

где: X_p : X , или параллельная ей ось,

Y_p : Y , или параллельная ей ось,

Z_p : Z , или параллельная ей ось.

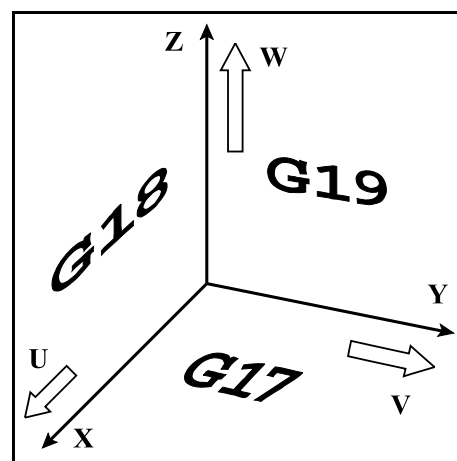


рисунок 10.4-1

Выбранная плоскость называется главной плоскостью.

От адресов осей, запрограммированных в одном кадре зависит, что из параллельных осей

какая будет выбрана командой G17, G18, или G19:

Если например, X и U, Y далее V, Z W параллельные оси:

G17 X	Y	плоскость XY,
G17 X	V	плоскость XV,
G17 U	V	плоскость UV,
G18 X	W	плоскость XW,
G19 Y	Z	плоскость YZ,
G19 V	Z	плоскость VZ,

будет выбирать.

Если не задана в одном кадре G17, G18, G19, выбор плоскости остаётся неизменным:

G17 X Y плоскость XY
U Y плоскость XY остаётся.

Если в кадре G17, G18, G19 не задан адрес оси, тогда устройство ЧПУ выбирает главные оси:

G17	плоскость XY,
G17 X	плоскость XY,
G17 U	плоскость UY,
G17 V	плоскость XV,
G18	плоскость ZX,
G18 W	плоскость WX

будет выбирать.

Команда движения не влияет на выбор плоскости:

под действием

G90 G17 G00 Z100

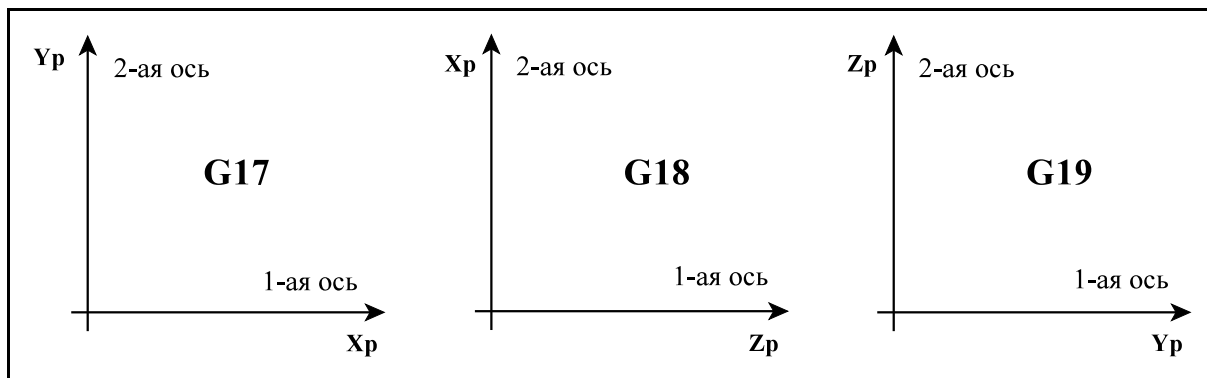
выбирается плоскость XY, и ось Z перемещается в точку с координатой 100.

Внутри одной программы можно несколько раз сменить плоскость.

После включения, в конце программы, или после reset решается на основании битов #1 G18 и #2 G19 N1300 DefaultG1 параметра #1 G18 és #2 G19, что какая плоскость будет действовать.

Параметром N0103 Axis to Plane можно выделить, что какими адресами осей будет пользоваться устройство ЧПУ в качестве главных и параллельных осей.

Описание часто ссылается на первую и вторую ось выбранной плоскости. Истолкование этого видно на рисунке ниже.

рисунок [10.4-2](#)

11 Шпиндельные функции

11.1 Команда чисел оборотов шпинделя (код S)

На адрес

S nnnnnnnn

написав не более 8-мизначное число, NC передаёт код для PLC.

Адрес S в зависимости от построения данного инструментального станка, PLC может истолковать кодом, или значением в размерности число оборотов/мин.

Если запрограммировать команду движения и чисел оборотов шпинделя (S) в одном и том же кадре, функция S выполняется во время выполнения команды движения, или после неё. Каким образом выполняется, определяется строителем станка.

Значения чисел оборотов, заданные по адресу S, передаются модально. После включения устройство ЧПУ построится кодом S0.

В различных диапазонах передачи шпинделя число оборотов шпинделя имеет минимальный и максимальный предел. Эти пределы определяются строителем станка в поле параметров, и устройство ЧПУ не допускает число оборотов вне этого диапазона.

Устройство ЧПУ может обращаться не более 8 диапазонами чисел оборотов.

11.1.1 Ссылка на несколько шпинделей. Расширение адреса S

Устройство ЧПУ может обращаться не более 16 шпинделями.

Если на станке, или в канале имеется несколько шпинделей, адрес S не достаточно для различения шпинделей. Устройство ЧПУ обеспечивает две возможности для обращения несколькими шпинделями.

Ссылка на шпиндель по адресу S и P

Первой возможностью является задавать по адресу P номер шпинделя, рядом с адресом S. Под действием команды

Snnnnnnnn Pp

устройство ЧПУ передаёт код S и номер шпинделя, написанный по адресу P для PLC.

Язык программирования использует адрес P для различных целей, например, для задержки, для вызванных подпрограмм и т.д. Поэтому ссылки на шпиндель по адресу P надо написать в отдельных кадрах, иначе истолкование адреса P не будет однозначное.

Ссылка на несколько шпинделей расширением адреса S

Второй возможностью является расширение адреса шпинделей. На шпиндели можно ссылаться и заданием не более 3 символов.

Адрес шпинделей должны начинаться всегда буквой S. Параметром N0605 Spindle Name2 и N0606 Spindle Name3 можно задавать два дальнейших символов, они могут быть буквами английского алфавита: A, B, C, D, ... Y, Z, далее цифрами: 0, 1, 2, ..., 9. Если не использовать 2-ое, или 3-ье название шпинделя, значение параметра 0.

Таким образом можно задавать например, название шпинделя SSB, но можно использовать и имена S1 и S2.

Если название шпинделя заканчивается буквой, рядом с ним можно написать принадлежащее к нему значение.

SSB12500

означает: пусть шпиндель SSB вращается числом оборотов 12500/мин.

Если название шпинделя заканчивается числом, после имени надо писать всегда знак =
S1=8700

означает: пусть шпиндель S1 вращается числом оборотов 8700/мин.

В случае ссылки на расширенный адрес шпинделя, устройство ЧПУ передаёт для PLC значение запрограммированного числа оборотов и номер ссылочного шпинделя.

В программе *внутри одного кадра можно ссылаться только на один шпиндель*. Если надо запускать несколько шпинделей, команды надо написать в отдельных кадрах:

S1=500 M3 (S1 500/мин, по ходу часовой стрелки)

S2=1000 M4 (S2 1000/мин, против хода часовой стрелки)

NC ведёт учёт шпинделей всегда на основании их номера. *Нумерация и название также глобальные*, независимые от канала.

11.1.2 Назначение шпинделей к каналам

Отдельные *шпиндели назначает* всегда *программа PLC program* к отдельным *каналам*. Назначение означает, что для данного шпинделя можно выдавать команду чисел оборотов только из программы, работающей в данном канале. Например, если шпиндель S4 назначен к каналу 2, в канале 1 нельзя программировать адрес S4.

Во время прогона программы, программа PLC имеет возможность перенести данный шпиндель в другой канал, например, под действием функции M.

Назначение шпинделей к каналам и перенос его в другой канал определяется всегда строителем инструментального станка.

В каждом канале можно выделить один основной шпиндель параметром N0604 Default Spindle. На назначенный таким образом шпиндель можно всегда ссылаться и по адресу S, даже тогда, если его имя состоит из нескольких символов. Например, пусть будет S2 шпинделем с номером 2. Если во 2-ом канале значение N0604 Default Spindle=2, тогда во 2-ом канале можно ссылаться на шпиндель по адресу и S2 и S.

11.2 Функции M управления шпинделем

Встроенные функции M

Устройство ЧПУ обращается шпинделями со следующими встроенными кодами M:

M3: шпиндель вкл., по ходу часовой стрелки

M4: шпиндель вкл., против хода часовой стрелки

M5: шпиндель выкл. (стой)

M19: ориентировка

Направление понимается всегда со стороны двигателя смотря в сторону шпинделя. Вместо M3, M4, M5 можно писать и M03, M04, M05.

Эти являются встроенными кодами M для управления шпинделем потому, что в ходе выполнения циклов сверления устройство ЧПУ передаёт указанные выше коды для PLC для останова шпинделя, изменения направления, ориентировки шпинделя.

Опциональные коды M

Помимо вышеуказанных, встроенных кодов M, можно выделить для обращения шпинделем и дальнейшие коды M. Эти коды можно установить в одном блоке параметрами N0689 Spindle M Low и N0690 Spindle M High. На параметр Spindle M Low пишем наименьшее

значение блока кода M, а на параметр Spindle M high - наибольшее значение блока. Например, пусть будет Spindle M Low S2=20, а Spindle M High S2=24. Пусть будет функция кодов M следующая:

M20: преобразование шпинделя в ось C

M21: синхронизация шпинделя

M22: синхронизация шпинделя со сдвигом по фазе

M23: подготовка шпинделя к точению многоугольника

M24: замыкание петля шпинделя без ориентировки (M Code for Closing S Loop)

☞ **Внимание!** Указанные выше блока кодов M только один из примеров. Опциональные функции M шпинделей определяются всегда строителем станка, поэтому их описание смотрите в инструкции данного станка!

Встроенные и опциональные функции M, выделённые параметром, устройство ЧПУ учитывает их функциями, исключаяющими друг друга. Это означает, что в один кадр можно написать только один такой код M.

Функции M, управляющие шпинделем, относятся всегда к последнему запрограммированному шпинделю:

S1=1500 M4 (S1 вкл. в направление M4)

S2=2000 M3 (S2 вкл. в направление M3)

M5 (S2 стой)

M19 (S2 ориентировка)

S1=0 M5 (S1 стой)

В примере выше видно, если уже ссылались на шпиндель S2, то дальнейшие коды M, управляющие шпинделем относятся к шпинделю S2. Однако, при желании остановить шпиндель S1, надо сослаться на адрес шпинделя!

11.3 Обращение диапазонами чисел оборотов

Между двигателем шпинделя и шпинделем может быть *передача с изменяемой ступенями*, с помощью которой *можно изменять число оборотов шпинделя*. Устройство ЧПУ одновременно может обращаться не более 8 диапазонами чисел оборотов по шпинделям. Чем ниже диапазон чисел оборотов, где шпиндель находится, тем больше моментом может точить шпиндель.

К каждому диапазону передач можно установить допускаемое минимальное и максимальное число оборотов, ниже или выше которого устройство ЧПУ не допускает число оборотов шпинделя.

Допускаемые числа оборотов могут перекрывать друг друга между отдельными ступенями.

Если диапазоны чисел оборотов не перекрывают друг друга

Например:

минимальное число оборотов 1-го диапазона: 50/мин

максимальное число оборотов 1-го диапазона: 1000/мин

минимальное число оборотов 2-го диапазона: 1001/мин

максимальное число оборотов 2-го диапазона: 4000/мин

На основании запрограммирования кода S900 в перечисленном выше случае, неоднозначно, что шпиндель надо вращать в 1-ом диапазоне.

Если диапазоны не перекрывают друг друга, устройство ЧПУ передаёт для PLC вместе с

значением *адреса S* и номером ссылочного шпинделя и код диапазона и PLC *автоматически включает* нужный диапазон.

Если диапазоны чисел оборотов перекрывают друг друга

Например:

минимальное число оборотов 1-го диапазона: 50/мин

максимальное число оборотов 1-го диапазона: 1000/мин

минимальное число оборотов 2-го диапазона: 800/мин

максимальное число оборотов 2-го диапазона: 4000/мин

На основании запрограммирования кода S900 не однозначно, что в каком диапазоне: во 1-ом или во 2-ом диапазоне надо вращать шпиндель.

Если диапазоны перекрывают друг друга, программист должен *выбирать функцией M* тот диапазон, в котором желает вращать шпиндель.

Эти встроенные функции M следующие:

M11: выбор 1-го диапазона

M12: выбор 2-го диапазона

...

M18: выбор 8-го диапазона

Обращение диапазонами на данном станке определяется строителем станка, описание которого смотрите в инструкции данного станка.

11.4 Главный шпиндель. Выбор главного шпинделя

Если на станке, или в канале имеется несколько шпинделей, надо решить, что какой из шпинделей будет “главным шпинделем”. К шпинделю, выделённому *главным шпинделем* относятся следующие функции:

разрешение подачи,

подача за оборот,

расчёт постоянной скорости резания,

нарезание резьбы,

нарезание резьбы с жёстким хвостовиком,

мастер-шпиндель точения многоугольника.

В каждом канале *надо выделить главный шпиндель*. Главным шпинделем можно выделить в данном канале такой шпиндель, который к другому каналу относится, поэтому в этом канале нельзя его запрограммировать, но например, подачу за оборот надо брать с этого шпинделя.

Способ выбора главного шпинделя решает программа PLC на данном станке, и его содержит *описание производителя станка*. Это может выполнен например, функцией M:

M31 (1-й шпиндель является главным шпинделем)

M32 (2-й шпиндель является главным шпинделем)

11.5 Расчёт постоянной скорости резания

Функцию расчёта постоянной скорости резания можно использовать только в случае бесступенчатого привода шпинделя. При этом устройство ЧПУ так изменяет число оборотов шпинделя, чтобы скорость инструмента по отношению поверхности заготовки была всегда постоянной, и равной запрограммированному значению.

Устройство ЧПУ обращается всегда числом оборотов шпинделя, выделённого главным шпинделем.

Значение постоянной скорости резания надо задавать на основании таблицы ниже, в зависимости от входной единицы измерения:

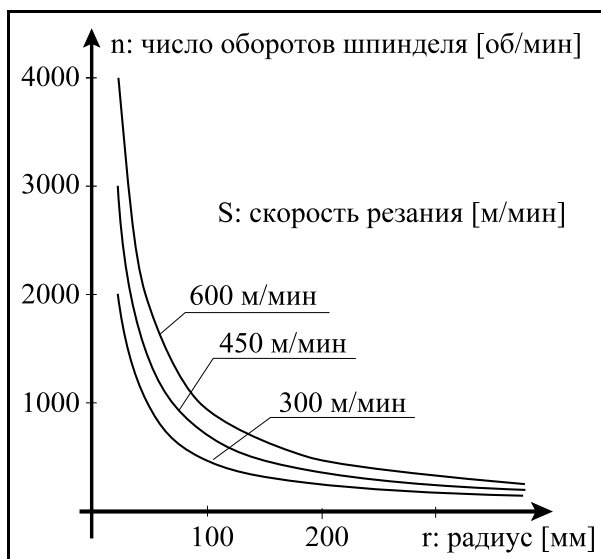


рисунок 11.5-1

входная единица измерения	единица измерения постоянной скорости резания
мм (G21 метрическая)	м/мин (метр/минута)
дюйм (G20 дюймовая)	feet/мин (фут/минута)

11.5.1 Задание расчёта постоянной скорости резания (G96 S, G97)

Команда

G96 S

включает расчёт постоянной скорости резания. По адресу S надо задавать значение постоянной скорости резания в единицах измерения, согласно таблицы выше.

Значение постоянной скорости резания надо задавать всегда по адресу S и расчёт чисел оборотов относится к выделённому главному шпинделю.

Например:

M32 (2-й шпиндель выделён главным шпинделем)

G96 S300 (300 м/мин скорость резания)

(M32 служит здесь только примером, способ выделения главным шпинделем содержится в инструкции данного инструментального станка.)

Команда

G97 S

выключает расчёт постоянной скорости резания.

По адресу S можно задавать желаемое число оборотов главного шпинделя (в размерности оборот/минута). В случае нескольких шпинделей после запрограммирования G97 надо использовать всегда адрес главного шпинделя вместо S. Например:

G97 S2=1200 (число оборотов 2-го шпинделя 1200/мин)

- Для расчёта постоянной скорости резания нулевую точку той оси, на основании позиции которой надо изменить число оборотов главного шпинделя, надо уставить на ось вращения главного шпинделя.
- Расчёт постоянной скорости резания действует только после того, что главный шпиндель запустили с помощью M3, или M4.
- Значение постоянной скорости резания передаётся модально, даже после того, что командой G97 выключили её расчёт.

G96 S100 M3	(100м/мин, или 100 фут/мин)
G97 S1500	(1500 об/мин)
G96 X260	(100м/мин, или 100 фут/мин)
- Расчёт постоянной скорости резания действует и в режиме G94 (подача/мин).
- Если выключён расчёт постоянной скорости резания командой G97 и не задавали новые обороты главного шпинделя, то остаются действующими последние обороты главного шпинделя, принятые в состоянии G96.

G96 S100	(100м/мин, или 100 фут/мин)
.	
.	
.	
G97	(число оборотов, относящееся к получаемому диаметру X)
- В случае позиционирования быстрым ходом (кадр G0) число оборотов шпинделя не рассчитывается непрерывно, а устройством ЧПУ устанавливается число оборотов, относящееся к позиции, положенной в конечной точке позиционирования.
- Значение постоянной скорости резания определяется после включения параметром N0686 Default Surf Speed.

11.5.2 Ограничение чисел оборотов при расчёте постоянной скорости резания (G92 S)

Командой

G92 S

можно установить максимальное число оборотов главного шпинделя, допускаемое при расчёте постоянной скорости резания. Устройство ЧПУ во включенном состоянии расчёта постоянной скорости резания не разрешает выдавать число оборотов главного шпинделя, выше заданного здесь значения. Единица измерения S в этом случае: об/мин.

Максимальное значение чисел оборотов главного шпинделя надо задаётся всегда по адресу S и ограничение чисел оборотов относится всегда к шпинделю, выделённому главным шпинделем.

- После включения, или, если не ограничивали значение чисел оборотов командой G92, верхний предел чисел оборотов главного шпинделя, в случае расчёта постоянной скорости резания служит максимальное значение, допускаемое для данного диапазона.
- В случае расчёта постоянной скорости резания, числом оборотов главного шпинделя можно задавать и нижний предел параметром N0688 Min Spindle Speed G96, которое может быть выше значения минимального числа оборотов, относящего к диапазону.
- Значение максимального числа оборотов передаётся модально до тех пор, пока не запрограммировано новое.

11.5.3 Выделение оси для расчёта постоянной скорости резания (G96 P)

Ту ось, на основании позиции которой устройство ЧПУ рассчитывает число оборотов шпинделя, в состоянии G96 выделяется параметром N0687 Default G96 Axis.

При желании отличать от выделённой оси, командой

G96 P

можно задавать ту ось, по которой желаем рассчитывать скорость резания.

Истолкование **адреса P: номер оси**.

В команде G96 можно вместе запрограммировать адрес и S и P:

G96 S300 P4 (300м/мин скорость резания с 4-й осью)

Установленное по адресу P значение передаётся модально.

11.6 Наблюдение за колебанием чисел оборотов шпинделей

Устройство ЧПУ наблюдает за колебанием чисел оборотов каждого шпинделя. Разность между запрограммированным числом оборотов, изменённым с помощью override пределами чисел оборотов и между актуальным числом оборотов, измеренным датчиком, определяет колебание.

Если число оборотов шпинделя выходит за допускаемым пределом диапазона, установленного параметром строителем станка, NC выводит сообщение для PLC.

После этого PLC выводит сообщение об ошибке и принимает меры для останова шпинделя и точения. Эти содержатся в описании строителя станка.

- Функция наблюдения за колебанием чисел оборотов работает только тогда, если шпиндель оборудован датчиком.
- Наблюдения за колебанием чисел оборотов действует только при вращении шпинделя (в состоянии M3, или M4).

11.7 Позиционирование шпинделей

В случае нормальной обработке NC выдаёт команду числа оборотов, пропорционального запрограммированному числу оборотов приводов шпинделей. При этом привод шпинделя работает в режиме регулируемого числа оборотов.

Некоторые технологические задачи потребуют, чтобы шпиндель установили в определённое угловое положение. Это называется позиционированием, или индексацией шпинделя. Перед позиционированием NC включает шпиндель в режим регулируемой позиции. Это практически означает, что в дальнейшем NC уже выдаёт не команду пропорционального кодом S числа оборотов, а с помощью датчика углового положения, оборудованного на шпиндель, измеряет положение шпинделя и в зависимости желаемого углового поворота выдаёт команду как для привода, так и для остальных осей регулируемой позиции. Это является обратной связью позиции.

Для того, чтобы на данном станке позиционировать шпиндель, необходимо оборудовать датчик на шпиндель, или привод шпинделя должен быть таким, чтобы мог работать и в режиме обратной связи позиции.

11.7.1 Ориентировка шпинделей

Ориентировкой шпинделя, или ориентированного останова шпинделя называется та функция, когда шпиндель устанавливается в определённое угловое положение. Это необходимо например, при автоматической смене инструмента, далее для выполнения некоторых циклов сверления.

Положение бита #1 ORI=1 параметра N0607 Spindle Config означает, что данный шпиндель можно ориентировать.

Команда для ориентировки выдаётся функцией

M19

Если на станке, или в канале имеется несколько шпинделей, помимо функции M19 надо выбрать и шпиндель. Например:

S2=0 M19

Ориентировка технически может выполнена двояко.

Если шпиндель не имеет обратную связь регулировки позиции (положение параметра N0607 Spindle Config #2 INX=0), ориентировка выполняется например, с помощью поворота шпинделя на включатель положения, оборудованного на станок.

Если шпиндель можно включить в обратную связь регулировки позиции (положение параметра N0607 Spindle Config #2 INX=1), под действием команды M19 устройство ЧПУ находит нулевой импульс датчика шпинделя. После этого устройство ЧПУ автоматически выполняет замыкание контура регулировки позиции.

Это заодно означает и приём референтной точки шпинделем, то есть после ориентировки можно направить шпиндель в абсолютное угловое положение.

11.7.2 Останов шпинделей и замыкание контура регулировки позиции

Положение параметра N0607 Spindle Config #2 INX=1 означает, что контур регулировки позиции замыкаемый.

В этом случае параметром N0823 M Code for Closing S Loop можно задавать код M, под действием которого шпиндель остановится, замыкает контур регулировки позиции, но не становится в позицию ориентировки (не ищет нулевой импульс датчика).

Например, если значение параметра 24, замыкание контура происходит под действием

M24

Если на станке, или в канале имеется несколько шпинделей, помимо функции M19 надо выбрать и шпиндель. Например:

S2=0 M24

На счёт кода и его работы можно получить сведения от строителя инструментального станка.

Эта функция например, может ускорить выполнение циклов нарезания резьбы с жёстким хвостовиком.

11.7.3 Программирование позиционирования шпинделей

Положение параметра N0607 Spindle Config #2 INX=1 означает, что контур регулировки позиции замыкаемый. Только в этом случае имеется возможность для позиционирования шпинделей.

Параметр устанавливается строителем станка в том случае, если функция была осуществлена на данном шпинделе.

Позиционирование на основании названия оси

Каждому шпинделю можно давать название оси с длиной не более 3-х символов, на которые можно ссылаться после замыкания контура регулирования позиции.

Параметром N0817 Spindle Axis Name1 надо обязательно записать буквы А, В, или С. На втором (параметр N0818 Spindle Axis Name2) и на третьем символе (N0819 Spindle Axis Name3) можно задавать буквы английского алфавита: А, В, С, D, ... Y, Z, далее цифры: 0, 1, 2, ..., 9.

Например:

CS: название 1-го шпинделя

CS2: название 2-го шпинделя

ABC: название 3-го шпинделя

В случае названия, заканчивающиеся цифром, надо использовать знак =. Заданное название конечно не может совпадать с другими названиями.

После названия надо задавать **позицию в градусах**. Позиционирование происходит со скоростью быстрого хода, установленного для шпинделя. Единица измерения быстрого хода 1/мин.

Перед **позиционированием абсолютным** заданием данных надо запрограммировать M19.

Например: ряд команд

S2=0 M19

G90 CS2=30

наводит шпиндель CS2 в позицию 30 градусив, вращая шпиндель в положительное направление.

В случае абсолютного позиционирования из данных, больших 360 градусов, **срезаются целые обороты**, Например: задавая

S2=0 M19

G90 CS2=750

шпиндель поворачивается на 30 градусов. Вращение будет **всегда в направлении кратчайшем пути**: в случае

S2=0 M19

G90 CS2=270

вращение будет в отрицательном направлении на 270 градусов.

Перед **позиционированием инкрементным** заданием данных не надо запрограммировать M19, достаточно только замыкать контур позиции. Если замыкание контура совершается на M24: в случае задания данных

S2=0 M24

G91 CS2=3600

или

S2=0 M24

CS2=I3600

шпиндель совершает в заданном (в примере в положительном) направлении 10 оборотов. В случае инкрементного задания данных устройство ЧПУ **не срезает целые обороты и поступает в направлении, согласно знаку**.

Индексация шпинделей функцией M

Индексировать шпинделей можно использованием кодов M. Индексированием называется вращение шпинделя в дискретные, заранее установленные позиции.

Для этого надо установить следующие параметры:

Битом #7 IDS параметра N0607 Spindle Config - направление индексации: =0 положительное, =1 отрицательное.

Параметром N0820 Start M of Spnd. Pos. - начальное значение кодов M, параметром N0821 No. of M Code for Spnd. Pos. - номер кодов M.

Параметром N0822 Basic Angle of Spnd. Pos. - угол индексации.

Пример:

Шпиндель можно фиксировать по 18 градусов, отсчитывая от позиции ориентировки.

Установка следующая:

Spindle Config: #7 IDS=0: индексирует в положительном направлении

Start M of Spnd. Pos.=201 (m=201)

No. of M Code for Spnd. Pos.=20 (n=20)

Basic Angle of Spnd. Pos.=18 ($\varphi=18$)

Таблица ниже задаёт значение различных кодов M:

Код M	Угол поворота α
Mm (M201)	$\alpha=\varphi=18^\circ$
M(m+1) (M202)	$\alpha=2\varphi=36^\circ$
M(m+2) (M203)	$\alpha=3\varphi=54^\circ$
....	
M(m+n) (M220)	$\alpha=n\varphi=360^\circ$

Берём следующий пример на основании приведенных установок выше:

M19 (ориентировка)
M205 (поворот на 90°)
... (сверление)
M210 (поворот на 180°)
... (сверление)

Прежде чем выдавать код M для позиционирования, с помощью M19 выполняем ориентировку шпинделя. При этом шпиндель попадает в позицию $\alpha=0$.

На 90° надо просверлить отверстие, командой M205 шпиндель наводится на $\alpha=5\varphi=5*18=90^\circ$.

Следующее отверстие надо просверлить в позиции 270° . Поскольку кодом M можно перемещать шпиндель только инкрементно, запрограммируем M210, так как при этом перемещение будет $10*18^\circ=180^\circ$.

11.7.4 Синхронизация двух шпинделей верно позиции

Два шпинделя можно так синхронизировать, что оба шпинделя вращались на тех же оборотах и имели во время вращения установленное смещение по фазе по сравнению к другому.

Синхронизация двух шпинделей верно позиции программа PLC осуществляет обычно кодом M. Способ синхронизации содержит описание строителя станка.

Для синхронизации двух шпинделей необходимо оборудовать оба шпинделя датчиком и

иметь возможность замыкания контура регулирования позиции.

Во время синхронизации **максимальное число оборотов шпинделей** ограничивается установленной для шпинделей **скоростью быстрого хода**. Это обычно меньше максимального числа оборотов шпинделя.

В ходе синхронизации различаем мастер-шпиндель и вспомогательный шпиндель. Всегда вспомогательный шпиндель синхронизируется под мастер-шпиндель.

Порядок синхронизации следующий:

- если число оборотов мастер-шпинделя выше, чем меньшее из заданных для двух шпинделей (мастер-шпиндель и вспомогательный шпиндель) число оборотов быстрого хода, устройство ЧПУ замедляет до подходящих оборотов,
- замыкается контур регулирования позиции,
- вспомогательный шпиндель раскручивается до числа оборотов мастер-шпинделя, в направлении, совпадающем с мастер-шпинделем или противоположном с ним,
- вспомогательный шпиндель замыкает контур регулирования позиции,
- затем вспомогательный шпиндель натянет свой нулевой импульс на нулевой импульс мастер-шпинделя, или становится на расстояние, заданное импульсом датчика параметром N0685 Spindle Phase Shift от нулевого импульса мастер-шпинделя, со сдвигом по фазе.

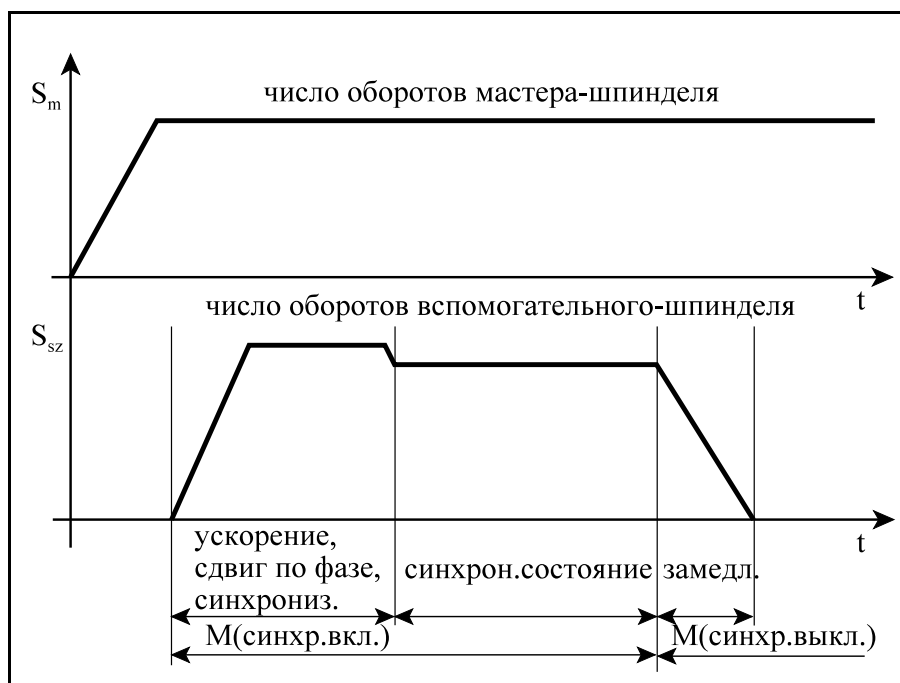


рисунок 11.7.4-1

Пример

На станке с контршпинделем в главном шпинделе (обозначим S1) надо обработать и другую сторону заготовки. Главный шпиндель работает с прутком. Сперва надо синхронизировать контршпиндель, вспомогательный шпиндель (обозначим S2) к главному шпинделю (мастер-шпиндель), закрепить заготовку, затем отрезать её.

Пусть будет M21 синхронизацией, осуществимой совмещенным бегом нулевых импульсов

и M22 синхронизацией со сдвигом по фазе.

Если не требуется сдвиг по фазе, фрагмент программы следующий:

```
S1=3000 M3
S2=0 M21 (S2 синхронизация к S1)
...      (Зажим заготовки патроном S2)
...      (Отрезка)
S2=1200 M4 (выключение синхронизации, S2 вращение)
```

Если надо закрепить фасонную заготовку, надо использовать код M22 и установить сдвиг по фазе параметром N0685 Spindle Phase Shift.

Внимание! Пример выше является только образцом. В конкретном случае надо поступать согласно описанию строителя станка!

11.7.5 Выключение режима регулирования позиции шпинделей

После ориентировки, позиционирования, или синхронизации шпиндели надо выключить из режима, регулируемого по позиции следующими функциями:

M3, M4, или M5

Например:

```
S1=0 M19 (режим регулирования позиции вкл., S1 ориентиров-
ка)
CS1=60
...
S1=0 M5 (режим регулирования позиции выкл., шпиндель сто-
ит)
```

или

```
S1=2400 M3 (режим регулирования позиции выкл., шпиндель вкл.)
```

11.8 Преобразование шпинделя в ось, оси в шпиндель

Шпиндельные оси можно использовать только ограниченным образом для обработки потому, что их можно только позиционировать, в интерполяции с другими осями не могут участвовать. Кроме того, шпиндельные оси используют датчик с малым разрешением, работающим на высоких оборотах, а к поворотному столу нужен измеритель хода с большим разрешением, работающим на низких оборотах.

Поэтому в ходе обработки может быть, потребуется преобразовать шпиндель в ось, или ось в шпиндель. Шпиндель токарного станка надо преобразовать в ось C для того, чтобы интерполяцией полярных координат сумели фрезеровать на торцевую поверхность заготовки, или гравировать что-нибудь с цилиндрической интерполяцией на боковую поверхность. После этого ось C можно преобразовать обратно в шпиндель, чтобы продолжать точение.

Поворотный стол В горизонтального центра обработки можно преобразовать в шпиндель, если конструкция станка позволяет этого, чтобы станком можно было выполнить операции точения на заготовке.

Для преобразования шпинделя в ось, или оси в шпиндель требуется соответствующее механическое и электроническое построение инструментального станка. Возможно ли этого на данном станке, содержится описание данного станка. Переход осуществляется всегда программой PLC, соответственно требованиям данного станка.

Порядок преобразования **шпинделя в ось** обычно следующий:

- останов шпинделя, если вращается,
- останов работы привода,
- отключение шпинделя от привода,
- преобразование датчика в большое разрешение,
- перестановка параметров на приводе,
- включение привода обратно,
- подключение оси к приводу и делать видимым индикацию.

Порядок преобразования **оси в шпиндель** обычно следующий:

- ожидание останова оси,
- останов работы привода,
- отключение оси от привода и делать невидным индикацию,
- преобразование датчика в малое разрешение,
- перестановка параметров на приводе,
- включение привода обратно,
- подключение шпинделя к приводу.

Пример:

На токарном станке преобразовать шпиндель S1 в ось C1 для фрезерования, затем преобразовать обратно ось C1 в шпиндель S1 для дальнейшего точения:

```
S1=0 M20      (S1 преобразование в C1)
G28 G91 C1=0   (приём референтной точки на оси C1)
...           (фрезерование с использованием оси C1)
S1=3000 M3     (переключение обратно C1 в S1, вращение с
               3000)
...           (точение с S1)
```

☞ **Внимание!** Пример выше является только образцом. В конкретном случае надо поступать согласно описанию строителя станка!

12 Функция Т

12.1 Команда вызова инструмента (код Т)

На номер инструмента *кодом Т* ссылаемся в программе деталей. Код Т можно задавать не более **8 десятичных цифрах**:

Tnnnnnnnn

Передними нолями можно пренебегать.

Если запрограммировать команду движения и номер инструмента (Т) в один и тот же кадр, функция Т выполняется во время выполнения команды движения, или после его выполнения. Способ выполнения определяется строителем станка.

Номер инструмента передаётся для программы PLC.

12.2 Программирование смены инструментов

А программе деталей можно ссылаться в основном двояким образом. Двоякий образ зависит от конструкции инструментального станка. Применяемая техника вызова инструмента в программе деталей задаётся строителем станка

Случай А: смена на код Т

Смена инструментов на станке производится вручную, или устройством для смены инструментов револьверного типа. При этом при ссылке на код:

Tnnnnnnnn

- в случае смены вручную на индикаторе появится номер загружаемого инструмента, который закладывается в шпиндель вручную, затем под действием старта продолжается обработка,
- в случае сменника инструмента револьверного типа под действием кода Т, станок автоматически загружает инструмент.

Значит, технически ссылка на номер инструмента вызываетнемедленную смену в том кадре, в котором задавали Т.

После смены на код Т необходимо установить следующие параметры:

Для поиска кадра установка бита N1338 Block No Search #0 M06=0,
для обращения стойкостью резца установка бита N2901 Search Config #1 TLC=1.

Случай В: смена на функцию М6

Смена инструмента на станке потребует подготовку инструмента. Эти шаги следующие:

- Надо поискать загружаемый инструмент в магазине инструментов. При этом в программе деталей ссылка на адрес

Tnnnnnnnn

приводит соответствующий инструмент в положение смены. Эта операция выполняется на заднем плане, параллельно с обработкой.

- Суппорты отправить в позицию смены.
- Выполнение смены инструмента функцией

M6

в программе. (можно использовать и M06.) Устройство ЧПУ подождёт выполнением смены инструмента до тех пор, пока не попадает подготавливаемый инструмент Т в положение смены. Под действием этого новый инструмент закладывается

в держатель инструмента. Отсюда может продолжаться обработка.

- Предыдущий инструмент возвращается в магазин инструментов. Это деятельность производится на заднем фоне, параллельно с обработкой.
- В магазине инструментов начнётся поиск нового инструмента.

В случае выполнения смены на функцию М6 необходимо выполнить следующую установку параметров:

Для поиска кадра установка бита N1338 Block No Search #0 M06=1,
для обращения стойкостью резца установка бита N2901 Search Config #1 TLC=0.

Образцовый пример:

T12	M6	(загружается инструмент T12)
T15		(вызов инструмента T15, PLC поищет во время обработки)
...		(обработка инструментом T12)
M6		(загружается инструмент T15)
T8		(вызов инструмента T8, PLC поищет во время обработки)
...		(точение инструментом T15)
T8		(вызов инструмента T8, PLC поищет во время обработки)
...		(точение инструментом T15)
T9		(вызов инструмента T9, PLC поищет во время обработки)
M6		(загружается инструмент T8)
...		(точение инструментом T8)

В случае записи в одном кадре команды Ти М6, PLC обычно выполняет функцию Т, затем М6, то есть загружает инструмент. После смены инструментов, М6, целесообразно в следующем кадре запрограммировать вызов инструмента Т, чтобы минимизировать вспомогательное время станка .

☞ **Внимание!** Приведенный выше пример является только образцовым примером. В конкретном случае надо поступать согласно описанию строителя станка!

12.3 Обращение инструментами

Функцию обращения инструментами необходимо установить в устройстве ЧПУ в следующих случаях:

- при желании применить проверку стойкости инструментов,
- при ссылке из программы деталей на инструменты, лежащие в магазине, не по коду места, а на основании кода инструмента,
- если применённая на станке смена инструментов требует обращения магазином типа random. Обращением магазином типа random называется, когда инструмент, имеющийся в шпинделе попадает не в тот карман магазина, откуда вытащили его, а на место загружаемого инструмента.

Данные обращения инструментами сохранены в НС *в таблицах*. Данные таблицы *сохраняются при выключении*.

12.3.1 Таблица обращения инструментами

В таблицу обращения инструментами можно записать **код T** инструментов, применённых в устройстве ЧПУ, то есть их **номер типа**, на который ссылаемся в программе дателей. В этой таблице можно задавать свойства отдельных инструментов, то есть то, что они имеют нормальный, или особый размер, что участвуют ли они в обращении стойкостью инструментов, или нет, далее какой элемент магазина коррекции назначаем к ним. Может быть, что назначим дальнейшие технологические данные к данному инструменту, такие, как число оборотов, подача, и т.д.

Таблица обращения инструментами является глобальной, то есть она общая для всех каналов.

Элементы таблицы обращения инструментами:

Номер данных	Номер типа (Т)	Инф. об инструменте	Номер формы	Штат стойкости	Счётчик стойкости	Стойкость
1	10002001	UENC V		Истёк	150	150
2	10002001	SENC V		Использ.	131	200
3	10002001	SENC V		Не исп.	0	170
4	150	SDLC V	2	Нет		
5	3210	UENT V		Сломан	1h42m26s	2h30m00s
6	3210	SENT V		Использ.	1h34m14s	1h50m30s
...						

Элементы столбцов таблицы обращения инструментами изложены ниже. Рядом с отдельными элементами указаны и их потребность в площади:

1 Номер данных (DWORD)

Это есть порядковый номер в таблице. Не редактируется, номер строки таблицы определяется параметром. В таблице мест инструментов *ведётся учёт инструментов на основании* порядкового номера в таблице обращения инструментами, то есть *по номеру данных*.

2 Номер типа (DWORD)

Из программы деталей по адресу T, с Номером типа можно ссылаться на инструмент. *Если какая-то группа инструментов участвует в обращении стойкостью, все инструменты группы обозначим одним и тем же Номером типа (кодом T)*. Номер типа задаётся не более, чем на 8 цифрах:

T: от 1 до 99 999 999.

В ходе вызове инструментов (код T), выбирается всегда инструмент с таким номером данных, счётчик которого максимальный, но ещё не истёк. На основании таблицы выше ссылкой

T10002001

выбирается инструмент с номером данных 2. Если счётчик стойкости для всех инструментов с одинаковым Номером типа показывает одинаковое значение, выбирается инструмент с меньшим номером данных.

3 Информация об инструменте (DWORD)

Информация об инструменте содержит следующие битные информации:

- #0 I (=0, Invalid): вся строка таблицы обращения инструментами не действительная, удаляемая
V (=1, Valid): вся строка таблицы обращения инструментами действительная.
- #1 C (=0, Count): проверка стойкости выполняется для использования
T (=1, Time): проверка стойкости выполняется на время.

☞ *Внимание:*

К инструментам с таким же Номером типа надо установить ту же самую информацию об инструменте C, или T.

- #2 N (=0, Normal): инструмент нормального размера (занимает место с размером одного кармана).
L (=1, Large): инструмент сверхразмерный. Занимает несколько карманов.
- #3 E (=0, Enabled): вся строка таблицы обращения инструментами редактируемая.
D (=1, Disabled): вся строка таблицы обращения инструментами не редактируемая.
- #4 Если штат стойкости покажет, что данный инструмент не участвует в обращении стойкостью и этот бит
U (=0, Unsearchable): для этого инструмента NC не проводит поиск
S (=1, Searchable): для этого инструмента NC проводит поиск

4 Номер формы (DWORD)

Если в Информации об инструменте определили инструмент как сверхразмерный со знаком “L”, надо определить форму инструмента. Форма сверхразмерных инструментов (потребность в площади) изложена в таблице формы инструмента.

Номер формы показывает на соответствующую строку таблицы формы инструмента.

Если значение формы инструмента 0, инструмент занимает место с размером 1 кармана. Если в Информации об инструменте определили нормальный инструмент со знаком “N”, значение формы инструмента не действительное.

5 Штат стойкости (DWORD)

Штат стойкости содержит следующие коды:

=0: Нет (Not performed)

Инструмент не участвует в обращении стойкостью, но в столбце Информации об инструменте отмечен со знаком “S”(подлежит поиску) устройство ЧПУ принимает инструмент во внимание по Номеру типа T, а впрочем нет.

=1: Не использованный (Not used)

Если инструмент участвует в наблюдении за стойкостью, но ещё не был использован, то есть значение счётчика стойкости =0, пишется этот штат. Алгоритм поиска учитывает его.

=2: Использованный (Used)

Если инструмент участвует в наблюдении за стойкостью и значение счётчика стойкости меньше, чем заданная стойкость, пишется этот штат. Алгоритм поиска учитывает его.

=3: Истёк (Expired)

Если инструмент участвует в наблюдении за стойкостью и значение счётчика стойкости достигло заданную стойкость, пишется этот штат. Алгоритм больше не проводит поиск на этот инструмент.

=4: Сломан (Broken)

Если PLC показывает на поломку инструмента, пишется этот штат. Для алгоритма поиска это означает то же самое, как штат “Истёк”. Это относится и к тем инструментам, которые не участвуют в обращении стойкостью.

6 Счётчик стойкости (DWORD)

Если в столбце Информации об инструменте включена проверка стойкости и установлена на С, **он считает выполнение смены инструмента**. После выполнения кода M06, или T счётчик увеличивает значение на 1. Как только значение счётчика достигло значение, определённое в столбце Стойкости, штат инструмента примет состояние “Истёк”. Параметром решается, что счёт проводить на M06, или на T. Если в столбце Информации об инструменте разрешена проверка стойкости и **наблюдение за стойкостью** выполняется **на время**, время измеряется тогда, когда

находится в состоянии Start,
значение override не 0,
шпиндель вращается,
выполняется перемещение подачи.

Если значение времени, измеренное счётчиком стойкости достигает значения стойкости, штат стойкости инструмента сменяется на состояние “Истёк”.

7 Стойкость (DWORD)

Здесь устанавливается **стойкость**, действительная для данного инструмента по **номеру**, или по **времени**. Когда **счётчик Стойкости** инструмента **достигает** определённое здесь значение, в столбце Стойкости штат инструмента примет состояние “**Истёк**”.

Дальнейшие элементы таблицы

Номер данных	Номер типа (Т)	Информ. об инструменте	Предупр. стойкость	Н	D	S
1	10002001	UENCV	20	1	1	12500
2	10002001	SENCV	12	2	3	11400
3	10002001	SENCV	15	31	31	13000
4	150	SDLCV		12	13	5400
5	3210	UENTV	5m30s	326	326	2500
6	3210	SENTV	4m10s	63	63	2700
...						

8 Предупреждающая стойкость (DWORD)

Если **разность Стойкости и Счётчика стойкости** достигает значение, установленное для данного инструмента, устройство ЧПУ выводит **сигнал предупреждения** для PLC.

9 Н: номер ячейки коррекции по длине (DWORD)

В фрезерном канале, если инструмент участвует в наблюдении за стойкостью, это есть номер ячейки коррекции по длине, относящейся к инструменту (код Н).

10 D: номер ячейки коррекции радиуса (DWORD)

В фрезерном канале, если инструмент участвует в наблюдении за стойкостью, это есть номер ячейки коррекции радиуса, относящейся к инструменту (код D).

11 G: номер ячейки геометрической коррекции (DWORD)

В токарном канале, если инструмент участвует в наблюдении за стойкостью, это есть номер ячейки геометрической коррекции, относящейся к инструменту.

12 W: номер ячейки коррекции на износ (DWORD)

В токарном канале, если инструмент участвует в наблюдении за стойкостью, это есть номер ячейки коррекции на износ, относящейся к инструменту.

13 Число оборотов шпинделя (DWORD)

Число оборотов шпинделя, относящегося к инструменту в размерности 1/мин.

Дальнейшие элементы таблицы

Номер данных	Номер типа (Т)	Информ. об инструменте	F	Пользовательские, битные	Пользовательские 1	...
1	10002001	UENC V	3000			
2	10002001	UENC V	2800			
3	10002001	UENC V	3300			
4	150	SDLC V	650			
5	3210	UENT V	1800			
6	3210	UENT V	1700			
...						

14 Подача (double)

Подача, относящаяся к инструменту в размерности мм/мин, дюйм/мин, или мм/оборот, дюйм/оборот.

15 Пользовательские, битные данные (DWORD)

По типам инструментов можно задавать 8 шт. битных данных, для произвольного использования.

16 Пользовательские данные (double)

Столбец, пригодный для сохранения данных с плавающей запятой количеством, заданным параметром (не более 20).

12.3.2 Таблица мест инструментов

Устройство ЧПУ может обращаться несколькими магазинами. *Таблица мест инструментов* ведёт учёт *номеров данных инструментов, имеющих в карманах отдельных магазинов*, то есть номер соответствующей таблицы обращения инструментами.

Таблица мест инструментов также глобальная, она является общей для всех каналов.

Многокарманные магазины

Параметром можно принять не более **4 разных, многокарманных магазинов**. Номер этих магазинов меняется от 1-го до 4-х.

Параметром можно задавать тип отдельных магазинов, то есть, что они имеют строй в цепь, или в матрицу.

Помимо этого параметром определяются

- в случае **магазина строя в цепь** начальный номер карманов отдельных магазинов (не обязательно начинать с 1-го), далее число карманов, имеющих в отдельных магазинах,

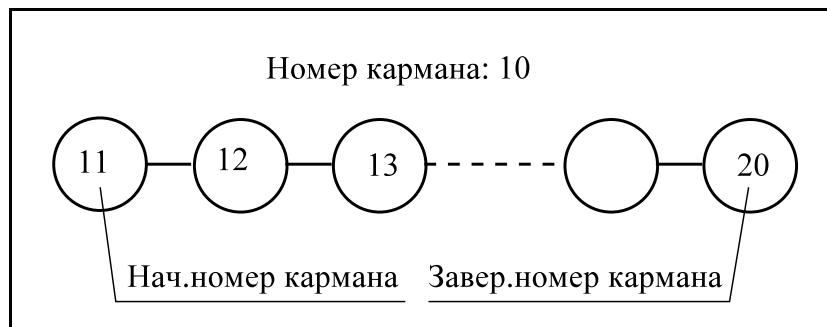


рисунок 12.3.2-1

– в случае магазинов строя в **матрицу** надо задавать начальный номер кармана (не обязательно задавать 1), далее число строк и столбцов, имеющихся в матрице.

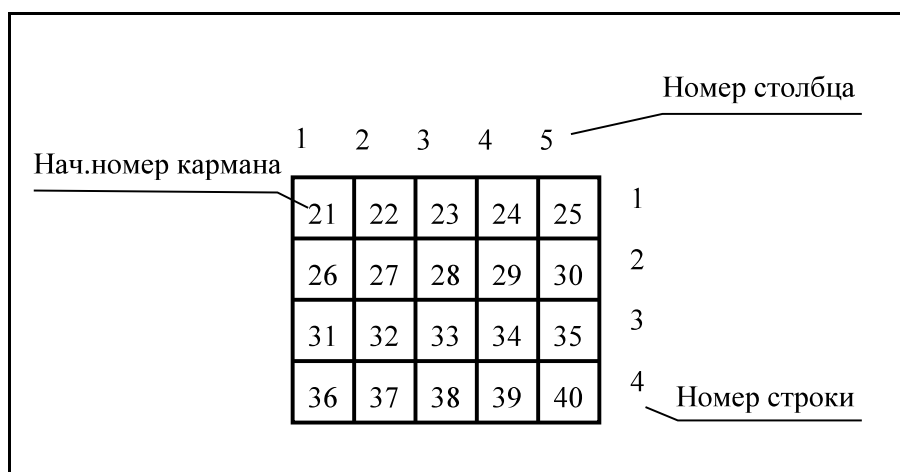


рисунок 12.3.2-2

Устройство ЧПУ истолкует нумерацию карманов, строк и столбцов внутри магазинов строя в матрицу согласно рисунку выше, значит, нумерация начинается в левом верхнем углу и заканчивается в правом нижнем углу.

Вопросом механического построения станка является, что какие рычаги смены имеют доступ к отдельным магазинам, далее какие шпиндели могут обслуживать рычаги смены.

Специальные, однокарманные магазины

Помимо изложенного раньше, каждый **шпиндель**, в который можно вставить инструмент, можно параметром назначить к таблице магазинов. Они называются **шпиндельными магазинами**.

В зависимости от механизма смены, под шпиндели можно заказать по одному и **дежурный магазин**, в котором ожидает инструмент, который вытащили из магазина, и уже подготовлен для смены, то есть, чтобы попасть в шпиндель.

Шпиндельные магазины и дежурные магазины представляют собой **однокарманные** магазины.

Номер 1-го шпиндельного магазина 10, номер 2-го шпиндельного магазина 20 и так далее.

Номера заказанных рядом с шпинделем дежурных магазинов 11, 21 и так далее.

Элементы таблицы мест инструментов:

Порядковый номер	Номер магазина	Номер кармана	Номер данных
1	1	1	0
2	1	2	4
3	1	3	3
...	...	...	...
24	1	24	1
25	2	1	12
26	2	2	28
27	2	3	0
...	...	...	...
40	2	16	62
...	...	...	...
41	10	1	2
42	11	1	0
43	20	1	5
44	21	1	6
...	...	...	...

Таблица мест инструментов разделяются следующим образом:

1 Порядковый номер

Покажет порядковые номера всей таблицы мест инструментов. Совпадает номерами всех карманов инструментов, имеющих на станке.

2 Номер магазина (DWORD)

Здесь видны номера однокарманного и многокарманного магазина, установленных параметром.

3 Номер кармана DWORD

Номера кармана увеличиваются внутри одного магазина по одному. Начальный номер отдельных магазинов можно задавать параметром.

4 Номер данных DWORD

Это есть номер данных таблицы обращения инструментами, то есть порядковый номер, показывающий на инструмент, лежащий в кармане.

Если значение номера данных 0, в кармане нет инструмента.

12.3.3 Таблица формы инструмента

В таблице формы инструмента можно задавать форму тех инструментов, которые занимают место в магазине больше одного кармана.

Если инструмент сверхразмерный, то в Таблице обращения инструментами

- бит #2 столбца **Информация об инструментах** надо установить в “L”, далее
- в столбец **Номер формы** надо записать, что в какой строке Таблицы формы инструмента задавали форму инструмента.

Таблица формы инструмента является глобальной, действительной для каждого канала. Число элементов Таблицы формы инструмента не более 20. Это означает, что система может обращаться не более 20-тью инструментами разной формы.

Номер формы	Налево	Направо			
1					
...					

1 Номер формы DWORD

Это есть порядковый номер Таблицы формы инструмента. Номер, заданный в столбце номера формы Таблицы обращения инструментами указывает на соответствующую строку Таблицы формы инструмента.

2 Налево, Направо,

Число, записанное в столбцы покажет, что сколько карманов занимает инструмент в соответствующем направлении в размерности
 $\frac{1}{2}$ кармана.

Конечно, что в те карманы, которые занимает один инструмент наполовину, уже нельзя класть другой инструмент. Однако, в соседстве этих карманов ещё можно класть такой инструмент, у которых потребность в площади также $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ кармана в противоположном направлении.

Истолкование разных направлений

Налево: убывающиеся номера карманов (в магазине строя и в цепь и в матрицу)

Направо: нарастающие номера карманов (в магазине строя и в цепь и в матрицу)

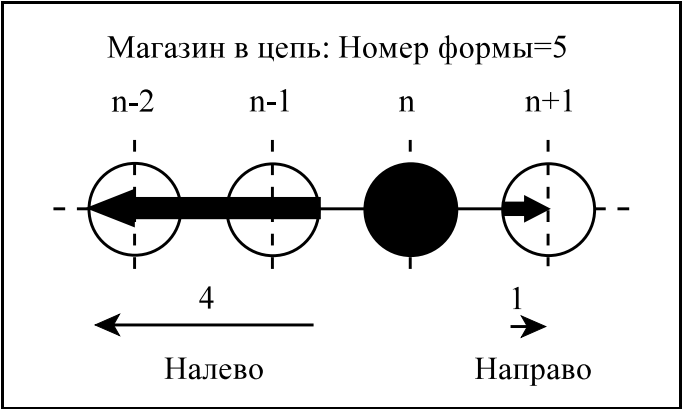


рисунок 12.3.3-3

На основании рисунка выше потребность инструмента в площади надо задавать следующим образом:

Номер формы	Налево	Направо			
...					
5	4	1	0	0	
...					

12.4 Изменение данных таблицы обращения инструментами из программы (G10, G11)

Данные обращения инструментами можно изменить из программы деталей командой G10.

12.4.1 Регистрация данных таблицы обращения инструментами из программы

Данные обращения инструментами можно регистрировать и из программы. Регистрацию надо выполнить по строкам (N) таблицы.

Команда

G10 L75 P1,

написанная в отдельную строку, включает регистрацию данных обращения инструментами.

После этого, записав в отдельную строку, последует номер данных, то есть порядковый номер таблицы обращения инструментами:

N

Под действием этой команды удаляются все данные N-ой строки.

☞ **Внимание!** Регистрация сперва удаляет все данные полной строки (N), затем заполняет строку данными, заданными в ходе регистрации.

После этого, в отдельной строке последует присвоение данных столбцам таблицы:

T Q A B C L I H (J) D (K) S F

P0 R

P1 R

...

Pn R

Новый номер данных

N

и так далее:

...

Регистрация данных обращения инструментами закрывается командой

G11.

Обозначения следующие:

N: номер данных, порядковый номер таблицы обращения инструментами (от 1 до значения, определённого параметром N2902 Tool Management Table Length), целое

T: номер типа инструмента. (T) от 0 до 99.999.999, целое

Q: инфо биты инструмента (данные в битном формате, например: 10001)

A: номер формы инструмента (от 0 до 20), целое

B: штат стойкости инструмента от 0 до 4-х, целое

C: счётчик стойкости инструмента от 0 до 99.999.999, целое

L: максимальная стойкость инструмента от 0 до 99.999.999

I: значение предупреждающей стойкости от 0 до 99.999.999, целое

H: номер регистра коррекции инструмента по длине **в фрезерном канале** (от 0 до значения H, заданного параметром N1400 No. of Tool Offsets), целое, vary

(J): номер регистра геометрической коррекции инструмента **в токарном канале** (от 0 до значения G, заданного параметром N1400 No. of Tool Offsets), целое)

D: номер регистра коррекции радиуса инструмента **в фрезерном канале** (от 0 до значения D, заданного параметром N1400 No. of Tool Offsets), целое,

или

(**K**: номер регистра коррекции на износ инструмента *в токарном канале* (от 0 до значения W, заданного параметром N1400 No. of Tool Offsets, целое)

S: число оборотов шпинделя, относящееся к инструменту (S) от 0 до 99.999.999, целое

F: подача, относящаяся к инструменту (F) с плавающей запятой

P0 R: пользовательские битные данные (данные в битном формате, например: 10011)

Pi R: пользовательские данные с плавающей запятой, от i=1 до значения, заданного параметром N2903 No. of Custom Columns.

12.4.2 Изменение данных таблицы обращения инструментами из программы

Данные обращения инструментами можно изменить и из программы.

Команда

G10 L75 P2,

написанная в отдельную строку, включает изменение данных обращения инструментами. После этого, записав в отдельную строку, последует номер данных, то есть порядковый номер таблицы обращения инструментами:

N

☞ **Внимание!** Изменение относится только к тем данным строки (N), которым присвоили значение, значение остальных данных остаётся неизменным.

После этого, в отдельной строке последует присвоение значений столбцам таблицы:

T Q A B C L I H (J) D (K) S F

P0 R

P1 R

...

Pn R

Новый номер данных

N

и так далее:

...

Изменение данных обращения инструментами закрывается командой

G11.

Обозначения полностью совпадают обозначениями, заданными при регистрации.

12.4.3 Удаление произвольной строки таблицы обращения инструментами из программы

Полную произвольную строку таблицы обращения инструментами можно удалить из программы.

Команда

G10 L75 P3

написанная в отдельную строку, включает удаление строк таблицы обращения инструментами.

После этого, в отдельной строке последует номер данных, то есть номер удаляемой строки таблицы обращения инструментами:

N

N

...

☞ **Внимание!** Удаление относится ко всем данным строки (N).

Удаление строк таблицы обращения инструментами закрывается командой

G11.

12.4.4 Заполнение данных таблицы обращения инструментами из программы

Все номера данных (порядковый номер) таблицы обращения инструментами можно назначить (регистировать) из программы в таблице мест инструментов к магазину, далее внутри магазина к карману.

Команда

G10 L76 P1

написанная в отдельную строку, включает заполнение данных таблицы мест инструментов. После этого, записав в отдельную строку, последуют данные,

N P R

N P R

...

необходимые к заполнению.

Заполнение данных таблицы мест инструментов закрывается командой

G11.

Обозначения следующие:

N: номер магазина (1-4, 10-11, 20-21, ..)

P: номер кармана

R: номер данных (порядковый номер) таблицы обращения инструментами, содержащей описание инструмента

В случае 10-11, 20-21, .. шпиндельных и дежурных магазинов не надо заполнять адрес P, поскольку они однокарманные, эти не принимаются во внимание устройством ЧПУ.

Присвоение значения R0 означает, что карман, заданный по адресу P пустой.

Нумерация карманов магазинов определяется строителем станка установкой параметров.

12.4.5 Заполнение данных таблицы формы инструмента из программы

К каждому инструменту таблицы обращения инструментами надо назначить один номер формы из таблицы формы инструмента. Таблицу формы инструмента можно заполнять и из программы:

Команда

G10 L77 P6

написанная в отдельную строку, включает заполнение данных таблицы формы инструмента.

После этого, записав в отдельную строку, последуют данные

N P Q R S T

N P Q R S T

...

необходимые к регистрации.

Заполнение данных таблицы формы инструмента закрывается командой

G11.

Обозначения следующие:

N: номер формы инструмента (1-20, порядковый номер таблицы формы)

P: потребность в площади налево в размерности $\frac{1}{2}$ кармана (в сторону убывания номеров карманов)

Q: потребность в площади направо в размерности $\frac{1}{2}$ кармана (в сторону нарастания номеров карманов)

R: потребность в площади вверх в размерности $\frac{1}{2}$ кармана (в сторону убывания номеров карманов)

S: потребность в площади вниз в размерности $\frac{1}{2}$ кармана (в сторону нарастания номеров карманов)

T: геометрия инструмента (=0: типа А, прямоугольник; =1: типа В, окружность)

Заполнение адресов R, S, T имеет значение только в случае магазинов строя в матрицу.

Истолкование потребности в площади:

P3

инструмент занимает налево 1,5 кармана.

12.5 Касательства программирования обращения инструментами

При желании использовать обращение стойкостью в таблице обращения инструментами, необходимо регистрировать одинакового типа инструменты теми же кодами T.

Обозначим например, свёрла ($140/2=70$) с длиной 150 мм с диаметром 10 мм с углом заточки 140 градусов с номером типа

T81501070

предположим, что зарегистрируем из этих свёрл 2 штуки в таблице обращения инструментами, по номеру данных 2 и 9.

Инструмент имеет нормальный размер и обращение стойкостью совершается на случай. Стойкость инструмента с номером данных 2 составляет 200, а для 9 составляет 180.

Инструмента с номером данных 2 уже использовали 131 раз, а с номером данных 9 ни разу.

Показание таблицы обращения инструментами:

Номер данных	Номер типа (T)	Информ. об инструменте	Номер формы	Штат стойкости	Счётчик стойкости	Стойкость
...						
2	81501070	SENCV	0	Использованный	131	200
...						
9	81501070	SENCV	0	не использованный	0	180
...						

Пусть будет на данном станке магазин (1-й магазин) на 24 мест и шпиндельный магазин (10-й магазин). Сверло с номером данных 2 находится в 8-ом кармане 1-го магазина а сверло с номером данных 9 находится в 4-ом кармане 1-го магазина. Шпиндель пустой:

Порядковый номер	Номер магазина	Номер кармана	Номер данных
...			
4	1	4	9
...			
8	1	8	2
...	...	...	...
24	1	24	...
25	10	1	0

Под действием команды
T81501070 M6

берётся уже использованный инструмент с номером данных 2 из 8-го кармана 1-го магазина, но ещё не истёкшей стойкостью.

12.5.1 Вызов коррекции в случае обращения стойкостью инструмента

Из программы деталей ссылаемся на инструмент с номером типа.

Если в таблице обращения инструментами регистрируем несколько инструментов с одинаковым номером типа, инструменты с одинаковым номером типа все могут иметь разные коррекции по длине и по диаметру.

Поэтому непосредственным образом, по адресу H и D нельзя ссылаться на регистр коррекции как раз загруженного инструмента.

Параметром N2923 No. of Offset Code можно задавать номер коррекции. Если в программе деталей написать этот номер по адресу H и D, тогда устройство ЧПУ - зная номер данных лежащего в шпинделе инструмента, - определяет из таблицы обращения инструментами номер ячейки коррекции, относящийся к инструменту.

Оставаясь у примера предшествующей главы, пусть принадлежит к инструменту с номером данных 2 ячейка коррекции по длине и по диаметру H12 и D23, а к инструменту с номером данных 9 ячейка коррекции H13 и D14.

Номер данных	Номер типа (Т)	Информ. об инструмента	Номер формы	Штат стойкости	Н	Д
...						
2	81501070	SENCV	0	Использованный	12	23
...						
9	81501070	SENCV	0	Не использованный	13	14
...						

Пусть будет значение параметра N2923 No. of Offset Code равно 99.

Пример для косвенного вызова коррекции:

T81501070 M6 (загружает инструмент с номером данных 2)
 G43 Z10 H99 (вызывает значение 12-й ячейки коррекции по длине)
 ...
 G42 X10 Y0 D99 (вызывает значение 23-й ячейки коррекции по радиусу)
 ...

12.5.2 Вызов инструментов ссылкой на номер магазина и кармана

Может понадобиться вызывать из программы деталей один конкретный инструмент, лежащий в кармане данного магазина.

Строитель станка может задавать код М параметром N2924 M Code of Particular T.

Запрограммируя код М по адресу Т в один кадр, код изменяет истолкование адреса Т для устройства ЧПУ : устройство ЧПУ обращается кодом Т, как непосредственной ссылкой на место инструмента (магазин+карман):

Mm Tjjjjkkkk

где:

m: номер, заданный параметром N2924 M Code of Particular T,

jjjj: номер магазина, на который ссылаемся,

kkkk: номер кармана магазина jjjj.

Ведущими нолями можно пренебрегать. Значит, 8 цифер, задаваемых по адресу Т истолкуется устройством ЧПУ, как 2 группы из четырёх: четвёрка с верхним разрядом означает номер магазина, а четвёрка с нижним разрядом - номер кармана.

Значение кода T100001:

номер магазина: 10 (шпиндельный магазин)

номер кармана: 1 (1-й карман, шпиндельный магазин однокарманный)

Значение кода T10014:

номер магазина: 1 (бункер)

номер кармана: 14 (14-й карман)

Следуя по примеру предшествующей главы, предположим, что стойкость инструмента с номером данных 2 истекает после изготовления 200 штук (предполагая, что в программе только один раз вызывали инструмент T81501070):

Номер данных	Номер типа (T)	Инфор.об инструменте	Номер формы	Штат стойкости	Счётчик стойкости	Стойкость
...						
2	81501070	SENCV	0	Истёк	200	200
...						
9	81501070	SENCV	0	Не использованный	0	180
...						

Вместо инструмента с истёкшей стойкостью желаем вставить новый. Из-за конструкции станка в магазине нельзя поменять инструмент, только через шпиндель. Поэтому этот инструмент придётся загрузить ссылкой магазин+карман.

Пусть будет значение параметра N2924 M Code of Particular T равно 62.

Когда захотим вытащить инструмент из магазина, инструмент с номером данных 2 лежит в 12-ом кармане.

Порядковый номер	Номер магазина	Номер кармана	Номер данных
...			
12	1	12	2
...			
21	1	21	9
...	...	...	...
24	1	24	...
25	10	1	0

Ссылка:

M62 T10012 (1-й магазин, 12-й карман)

12.5.3 Прочтение данных инструментов, лежащих в шпинделе и в дежурном магазине

На макропеременной

#8400 (10, 11, 20, 21, ... можно писать, можно читать)

надо задавать, что в каком шпинделе, или в дежурном магазине лежит инструмент, данные которого по обращению им желаем прочитать через макропеременные #8401, #8402, Определению подлежат только номера магазинов, заданные в скобках. Если на станке имеется несколько шпинделей, или дежурных магазинов, за информацию обращайтесь к строителю станка.

Если на станке имеется только один шпиндельный магазин и нет дежурного магазина, для макропеременной #8400 не надо присвоить значение, макропеременные #8401, ... относятся всегда к инструменту, лежащему в шпинделе.

Из данных можно прочитать следующее:

Макро- переменная	Описание
#8401	Номер данных (номер таблицы обращения инструментами)
#8402	Номер типа инструмента (код Т)
#8403	Значение счётчика стойкости
#8404	Максимальная стойкость инструмента
#8405	Значение предупреждающей стойкости
#8406	Штат стойкости
#8407	Пользовательские битные данные
#8408	Информация об инструменте
#8409	Н: номер ячейки коррекции по длине (в фрезерном канале)
#8410	D: номер ячейки коррекции радиуса (в фрезерном канале)
#8411	S: число оборотов шпинделя
#8412	F: подача
#8413	G: номер ячейки геометрической коррекции (в токарном канале)
#8414	W: номер ячейки коррекции на износ (в токарном канале)
#8431	Пользовательские данные 1
#8432	Пользовательские данные 2
#8433	Пользовательские данные 3
#8434	Пользовательские данные 4
#8435	Пользовательские данные 5

Макро- переменная	Описание
#8436	Пользовательские данные 6
#8437	Пользовательские данные 7
#8438	Пользовательские данные 8
#8439	Пользовательские данные 9
#8440	Пользовательские данные 10
#8441	Пользовательские данные 11
#8442	Пользовательские данные 12
#8443	Пользовательские данные 13
#8444	Пользовательские данные 14
#8445	Пользовательские данные 15
#8446	Пользовательские данные 16
#8447	Пользовательские данные 17
#8448	Пользовательские данные 18
#8449	Пользовательские данные 19
#8450	Пользовательские данные 20

Номер пользовательских данных можно задавать параметром N2903 No. of Custom Columns. Первые пользовательские данные всегда битные данные.

Макропеременные выше только для чтения.

Если выбранный с помощью макропеременной #8400 шпиндель, или дежурный магазин пустой (нет в нём инструмента), значения макропеременных:

#8401=0 (номер данных)

#8402= #8403= ...= #8450= #0 (пустой)

Можно вызывать и с помощью макропеременных коррекции, назначенные к инструменту (H, D), или технологические параметры (F, S).

Если например, по коду смены инструмента (M6) выделить вызов подпрограммы, в подпрограмму можно записать:

...

M6 (смена инструмента)

#8400=10 (1-й шпиндельный магазин)

H#8409 D#8410 S#8411 F#8412

...

13 Смешанные и вспомогательные функции

13.1 Смешанные функции: (коды М)

Записав после адреса М не более 8 значное числовое значение, NC передаёт код для PLC.

Mnnnnnnnn

В кодах М ведущими нолями можно пренебрегать.

Устройство ЧПУ может передавать одновременно 8 различных кодов М для PLC, то есть *в один кадр* можно записать *не более 8 кодов М*.

Порядок выполнения записанных в один кадр функций М определяется строителем станка *в программе PLC*.

Если в одном и том же кадре запрограммировать команду движения и смешанную функцию (код М), смешанная функция выполняется то ли параллельно смешанной функцией, то ли после выполнения команды движения.

Устройство ЧПУ каждый код М передаёт для PLC, даже те, которые выполняются устройством ЧПУ.

Образ выполнения определяется строителем станка.

Функции М управления программой:

М0: запрограммированный стоп

Его выполняет PLC. В конце того кадра, в котором задаётся М0, NC обычно попадает в состояние стопа, остановит шпиндели, выключает охлаждающую воду.

Все модально пердающиеся функции остаются неизменными. Под действием старта перезапускаются шпиндели, включается обратно охлаждающая вода и продолжается программа.

М1: условный стоп

Его выполняет PLC. Его действие тождественное с действием кода М0. Останов будет только во включенном состоянии клавиши УСЛОВНЫЙ СТОП. Если не включена соответствующая клавиша, М1 не действует.

М2, М30: конец программы

Его выполняет PLC. Он означает конец главной программы. Программа PLC заботится о приведении функций станка в основное положение, обычно останавливает вращение шпинделей и выключает охлаждающую воду.

Каждая выполненная М2 или М30 увеличивает на один показание счётчиков заготовок, если только не выделен другой код М параметром N2305 Part Count М для сдвига счётчика.

М96: разрешение макроса прерывания

Код передаётся для PLC, но выполняет его NC. Он разрешает сигнал прерывания, поступивший от PLC, под действием которого вызывается макрос прерывания.

М97: запрет макроса прерывания

Код передаётся для PLC, но выполняет его NC. Запрещает действие сигнала прерывания, поступившего от PLC и прерывает прогон макроса прерывания.

М98: вызов подпрограммы

Код передаётся для PLC, но выполняет его NC. Под его действием вызывается подпрограмма.

М99: конец подпрограммы

Код передаётся для PLC, но выполняет его NC. Под его действием выполнение возвращается на место вызова.

Коды М управления шпинделем**М3, М4, М5, М19:** коды управления шпинделем

Его выполняет PLC. Смотри главу “Функции М управления шпинделем”.

Коды М управления шпинделем, задаваемые параметром

Можно выделить дальнейшие *коды М управления шпинделем* в одном блоке параметрами N0689 Spindle M Low и N0690 Spindle M High. Смотри главу “Функции М управления шпинделем”. *Коды М управления шпинделем* вместе с кодами **М3, М4, М5, М19 являются исключаяющими друг друга функциями**, в одном кадре можно задавать только один из этих кодов.

Его выполняет PLC.

Начальное значение *кодов М*, выполняющих *индексирование шпинделей* можно задавать параметром N0820 Start M of Spnd. Pos., номер кодов М, выполняющих индексирование - параметром N0821 No. of M Code for Spnd. Pos.. Смотри главу “Программирование позиционирования шпинделей”.

Его выполняет PLC.

Коды М, обращающиеся диапазонами чисел оборотов**М11, ..., М18:** коды смены диапазона шпинделей.

Его выполняет PLC. Смотри главу “Обращение диапазонами чисел оборотов”.

Коды М смены инструмента**М6:** код смены инструмента

A PLC hajtja végre.

Группы кодов М, устанавливаемые параметром

На 16 парах параметров можно выделить **16 различных групп кодов М**. Его выполняет PLC.

На параметры N1341 M GR Low 1, ..., N1356 M GR Low 16 надо написать код с наименьшим числом из группы, а на параметр N1357 M GR High 1, ..., N1372 M GR High 16 - код с наибольшим числом.

Группы кодов М надо задавать так, чтобы они были кодами, означающими *исключающих друг друга состояний станка*.

При выполнении программы NC *профильтрует коды М так*, чтобы из кодов М, относящиеся в одну группу, в данном кадре может быть только один, иначе выводится сообщение об ошибке *Противоречивые коды М*

Устройство ЧПУ даже в ходе *поиска кадров* принимает во внимание установленные параметром значения, при отборе кодов М. Отбираются из кодов М, относящиеся к одной группе только код, заданный последним.

Значения этих кодов М программа PLC выводит и на экран в **Окне кодов М**.

Например:

Пусть будут коды М обращения охлаждающей водой:

М8: охлаждающая вода вкл.

М9: охлаждающая вода выкл.

Параметры установлены следующим образом:

N1341 M GR Low 1=8

N1357 M GR High 1=9

Коды М торможения оси “А”:

М400: автоматическое торможение вкл.

М401: автоматическое торможение выкл.

Параметры установлены следующим образом:

N1342 M GR Low 2=400

N1358 M GR High 2=401

В программе деталей в один кадр можно записать только М8, или М9, иначе устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке при прогона программы. То же самое относится и к группе М400, М401.

В ходе поиска кадров из кодов М8, М9 отбирается и выполняется только запрограммированный последним. То же самое относится и к группе М400, М401.

Из соответствующих состояний станка выводится в окне Функции М всегда только код состояний, действующих в данной группе.

Коды М, выполняющие синхронизацию каналов

На параметре N2201 Waiting M Codes Min и N2202 Waiting M Codes Max можно выделить группу кодов М, с которой можно осуществить между каналами синхронизацию, дожидание. Его выполняет PLC.

13.2 Вспомогательные функции (А, В, С, U, V, или W)

На параметре можно выделить рядом с адресом М, S, Т ещё дальнейших 3-х адресов, по которым можно передавать вспомогательные функции для программы PLC. Устройство ЧПУ способное разом передавать все три вспомогательные функции.

На параметре N1333 Aux Fu Addr1, N1334 Aux Fu Addr2, N1335 Aux Fu Addr3 можно выбирать по одному из адресов А, В, С, U, V, W, по которым можно передавать вспомогательную функцию.

Вспомогательным функциям можно присвоить значение не более 8 десятичными цифрами. Если запрограммировать в один и тот же кадр команду движения и вспомогательную функцию, выполнение вспомогательной функции происходит параллельно с командой движения, или после выполнения команды движения.

Порядок выполнения решается строителем станка, и его содержит спецификация инструментального станка.

Например, по адресу В осуществляется индексация поворотного стола.

13.3 Функции разгрузки буфера

В устройстве ЧПУ обработчик кадров *вперёд читает кадры, обрабатывает, затем буферирует их*. Исполнитель (интерполятор и PLC) достаёт из буфера уже обработанные кадры, и выполняет заданные в кадрах движения и функции.

В некоторых случаях может быть необходим *останов прочтения вперёд* кадров. Это может понадобиться *из-за синхронизации деятельности между NC и PLC*.

Например, если для выполнения функции PLC запрашивает одну, или несколько осей от NC, чтобы перемещать их, придётся отложить чтение вперёд. Чтение вперёд можно продолжать только после выполнения функции, после того, как PLC возвратил оси для NC. После этого NC может продолжать обработку уже отсчитывая от позиции оси, изменённой благодаря PLC.

На параметре можно выделить 10 шт. индивидуальных кодов M, 8 шт. групп кодов M, а также все три вспомогательных функций и коды S и T для разгрузки буфера.

Функции разгрузки буфера определяются и устанавливаются строителем станка.

В ходе выполнения программы, например, для учёта коррекции радиуса инструмента (G41, G42) понадобится чтение вперёд кадров. Если при G41, G42 запрограммирована функция разгрузки буфера, устройство ЧПУ отложит расчёт коррекции радиуса инструмента, поэтому контур повреждается.

14 Организация программы деталей

В введении уже представили построение и формат программы деталей. В этой главе изложена организация программ деталей.

14.1 Номер кадра (адрес N)

А Кадры программы снабжены *порядковым номером*. Номерами кадров можно обращаться и как *ярлыками*, на которые можно ссылаться и в других частях программы. Нумерация кадров выполняется командой

Nnnnnnnnn

На адрес N можно написать не более 8 цифр. Пользоваться адресом N не обязательно. Некоторые кадры можно пронумеровать, а других нельзя. Нумерации кадров не обязательно последовать друг за другом в нарастающем порядке.

14.2 Условный пропуск кадра (/ адрес)

Условный пропуск кадра можно программировать командой черты в дроби

/n

Черта в дроби может быть */значение адреса n=1-8*. Числа 1-8 означают порядковые номера включателей. Включатель условного кадра с номером 1 находится на панели оператора устройства ЧПУ.

Оборудование остальных включателей опциональное, определяется строителем станка.

В том случае, если впереди кадра запрограммировать условный пропуск кадра /n, тогда – если n-ый включатель *находится во включенном состоянии, пропускается выполнение* кадра,

– если n-ый включатель *находится во выключенном состоянии, выполняется* кадр.

Если запрограммирован только адрес / впереди, то это относится к включателю № 1:

/ N1200 G0 X200 (пропускается кадр, если включатель № 1 включён)

Можно и так программировать:

/1 N1200 G0 X200 (пропускается кадр, если включатель № 1 включён)

При желании, чтобы устройство ЧПУ принимало во внимание включатель условного кадра хоть и в кадре, предшествующем выполняемому кадру, параметр N1337 Execution Config надо установить в *#4 CBV=0*. При этом команда условного кадра (кадры, начинающиеся со знаком /), *подавляет* прочтения кадра вперёд. В этом случае при *G41, G42* контур *искажается*, однако, включатель условного кадра достаточно *включить во время выполнения предыдущего кадра*, чтобы он действовал.

При желании, чтобы команда / не подавила прочтения кадра вперёд, параметр N1337 Execution Config надо установить в *#4 CBV=1*. При этом команда условного кадра (кадры, начинающиеся со знаком /) *не подавляют* прочтения кадра вперёд. В этом случае при *G41, G42* контур *не искажается*, однако, включатель условного кадра для надёжного действия *надо установить перед выполнением программы*.

Некоторые включатели может использовать и программа PLC для управления прогоном.

Например, в случае станка, оборудованного загрузочным механизмом заготовки, главную программу можно стыковать с помощью M99:

```
... (программа деталей)
M90 (сдвиг счётчика заготовки)
/8 M30 (выключателем № 8 управляет счётчиком заготовки)
M99
```

Если счётчик заготовки достиг желаемое количество штук, PLC выключает выключатель условного пропуска кадра № 8, программа набегит на M30, и остановится выполнение. Пример выше работает правильно только в случае положения бита #4 CBV=0 параметра N1337 Execution Config, значит, если выключателями / подавляется чтения вперёд кадра. В случае положения бита #4 CBV=1 параметра N1337 Execution Config, программа работает правильно тогда, если код M90 установлен на разгрузку буфера.

Перед изменением параметра спросите строителя станка о его действий!

14.3 Запись замечаний в программе деталей: (комментария)

Если часть программы заключать **в круглые скобки ()**, участок между скобками не принимается во внимание обработчиком кадров.

Таким образом в программу деталей можно записать замечания (комментарии).

При желании, чтобы устройство ЧПУ не выполняло фрагмент программы деталей, однако, фрагменты программы не желаем удалить из программы, вставьте желаемый фрагмент в круглые скобки.

Например:

```
N10 G0 X100      (позиционирование на X100)
N20 Z30
(N30 G1 Z60 F0.3
N40 X300)
...
```

В кадр N10 запишем комментарий. Кадр N30 N40 заключаем в скобки, поэтому эти две кадры устройством ЧПУ не принимается во внимание.

14.4 Главная программа и подпрограмма

Различаем двух видов программы: главную программу и подпрограмму. Макропрограммой называем такую подпрограмму, для которой можно передавать аргументы.

В ходе обработки деталей могут встечаться повторяющиеся деятельности, описываемые теми же фрагментами программы. В интересах того, чтобы не надо было повторяющиеся фрагменты много раз написать в программе, из этих фрагментов составим подпрограмму, вызываемую из главной программы.

Построение главной программы и подпрограммы полностью отвечает изложенным в введении.

Разница между ними в том, что пока после выполнения главной программы заканчивается обработка, и устройство ЧПУ ожидает перезагрузки, после заканчивания подпрограммы выполнение возвращается в вызванную программу и оттуда продолжает обработку.

Разница между двумя программами по технике программирования получается из завершения программы. Конец главной программы отмечаем кодом M02, или M30 (пользоваться ими не обязательно), а подпрограмму надо обязательно закрывать кодом M99.

14.4.1 Опознавание программ в накопителе. Номер программы (О)

В накопителе программы расположены в папках под различными названиями, определёнными пользователем. Программы в папках обозначаются именем файла. Устройство ЧПУ считает данный файл программой деталей, то есть данный файл можно запускать как программу деталей тогда, если её расширение (часть после “.”):

имя файла.txt

имя файла.prg

имя файла.nct

или

имя файла.nc

Имя файла программ состоит из символов и цифр.

Подпрограммы сохранены в отдельных файлах, они не могут быть в одном файле с главной программой.

Номер программы

Номер программы

Onnnn.ext

или

Onnnnnnnnn.ext

является специальным именем файла, начинающееся обязательно буквой О и за которым следует 4, или 8 десятичных цифр. На их расширение (.ext) действительны выше изложенные.

Onnnn: *буква О, затем 4 цифр* вместе с передними нолями.

O1 недействительное имя файла,

O0001 действительное имя файла.

или

Onnnnnnnnn: *буква О, затем 8 цифр* вместе с передними нолями.

O01234 недействительное имя файла,

O00001234 действительное имя файла.

14.4.2 Вызов подпрограммы (M98)

Подпрограммы можно вызывать двояким образом: по номеру программы, или по имени файла.

Вызов подпрограммы по номеру программы

Ряд команд

M98 P....

генерирует вызов подпрограммы. На адрес Р запишем номер программы вызванной программы. В адресе Р можно пропускать передние ноли и после номера нельзя писать расширение. Под действием команды выполнение программы продолжается по подпрограмме, номер которой определяется в адресе Р:

вызывающая программа		подпрограмма	замечание
00010			выполнение программы
.....			
.....			
M98 P11	---->	00011	вызов подпрограммы
			выполнение подпрограм-
			мы 00011
			
следующий кадр	<---	M99	возвращение в вызывае-
			мую программу
.....			продолжение программы
.....			00010

В случае подпрограмм, вызванных с номером программы по адресу Р, следующие ограничения действуют к их месту, занятому в системе папок и к имени файла:

- Подпрограммы должны быть в той же папке, как вызывающие их программы.
- К имени файла подпрограммы, вызванной на основании номера программы, действительны ограничения, изложенные в предыдущей главе.
- **Расширение подпрограммы должно совпадать расширением программы, вызывающей её.**

Например, если имя файла главной программы:

Главная программа.prg

Расширение подпрограммы, вызванной из “Главная программа.prg”, должно быть также .prg:

в случае 01234.prg вызов выполняется,

в случае 01234.nct выводится сообщение об ошибке.

Вызов подпрограммы по имени файла

Ряд команд

M98 <подпрограмма.nct>

вызывает подпрограмму под именем “подпрограмма.nct”, находящуюся в одной папке с программой.

Имя файла надо записать между знаками < меньше и > больше.

В этом случае расширение главной программы и подпрограммы не должны совпадать.

Между знаками < и > можно задавать относительный путь к файлу. Путь набирания надо задавать всегда из папки вызывающей программы.

Если вызванная подпрограмма “подпрограмма.prg” **на один уровень ниже** папки вызывающей её программы “программа1.nct”, в подпапке под названием “подпрограммы”:

...

подпрограммы (папка)

программа1.nct (файл)

вызов подпрограммы происходит командой

M98 <\подпрограммы\подпрограмма.prg>

Если вызванная подпрограмма “подпрограмма.prg” **на один уровень выше** папки вызывающей её программы “главные программы”:

...

главные программы (папка)

подпрограмма.prg (файл)

вызов подпрограммы происходит командой

M98 < ..\подпрограмма.prg>

Шаг назад и шаг вперёд можно совершать до нескольких уровней.

Например:

< ..\..\..\папка1\папка2\папка3\файл.txt>

Однако *длина текста между знаками < и >* может быть *не более 60 символов*.

☞ **Замечание:** При задании пути набираня надо всегда использовать символ \ (backslash), который нельзя перепутать символом / (знак деления).
Для возвращения в системе папок (..) всегда 2 шт. "." точку надо использовать.

Вызов подпрограммы заданием числа повторения

Ряд команд

M98 P... L....

или

M98 <путь к файлу \ имя файла> L....

вызывает одну за другой подпрограмму столько раз, сколько раз заданное по адресу L число показывает.

По адресу L можно задавать не более 8 десятичных цифр.

Если не задавать для L значение, подпрограмма вызывается один раз, то есть устройство ЧПУ предполагает L=1.

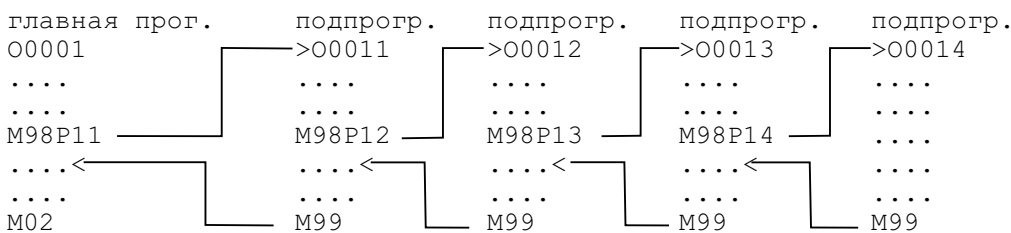
Команда

M98 P11 L6

означает, что вызывать подпрограмму O0011 одну за другой 6 раз.

Многоуровневый вызов подпрограммы

Подпрограмму можно вызывать и из подпрограммы. Вызов подпрограммы (вместе с макровыводами) можно складывать друг в друга до **16 уровней**.



14.4.3 Возвращение из подпрограммы (M99)

Возвращение на кадр, последующий за вызовом

Использование команды

M99

в подпрограмме означает конец подпрограммы, и устройство ЧПУ вернёт её кадру, следующему за вызывающей программой:

вызывающая программа		подпрограмма	замечание
O0010			выполнение программы O0010
.....			
.....			
.....			
N101 M98 P11	--->	O0011	вызов подпрограммы O0011
			выполнение подпрограммы O0011
			возвращение к следующему кадру вызывающей программы
			
N102	<---	M99	продолжение программы O0010

Возвращение к данному кадру

Использование команды

M99 P...

в подпрограмме означает конец подпрограммы, и устройство ЧПУ вернёт её к кадру с номером, заданным по адресу P вызывающей программы. На адрес P можно задавать не более 8 десятичных цифр.

вызывающая программа		подпрограмма	замечание
O0010			выполнение программы O0010
.....			
.....			
.....			
N101 M98 P11	--->	O0011	вызов подпрограммы O0011
			выполнение подпрограммы O0011
			
			
N250	<---	M99 P250	возвращение к кадру N250 вызывающей программы
.....			продолжение программы O0010
.....			

Возвращение с изменением счётчика циклов

Команда

M99 (P...) L...

изменяет счётчик циклов вызывающей программы. Если на L написать 0, подпрограмма вызывается только один раз. Например, если командой

M98 P11 L20

вызывать подпрограмму O0011 и оттуда возвращаться командой

M99 L5

подпрограмма O0011 вызывается всего 6 раз.

Адрес L можно задавать не более, чем на 8 десятичных цифрах.

14.4.4 Переход внутри главной программы

Использование команды

M99

в главной программе приводит к безусловному переходу к первому кадру главной программы, и отсюда продолжается выполнение программы. Использование команды приводит к бесконечному циклу:



Использование команды

M99 P.....

в главной программе приводит к безусловному переходу к кадру с номером, заданным по адресу P главной программы, и отсюда продолжается выполнение программы. Использование команды приводит к бесконечному циклу:



Выход программы из бесконечного цикла возможно то ли с помощью reset, или, если кадр, содержащий команду M99 запрограммировать с условным пропуском кадра,

/ M99

в зависимости от положения включателя с условным пропуском кадра, или пропускает переход, или нет.

14.5 Функции M дождания между каналами

В случае многоканальной работы может быть понадобится, чтобы в одном канале прогон программы в одной точке дожидает, что программа, работающая в одном или в нескольких каналах дошла до выполнения какой-то операции. Это называется синхронизацией между каналами. Эту синхронизацию можно осуществить т.н. кодами дождания M.

Коды дождания M являются *кодами M организации программ, NC обрабатывает их*, для PLC не передаются. *Коды разгрузки буфера M*, то есть такие коды, что пока не происходит синхронизация во всех каналах, прекращается предварительная обработка кадров и продолжается только после синхронизации.

Коды дождания M можно выделить параметром, их может быть не более 100. Параметром N2201 Waiting M Codes Min можно задавать начальное значение группы и параметром N2202 Waiting M Codes Max конечное значение.

Если например

N2201 Waiting M Codes Min=500 и

N2202 Waiting M Codes Max=599

тогда коды M500, M501, M502, ... , M599 коды M можно использовать для доживания. Команда

Mm Prrrrrrrrrr

запрограммирует доживание между двумя, или больше каналами. Доживание надо программировать в отдельном ряду.

m: один из кодов доживания M, заданный параметром,

rrrrrrrrrr: номер тех каналов, между которыми надо доживать. Поскольку в системе может быть не более 8 каналов, поэтому адрес P может быть не более, чем из 8 цифр.

Если например, надо дождать между каналами 1 и 2, в программу обоих каналов следует написать для соответствующей точки команду

M501 P12

Программа PLC например, функцией M, или клавишей с помощью указателя CP_NOWT может лишать действия доживания. Это может быть полезно тогда, если желаем прогон программы только в одном из каналов и не желаем комментарием отметить функции доживания M.

Пусть будет минимальное значение кодов M 500, а максимальное значение 599, и пусть будет 3 канала:

Программа канала №1.

... обработка

Программа канала №2.

... обработка

Программа канала №3.

... обработка

N60 M501 P12

дожидает канал 2

... обработка

N100 M501 P12

... обработка

N110 M502 P123

дожидает канал 1 и 2

M502 P123

дожидает канал 1 и 3

N130 M502 P123

... обработка

... обработка

... обработка

Объяснение:

Сперва добежит до кода M501 канал 1 и ждёт до тех пор, пока добежит и канал 2. После синхронизации оба канала продолжают свою программу. В то же время канал 3 непрерывно работает.

До кода M502 добежит сперва канал 3, затем канал 2, и в самом конце канал 1. Канал 3 должен дождаться, чтобы канал 1 и 2 добежал до кода. После этой точки может запускаться обработка во всех трёх каналах.

15 Коррекция инструмента

Для того, чтобы в программе деталей не приходилось принимать во внимание различные значения вылета инструментов, радиусы инструментов и т. д., при задания координат в программе, характеристики инструментов собраны в одной таблице, в так называемой таблице коррекций. Каждый раз при вызове инструмента в программе деталей, надо задавать, что где находятся данные данного инструмента в таблице коррекций. После этого устройство ЧПУ уже проводит инструмент по запрограммированной траектории с учётом ссылочных коррекций.

15.1 Накопитель коррекции. Ссылка на коррекцию инструмента (Н, или D)

Для коррекций по длине инструмента: по адресу **H**,
для коррекций радиуса инструмента: по адресу **D**
можно ссылаться. Число после адреса покажет номер коррекции, что какое из значений коррекций будет вызвано. Предел значения адреса H и D: 0-999. Ведущими нолями можно пренебречь.

При использовании *обращения стойкостью лезвия инструмента* нельзя непосредственным образом ссылаться на регистр коррекции загруженного инструмента по адресу H и D. **Параметром N2923 No. of Offset Code можно задавать номер коррекции.** Если в программе деталей этот номер записать на адрес H и D, тогда устройство ЧПУ, зная номера данных инструмента, имеющегося в шпинделе, из таблицы обращения инструментами установит номер группы коррекций, относящийся к инструменту. Смотри главу “Вызов коррекции в случае обращения стойкостью лезвия инструмента”.

Распределение накопителя между каналами

Параметром N1400 No. of Tool Offsets можно задавать **по каналам**, что в данном канале **сколько групп коррекции инструментов** должны быть доступны. К каждой группе принадлежит и коррекция по длине и радиуса.

По всей системе **сумма групп коррекций по фрезерным каналам** не должна превышать группу **999**. Ссылка на группу коррекций в каждом канале начинается с 1 и продолжается до значения установленного параметра, не смотря на то, что это происходит хоть из программы по адресу H, D, хоть по таблице коррекций.

Параметром N1401 No. of Common Tool Offsets M задаётся номер групп коррекций, вызываемых из **общего, каждого фрезерного канала**.

Ссылка в каждом канале, начиная с 1 до группы коррекций с номером No. of Common Tool Offsets M показывает на общее значение коррекций, не смотря на то, что это происходит хоть из программы по адресу H или D, хоть по таблице коррекций.

Пример:

Пусть имеем 3 канала. Пусть будет в 1-ом канале 30 коррекций (No. of Tool Offsets L1=30) во 2-ом 40 и во 3-ем 60. Пусть будет число общих коррекций 10 (No. of Common Tool Offsets T=10).

	1-й канал	2-й канал	3-й канал
N001	от N001 до N010 все три канала читает общие коррекции (H1-H10, D1-D10)		
...			
N010			
...	от N011 до N030 читает свои коррекции (H11-H30, D11-D30)	от N011 до N040 читает свои коррекции (H11-H40, D11-D40)	от N011 до N060 читает свои коррекции (H11-H60, D11-D60)
N030			
...			
N040			
...			
N060			

Число использованных таким образом групп коррекций: $10+(30-10)+(40-10)+(60-10)=110$ штук.

Разделение таблицы коррекции внутри фрезерного канала

Во фрезерном канале можно использовать помимо фрезерных коррекций и токарные коррекции, если построение станка позволяет выполнение и токарного точения.

Если на параметре **N1416 Comp. Config on Mills** значение #2 TOL

#2 TOL=0 на станке выполняем *только операции фрезерования*, токарные коррекции не требуются,

#2 TOL=1 на станке выполняем *и токарные операции*, требуются и токарные коррекции.

Разделение накопителя коррекций внутри одного канала, если используем **только фрезерные коррекции**

В этом случае значение параметра N1416 Comp. Config on Mills установить #2 TOL на 0.

число коррек- ции	Коррекция по длине L: код H		Коррекция по радиусу R и скругление r: код D			
	L геометри- ческая	L износ	R геомет- ричес- кая	R износ	r гео- метри- ческая	r износ
1	350.000	-0.130	5.000	-0.012	5.000	-0.010
2	830.000	-0.102	10.000	-0.008	6.000	-0.006
3	400.000	.	30.000	-0.160	0.000	0.000
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

Таблица коррекций инструмента содержит длину инструмента (L), радиус инструмента (R), и радиус скругления инструмента.

Номер коррекции 0 не фигурируется в таблице, имеющиеся на ней **значения коррекции всегда ноли**, значит

H0 означает всегда 0 коррекции по длине,

D0 означает всегда 0 коррекции радиуса.

Геометрическое значение: длина/радиус замеренного инструмента. Число со знаком.

Значение износа: мера износа, возникающего в процессе обработки. Число со знаком. В случае ручного ввода данных устройство ЧПУ ограничивает абсолютное значение введенного значения, согласно заданному параметром N1415 Max. Amount of Wear Comp. значению.

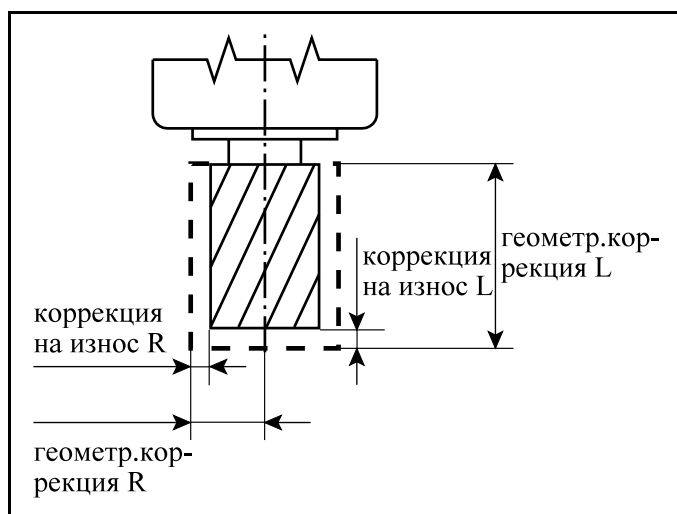


рисунок 15.1-1

Радиус скругления: r

В том случае, если

$r=0$: конец инструмента угловатый, и его радиус R .

Если

$r < R$: инструмент скруглён с радиусом r , и его радиус R .

На

$r=R$: инструмент шароконечный фрезер с радиусом R .

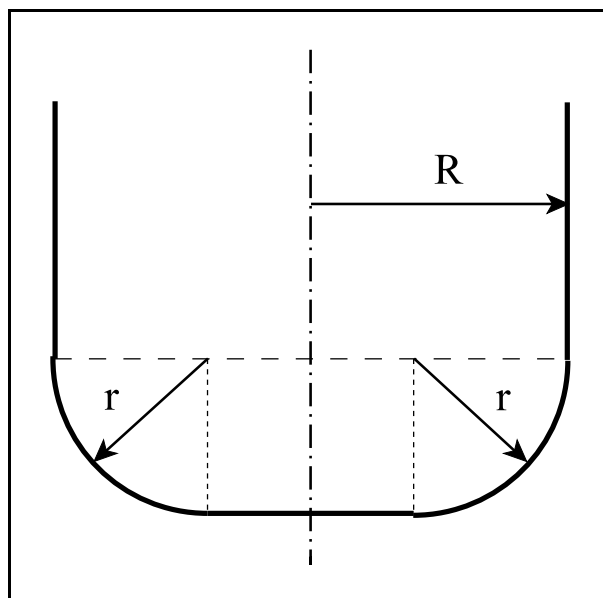


рисунок 15.1-2

Разделение накопителя коррекций внутри одного канала, если пользуемся **и токарными коррекциями**

В этом случае значение параметра N1416 Comp. Config on Mills установить #2 TOL на 1. В объединённой таблице коррекций столбцы L, R, r таблицы фрезерных коррекций дополняются столбцами X, Y Q, необходимых к токарным коррекциям инструмента. Коррекция по длине токарного инструмента в направлении Z находится в столбце L/Z, а радиус скругления - в столбце R.

порядковый номер	код H		код D				код H		код H		D
	L/Z		R		r		X		Y		Q
	g	k	g	k	g	k	g	k	g	k	
1											
2											
...											

Внимание!

Номер коррекции 00 не фигурирует в таблице, значения коррекции, находящиеся на этом месте, равны всегда нулю.

Коррекция направления X, Y, Z и коррекция радиуса (R) состоит из двух частей: из геометрического значения и из значения износа.

Геометрическое значение: длина/радиуса замеренного инструмента. Число со знаком.

Значение износа: размер износа, возникающего в течение обработки. Число со знаком.

В случае ручного ввода данных, абсолютное значение введенных данных ограничиваются управлением согласно значению, заданному параметром N1415

Max. Amount of Wear Comp.

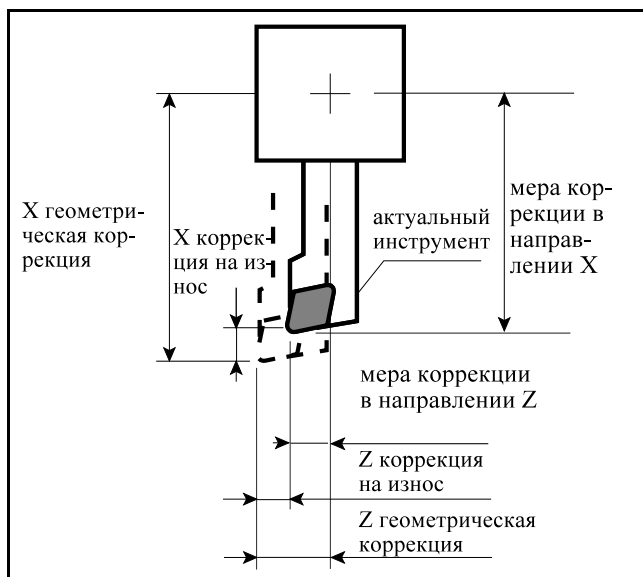


рисунок 15.4-3

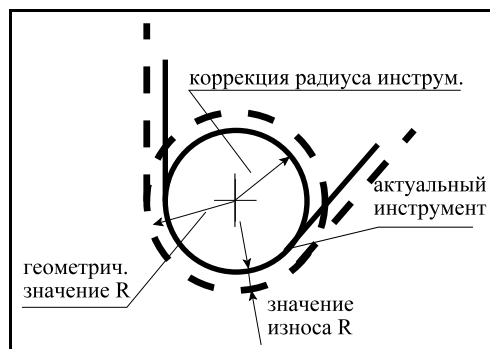


рисунок 15.4-4

Позиция инструмента: Код позиции инструмента Q , при задачах фрезерования 0. Кодом надо пользоваться только при точении, при использовании коррекции радиуса инструмента. Код позиции инструмента всегда *адрес D*, то есть его *вызывает* код коррекции радиуса. Предел значения: 0...9.

Код позиции инструмента показывает, что смотря с точки центра окружности вершины инструмента в каком направлении находится теоретическая вершина инструмента. Следует его задавать всегда с учётом первой и второй оси выбранной плоскости.

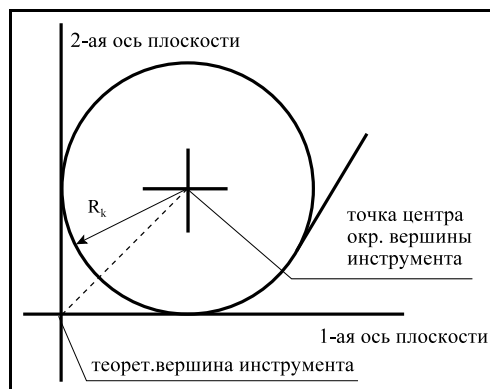


рисунок 15.1-5

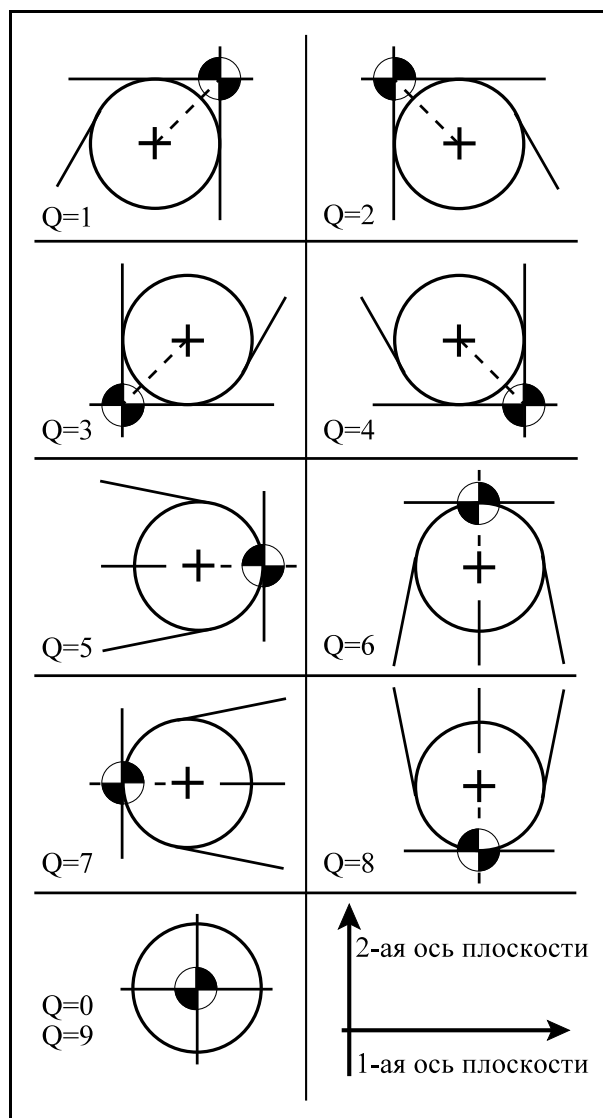


рисунок 15.1-6

Если ссылаться в программе на значение коррекции по адресу Н, или D, устройство ЧПУ принимает во внимание в качестве коррекции всегда **сумму геометрической коррекции и коррекции на износ**.

Адрес Н и D модальный, то есть устройство ЧПУ принимает во внимание то же самое значение коррекции до тех пор, пока не получит другую команду Н или D.

Значит, если командой Н или D принимали во внимание значение коррекции, тогда изменение значения коррекции в таблице хоть вручную, или программированием G10, уже не влияет на учтённое значение коррекции, только тогда, если снова обновить адрес Н или D.

Значения коррекций сохраняются при выключении.

15.2 Изменение значений коррекций инструмента из программы (G10)

Изменение значения коррекции, если пользуемся только фрезерными коррекциями
Значение параметра N1416 Comp. Config on Mills #2 TOL равно 0.

Командой

G10 L P R

можно изменить значения коррекций инструмента из программы. Команда G10 является одноразовой. Адреса и их значения означают:

По адресу L можно задавать, что какое значение коррекции желаем изменить:

L=10 означает: установка относится к геометрическому значению коррекции по длине (код H),

L=11 означает: установка относится к значению износа коррекции по длине (код H),

L=12 означает: установка относится к геометрическому значению коррекции радиуса (код D),

L=13 означает: установка относится к значению износа коррекции радиуса (код D),

L=110 означает: установка относится к геометрическому значению радиуса скругления инструмента r (код D),

L=111 означает: установка относится к значению износа радиуса скругления инструмента r (код D).

По адресу P задаётся, что какую группу коррекций желаем изменить:

P: номер группы коррекций

По адресу R задаётся значение коррекции.

R: значение коррекции

В состоянии команды **G90** абсолютного задания данных значение, записанное на адрес R попадает в соответствующий регистр коррекций.

В состоянии команды **G91** инкрементного задания данных, или в случае использования оператора I данные, записанные на адрес R добавляется к соответствующему регистру коррекций.

☞ **Замечание:** при запрограммированном изменении *коррекции радиуса инструмента* значение, заданное *по адресу R* в каждом случае надо истолковать *как радиус*, не зависимо от состояния бита #0 DIA параметра N1402 Tool Meas.

Изменение значений коррекций, если пользуемся и токарными коррекциями

Значение параметра N1416 Comp. Config on Mills #2 TOL равно 1.

Командой

G10 L P X Y Z R Q

изменить значения коррекций инструмента из программы. Команда G10 является одноразовой.

Смысл адресов и их значений:

L=200: ввод значения износа

L=201: ввод геометрического значения

По адресу P задаём, что какую группу коррекции желаем изменить:

P: номер группы коррекции

По адресу X, Y, Z, R введём значения коррекции по длине и радиусу:

X: значение коррекции по длине токарного станка на оси X

Y: значение коррекции по длине токарного станка на оси Y

Z: значение коррекции по длине фрезерного инструмента /значение коррекции по длине токарного инструмента по оси Z

R: значение коррекции радиуса фрезерного инструмента/значение коррекции по вершине радиуса токарного инструмента

Q: код положения инструмента (0...9)

Командой

G10 L P R

можно задавать *радиус скругления* фрезерного инструмента по адресу R

Смысл адресов и их значений:

L=202: ввод значения износа

L=203: ввод геометрического значения

По адресу P задаём, что какую группу коррекции желаем изменить:

P: номер группы коррекции

По адресу R задаём радиус скругления фрезерного инструмента:

R: радиус скругления фрезерного инструмента

G90 абсолютный ввод данных в состоянии задачи команды значение, записанное по адресу X, Y, Z, R попадает в соответствующий регистр коррекции.

G91 находится в состоянии приращения задания команды, или в случае использования оператора I данные, записанные по адресу X, Y, Z, R добавятся к содержанию соответствующего регистра коррекции.

☞ **Замечание:** при запрограммированном изменении *коррекции радиуса инструмента* значения заданные по *адресу R* в любом случае надо истолковать *в качестве радиуса*, независимо от состояния бита #0 DIA параметра N1402 Tool Meas.

15.3 Вызов фрезерных коррекций (G43, G44, G49)

Публикованные здесь действительны хоть в случае использовании чисто фрезерной, хоть расширенной таблицы коррекции инструментов, независимо от положения бита #2 TOL параметра N1416 Comp. Config on Mills.

Включение расчёта коррекции по длине

Учёт коррекции по длине можно включить командами G43, G44.

Команда **G43** смещает систему координат программирования вдоль оси, выделённой для учёта коррекции по длине *в положительном направлении* на значение коррекции, заданное по адресу H:

G43: + коррекция

Команда **G44** смещает систему координат программирования вдоль оси, выделённой для учёта коррекции по длине *в отрицательном направлении* на значение коррекции, заданное по адресу H:

G44: – коррекция

На основании битов #0 ZAX, #1 PLN *параметра N1416 Comp. Config on Mills* можно задавать трёяким образом, что устройство ЧПУ *на какой оси* должно принимать во внимание *коррекцию по длине*, заданную по адресу H:

PLN	ZAX	Учёт коррекции по длине в кадре G43, G44
0	0	на всех осях, заданных в кадре
0	1	всегда на оси Z
1	0	в случае G17: на оси Z в случае G18: на оси Y в случае G19: на оси X

Заданная по адресу N коррекция принимается во внимание всегда по оси Z

N1416 Comp. Config on Mills **положение параметра: #0 ZAX=1, #1 PLN=0.**

При учёте коррекции по длине принимается за ось **Z главный шпиндель**, обозначенный Z base Axis-ом, заданным номером 3 на параметре N0103 Axis to Plane.

Команда

G43 Z H, или

G44 Z H

включает на оси Z значение коррекции по длине H.

Включает на ось Z даже тогда, если не записать в команду G43, или G44 адрес координаты Z, или запрограммировать в кадр и другой адрес оси.

Например:

G43 H2 (учитывает на оои Z коррекцию по длине H2 с трансформацией, движения нет),

или

G43 X Y Z H3 (позиционирует на всех трёх осях, вдоль оси Z с учётом коррекции по длине H3)

G43, G44 модальное, то есть ссылка на **новый адрес H** в состоянии G43, G44 регистрирует на оси Z **новую коррекцию**:

G43 H2 (коррекция по длине H2, зарегистрированная на оси Z)

H3 (коррекция по длине H3, зарегистрированная на оси Z)

Запрограммирование **H0 удаляет значение коррекции, зарегистрированное на ось Z**, но состояние G43, G44 оставляет неизменным:

G43 H2 (коррекция по длине H2, зарегистрированная на оси Z)

H0 (коррекция по длине с длиной 0 зарегистрированная на оси Z)

H3 (коррекция по длине H3 зарегистрированная на оси Z)

Заданная по адресу N коррекция принимается во внимание на оси, перпендикулярной выделённой плоскости

N1416 Comp. Config on Mills **положение параметра: #0 ZAX=0, #1 PLN=1.**

При учёте коррекции по длине принимается за ось **X, Y, Z главные шпиндели**, обозначенные X, Y, Z base Axis-ом, заданные номером 1, 2, 3 на параметре N0103 Axis to Plane.

Команда

G43 X Y Z H, или

G44 X Y Z H

включает значение коррекции по длине H на оси, перпендикулярной выбранной плоскости:

в случае **G17: на оси Z**

в случае **G18: на оси Y**

в случае **G19: на оси X**

Включает на ось, перпендикулярную плоскости, даже тогда, если не записать в команду G43, или G44 адрес координаты Z, или запрограммировать в кадр и другой адрес оси.

Например:

G17 G43 H2 (учитывает на оси Z коррекцию по длине H2 с трансформацией, движения нет),

или

G19 G43 X Y Z H3 (позиционирует на всех трёх осях, вдоль оси X с учётом коррекции по длине H3)

G43, G44 модальное, то есть ссылка на **новый адрес H** в состоянии G43, G44 регистрирует **новую коррекцию** на оси, перпендикулярной выбранной плоскости:

G18 G43 H2 (коррекция по длине H2, зарегистрированная на оси Y)

H3 (коррекция по длине H3, зарегистрированная на оси Y)

Запрограммирование **H0 удаляет** значение **коррекции, зарегистрированное на ось, перпендикулярную выбранной плоскости**, но состояние G43, G44 оставляет неизменным:

G17 G43 H2 (коррекция по длине H2, зарегистрированная на оси Z)

H0 (коррекция по длине с длиной 0 зарегистрированная на оси Z)

H3 (коррекция по длине H3, зарегистрированная на оси Z)

После смены плоскости ссылка на адрес H регистрирует коррекцию и на новую ось, а предыдущую оставит неизменной:

G17 G43 H2 (коррекция по длине H2, зарегистрированная на оси Z)

G19 H3 (коррекция по длине H2, зарегистрированная на оси Z, коррекция по длине H3, зарегистрированная на оси X)

Заданная по адресу H коррекция принимается во внимание на оси, заданной в кадре

N1416 Comp. Config on Mills **положение параметра: #0 ZAX=0, #1 PLN=0.**

Команда

G43 q H, или

G44 q H

включает **значение коррекции по длине H на осях, заданных в кадре** G43, или G44.

Адрес q означает: коррекция по длине инструмента действительна на оси q. (q: X, Y, Z, ...). Выделённая ось может быть главным шпиделем, или параллельная ему ось.

Например:

G43 Z H2 (учитывает на оси Z коррекцию по длине H2),

G43 W H3 (учитывает на оси W, параллельной оси Z коррекцию по длине H3)

Если в одном кадре выделить **несколько осей, на каждой выделённой оси** учитывает коррекцию по длине инструмента !

Например:

G44 X120 Z250 H27 (зарегистрирует H27 и по X и по Z)

Коррекцию по длине инструмента можно вызывать **и для несколько осей**. Например, при желании точить в плоскости YZ, вылет инструмента по направлению Y и Z учитывается следующим образом:

G43 Z250 H15 (по оси Z учитывает коррекцию по длине H15),
Y310 H16 (по оси Y учитывает коррекцию по длине H16)

Действие **G43** и **G44** сохраняется *в виде модального* до тех пор, пока из этой группы не получит другую команду. Если изменить значение коррекции *ссылкой на новый адрес H и на тот же самый адрес оси*, старое значение удаляется, и задействуется новое значение:

G43 Z100 H1 (перемещается на станочную позицию Z=110)

...

Z100 H2 (а перемещается на станочную позицию Z=120)

Кадру Z100 H2 уже передано модальное состояние G43, поэтому новая коррекция H2 учитывается вдоль оси Z.

Коррекция H0 вместе с программированием оси удаляет коррекцию на данной оси.

Продолжая пример выше:

G43 Z100 H2 (перемещается на станочную позицию Z=120)

...

Z100 H0 (перемещается на станочную позицию Z100)

Если **коррекцию H** запрограммировать *без задания адреса оси*, изменяется только модальное значение H. Оставшись у примере выше:

G43 Z100 H2 (перемещается на станочную позицию Z=120)

H0 (не задан адрес оси)

Z100 (не удаляет коррекцию Z, остаётся на станочной позиции Z=120)

G43, G44 с абсолютным и инкрементным программированием

В случае **абсолютного задания данных** команда

G43 G0 G17 G90 Z50 H5

с учётом коррекции H5 перемещает вершину инструмента в точку с координатой Z50.

В случае **инкрементного задания данных** команда

G43 G0 G17 G91 Z10 H1

или

G44 G0 G17 G91 Z10 H1

смещают начальную точку на значение коррекции, затем отсюда, от скорректированной начальной точки отсчитывается инкрементное перемещение.

Логически под действием команды

G43 G0 G17 G91 Z0 H2

ось Z не выполняет передвижение, только позиция примет значение, соответствующее новой коррекции.

Выключение расчёта коррекции по длине

Команда

G49

на всех осях выключает коррекцию инструмента по длине, с перемещением, если запрограммировать в кадре и адрес оси, или с трансформацией, если в кадре не запрограммировано движения.

При включении, после reset, или конца кадра битом #5 G43 и #6 G44 параметра N1300 DefaultG1 решается, что какой код (G43, G44, G49) будет действовать. Если оба бита равны 0, тогда действует G49, то есть не зарегистрирована коррекция.

Образцовый пример ниже покажет простую операцию сверления с учётом коррекции инструмента по длине, где длина инструмента сверления: H1=400.

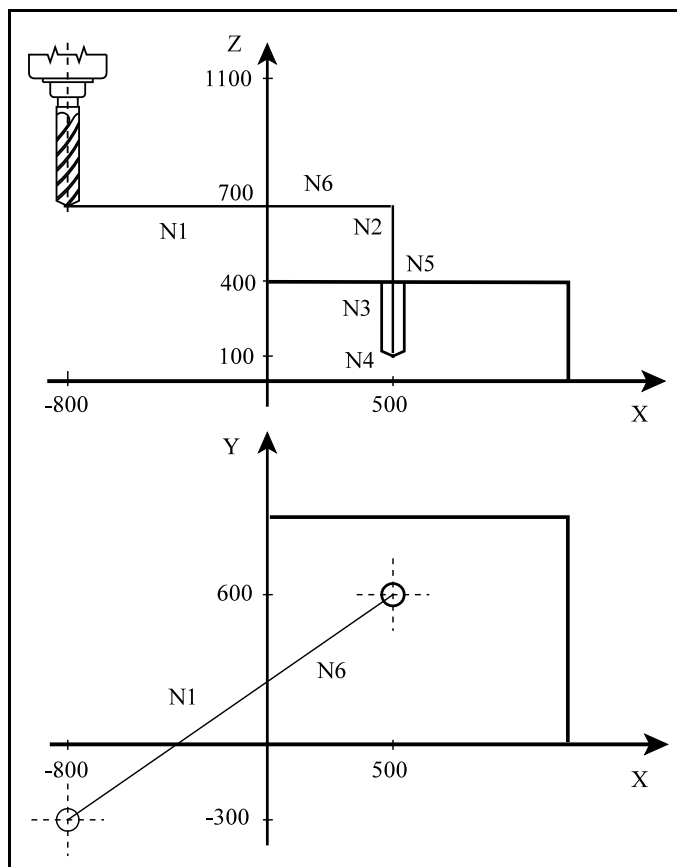


рисунок 15.3-1

N1 G90 G0 X500 Y600	(в плоскости X, Y становится в позицию)
N2 G43 G17 Z410 H1	(перемещается на Z410 с коррекцией по длине H1)
N3 G1 Z100 F180	(сверление до Z100 подачей F180)
N4 G4 P2	(задержка до 2 секунд)
N5 G0 Z1100 H0	(отвод инструмента с выключением коррекции по длине, вершина инструмента в точке Z700)
N6 X-800 Y-300	(выход в плоскости X, Y быстрым ходом)

15.4 Вызов токарных коррекций (G43.7)

Публикованные здесь действительны в случае использования расширенной таблицы коррекции инструментов, то есть если бит #2 TOL параметра N1416 Comp. Config on Mills равно 1.

Команда

G43.7 Hh

вызывает сумму геометрических коррекций и коррекций по износу X_g+X_k , Y_g+Y_k и Z_g+Z_k , заданную по адресу H для всех трёх (X, Y, Z) осей.

Вызов коррекций выполняется *пренебрежением* бита PLN и ZAX параметра N1416 Comp. Config on Mills.

При вызове коррекций *пренебрегаются* все биты параметра N1414 Comp. Config on Lathes. Таким образом, логично, не обращается и 2-й таблицей токарных коррекций.

G43.7 является членом 8-й группы кодов G.

Удаление коррекций выполняется командой

G49.

Команды G43, G44, G43.1, G43.4, G43.5 переключают обратно к использованию фрезерных коррекций.

Образцовый пример:

...	(фрезерование)
...	
G49 H0 D0	(удаление фрезерных коррекций)
G10.9 X1	(программирование X по диаметру)
T5 M6	(вызов токарного инструмента)
G54 G0 X200 Y0 Z100	
G43.7 H5	(H5 вызов токарной коррекции)
G18 G95 G0 X101 Z1 S3000	
G96 S400 P1 M3	(постоянная скорость резания по X)
G92 S200	
G77.7 X90 Z-30 R-3 F0.5	(цикл продольного точения)
X80	
X70	
G49 G0 X200 Z100 H0 D0	(удаление коррекций)
...	
G10.9 X0	(программирование X по радиусу)
G43	(использование фрезерных коррекций)
...	(фрезерование)

15.5 Коррекция радиуса инструмента (G40, G41, G42)

Для того, чтобы можно было точно обфрезеровать плоскостную конфигурацию, и не надо было задавать в программе точки конфигурации по чертежу, независимо от размера применённого инструмента, устройство ЧПУ должно проводить точку центра инструмента параллельно запрограммированному контуру, на расстояние от него, равным радиусу инструмента. Устройство ЧПУ устанавливает в зависимости от значения коррекции радиуса инструмента, зарегистрированной по номеру коррекции D , что на какое расстояние проводить траекторию центра инструмента от запрограммированного контура.

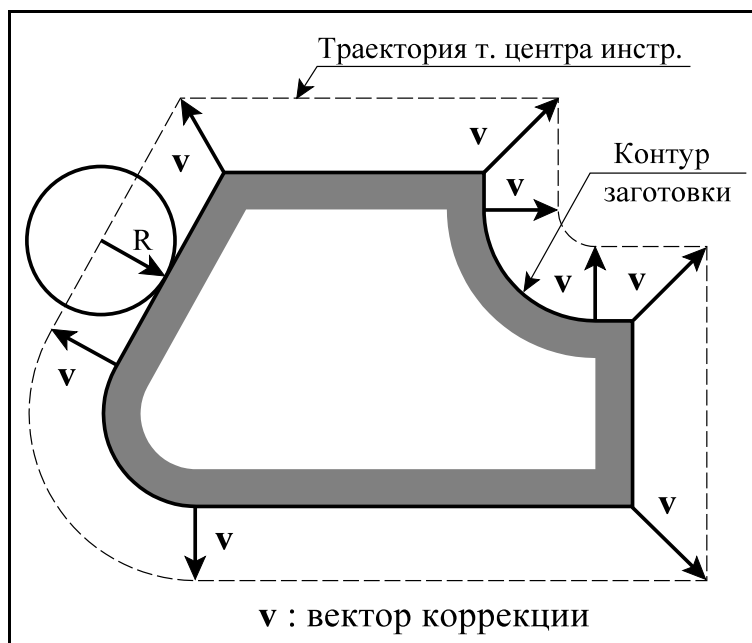


рисунок 15.5-1

Вектором коррекции является такой *плоскостной вектор*, который пересчитывается устройством ЧПУ в каждом кадре, и запрограммированные перемещения изменяются векторами начала и конца кадров. Длина и направление полученных векторов коррекции зависит от *значения коррекции, вызванного по адресу D* и геометрии перехода между двумя кадрами.

Устройство ЧПУ высчитывает векторы коррекции *в плоскости, выбранной командами G17, G18, G19*. Это есть плоскость коррекции радиуса инструмента. Коррекция радиуса не влияет на движения вне этой плоскости. Например: если в состоянии G17 выбрана плоскость X, Z, тогда векторы коррекции вычисляются в плоскости X, Z. В этом случае коррекция не влияет на движение в направлении Y.

Во время расчёта коррекции радиуса инструмента не разрешается смена плоскости коррекции. Если всё-таки попытаемся, тогда устройством ЧПУ выводится сообщение об ошибке. В том случае, если желаем определить плоскость коррекции, лежащей не вдоль осей главной плоскости, вспомогательные оси надо определить в поле параметров параллельными осями. Например, если U принято параллельной осью, и желаем применить коррекции радиуса инструмента в плоскости Z, U, заданием G18 U__ Z__ можно выделить плоскость.

А Расчёт коррекции радиуса инструмента можно включить из программы, и можно выключить:

G40: выключение расчёта коррекции радиуса инструмента

G41: коррекции радиуса инструмента **налево по направлению хода**

G42: коррекции радиуса инструмента **направо по направлению хода**

Команды **G40, G41, G42 передаются модально**. После включения, в конце программы, или под действием reset устройство ЧПУ примет состояние G40.

Команда G41, или G42 включает расчёт коррекции. В состоянии G41 инструмент следит за запрограммированному контуру слева по направлению хода, а в состоянии G42- справа. **Значение коррекции** применённого радиуса инструмента надо задавать **по адресу D**. **Расчёт коррекции выполняется на движения по интерполяции G00, G01, G02, G03**.

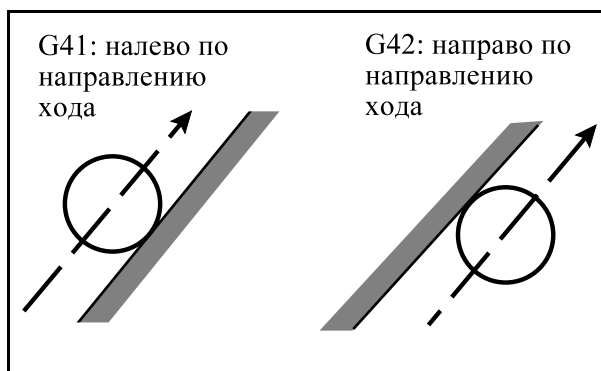


рисунок 15.5-2

Изложенные до сих пор действительны при задании положительной коррекции радиуса инструмента. Однако, **значение коррекции радиуса инструмента может быть и отрицательным**. Это имеет смысл на практике тогда, если например, той же подпрограммой желаем обходить материнскую заготовку, затем сопряженную с этой отцовскую заготовку. Это можно решать и таким образом, что с помощью G41 выточим материнскую, и с помощью G42 отцовскую заготовку. Однако, не нужно эту смену редактировать в программу, если материнскую заготовку выточить с положительной, а отцовскую заготовку с отрицательной коррекцией радиуса. При этом траектория точки центра инструмента сменится противоположной запрограммированной G41, или G42:

	коррекция радиуса: положительная	коррекция радиуса: отрицательная
G41	слева	справа
G42	справа	слева

☞ **Замечание:** В описаниях и рисунках в дальнейшем для простоты работаем всегда положительной коррекцией радиуса.

G40 vagy **D00** включает расчёт коррекции. Разница между двумя командами в том, что команда D00 удаляет только длину вектора коррекции и оставляет без изменения состояние G41 или G42. Если после этого совершается ссылка на новый адрес D, вектор коррекции рассчитывается с новым радиусом инструмента, в зависимости от состояния G41 или G42.

Однако, если пользуемся командой G40, после этого никакая ссылка не вызывает действия по адресу D, пока не запрограммировать G41 или G42.

Включение, или выключение коррекции радиуса имеет определённые правила, которые подробно изложены в следующих главах.

Устройство ЧПУ выполняет команды по коррекции радиуса только в режиме автоматического, или ручного ввода данных. В ручном режиме для индивидуальных кадров не действует. Причина этого следующее. Для того, чтобы устройство ЧПУ сумел высчитывать вектор коррекции в конечной точке кадра, оно должно прочитать следующий кадр, содержащий движение в выбранной плоскости. Вектор коррекции является функцией перехода между двумя кадрами. Из этого видно, что для расчёта вектора коррекции необходимо

предварительная обработка нескольких кадров.

Прежде чем приступить к изложению подробностей расчёта коррекции, нужно вводить вспомогательные данные. В точке пересечения двух отрезков, то есть двух кадров, угол между касательными, проведёнными к двум кривым: угол α . Истолкование α зависит от того, что контур обходится слева, или справа.

Устройство ЧПУ выбирает стратегию поворота при точках пересечений в зависимости от угла α . Если $\alpha > 180^\circ$, то есть инструмент работает внутри, рас-

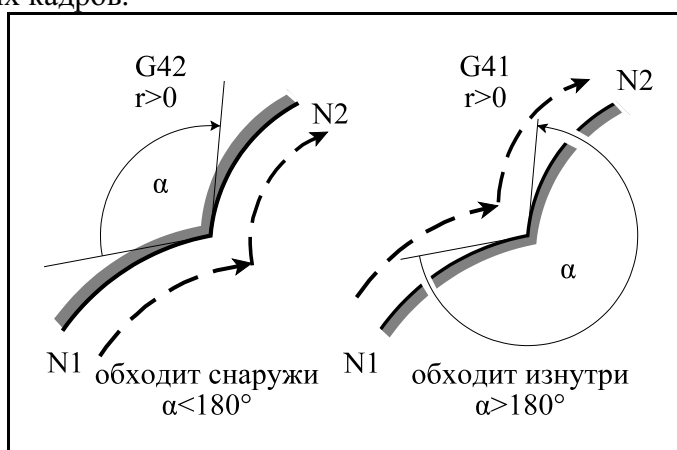


рисунок 15.5-3

считывается точка пересечения между двумя отрезками. Если $\alpha < 180^\circ$, то есть инструмент обходит снаружи, тогда для обхода вставляются дальнейшие прямые отрезки.

А дальнейшем это описание излагает случаи расчёта коррекции радиуса, в первую очередь с точки зрения задач фрезерования. С точки зрения задач точения случаи расчёта коррекции радиуса изложены в инструкции под названием Описание программирования Устройства ЧПУ Токарным станком и центром обработки типа NCT3xxT.

Наводка на внешний угол под тупым углом: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

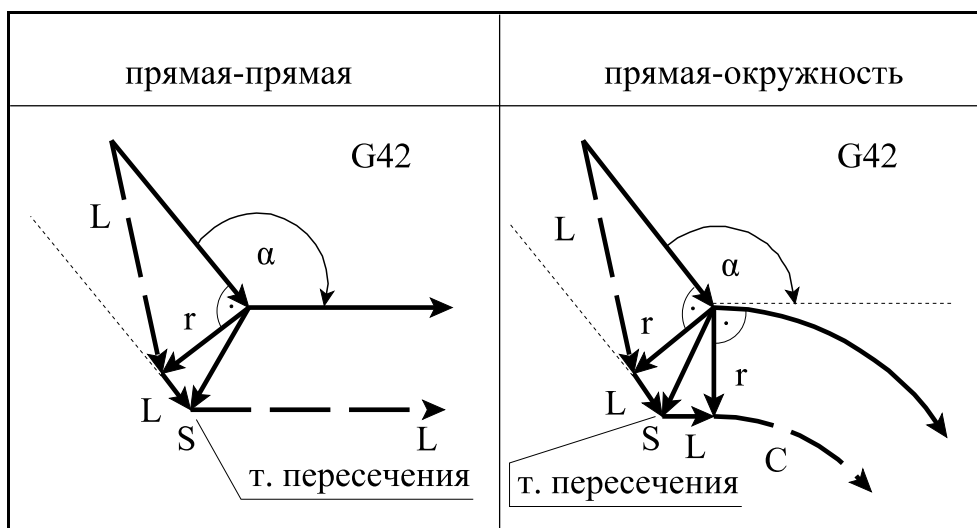


рисунок 15.5.1-2

Наводка на внешний угол под острым углом: $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$

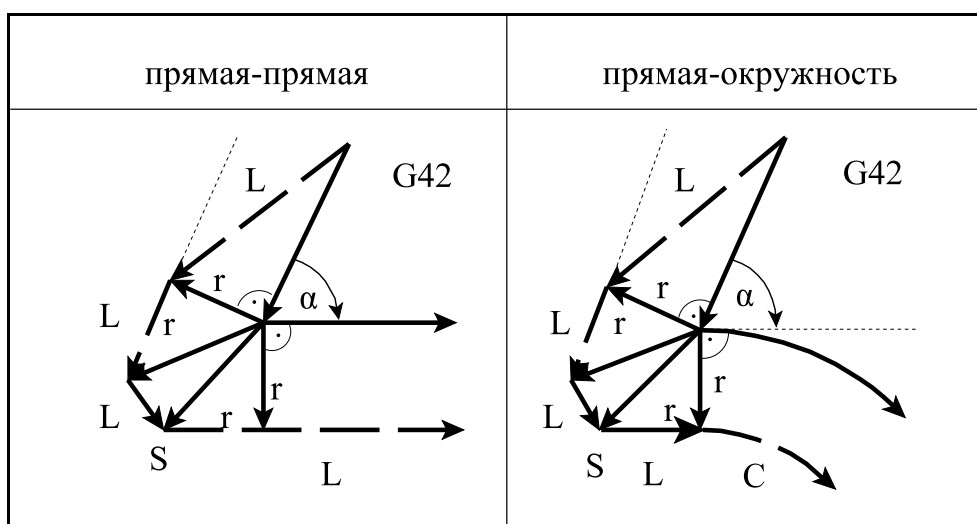


рисунок 15.5.1-3

Пример

Обрабатывается изнутри окружность с радиусом R60. Наводка на окружность с радиусом R60 выполняется вдоль дуги окружности R50.

Кадр N80 включает коррекцию радиуса с наводкой в точку X10 Y50, таким образом, что кадр N90 установит в начальную точку дуги окружности R50 перпендикуляр согласно длины радиусу инструмента (r):

```
G54 G17
...
N50 G0 X0 Y0
N60 G43 Z1 H1
N70 G1 Z-2 F1000
N80 G42 G0 X10 Y50 D1
N90 G2 X60 Y0 R50
N100 G2 I-60
N110 G2 X10 Y-50 R50
N120 G40 G0 X0 Y0
...
```

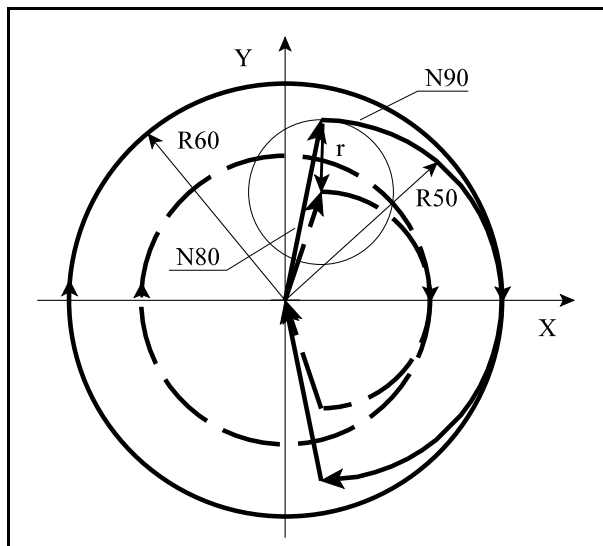


рисунок 15.5.1-4

Обфрезеруется квадрат с длиной грани 60 мм. Конечная точка кадра N50 устанавливается таким образом, что установится перпендикуляр в начальную точку кадра N60 размером радиуса инструмента s (r), и перемещается туда.

```
N10 G54 G17 G49 M3 S500
N20 G0 X-40 Y-40
N30 G43 Z2 H1
N40 G1 Z-5 F500
N50 G42 G0 X0 Y0 D1
N60 G1 X60
N70 Y60
N80 X0
N90 Y0
N100 G40 G0 X-40 Y-40
N110 M30
```

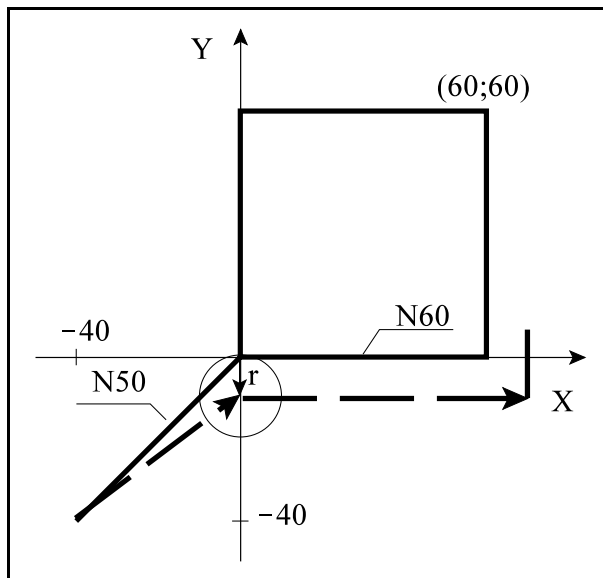


рисунок 15.5.1-5

Включение коррекции радиуса без программирования движения:

Если **включение коррекции** (G41, G42) выполняется в таком кадре, в котором **не фигурирует ни одного адреса оси, относящейся к выбранной плоскости**, как в примере ниже в кадре N50 не задан ни адрес X, ни адрес Y, тогда в кадре N50 не выполняется движения, а в кадре N60 выполняется сперва перемещение, обозначенное на рисунке с 1, равное радиусу инструмента, затем выполняется перемещение 2. Оба движение выполняется быст-

рым ходом.

При этом рассчитывается точка пересечения между кадрами N60 и N70 и таким образом проводится точка центра инструмента. Это не хорошо потому, что таким образом пропускается обработка угла X0 Y0! Исправить можно соединением кадров N50 и N60.

```

N10 G54 G17 G49 M3 S500
N20 G0 X-40 Y-40
N30 G43 Z2 H1
N40 G1 Z-5 F500
N50 G42 G0 D1
N60 X0 Y0
N70 G1 X60
N80 Y60
N90 X0
N100 Y0
N110 G40
N120 G0 X-40 Y-40
N130 M30

```

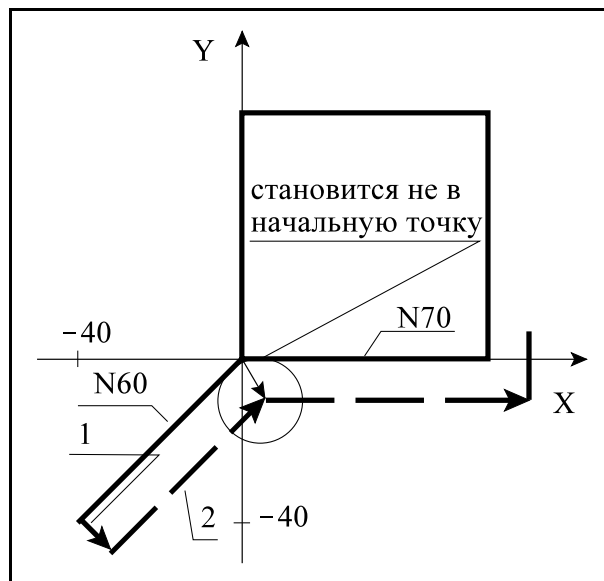


рисунок 15.5.1-6

Если **включение коррекции** (G41, G42) выполняется в таком кадре, в котором **нет перемещения ни на одной оси, относящейся к выбранной плоскости**, как в примере ниже в кадре N50 правда заполнен адрес X, но нет перемещения из-за принадлежащего к нему инкрементного значения 0, тогда в кадре N50 подачей выполняется перемещение, обозначенное на рисунке с 1, равное радиусу инструмента, затем в кадре N60 выполняется быстрое перемещение 2.

При этом рассчитывается точка пересечения между кадрами N60 и N70 и таким образом проводится точка центра инструмента. Это не хорошо потому, что таким образом пропускается обработка угла X0 Y0! Исправить можно соединением кадров N50 и N60.

```

N10 G54 G17 G49 M3 S500
N20 G0 X-40 Y-40
N30 G43 Z2 H1
N40 G1 Z-5 F500
N50 G42 G0 G91 X0 D1
N60 G90 X0 Y0
N70 G1 X60
N80 Y60
N90 X0
N100 Y0
N110 G40 G91 Y0
N120 G0 G90 X-40 Y-40
N130 M30

```

В кадре, последующем за включением коррекции радиуса, нет перемещения

Если в кадре, последующем за включением коррекции, в выбранной плоскости получится 0 перемещения, как в кадре N60 программы ниже, вектор коррекции установится перпендикулярно в конечной точке кадра (N50), выполняющего включение и перемещается туда. Также установится перпендикуляр и в начальную точку кадра (N70), выполняющего последующее за ним движение, перемещается в эту точку, затем проводит параллельно инструмент дальше.

Это может причинять подрезание на заготовке, эти случаи следует избежать! Исправить можно удалением кадра N60.

```

N10 G54 G17 G49 M3 S500
N20 G0 X-10 Y-40
N30 G43 Z2 H1
N40 G1 Z-5 F500
N50 G42 G0 X0 Y0 D1
N60 G1 X0
N70 X60
N80 Y60
N90 X0
N100 Y0
N110 Y0
N120 G40 G0 X-40 Y-10
N130 M30

```

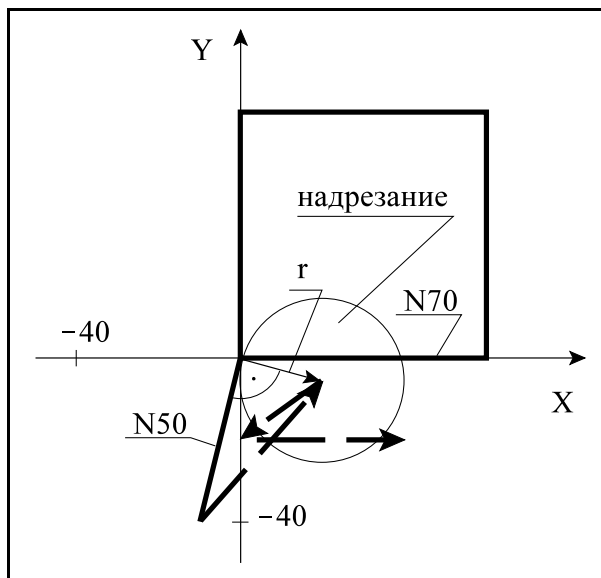


рисунок 15.5.1-7

Включение коррекции радиуса расчётом точки пересечения

Если в кадре (G41, или G42), выполняющий включение коррекции присвоится значение для I, J, K, но только для лежащих в выбранной плоскости (например: в случае G17 для I, J), тогда устройство ЧПУ наводится в точку пересечения последующего кадра с прямой, определённой с помощью I, J, K, с учётом коррекции радиуса. Значение I, J, K всегда инкрементное, и полученный таким образом вектор показывает в конечную точку того кадра, в котором запрограммирован. Это возможность полезно например, при настройке на внутренние углы.

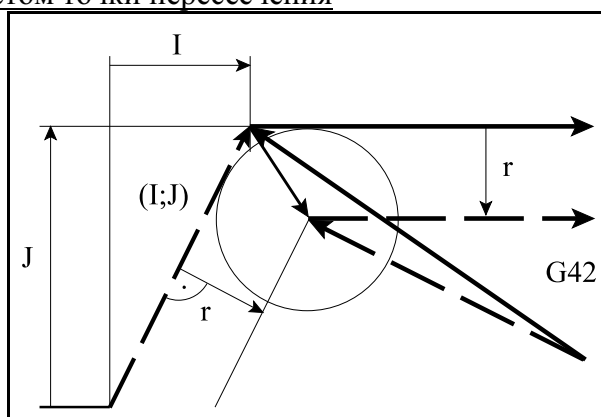


рисунок 15.5.1-8

Пример:

Обрабатывается изнутри шестигранник с длиной грани 100 мм. Инструмент наводится в угол, лежащий в точке с координатой X100 Y0. Кадр N50 приложенной программы с расчётом точки пересечения наводится на контур, заданием I и J. Координаты I и J рассчитываются на основании перемещения, выполненного в кадре N110 программы.

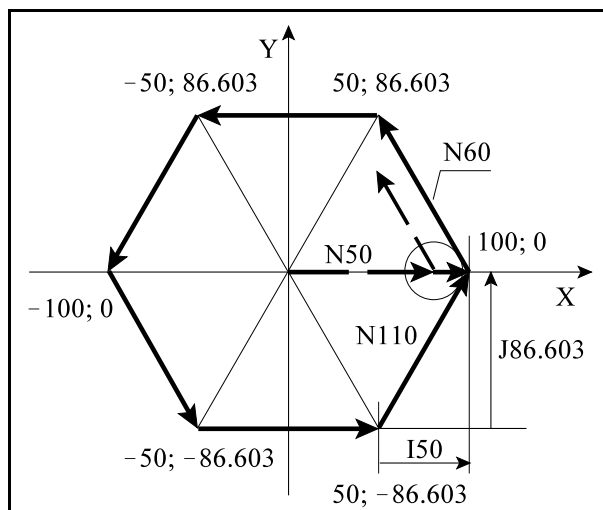


рисунок 15.5.1-9

```

N10 G54 G17 M3 S300
N20 G0 X0 Y0 Z100
N30 G43 Z5 H1
N40 G1 Z-5 F1000
N50 G41 G0 X100 Y0 I50 J86.603 D1
N60 G1 X50 Y86.603
N70 X-50
N80 X-100 Y0
N90 X-50 Y-86.603
N100 X50
N110 X100 Y0
N120 G40 G0 X0 I-50 J86.603
N130 M30

```

Случаи наводки с помощью точки пересечения

В случае задания I, J, K устройство ЧПУ всегда рассчитывает точку пересечения, не зависимо от того, что обрабатывается внутренний, или наружный угол.

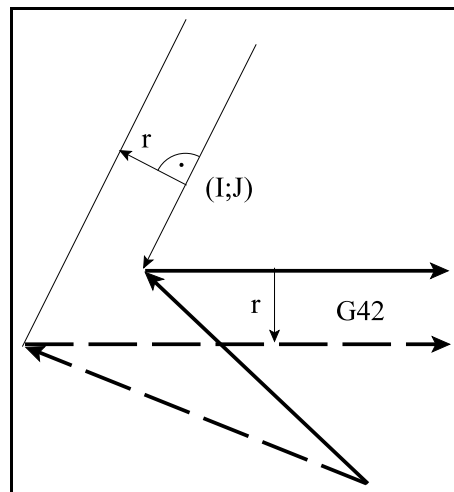


рисунок 15.5.1-10

Если не находит точку пересечения, наводится перпендикулярно в начальную точку последующего кадра.

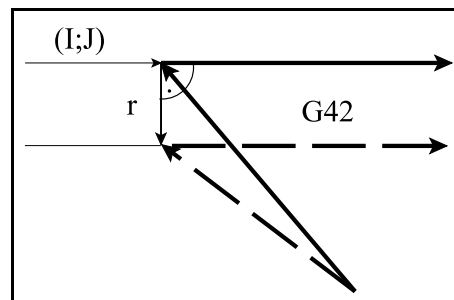


рисунок [15.5.1-11](#)

15.5.2 Включенное состояние расчёта коррекции радиуса. Движение по контуру.

Во включенном состоянии расчёта коррекции радиуса, в выделённой плоскости непрерывно рассчитываются векторы коррекции между кадрами G0, G1, G2, G3. Для расчёта этих векторов необходимо непрерывно прочесть вперёд кадры.

Устройство ЧПУ вперёд прочитает количество кадров, заданное параметром N1404 ВК No. Interf + 2 кадра. Это означает и то, что если между двумя кадрами движения, принадлежащими к выделённой плоскости, имеются и прочие кадры, заданные параметром, например, функция, задержка, движение вне плоскости и т. д., расчёт коррекции всё равно будет непрерывным.

Непрерывность могут прерывать такие коды G и функции, которые вынуждают разгрузку буфера, то есть отложат чтение вперёд кадров.

Основные случаи включенного состояния расчёта коррекции радиуса:

Расчёт точки пересечения в случае внутренних углов: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$

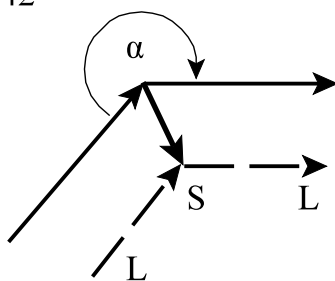
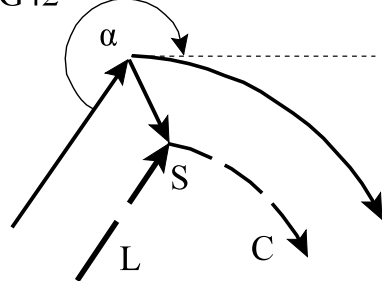
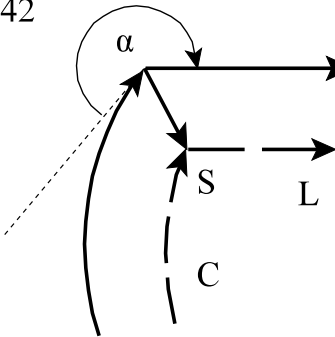
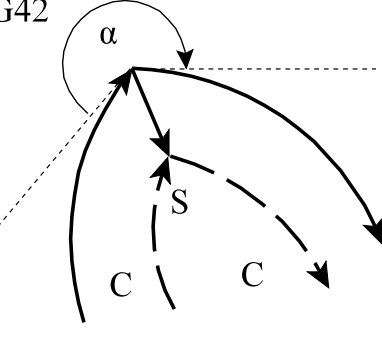
прямая - прямая	прямая - окружность
G42 	G42 
окружность - прямая	окружность - окружность
G42 	G42 

рисунок 15.5.2-1

Обход внешних углов с тупым углом: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

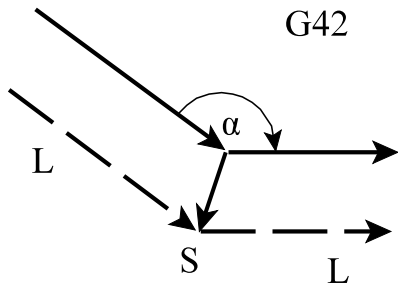
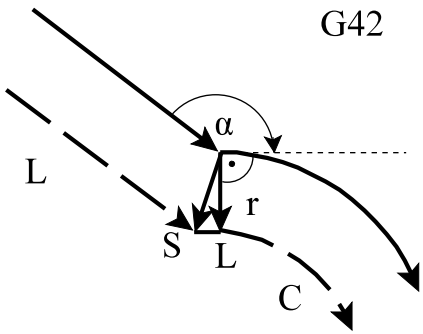
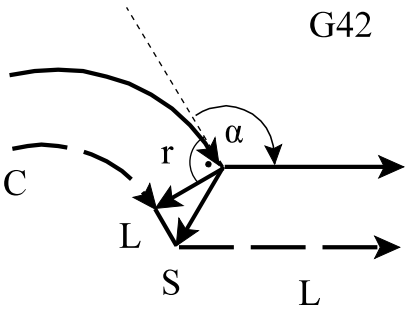
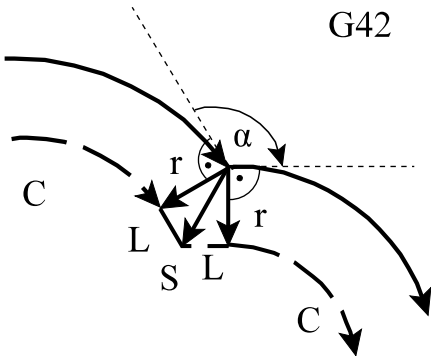
прямая - прямая	прямая - окружность
	
окружность - прямая	окружность - окружность
	

рисунок 15.5.2-2

Обход внешних углов с острым углом: $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$

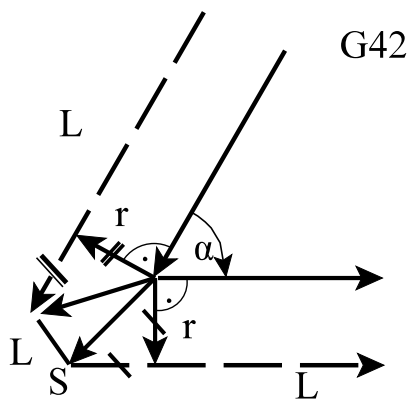
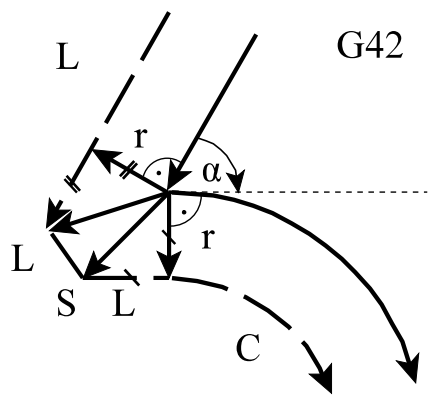
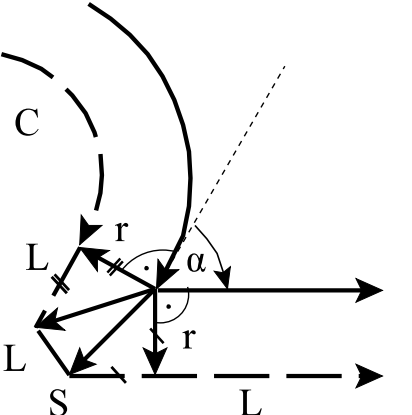
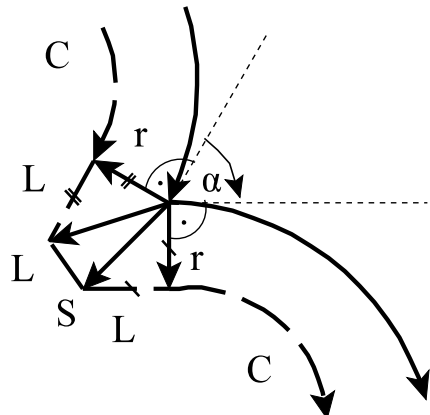
прямая - прямая	прямая - окружность
	
окружность - прямая	окружность - окружность
	

рисунок 15.5.2-3

Если нет точки пересечения в случае внутренних углов

Бывает, что при некоторых значениях радиуса инструмента не получается точки пересечения. При этом устройство ЧПУ остановится во время выполнения предыдущего кадра и выводится сообщение об ошибке 2047 Нет точки пересечения G41, G42.

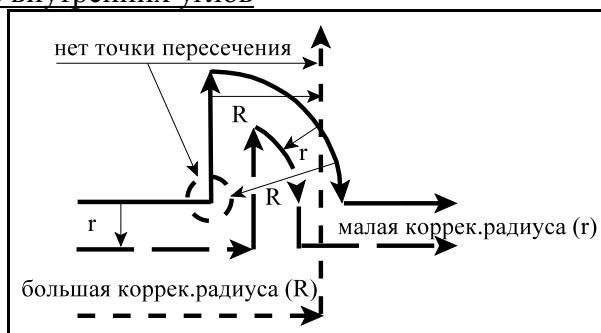


рисунок 15.5.2-4

В выбранной плоскости получится ноль перемещения

В том случае, если во включенном состоянии G41, или G42, в выбранной плоскости в одном из кадров запрограммировано ноль перемещения, или получается ноль перемещения, как в кадре N120 примера, происходит следующее. В конечную точку предыдущего кадра (N110) и в начальную точку последующего кадра (N130) установится перпендикулярный вектор, длина которого совпадает коррекцией радиуса, затем соединяет два вектора линейной интерполяцией. Такими случаями надо быть осторожно потому, что может причинять ненамеренное подрезание, в случае окружности - искажение.

Например:

```
... G91 G17 G42 ...
N110 G1 X40 Y50
N120 X0
N130 X90
N140 X50 Y-20
...
```

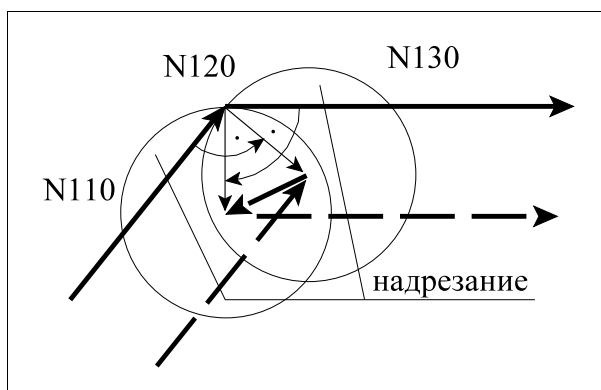


рисунок 15.5.2-5

Коррекция радиуса в случае винтовой линии и окружности с переменным радиусом

Если применить коррекцию радиуса к винтовой линии, или окружности с переменным радиусом, в начальной точке окружности устройство ЧПУ рассчитывает вектор(ы) коррекции под такую воображаемую окружность, радиус которой совпадает с радиусом начальной точки запрограммированной окружности (на рисунке $R1=50$), а начальная точка которой совпадает с запрограммированной точкой центра ($X0, Y0$). В конечной точке окружности вектор(ы) коррекции рассчитываются под такую воображаемую окружность, радиус которой совпадает с радиусом в конечной точки запрограммированной окружности ($R2=20$), а точка центра совпадает с точкой центра запрограммиро-

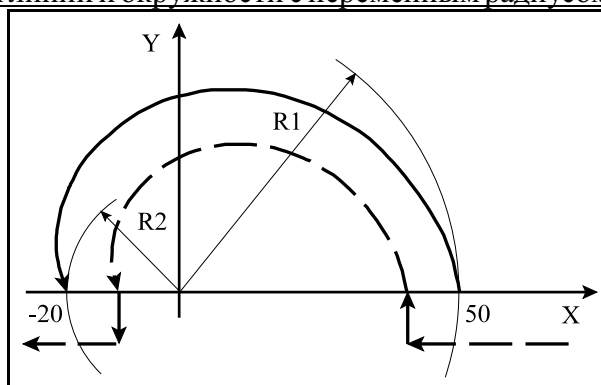


рисунок 15.5.2-6

ванной окружности.

Пример:

```
G0 G17 G41 ...
G1 X50
G3 X-20 I-50 L1
G1 X-30
...
```

Если в состоянии G41, G42 вызвать новую коррекцию радиуса по адресу D

Во включенном состоянии коррекции радиуса (G41, G42) по адресу D можно вызвать новое значение коррекции радиуса. Если значение радиуса поменяет знак, происходит процесс изменения направления по контуру, который изложен во главе “Изменение направления в расчёте коррекции радиуса”. Если значение радиуса не меняет знака, процесс проходит следующим образом.

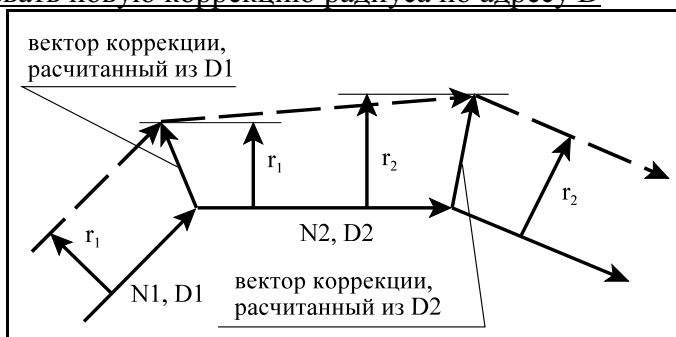


рисунок 15.5.2-7

Вектор коррекции, рассчитанный *с новым значением коррекции* (на рисунке D2) рассчитывается *в конечной точке того кадра* (N2), в котором запрограммирован новый адрес D2. Поскольку в начальной точке этого кадра рассчитывали вектор коррекции с предыдущим значением радиуса (D1), траектория точки центра инструмента не будет параллельна запрограммированной траектории. Новое значение коррекции радиуса можно вызвать и в периоде по адресу D, однако, при этом точка центра инструмента будет перемещаться по дуге окружности с переменным радиусом.

Специальным случаем является вышеизложенного, если во включенном состоянии коррекции радиуса *с помощью D0 выключить коррекцию*, а с помощью D1 включить её. На основании примера ниже можно наблюдать разницу по траектории инструмента, если коррекция *включается с G41, или с G42, и выключается с G40*, далее, если *включение и выключение коррекции выполняется с вызовом адреса D*:

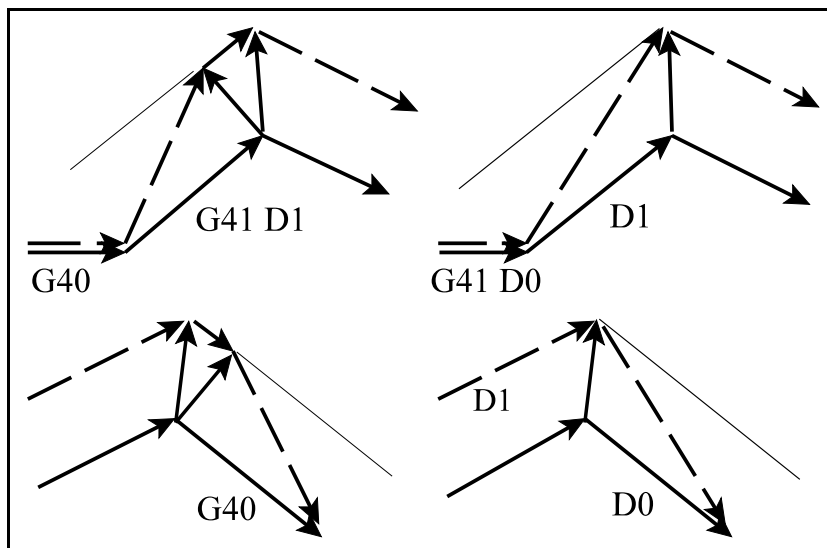


рисунок 15.5.2-8

Пропускание отрезков обхода

В случае обхода углов с тупым и острым углом может образоваться два или больше векторов коррекции. Если их конечные точки попадают близко друг к другу, или получается движения между двумя точками. В том случае, если расстояние между двумя векторами на обеих осях меньше, чем установленное параметром N1405 DELTV значение, показанное на рисунке вектор пропускается, и траектория инструмента изменяется согласно рисунку.

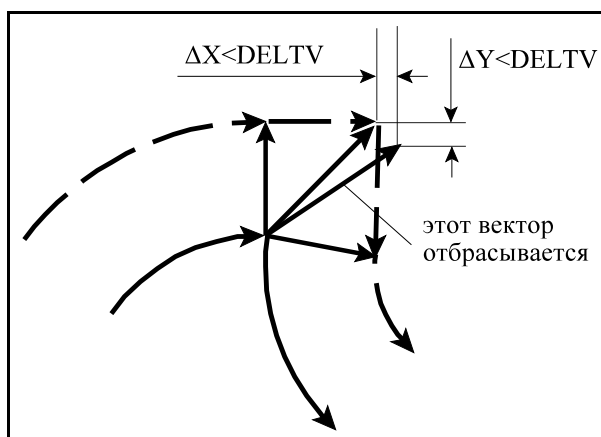


рисунок 15.5.2-9

☞ **Замечание:** При необоснованно большом значении параметра *DELT*V при обходе внешних углов с острыми углами может случиться, что инструмент повреждает угол!

В выбранной плоскости, через несколько кадров нет команды движения

Для того, чтобы устройство ЧПУ правильно обращалось коррекцией радиуса инструмента, например, чтобы сумело рассчитывать точку пересечения между конечной точкой прочитанного кадра и начальной точкой последующего кадра контура, **кадры необходимо вперёд прочитать и обработать их**. Обработанные вперёд кадры попадают в буфер кадров.

На практике может понадобиться, что между двумя плоскостными кадрами движения запрограммировать кадр, не содержащий движения, или кадр, содержащий движение, лежащее не в выбранной плоскости. Эти могут быть например, следующие:

функции: M, S, T

задержка: G4 P

движение вне выбранной плоскости: (G18) G1 Y

вызов подпрограммы: M98 P, и т. д.

Это означает и то, что между двумя кадрами движения, принадлежащими к выделённой плоскости, имеются прочие кадры, например, функции, задержка, движение вне плоскости и т. д., расчёт коррекции всё равно будет непрерывным, до тех пор, пока не заполнится буфер кадров.

Если *заполнился буфер*, устройство ЧПУ выводит сообщение ***в начале последнего кадра движения, принадлежащего к выделённой плоскости***

2090 Расчёт коррекции радиуса нельзя продолжать. Буфер полный.

Если в состоянии G41, G42 запрограммировать функцию разгрузки буфера

Непрерывность расчёта коррекции, ***прочтение вперёд кадров прерывают*** такие коды G и функции (например, некоторые функции M и т. д.), которые вынуждают ***разгрузку буфера***

Когда в ходе прочтения устройство ЧПУ прочитает такой код, отложит прочтение дальнейших кадров и дожидается, чтобы разгрузился буфер кадров, то есть все кадры в буфере были выполнены. Это имеет такое следствие, что устройство ЧПУ ***отложит расчёт коррекции радиуса***. После этого выполняет функцию, затем после этого начинает прочтение и буферирование кадров.

Коды G, отложившие расчёт коррекции радиуса, следующие:

G22, G23,
G54-G59, G54.1, ...,
G52, G92,
G53,
G28, G30
G43

Код вызова коррекции по длине H также отложит расчёт коррекции:

Hnn

Функция M, отложившие расчёт коррекции радиуса следующие:

M0, M1, M2, M30

Помимо перечисленных выше функции M, можно выделить параметрами и функции разгрузки буфера M и группы кодов M. Кроме функций M можно выделить для разгрузки буфера и S, T, и смешанные функции (A, B, C, U, V, W).

Строителем станка определяет, что какие функции выполняют разгрузку буфера и об этом сообщает в описании станка!

В том случае, если во включённом состоянии G41, или G42 запрограммировать между двумя кадрами движения указанные выше коды G, H, или функции, в конечной точке предшествующего кадра удаляет вектор коррекции, выполняет команду, затем в конечной точке следующего кадра движения восстанавливает его.

Например:

```
...G91 G17 G41...
N110 G1 X80 Y-50
N120 G92 X0 Y0
N130 X80 Y50
...
```

В примере выше из-за кода G92 разгружается буфер. Ситуация подобная и в случае остальных кодов разгрузки буфера.

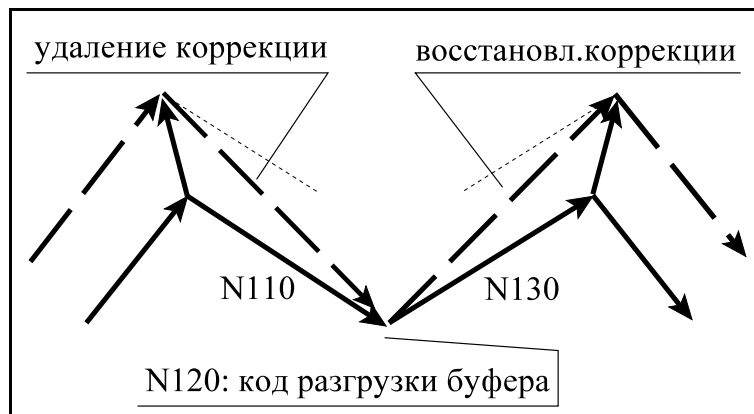


рисунок 15.5.2-10

Если в состоянии G41, G42 запрограммировать условный пропуск кадра

При состоянии бита #4 **CBV=0** параметра N1337 Execution Config, команда условного кадра (кадры, начинающиеся со знаком /) **подавляет** прочтение вперёд кадра. В этом случае при **G41, G42** контур **искажается**, однако, достаточно **включить** включатель условного кадра **во время выполнения предыдущего кадра**, чтобы действовал.

При состоянии бита #4 **CBV=1** параметра N1337 Execution Config, команда условного кадра (кадры, начинающиеся со знаком /) **не подавляет** прочтение вперёд кадра. В этом случае при **G41, G42** контур **не искажается**, однако, включатель условного кадра для обеспечения надёжного действия **необходимо установить перед выполнением программы**. Действие установки параметра смотри в главе Пропуск условного кадра.

Пример:

```
...G91 G17 G41...
N110 G1 X80 Y-50
/ N120 S2500
N130 X80 Y50
...
```

В примере выше кадр N120 условный.

В случае **CBV=0** в конечной точке кадра N110 удаляет коррекцию и в кадре N130 восстанавливает его.

При положении **CBV=1** прочтение вперёд не отложится, расчёт коррекции непрерывным будет.

В состоянии G41, G42 желательно избегать программирования условного кадра.

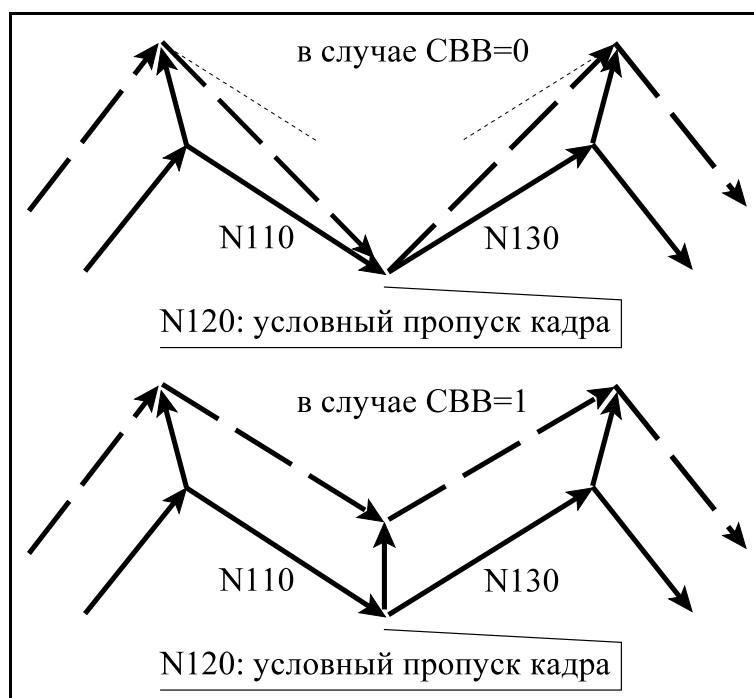


рисунок 15.5.2-11

15.5.3 Выключение расчёта коррекции радиуса. Отход от контура.

Команда G40 выключает расчёт коррекции радиуса инструмента. Команду G40 можно выдавать только линейной интерполяцией. Если в периоде запрограммировать G40, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке 2043 G40 в круговой интерполяции.

Основные случаи выключения коррекции радиуса:

(G42)	(G42)
G1 X_ Y_	G2 X_ Y_ R_
G40 X_ Y_	G40 G1 X_ Y_

Выход из внутреннего угла: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$

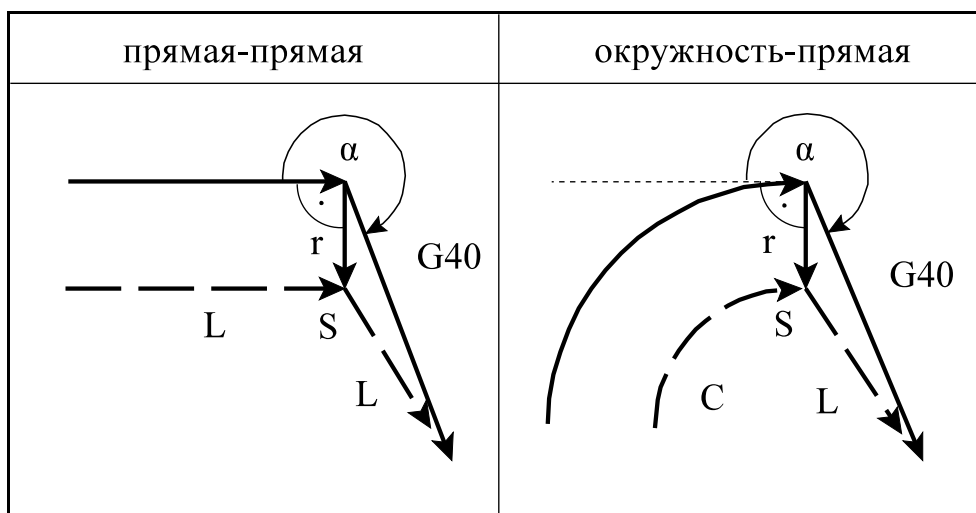


рисунок 15.5.3-1

Выход из внешнего угла под тупым углом: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

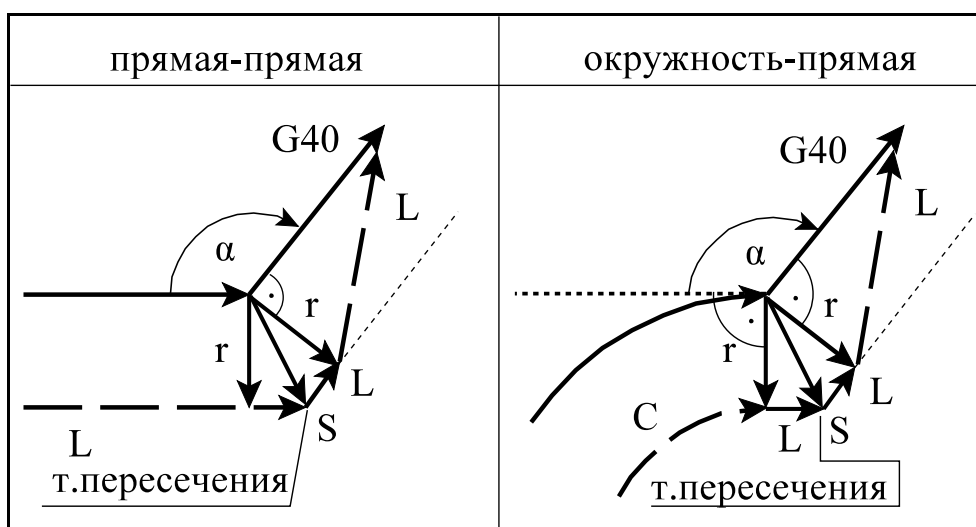


рисунок 15.5.3-2

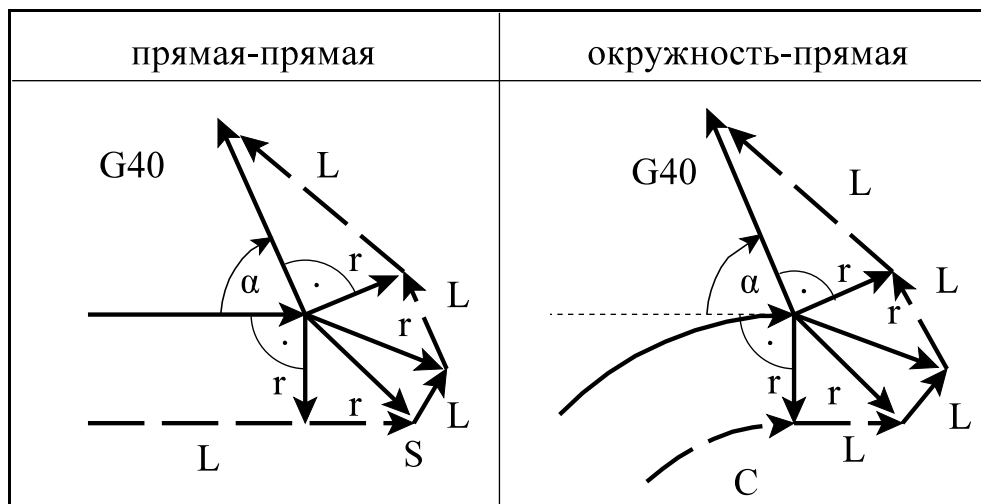
Выход из внешнего угла под острым углом: $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 

рисунок 15.5.3-3

Пример

Обрабатывать изнутри окружность с радиусом R60. Отход с окружности с радиусом R60 выполняется вдоль дуги окружности с радиусом R50 (N110), в конечную точку которой установится перпендикуляр размером радиуса инструмента (r). Кадр N120 выключает коррекцию радиуса с наводкой в позицию X0 Y0:

```

G54 G17
...
N50 G0 X0 Y0
N60 G43 Z1 H1
N70 G1 Z-2 F1000
N80 G42 G0 X10 Y50 D1
N90 G2 X60 Y0 R50
N100 I-60
N110 X10 Y-50 R50
N120 G40 G0 X0 Y0
...

```

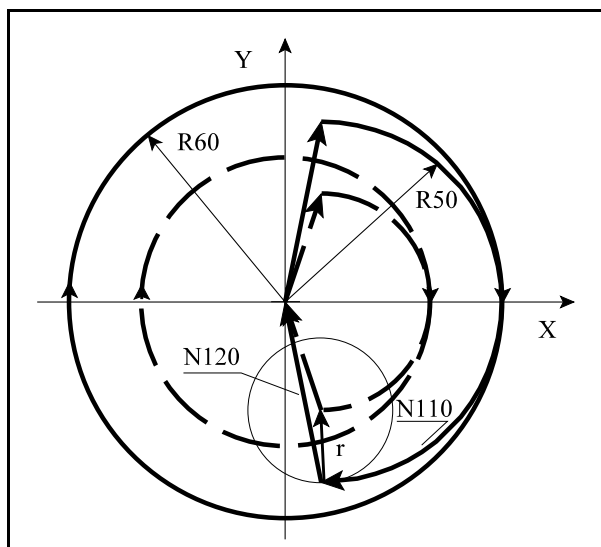


рисунок 15.5.3-4

Обфрезеровать квадрат с длиной грани 60 мм. Коррекция радиуса выключается кадром N100. Конечная точка кадра N90 определяется таким образом, что в конечную точку кадра установится перпендикуляр с размером радиуса инструмента (r), и оттуда перемещается по N100 в точку X-40 Y-40.

```

N10 G54 G17 G49 M3 S500
N20 G0 X-40 Y-40
N30 G43 Z2 H1
N40 G1 Z-5 F500
N50 G42 G0 X0 Y0 D1
N60 G1 X60
N70 Y60
N80 X0
N90 Y0
N100 G40 G0 X-40 Y-40
N110 M30

```

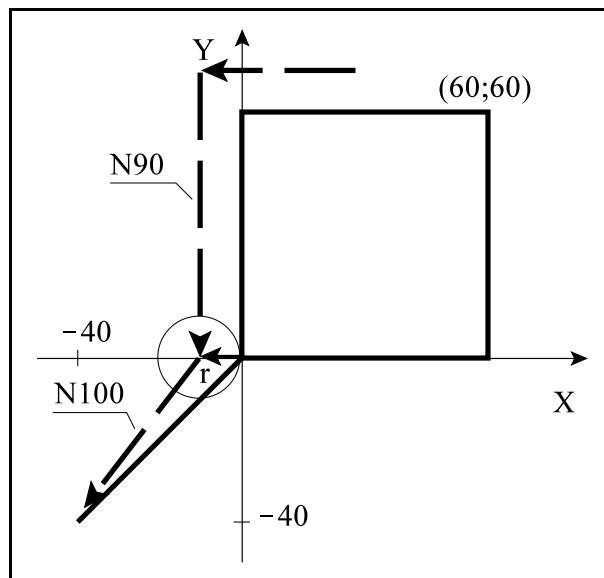


рисунок 15.5.3-5

Выключение коррекции радиуса без программирования движения:

Если **выключение коррекции**(G40) выполняется в таком кадре, в котором **не фигурирует ни одного адреса оси, принадлежащего к выбранной плоскости**, как в примере ниже в кадре N110 не задан адрес ни X, ни Y тогда в кадре N110 не выполняется движение. В кадре N100 сперва проходит параллельно, отодвигая на расстояние, равное радиусу инструмента до конечной точки, участок отмечен на рисунке числом 1, затем перемещаясь на расстояние, равное радиусу инструмента (r) выполняется перемещение 2 и **врезается в заготовку!**

Исправить можно объединением кадра N110 и N120.

```

N10 G54 G17 G49 M3 S500
N20 G0 X-40 Y-40
N30 G43 Z2 H1
N40 G1 Z-5 F500
N50 G42 G0 D1
N60 X0 Y0
N70 G1 X60
N80 Y60
N90 X0
N100 Y0
N110 G40
N120 G0 X-40 Y-40
N130 M30

```

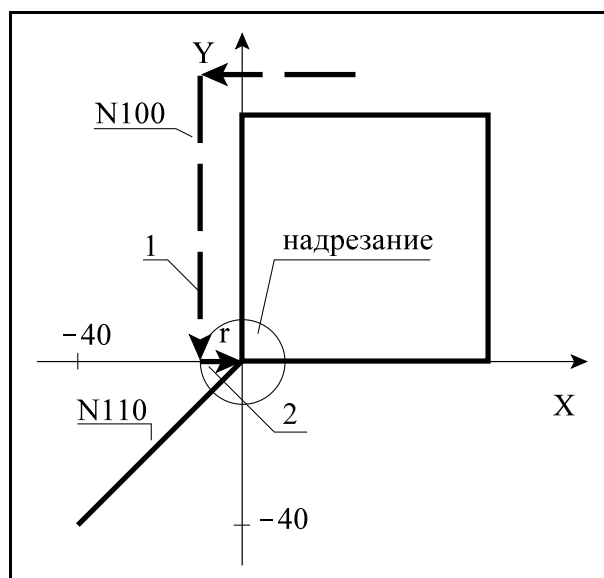


рисунок 15.5.3-6

Если **выключение коррекции (G40)** выполняется в таком кадре, в котором **нет перемещения ни на одной оси, принадлежащей к выбранной плоскости**, как в примере ниже в кадре N110 правда заполнен адрес Y но из-за принадлежащего к нему инкремента 0 нет перемещения, тогда в кадре N100 сперва проходит параллельно, отодвигая на расстояние, равное радиусу инструмента до конечной точки, участок отмечен на рисунке числом 1, затем перемещаясь на расстояние, равное радиусу инструмента (r) выполняется перемещение 2 и **врезается в заготовку!**

Исправить можно объединением кадра N110 и N120.

```

N10 G54 G17 G49 M3 S500
N20 G0 X-40 Y-40
N30 G43 Z2 H1
N40 G1 Z-5 F500
N50 G42 G0 G91 X0 D1
N60 G90 X0 Y0
N70 G1 X60
N80 Y60
N90 X0
N100 Y0
N110 G40 G91 Y0
N120 G0 G90 X-40 Y-40
N130 M30

```

Выключение коррекции радиуса с расчётом точки пересечения

Если в кадре (G40), выполняющем выключение коррекции присвоить значение для I, J, K, но только для лежащих в выбранной плоскости (например: в случае G17 для I, J), тогда устройство ЧПУ наводится в точку пересечения между предыдущим кадром и прямой, определённой с помощью I, J, K. Значение I, J, K всегда инкрементное, и заданное ими вектор показывает вниз от конечной точки предыдущего кадра.

Эта возможность полезна например, при выходе из внутреннего угла.

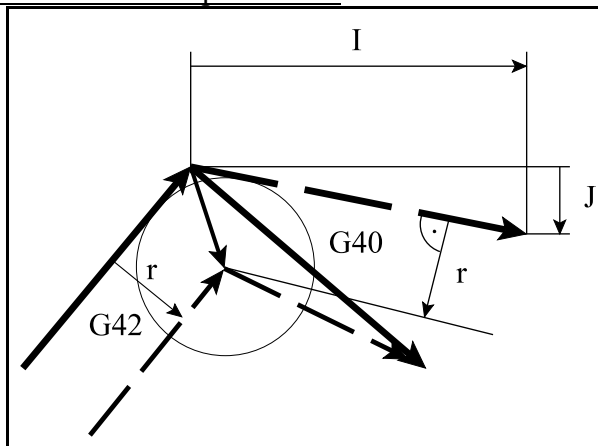


рисунок [15.5.3-7](#)

Пример:

Фрезеровать шестигранник изнутри с длиной грани 100 мм. Выходить с инструментом из угла, лежащего в точке с координатой X100 Y0. Кадр N120 приложенной программы с расчётом точки пересечения отходит с контура, заданием I и J. Координаты I и J рассчитываются на основании перемещения, выполненного в кадре N60 программы.

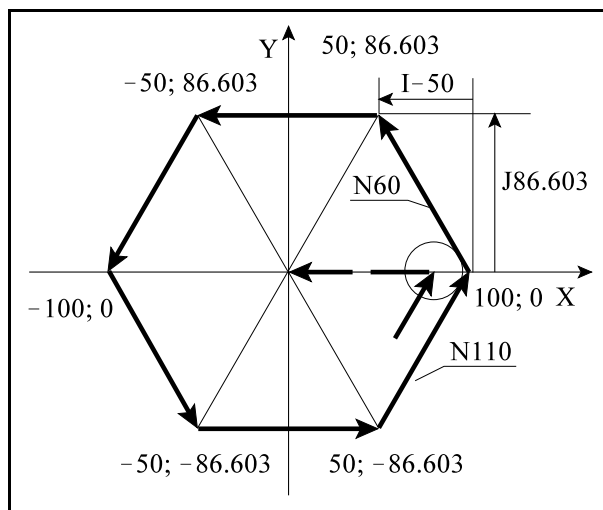


рисунок 15.5.3-8

```

N10 G54 G17 M3 S300
N20 G0 X0 Y0 Z100
N30 G43 Z5 H1
N40 G1 Z-5 F1000
N50 G41 G0 X100 Y0 I50 J86.603 D1
N60 G1 X50 Y86.603
N70 X-50
N80 X-100 Y0
N90 X-50 Y-86.603
N100 X50
N110 X100 Y0
N120 G40 G0 X0 I-50 J86.603
N130 M30

```

Основные случаи отхода с точкой пересечения

В случае задания I, J, K устройство ЧПУ рассчитывает всегда точку пересечения, независимо от того, что обрабатывается внутренний, или внешний угол.

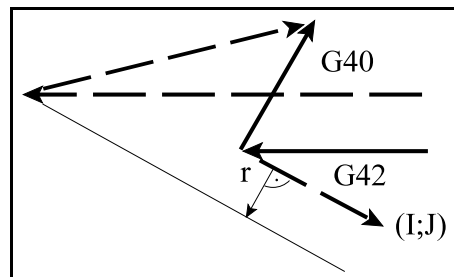


рисунок 15.5.3-9

Если не находит точку пересечения, наводится перпендикулярно в конечную точку предыдущего кадра.

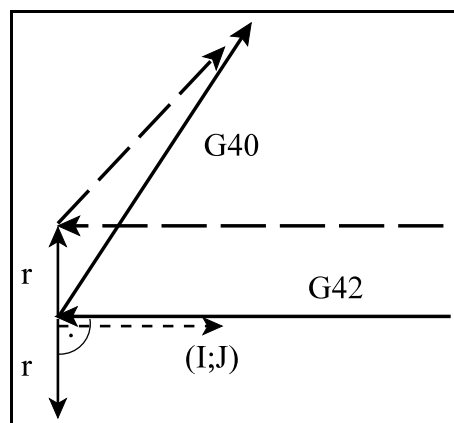


рисунок 15.5.3-10

15.5.4 Перемена направления в расчёте коррекции радиуса.

Направление расчёта коррекции радиуса инструмента, то есть направление слежения за контуром изложены в таблице:

	коррекция радиуса: положительная	коррекция радиуса: отрицательная
G41	слева	справа
G42	справа	слева

Направление слежения за контуром обратимое и во включенном состоянии расчёта коррекции радиуса инструмента. Это может происходить с программированием G41, или G42, или вызовом коррекции радиуса инструмента по адресу D со знаком, противоположным предшествующему. Когда повернётся направление слежения за контуром, устройство ЧПУ не рассматривает, что находится ли "наружу", или "внутри", а за первый шаг всегда рассчитывает точку пересечения. На рисунках ниже предполагаем положительный радиус инструмента и переключение из G42 в G41:

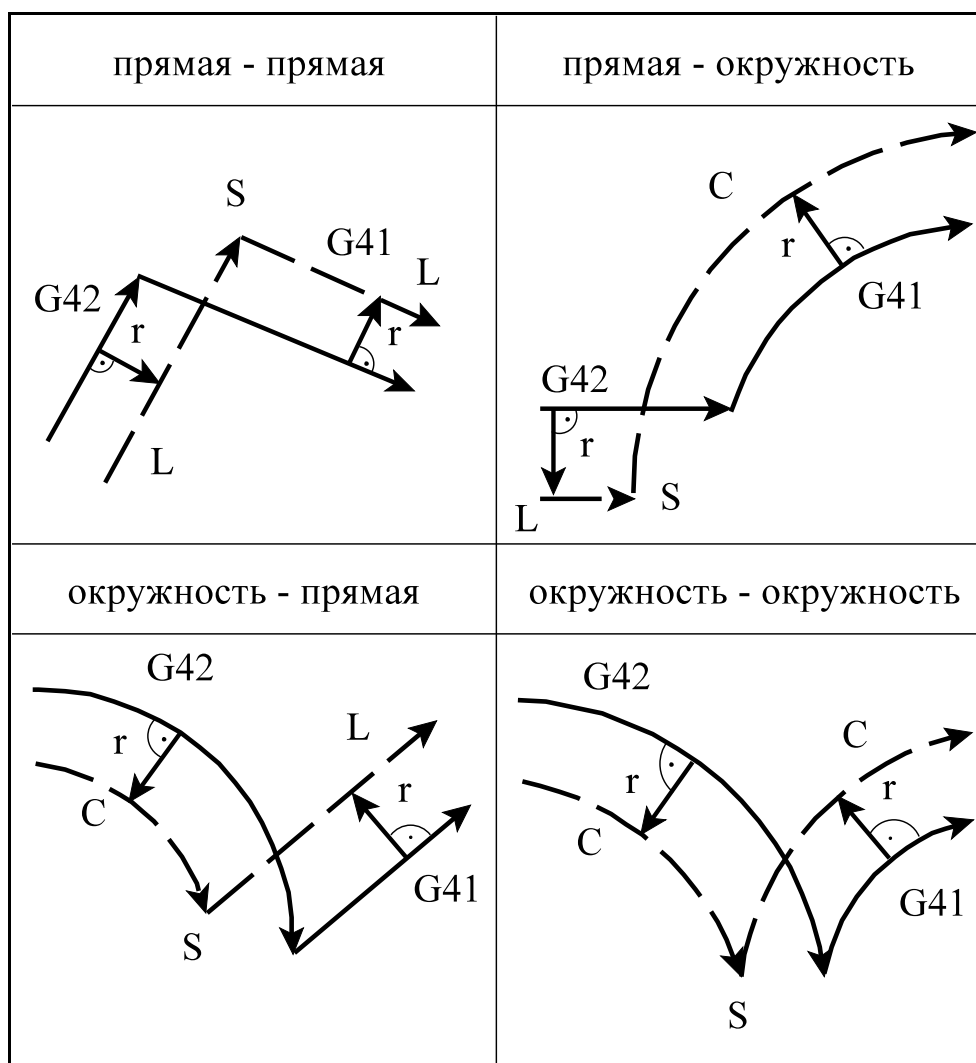


рисунок 15.5.4-1

Пример

Наводка на окружность с радиусом R50 вдоль прямой, слева, с помощью G41 кадрам N30 и N40. После этого следим за окружностью справа в кадре N50 с помощью G42. Отход происходит также вдоль прямой, слева, с помощью G41.

```

...
N10 G17 G0 X100 Y0
N20 M3 S500
N30 G41 X80 D1
N40 G1 X50
N50 G42 G3 I-50
N60 G41 G1 X80
N70 G40 X100
...

```

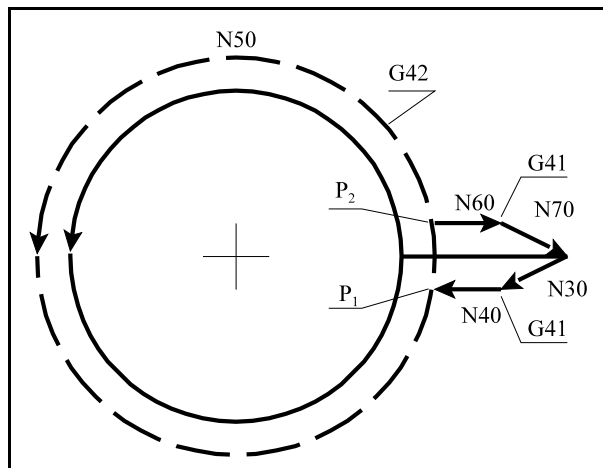


рисунок 15.5.4-2

Если программировать переменную направления на полной окружности

Программируя полную окружность с переменной G41 - G42, может получиться много таких случаев, когда траектория инструмента совершает больше одного полного оборота.

Пример выше показывает этот случай.

Точка центра инструмента совершает одну полную дугу окружности с точки P_1 до точки P_1 , затем дугу с точки P_1 до точки P_2 .

Если нет точки пересечения при переходе прямая- прямая

Если при переходе прямая-прямая не получится точки пересечения, траектория инструмента видна на приложенном рисунке. Перемена направления совершается согласно рисунку с G42 на G41.

При этом конечной точкой будет вектор, в конечной точке кадра, предшествующего перемене направления, установленный перпендикулярно в начальной точке следующей прямой, с размером, равным радиусу инструмента.

Рисунок выше показывает случай, если не меняется направление траектории, а ниже случай, если перемена направления 180 градусов.

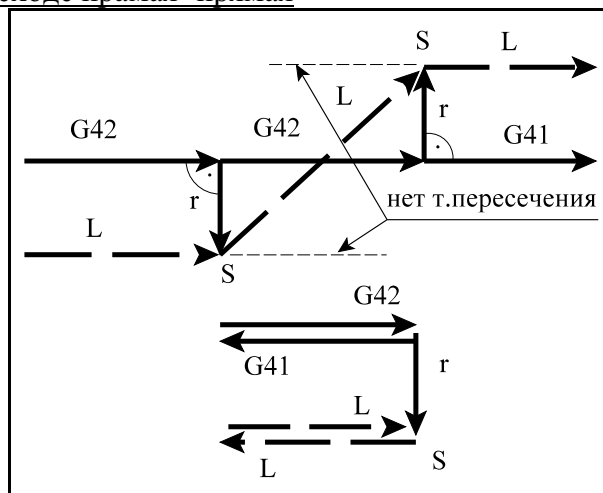


рисунок 15.5.4-3

Если нет точки пересечения при переходе прямая - окружность

Если при переходе прямая - окружность не получится точки пересечения, траектория инструмента видна на приложенном рисунке. Перемена направления совершается согласно рисунку с G41 на G42.

При этом конечной точкой будет вектор, в конечной точке прямой, предшествующей перемене направления, установленный перпендикулярно в начальной точке следующей окружности, с размером, равным радиусу инструмента.

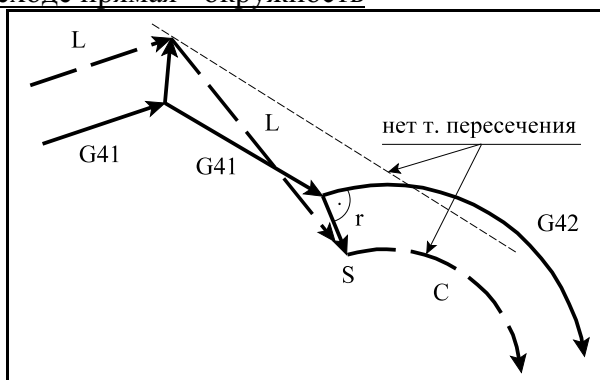


рисунок 15.5.4-4

Если нет точки пересечения при переходе окружность - прямая, или окружность - окружность

Если при переходе окружность - прямая, или окружность - окружность не получится точки пересечения, тогда соединяется конечная точка вектора коррекции, полученная в начальной точке первого периода и конечная точка вектора коррекции, установленного перпендикулярно в начальной точке второго кадра с некорректированной запрограммированной дугой окружности с радиусом R. При этом точка центра соединяющей дуги окружности не будет совпадать с точкой центра запрограммированной дуги окружности. Если перемену направления нельзя выполнить даже с вышеописанным переставлением точки центра окружности, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке.

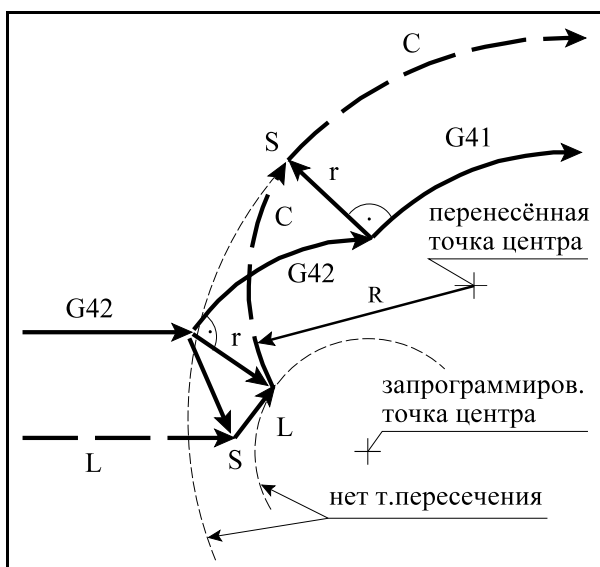


рисунок 15.5.4-5

15.5.5 Программирование сохранения вектора (G38)

Под действием команды

G38 v

устройство ЧПУ во включенном состоянии расчёта плоскостной коррекции радиуса инструмента *сохраняет последний вектор коррекции между предшествующим кадром и кадром G38 и задействует его в конце кадра G38*, независимо от перехода между кадром G38, и последующим кадром.

Код G38 является одноразовым, то есть не передаётся модально. Если необходимо сохранить вектор в нескольких кадрах, последующих друг за другом, G38 надо снова запрограммировать.

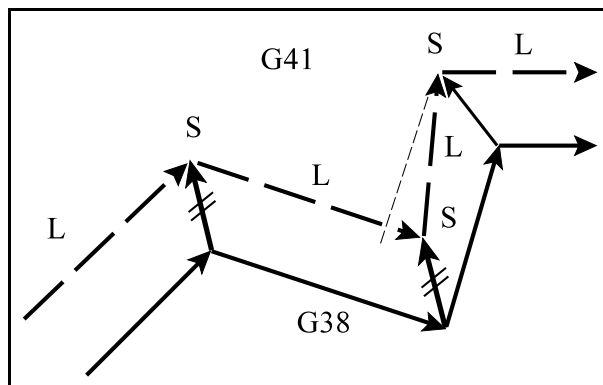


рисунок 15.5.5-1

Пример

Запрограммировать врезание без выключения слежения за контуром:

```
...G17 G42 G91...
N110 G1 X40
N120 G38 X50
N130 G38 Y70
N140 G38 Y-70
N150 X60
...
```

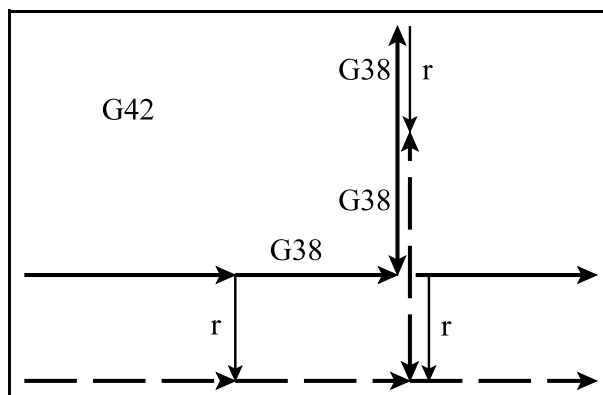


рисунок 15.5.5-2

15.5.6 Программирование угловой дуги (G39)

Программированием кадра

G39 (I J K)

во включенном состоянии расчёта плоскостной коррекции радиуса инструмента можно достигать, чтобы в случае обхода внешних углов устройство ЧПУ не рассчитывало автоматически точку пересечения, или не вставило прямые участки для обхода, а точка центра инструмента перемещалась по дуге окружности, равной радиусу инструмента.

В состоянии G41 *вставляется окружность с радиусом, равным радиусу инструмента* по направлению G02, в состоянии G42 - по направлению G03.

Начальную точку окружности даёт вектор, перпендикулярный в конечную точку траектории предыдущего кадра, с радиусом, равным радиусу инструмента, а конечную точку - вектор, перпендикулярный в начальную точку предшествующего кадра, с длиной, равной радиусу инструмента. **G39 следует программировать в отдельном кадре:**

```
...G17 G91 G41...
N110 G1 X100
N120 G39
N130 G3 X80 Y-80 I80
...
```

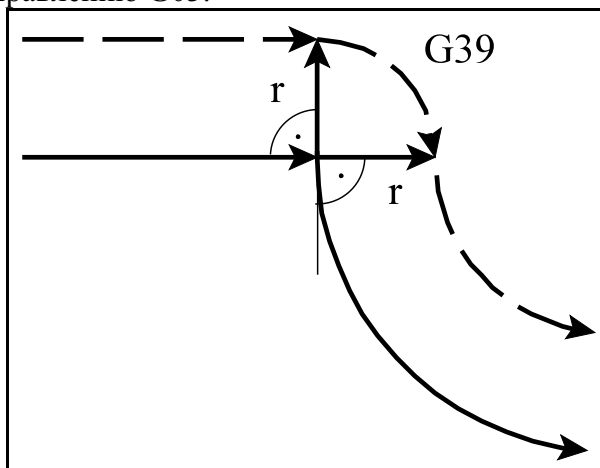


рисунок 15.5.6-1

Если в кадре G39 запрограммировать I, J или K, согласно выбранной плоскости, конечную точку окружности даёт вектор от конечной точки предшествующего кадра, перпендикулярный вектору, определённому через I, J или K, с длиной, равной радиусу инструмента:

```
...G17 G91 G41...
N110 G1 X100
N120 G39 I50 J-60
N130 G40 X110 Y30
...
```

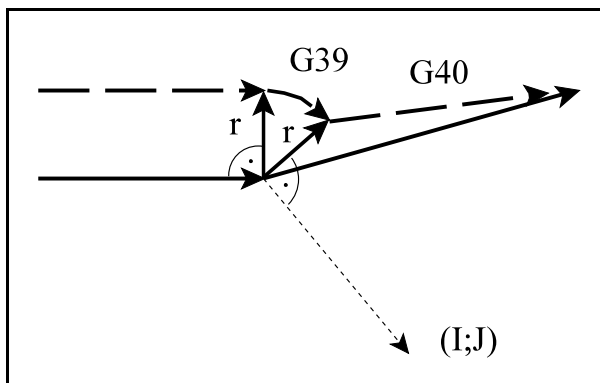


рисунок 15.5.6-2

Для вектора, определённого через I, J или K, действуют предварительно установленные команды для отражения, или для поворота. Команда масштабирования логично не влияет на направление.

В кадре типа G39 нельзя программировать никаких команд движения.

Пример

Фрезеровать паз треугольной формы, где углы надо закруглить.

Для того, чтобы контур был замкнутым, в кадре N110 задаётся G39 с помощью I, J. Данные I, J определяются из перемещения кадра N60.

```

...
N20 G0 G17 G40 G54
N30 X-30 Y150 Z5 M3 S300
N40 G42 X0 Y86.603 D1
N50 Z-2
N60 G1 X-50 Y0 F1000
N70 G39
N80 X50
N90 G39
N100 X0 Y86.603
N110 G39 I-50 J-86.603
N120 Z5
N130 X-40
N140 G40 Y120
...

```

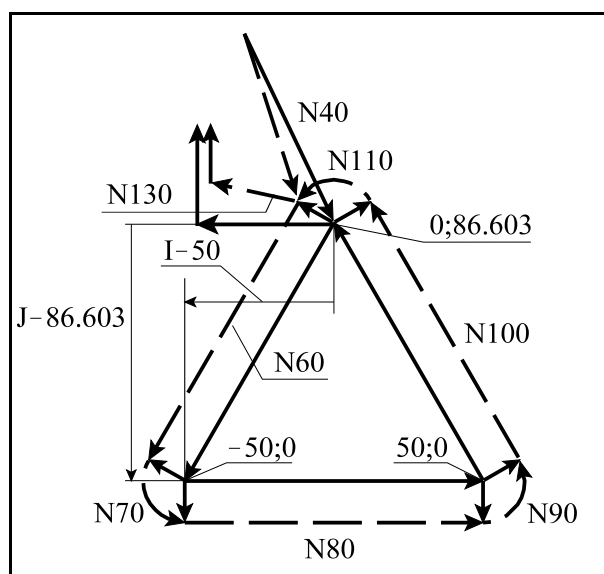


рисунок [15.5.6-3](#)

15.5.7 Проблемы помеха слежения за контуром. Проверка на интерференцию

В ходе выполнения слежения за контуром в множестве случаев бывает, что траектория инструмента будет противоположная запрограммированной траектории. В этом случае, *вопреки намерению программиста, инструмент может врезаться в заготовку*. Это явление называется *помехой слежения за контуром*, или *интерференцией*.

В случае, показанном на рисунке, после расчёта точек пересечения, в ходе выполнения кадра N2 получается траектория инструмента (штриховая линия), противоположная запрограммированной (сплошная линия). Инструмент врезается в заготовку.

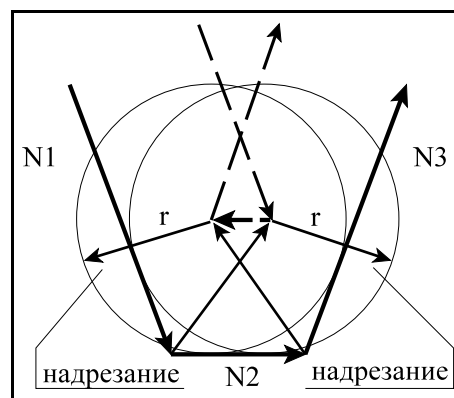


рисунок 15.5.7-1

Для избежания таких случаев, устройство ЧПУ выполняет проверку на интерференцию, при положении бита #0 IEN=1 параметра N1403 Interference. В этом случае *устройство ЧПУ проверяет, что для угла φ между запрограммированным перемещением и перемещением, скорректированным коррекцией радиуса, выполняется ли следующее условие: $-90^\circ \leq \varphi \leq +90^\circ$* .

Иными словами, устройство ЧПУ проверяет, что имеет ли вектор скорректированного перемещения составляющее, противоположенное по направлению запрограммированному вектору перемещения.

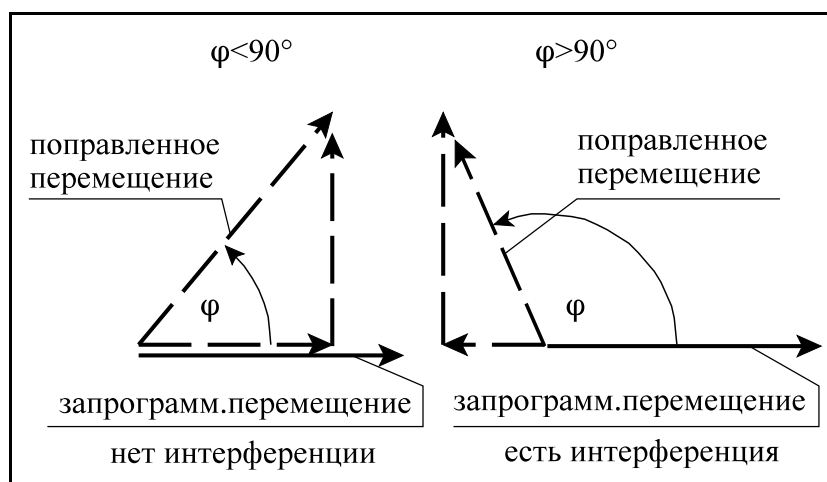
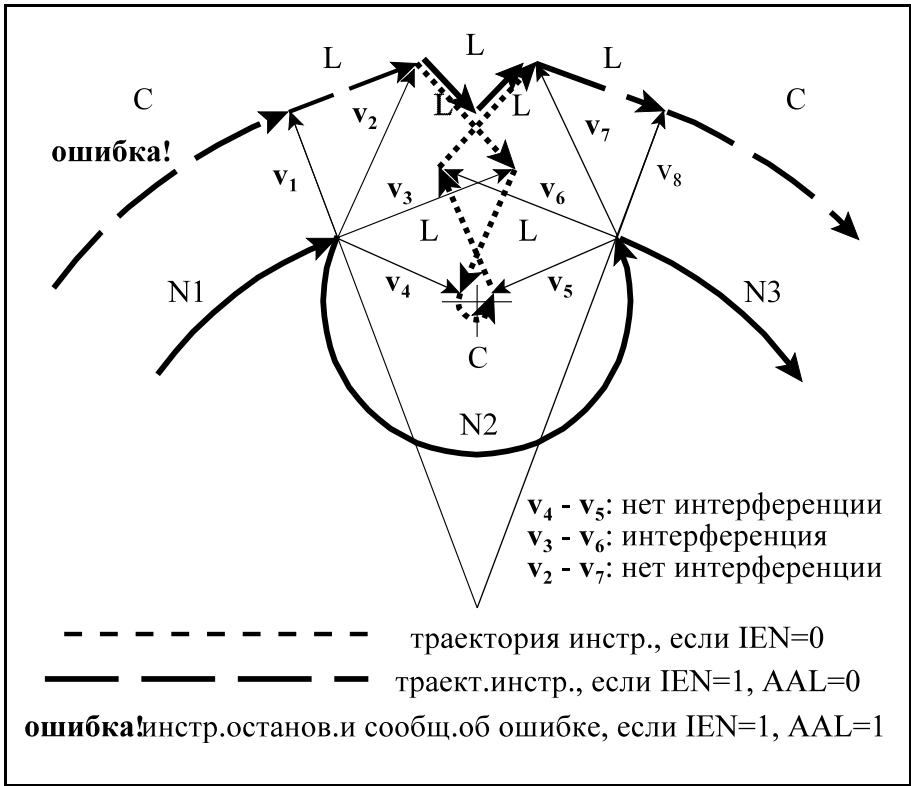


рисунок 15.5.7-2

Если устройство ЧПУ определяет ошибку по интерференции, в зависимости от положения бита #1 AAL параметра N1403 Interference *выводит сообщение об ошибке, или попытается исправить ошибку по интерференции*.

Если *AAL=1*, то устройство ЧПУ *всегда выводит сообщение об ошибке 2049 ошибка по интерференции*, в конце кадра, предшествующего кадра, вызывающего ошибку по интерференции.

Если *AAL=0*, то устройство ЧПУ *попыtetся автоматически исправить ошибку* и выводит сообщение об ошибке только тогда, если автоматическая коррекция не приводит к результату.



между кадрами N1 и N3..

Из примера выше видно, что выполнение кадра N1 начинается только тогда, если устройство ЧПУ завершило проверку на интерференцию на кадр N2. Однако, для этого надо зачитать в буфер и кадр N3, и при перехода N2 - N3 рассчитывать векторы коррекции.

Если в кадре N2 в результате расчёта точки пересечения между участками обхода нельзя устранить ошибки по интерференции в случае AAL=0, попробует рассчитывать точку пересечения между кадрами N1 и N3. Если существует точка пересечения, проходит дальше, если нет, выводится сообщение об ошибке 2049 Ошибка по интерференции.

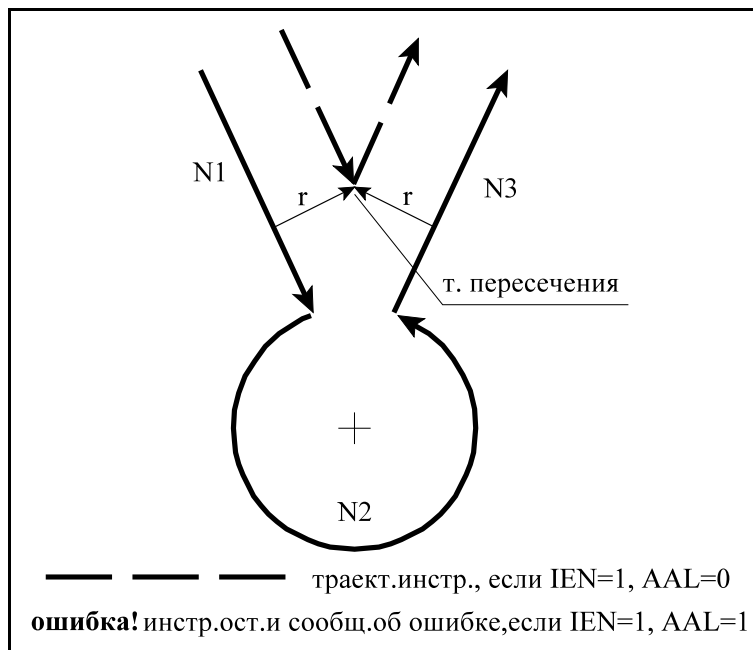


рисунок 15.5.7-4

Наблюдение за интерференцией на несколько кадров вперёд

В примере выше устройство ЧПУ проверит вперёд 3 кадра. Переход между N1 и N2, а также между N2 и N3. Это соответствует положению параметра N1404 BK No. Interf=0.

Значение параметра N1404 BK No. Interf может быть не более 8. При этом описанные выше проверки выполняются для кадров

между N1 и N2 далее N2 и N3

между N1 и N2 далее N3 и N4

...

между N1 и N2 далее N [BK No.

Interf+2] и N [BK No. Interf+3] (для перемещения).

В зависимости от положения параметра AAL, после этого в кадре N1 сообщает об ошибке, или попытается исправить её.

Этим можно пользоваться тогда, если инструмент заходит в полость и надо проверить, что уместится ли в ней с данным диаметром.

Если желаем проверить устройством ЧПУ полость, показанную на рисунке, надо установить значение N1404 BK No.

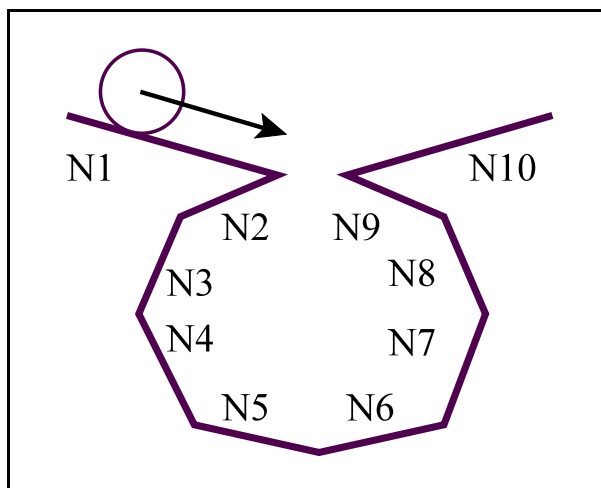


рисунок 15.5.7-5

Interf=7.

Типичные ошибки по интерференции

Ниже перечислим несколько типичных случаев, когда устройство ЧПУ ощущает ошибки по интерференции.

Точение *ступени, меньшей радиуса инструмента*. Устройство ЧПУ в случае IEN=0 врезает в заготовку. В случае IEN=1:

если AAL=0, рассчитывая точки пересечения между кадрами N1 и N3 избегает врезания,

если AAL=1, выводится сообщение об ошибке 2049 Ошибка по интерференции, так как врезает в заготовку.

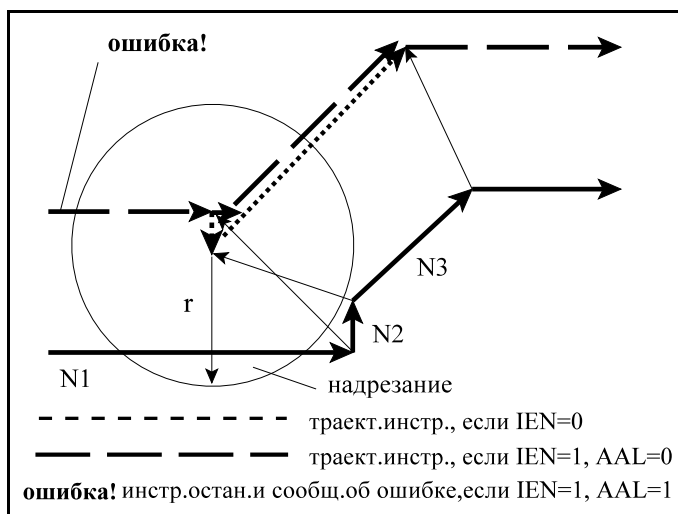


рисунок 15.5.7-6

При обработке внутреннего угла, с радиусом, меньше радиуса инструмента. Устройство ЧПУ в случае AAL=1 выводит сообщение об ошибке 2049 Ошибка по интерференции. В случае AAL=0, пропуская окружность, рассчитывая точку пересечения между двумя прямыми, исправит ошибку.

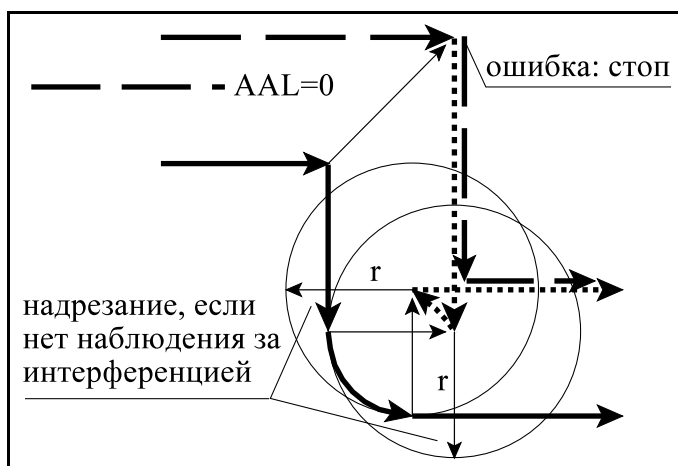


рисунок 15.5.7-7

Точение ступени, меньшей радиуса инструмента вдоль дуги окружности.

Если AAL=0, устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения между прямой L_1 и прямыми, соединяющими вектор v_1 и v_3 , чтобы избежать врезания.

Если AAL=1, тогда устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке 2049 Ошибка по интерференции, и остановится в предшествующем кадре.

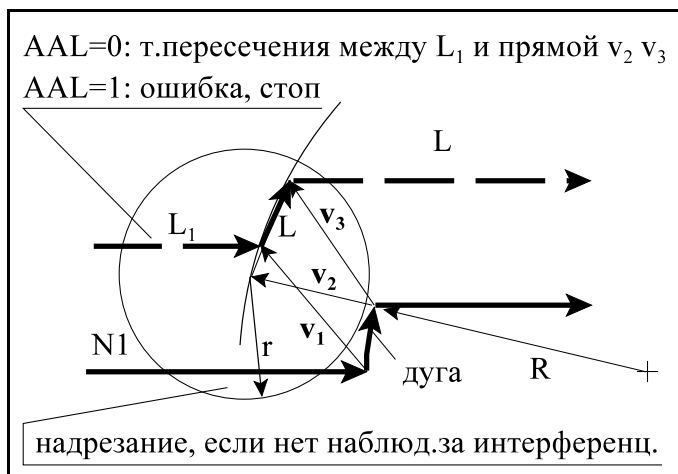


рисунок 15.5.7-8

В случае траектории, показанной на приведённом рисунке, в кадре N2 перемещение по скорректированной траектории противоположное запрограммированному.

Устройство ЧПУ не может поправить, если значение параметра N1404 BK No. Interf равно 0, так как между кадрами N1 и N3 нет точек пересечения, поэтому и в случае AAL=0 и AAL=1 выводит сообщение об ошибке.

Если значение **параметра N1404 BK No. Interf больше, чем 0**, устройство ЧПУ дальше прочитает кадры, поэтому **исправит ошибку по интерференции** с точкой пересечения между N1 и N4, пропуская кадры N2, N3.

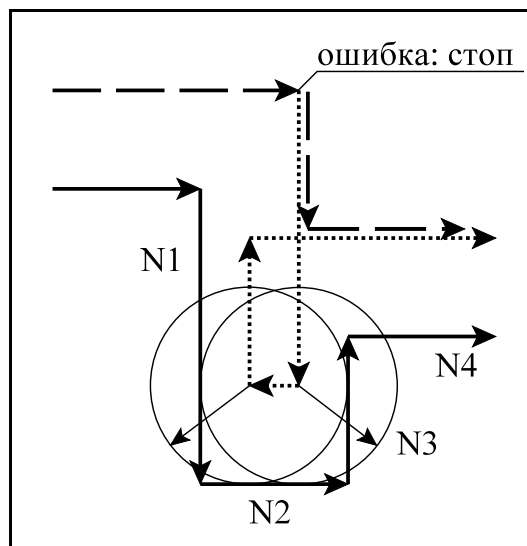


рисунок 15.5.7-9

В случае траектории, показанной на приведённом рисунке, в кадре N2 перемещение по скорректированной траектории было бы противоположное запрограммированному.

В случае AAL=1 в начальной точке кадра N1 выводится сообщение об ошибке.

В случае AAL=0 рассчитывается точка пересечения между кадрами N1 и N3 и проходит до точки пересечения. При дальнейшем перемещении, от точки пересечения получилось бы перемещение, а противоположное кадру N3, по скорректированной траектории, поэтому выводится сообщение об ошибке, если значение параметра N1404 BK No. Interf равно 0.

Если значение **параметра N1404 BK No. Interf больше, чем 0**, устройство ЧПУ прочитает дальше кадры, поэтому **ошибки по интерференции поправит** с точкой пересечения между N1 и N4, пропуская кадры N2, N3.

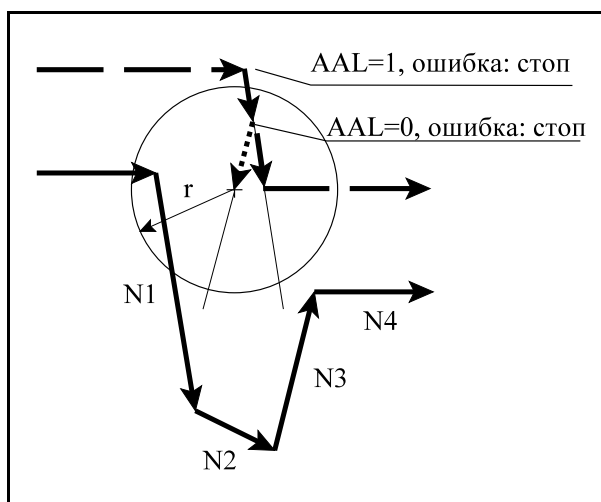


рисунок 15.5.7-10

Сообщает об ошибке по интерференции, но не врезался бы в заготовку

Бывают случаи, когда инструмент действительно не врезался бы в заготовку, но выводится сообщение об ошибке проверки по интерференции.

Если обрабатывать углубление, меньшее коррекции радиуса, в действительности может быть не происходит врезания, как это видно и на рисунке, но устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке 2049 Ошибка по интерференции в случае $AAL=1$, так как в кадре N3 направление перемещения по скорректированной траектории противоположное запрограммированному.

В случае $AAL=0$ согласно рисунку, пропуска кадры N2, N3, N4, соединя кадры N1 и N5 продолжается обработка.

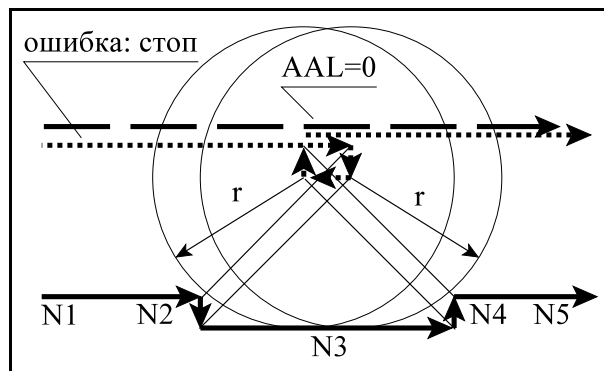


рисунок 15.5.7-11

В примере на приложенном рисунке также выводится сообщение об ошибке по интерференции, поскольку в кадре N2 перемещение по скорректированной траектории противоположное запрограммированному.

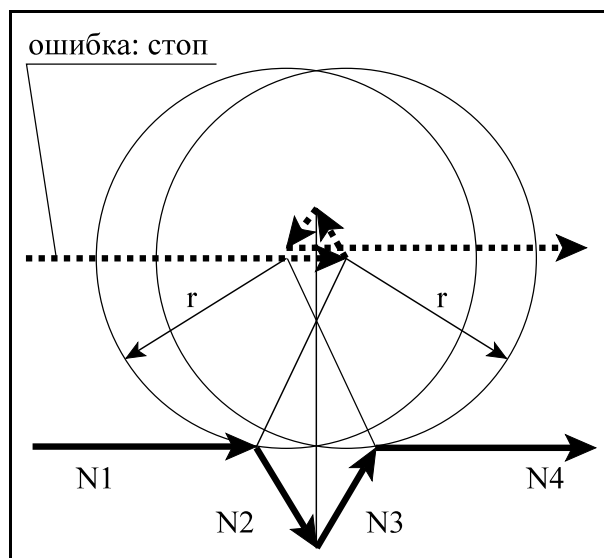


рисунок 15.5.7-12

Вопреки наблюдения за интерференцией, врезается в заготовку

Бывают такие случаи, получаемые из геометрии траектории, когда вопреки наблюдения за интерференцией врезается в заготовку. Ниже перечислим несколько из случаев.

В случае, показанном на приложенном рисунке, в кадре N3 получается перемещение, противоположное по направлению запрограммированному, поэтому в начальной точке кадра N2 выводится сообщение об ошибке по интерференции и останавливается, если значение параметра N1404 BK No. Interf равно 0. Исходя из геометрии (G2) кадра N4 врезается в заготовку.

Если значение параметра N1404 BK No. Interf больше, чем 0, устройство ЧПУ прочитает дальше кадры, поэтому **исправит ошибку по интерференции** с точкой пересечения между N1 и N4, пропуская кадры N2, N3, если AAL=0, впрочем выводит сообщение об ошибке в начале кадра N1.

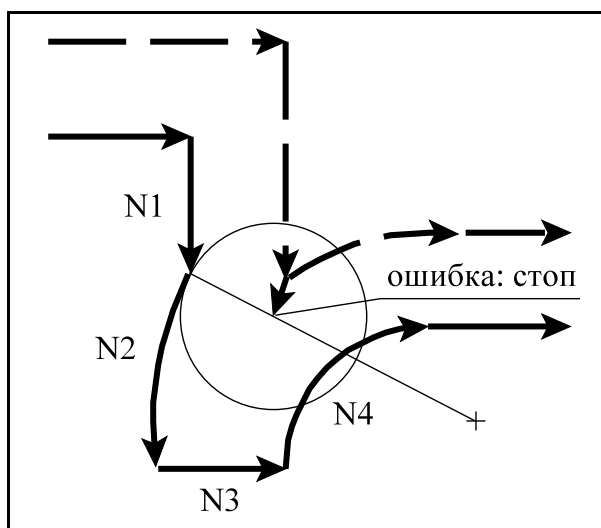


рисунок 15.5.7-13

В случае, показанном на приложенном рисунке, ни в одном кадре из N1, N2, N3 не создается перемещение, противоположное запрограммированному, поэтому устройство ЧПУ не выводит сообщение об ошибке по интерференции, если значение параметра N1404 BK No. Interf равно 0, всё таки исходя из геометрии траектории врезает в заготовку.

Если значение параметра N1404 BK No. Interf больше, чем 0, устройство ЧПУ прочитает дальше кадры, поэтому **исправит ошибку по интерференции** с точкой пересечения между N1 и N4, пропуская кадры N2, N3, если AAL=0, впрочем выводит сообщение об ошибке.

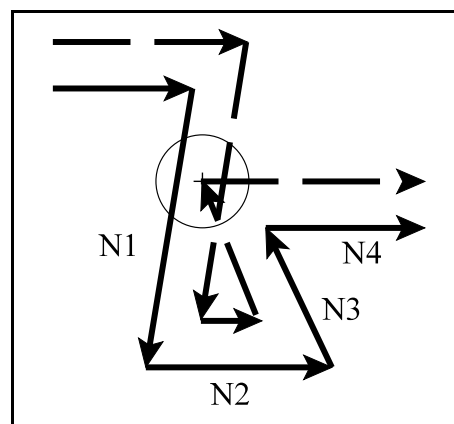


рисунок 15.5.7-14

В случае траектории, показанной на приведённом рисунке, в кадре N2 перемещение по скорректированной траектории было бы противоположное запрограммированному. В случае $AAL=1$ в начальной точке кадра N1 выводится сообщение об ошибке.

В случае $AAL=0$ рассчитывается точка пересечения между кадрами N1 и N3 и доходит до точки пересечения. Если бы дальше ходило от точки пересечения, получилось бы движение противоположное кадру N3, поэтому выводится сообщение об ошибке. Однако, в конечной точке кадра уже получится врезание, если значение параметра N1404 BK No. Interf равно 0.

Если значение параметра N1404 BK No.

Interf равно 1, выводится сообщение об ошибке по интерференции.

Если **значение параметра N1404 BK No. Interf равно 2**, рассчитывая точку пересечения между кадрами N1 и N5, исправляет ошибку.

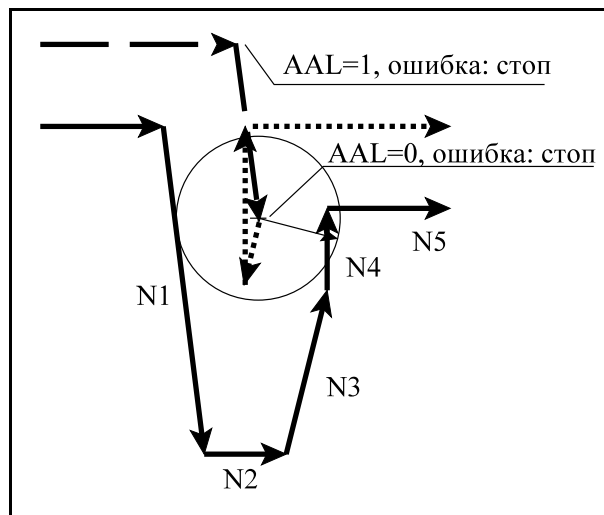


рисунок 15.5.7-15

16 Специальные трансформации

16.1 Поворот конфигурации вокруг данной точки (G68, G69)

Командой

G68 p q R

можно повернуть запрограммированную конфигурацию *в плоскости, выделённой с помощью G17, G18, G19.*

По адресу *p* и *q* задаются *координаты точки центра поворота*. Истолкуются только значения, написанные на координаты *p* и *q* выбранной плоскости.

Во включенном состоянии задания данных полярными координатами истолкуются также записанные *данные координаты p, q в прямоугольной системе координат.*

Координаты точки центра поворота *p, q* можно задавать и в виде *абсолютных данных и данных с приращением*, использованием G90, G91, или оператора I. Данные с приращением понимаются всегда от последней позиции оси (не повернутой) по

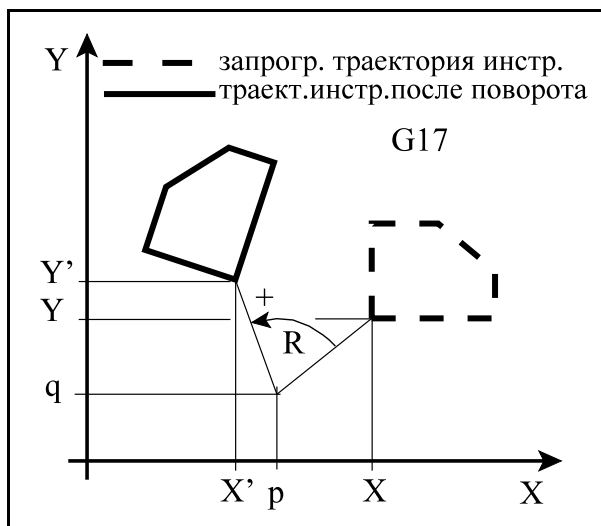


рисунок 16.1-1

Если присвоить значение одному из *p* и *q*, или ни одному, точкой центра поворота берётся мгновенная позиция оси.

Уравнение поворота конфигурации в случае G17 в плоскости XY:

$$X' = (X - p) \cos R - (Y - q) \sin R + p$$

$$Y' = (X - p) \sin R + (Y - q) \cos R + q$$

где: *p, q*: точка центра поворота ,
R: угол поворота,
X, Y координаты запрограммированной точки,
X', Y': координаты повернутой точки.

По адресу **R** задаётся *угол поворота*. Записанное на адрес *положительное* значение означает направление *против хода часовой стрелки*, а *отрицательное* значение *по ходу часовой стрелки* означает направление, которое надо истолковать по выбранной плоскости.

Значение, заданное для *R* может быть *абсолютное и инкрементное*. Если угол поворота задаётся инкрементно, тогда к углам поворота, программным предварительно, добавляется значение *R*.

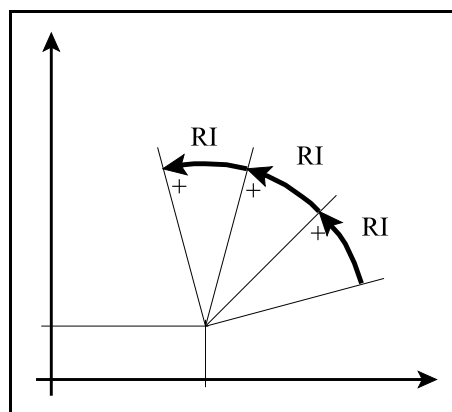


рисунок 16.1-2

Команда

G69

выключает поворот. Удаляет координаты точки центра поворота, и угол поворота также. Эта команда может стоять и рядом с другими.

Образцовый пример:

```
N1 G17 G90 G0 X0 Y0
N2 G68 X90 Y60 R80
N3 G1 X60 Y20 F150
N4 G91 X140
N5 G3 Y80 R50
N6 G1 X60
N7 Y20
N8 G69 G0 X0 Y0
```

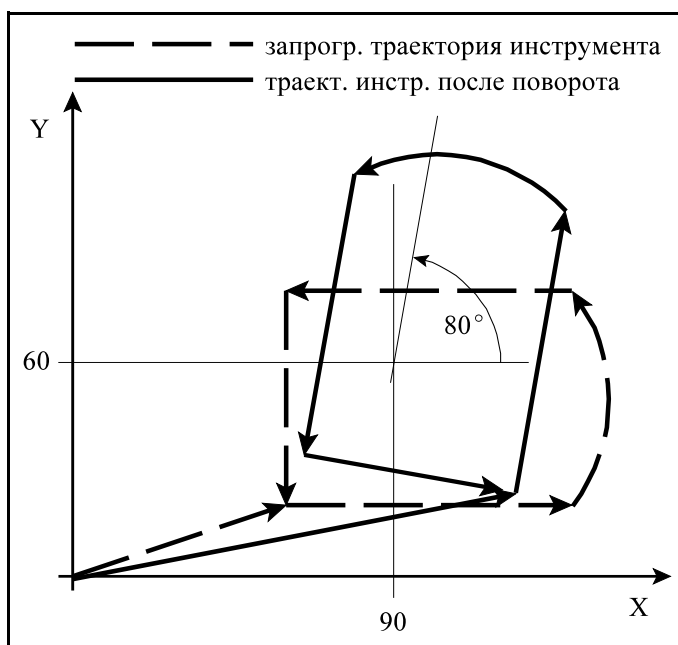


рисунок 16.1-3

16.2 Масштабирование конфигурации относительно заданной точки (G50, G51)

Масштабирование включается командой G51. Его задание возможно двояко: общим числовым отношением, действительным для каждой продольной оси, далее различными числовыми отношениями, действительными для главных осей X, Y, Z.

Оба способа задания выключается командой G50.

Масштабирование числовым отношением, действительным для каждой оси (P)

Командой

G51 v P

можно запрограммированную конфигурацию *уменьшить, или увеличить*.

На координатах

v

можно задавать *положение точки центра масштабирования*. Используемые адреса: основные оси X, Y, Z, далее параллельные оси.

Записанные здесь *данные координат v* истолкуются в *прямоугольной системе координат* и во включенном состоянии задания данных полярными координатами также.

Координаты точки центра масштабирования v можно задавать и *абсолютными данными и данными с*

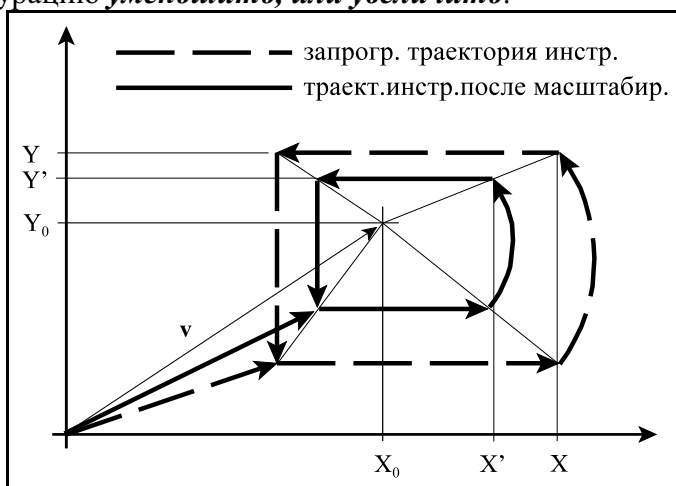


рисунок 16.2-1

приращением, с использованием G90, G91, или оператора I.

Если не задавать значение какому то адресу оси, или ни одному из адресов, точкой центра масштабирования берётся мгновенная позиция оси.

По адресу

P

можно установить *числовое отношение масштабирования*.

Если $P < 1$, получается уменьшение, если $P > 1$, - увеличение.

Уравнение масштабирования конфигурации в пространстве XYZ:

$$X' = (X - X_0)P + X_0$$

$$Y' = (Y - Y_0)P + Y_0$$

$$Z' = (Z - Z_0)P + Z_0$$

Где: X_0, Y_0, Z_0 : координаты точки центра масштабирования v,

P: числовое отношение масштабирования,

X, Y, Z: координаты запрограммированной точки.

X', Y', Z': координаты после масштабирования.

Команда

G50

выключает масштабирование.

☞ **Замечание:**

Числовое отношение масштабирования (P) не влияет на значение применённой коррекции радиуса.

Образцовый пример:

```
N1 G17 G90 G0 X0 Y0
N2 G51 X90 Y60 P0.6
N3 G1 X60 Y20 F150
N4 X140
N5 G3 Y80 R50
N6 G1 X60
N7 Y20
N8 G50 G0 X0 Y0
```

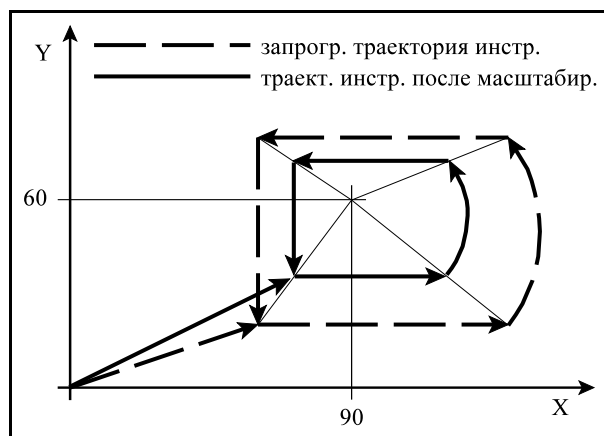


рисунок 16.2-2

Масштабирование на оси X Y Z различными числовыми отношениями (I J K)

Командой

G51 X Y Z I J K

можно запрограммированную конфигурацию *уменьшить, или увеличить*.

Координатами

X Y Z

можно задавать *положение точки центра масштабирования*. Используемые адреса: главные оси X, Y, Z. Записанные здесь *данные координат* и истолкуются в *прямоугольной системе координат* и во включенном состоянии задания данных полярными координатами также.

Координаты точки центра масштабирования *v* можно задавать и *абсолютными данными и данными с приращением*, с использованием

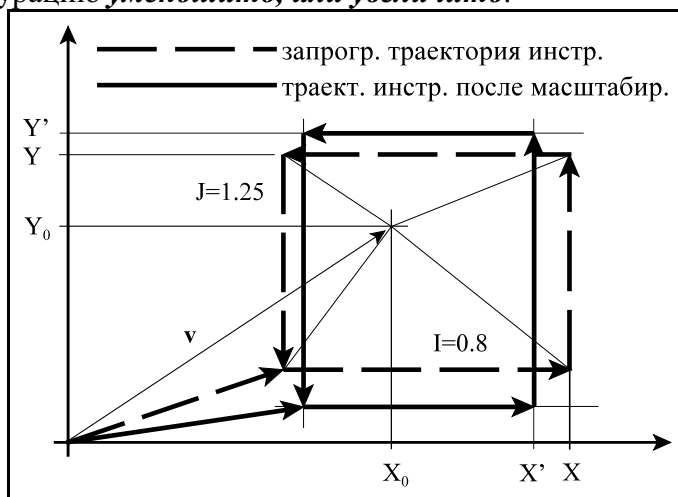


рисунок 16.2-3

G90, G91, или оператора I.

Если не задавать значение какому-то адресу оси, или ни одному из адресов, точкой центра масштабирования берётся мгновенная позиция оси.

По адресу

I J K

можно установить *числовое отношение масштабирования, действующее на оси I-X, J-Y, K-Z*.

Если $I J K < 1$ получается уменьшение, если $I J K > 1$ увеличение.

Уравнение масштабирования конфигурации в пространстве XYZ:

$$X' = (X - X_0)I + X_0$$

$$Y' = (Y - Y_0)J + Y_0$$

$$Z' = (Z - Z_0)K + Z_0$$

Где: X_0, Y_0, Z_0 : координаты точки центра масштабирования v ,
 $I J K$: числовое отношение масштабирования,
 X, Y, Z : координаты запрограммированной точки.
 X', Y', Z' : координаты после масштабирования.

Команда

G50

выключает масштабирование.

☞ **Замечание:**

- Числовые отношения масштабирования ($I J K$) не влияют на значение применённой коррекции радиуса.
- Значение $I J K$ может быть и отрицательным числом. При этом устройство ЧПУ выполняет на данной оси не только масштабирование, но и отражение. Если значение $I J K$ равно -1, на данной оси выполняет только отражение.
- Если значение $I J K$ разное, значение круговой интерполяции ($G1, G3$) и значение скругления R изменяется согласно примеру ниже:

G17

G51 X0 Y0 Z0 I0.5 J0.75 K1.25

G1 X100 , R10 ($R = R * (I + J) / 2$)

Y100

X10

G3 X0 Y90 R10 ($R = R * I$)

G1 Y0

G50

Радиус скругления умножается на среднее значение I и J , а в кадре $G3$ радиус окружности на I .

16.3 Отражение конфигурации на одну, или несколько прямых (G50.1, G51.1)

Командой

G51.1 v

запрограммированную конфигурацию *отражает вдоль выбранных координат* на v.

На координатах

v

можно задавать, что *на какую, параллельную ось прямую, или прямые желаем отразить*.

v может быть: X, Y, Z, или другие адреса осей.

При отражении на прямую, параллельную осью X, надо задавать положение прямой по адресу Y, при отражении на прямую, параллельную осью Y, надо задавать положение прямой по адресу X, и т.д.

Записанные здесь *данные координат v* истолкуются в *прямоугольной системе координат* и во включенном состоянии задания данных полярными координатами также.

Координаты осей отражения v можно задавать и *абсолютными данными и данными с приращением*, с использованием G90, G91, или оператора I.

Если *не задавать значение какому-то адресу оси, то для неё не выполняется отражение*.

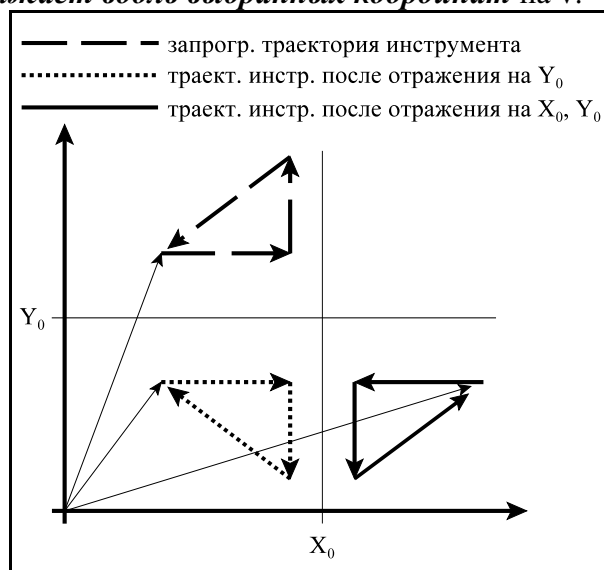


рисунок 16.3-1

Уравнение отражения конфигурации в пространстве XYZ:

$$X' = -(X - X_0) + X_0$$

$$Y' = -(Y - Y_0) + Y_0$$

$$Z' = -(Z - Z_0) + Z_0$$

Где: X_0, Y_0, Z_0 : координаты точки центра отражения v,

X, Y, Z : координаты запрограммированной точки.

X', Y', Z' : координаты после отражения.

Отражение на нечётное число осей изменяет направление обхода конфигурации. Вследствие этого изменяются направления кругов (G2-G3) и направление коррекции радиуса инструмента (G41-G42) далее и угол поворота (G68 R), что устройством ЧПУ автоматически принимает во внимание.

Команда

G50.1 v

выключает отражение на осях координат, заданных на v. На координаты v можно написать произвольные данные, их действие просто фиксирует факт выключения.

При включении, или выключении отражения не должно существовать состояние ни поворота (G68), ни масштабирования (G51). В противном случае выводится сообщение об ошибке 2001 Нельзя вкл./выкл. отражение в состоянии G51, или G68!

Образцовый пример:

подпрограмма:

```
O0101
N1 G90 G0 X180 Y120 F120
N2 G1 X240
N3 Y160
N4 G3 X180 Y120 R80
N5 M99
```

Главная программа:

```
O0100
N1 G0 X100 Y0
N2 M98 P101 (вызов подпрограммы)
N3 G51.1 X140 (отражение на ось с координатой X140)
N4 M98 P101 (вызов подпрограммы)
N5 G51.1 Y100 (отражение и на ось с координатой Y100)
N6 M98 P101 (вызов подпрограммы)
N7 G50.1 X0 (отражение выкл. на оси с координатой X140)
N8 M98 P101 (вызов подпрограммы)
N9 G50.1 Y0 (отражение выкл. и на оси с координатой Y100)
N10 G0 X100 Y0
```

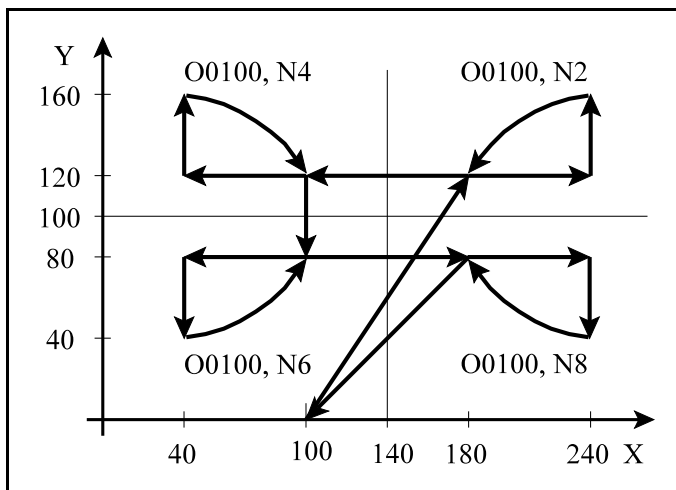


рисунок 16.3-2

16.4 Правила программирования специальных трансформаций

Порядок выполнения команд поворота *G68* и масштабирования *G51* может быть **произвольным**.

Однако, необходимо следить за тем, что если сначала поворачивать и потом масштабировать, тогда **команда поворота действительна и для координат точки центра масштабирования**. Однако, если сначала масштабировать и потом поворачивать, **для координат точки центра поворота действительна** будет команда масштабирования.

Команды включения и выключения двух операций должны быть встроены друг в друга, не должны перекрывать друг друга:

Поворот –масштабирование

```
N1 G90 G17 G0 X0 Y0
N2 G68 X80 Y20 R75
N3 G51 X130 Y50 P0.5
N4 X180 Y20
N5 G1 Y80 F200
N6 X80
N7 Y20
N8 X180
N9 G50
N10 G69 G0 X0 Y0
```

Масштабирование–поворот

```
N1 G90 G17 G0 X0 Y0
N2 G51 X130 Y50 P0.5
N3 G68 X80 Y20 R75
N4 X180 Y20
N5 G1 Y80 F200
N6 X80
N7 Y20
N8 X180
N9 G69
N10 G50 G0 X0 Y0
```

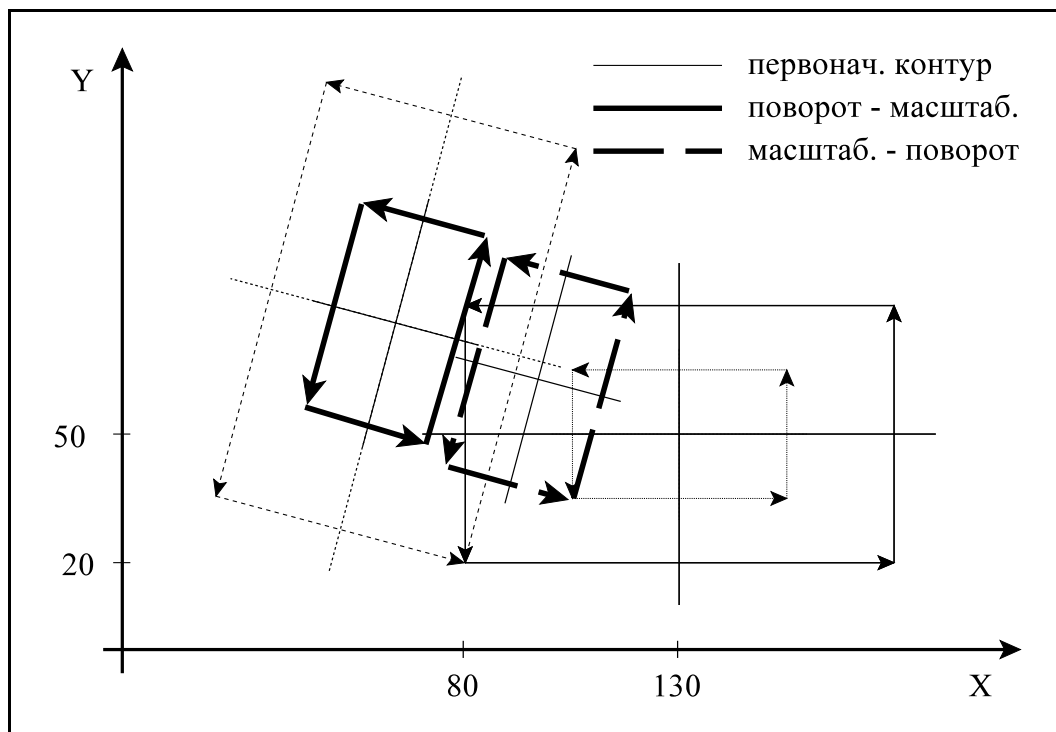


рисунок 16.4-1

По рисунку видно, что не безразлично, в каком порядке применить различные трансформации.

По другому обстоит ситуация с отражением. Включить отражение можно только в состоянии G50 и G69, то есть тогда, если нет состояния команды ни масштабирования, ни поворота.

Однако, во включенном состоянии отражения можно включить как масштабирование, так и поворот.

И для отражения верно, что не должны перекрываться ни командами масштабирования, ни командами поворота, значит, сначала в соответствующем порядке надо выключить поворот и масштабирование, и только потом отражение.

G51.1 ...	(включение отражения)
G51 ...	(включение масштабирования)
G68 ...	(включение поворота)
...	
G69 ...	(выключение поворота)
G50 ...	(выключение масштабирования)
G50.1 ...	(выключение отражения)

17 Автоматические геометрические расчёты

17.1 Программирование фасок и скруглений

Между двумя кадрами, содержащими линейную интерполяцию (G01), или круговую интерполяцию (G02, G03) устройство ЧПУ может вставить автоматически **фаску**, или **скругление в выбранной плоскости**.

С длиной согласно заданному по адресу

,C
(запятая и C) *значению* вставляется **равнобедренная фаска** между конечной точке кадра, содержащего адрес ,C и начальной точке последующего кадра.

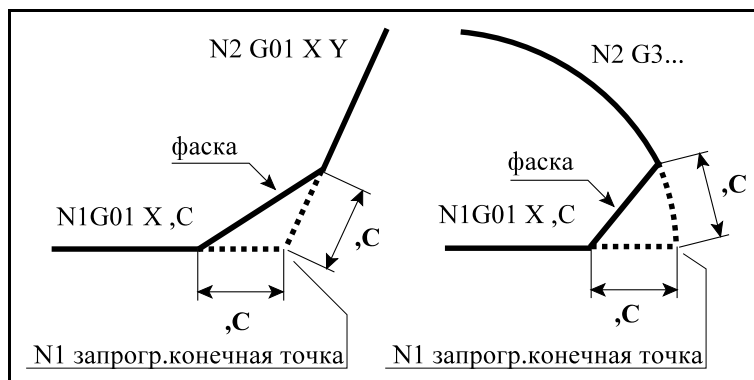


рисунок 17.1-1

Например:

```
N1 G17 G1 G91 X30 ,C10
N2 X10 Y40
```

Заданное по адресу ,C значение покажет, что на какое расстояние от предполагаемой точки пересечения двух последующих друг за другом кадров начинается и также заканчивается фаска. Фаску можно вставить между окружностями, или между окружностей и прямой. При этом значение ,C равно длине хорды, проведённой от точки пересечения.

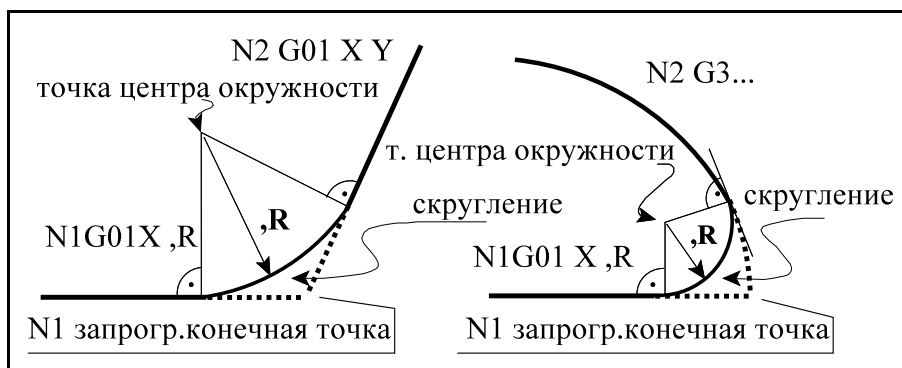


рисунок 17.1-2

С радиусом, согласно заданному по адресу

,R
(запятая и R) *значению* вставляется **скругление** между конечной точке кадра, содержащего адрес ,R и начальной точке последующего кадра.

Например:

```
N1 G17 G91 G01 X30 ,R8
N2 G03 X-30 Y30 R30
```

Дуга окружности с радиусом ,R вставится между двумя кадрами таким образом, чтобы

окружность прилегала к обоим элементам траектории.

Команду, содержащую фаску, или скругление можно писать и к концу нескольких, последующих друг за другом кадров, как это показывает и пример ниже:

```
...
G17 G1 Y40 ,C10
X60 ,R22
G3 X20 Y80 R40 ,C10
G1 Y110
...
```

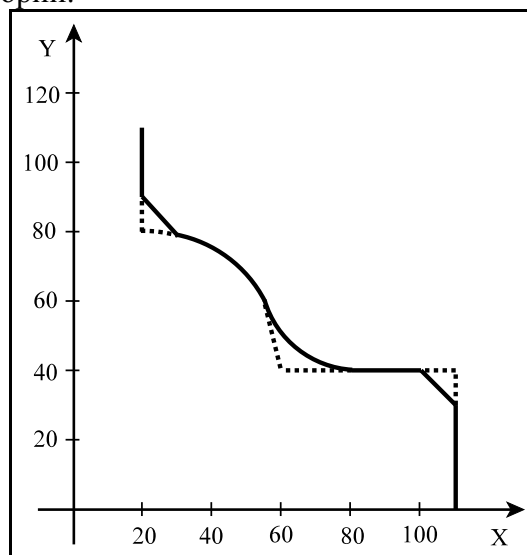


рисунок 17.1-3

☞ *Замечание:*

- Программировать фаску, или скругление можно только между элементами, лежащими в выбранной плоскости (G17, G18, G19), в противном случае устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке 2085 “Нелегальная фаска или скругление”.
- Если длина бедра фаски, или радиус скругления настолько большие, что нельзя припасовать к запрограммированным кадрам, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке “Фаска или скругление слишком большие”.
- Если в одном кадре запрограммированы ,C и ,R, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке 2082 “Или фаска или скругление”.
- В покадровом режиме устройство ЧПУ остановится после выполнения фаски, или скругления, и примет состояние стопа.

17.2 Задание прямой с углом направления

В плоскости, определённой командой G17, G18, G19, *можно задавать прямую одной из координат* выбранной плоскости *и по адресу*, A, задавая её с *углом направления прямой*.

$$G17 \left\{ \frac{G0}{G1} \right\} \left\{ \frac{X_P, A}{Y_P, A} \right\} qF$$

$$G18 \left\{ \frac{G0}{G1} \right\} \left\{ \frac{Z_P, A}{X_P, A} \right\} qF$$

$$G19 \left\{ \frac{G0}{G1} \right\} \left\{ \frac{Y_P, A}{Z_P, A} \right\} qF$$

В формулах выше X_p , Y_p , Z_p вдоль X, Y, Z, или вдоль параллельных ими осей означает

координату конечной точки прямой, где q означает одну, или несколько произвольных осей, лежащих вне выбранной плоскости.

Задание по адресу ,A можно использовать и рядом с кодом G0 и G1.

Угол ,A отсчитывается от первой оси выбранной плоскости, и положительное направление противоположно ходу часовой стрелки.

Значение ,A может быть и положительное и отрицательное, далее может быть больше 360° , или меньше -360° .

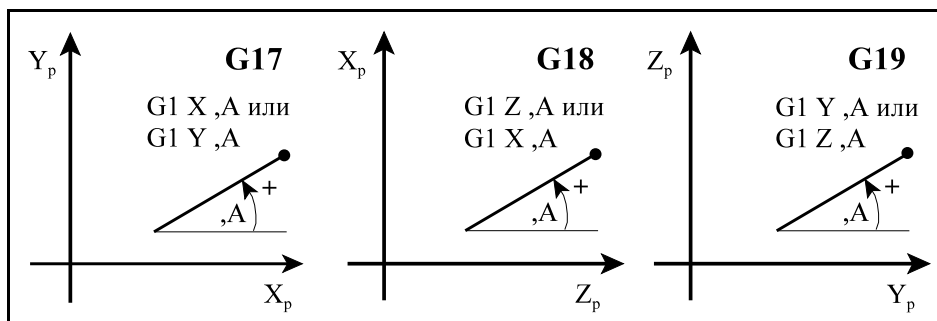


рисунок 17.2-1

Например:

G17 G90 G0 X57.735 Y0 ...

G1 G91...

X100 ,A30

(это задание эквивалентно заданием X100 Y57.735, где $57.735 = 100 \cdot \tan 30^\circ$)

Y100 ,A120

(это задание эквивалентно заданием X-57.735 Y100 , где $-57.735 = 100 / \tan 120^\circ$)

X-100 ,A210

(это задание эквивалентно заданием X-100 Y-57.735, где $-57.735 = -100 \cdot \tan 30^\circ$)

Y-100 ,A300

(это задание эквивалентно заданием X57.735 Y-100 , где $57.735 = -100 / \tan 120^\circ$)

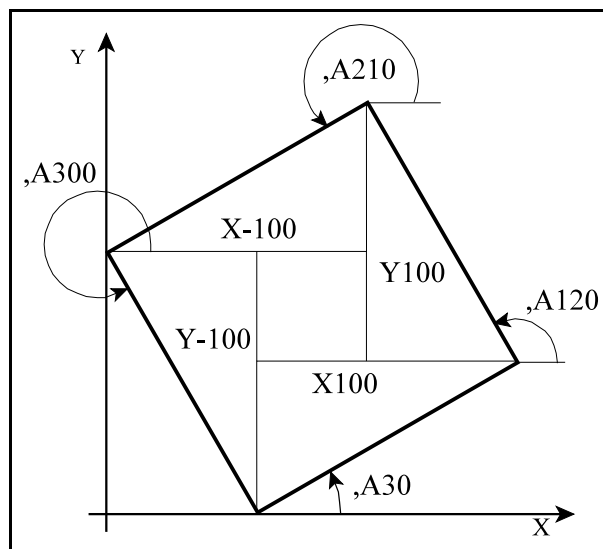


рисунок 17.2-2

☞ **Замечание:**

– В одном кадре можно задавать прямую с углом направления и фаску, или и скругление.

Например:

X100 ,A30 ,C5

Y100 ,A120 ,R10

X-100 ,A210

– Задание угла направления по адресу ,A можно использовать и в циклах сверления. При этом оно принимается во внимание при выполнении позиционирования в выбранной плоскости вышеописанным образом. Например, кадр

G81 G91 X100 ,A30 R-2 Z-25
 эквивалентный кадром ниже:
 G81 G91 X100 Y57.735 R-2 Z-25

17.3 Расчёты точек пересечения в плоскости

Приведенные здесь расчёты точек пересечения устройство ЧПУ *выполняет только во включенном состоянии расчёта коррекции радиуса инструмента. (G41, vagy G42)*. Если бывает, что не желаем в программе принимать во внимание коррекцию радиуса инструмента, всё таки следует включить его и вызвать коррекцию D00:

с учётом коррекции радиуса:

G41 (vagy G42) ...Dnn

...

расчёты точки пересечения

...

G40

без учёта коррекции радиуса:

G41 (vagy G42) ...D00

...

расчёты точки пересечения

...

G40

17.3.1 Точка пересечения двух прямых

Если *вторую прямую* одного из двух последующих кадров, выполняющих линейную интерполяцию, задаётся так, что *задаётся конечная точка прямой на обеих осях, лежащих в выделённой плоскости, и задаётся и угол направления прямой*, устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения прямой, выделённой в первом кадре и прямой, заданной во втором кадре.

Заданная таким образом в первом кадре прямая в дальнейшем *сверхопределённой прямой* называется.

Конечная точка первого кадра, далее начальная точка второго кадра будет расчётной точкой пересечения.

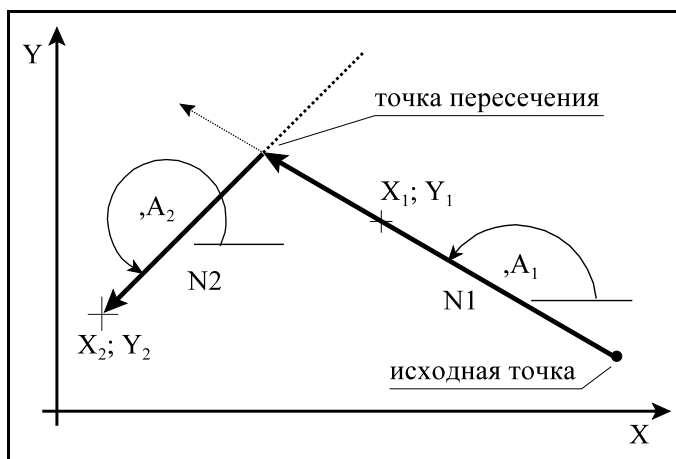


рисунок 17.3.1-1

G17 G41 (G42)

N1 G1 ,A₁ или

X₁ Y₁

N2 G1G90 X₂ Y₂ ,A₂

G18 G41 (G42)

N1 G1 ,A₁ или

X₁ Z₁

N2 G1G90 X₂ Z₂ ,A₂

G19 G41 (G42)

N1 G1 ,A₁ или

Y₁ Z₁

N2 G1G90 Y₂ Z₂ ,A₂

Точка пересечения рассчитывается *всегда в выделённой через G17, G18, G19 плоскости*. *Первый кадр (N1)* задаётся или *только с углом направления (,A₁)*, и в этом случае из исходной точки проводится прямая под соответствующим угловом направлении до точки пересечения, *или задаётся одна произвольная точка прямой (X₁, Y₁; X₁, Z₁; или Y₁, Z₁)* отличающаяся от исходной точки, и при этом точка пересечения рассчитывается с прямой, проходящей через две точки.

Координаты, заданные во втором кадре (N2) устройство ЧПУ истолкует всегда абсолютными данными (G90).

Например:

```
G17 G90 G41 D0...
G0 X90 Y10
N10 G1 ,A150
N20 X10 Y20 ,A225
G0 X0 Y20
...
```

Кадр N10 можно задавать и координатами одной точки прямой:

```
G17 G90 G41 D0...
G0 X90 Y10
N10 G1 X50 Y33.094
N20 X10 Y20 ,A225
G0 X0 Y20
...
```

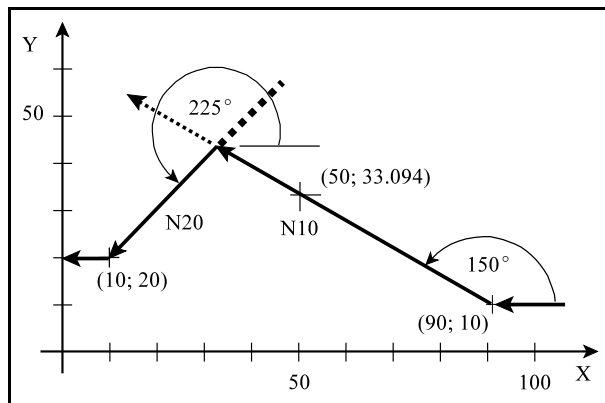


рисунок 17.3.1-2

Обратите внимание на то, что в этом случае координаты X, Y (X50 Y33.094) заданные в кадре N10 устройство не считает за конечной точкой, а только за проходящей точкой, соединяющей начальную точку прямой с заданной точкой.

Расчёт точки пересечения можно комбинировать и заданием фаски, или скругления. Например:

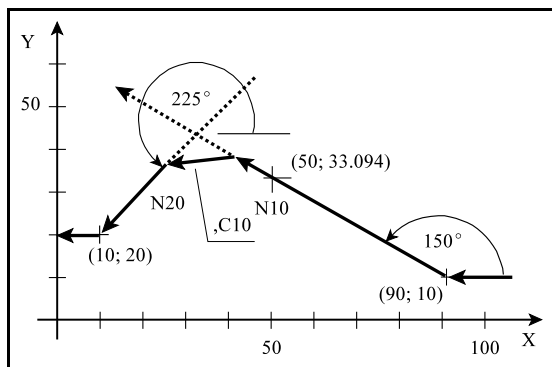


рисунок 17.3.1-3

```
G17 G90 G41 D0...
G0 X90 Y10
N10 G1 X50 Y33.094 ,C10
N20 X10 Y20 ,A225
G0 X0 Y20
...
```

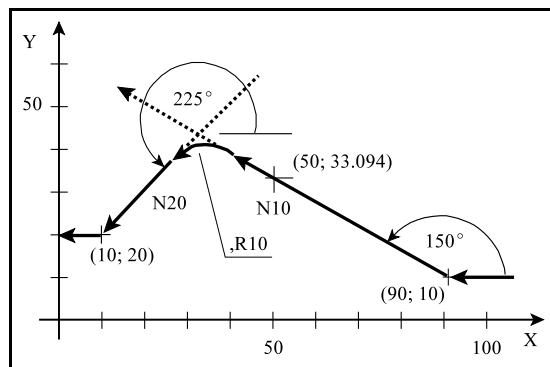


рисунок 17.3.1-4

```
G17 G90 G41 D0...
G0 X90 Y10
N10 G1 X50 Y33.094 ,R10
N20 X10 Y20 ,A225
G0 X0 Y20
...
```

В примерах выше длина фаски измеряется обратно от расчётной точки пересечения, далее подгоняется скругления к расчётной точки пересечения.

17.3.2 Точка пересечения прямой и окружности

Если всеяд за линейным кадром задаётся период таким образом, что *для окружности задаются координаты конечной точки и точки центра и радиус окружности также*, то есть *окружность будет сверхопределённой*, устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения между прямой и окружностью. *Расчётной точкой пересечения будет конечная точка первого кадра, далее начальная точка второго кадра.*

G17 G41 (G42)

N1 G1 ,A или

$X_1 Y_1$

N2 G2 (G3) G90 $X_2 Y_2 I J$

R Q

G18 G41 (G42)

N1 G1 ,A или

$X_1 Z_1$

N2 G2 (G3) G90 $X_2 Z_2 I K$

R Q

G19 G41 (G42)

N1 G1 ,A или

$Y_1 Z_1$

N2 G2 (G3) G90 $Y_2 Z_2 J K$

R Q

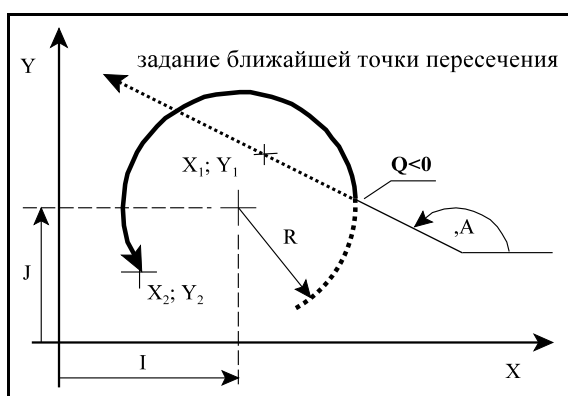


рисунок 17.3.2-1

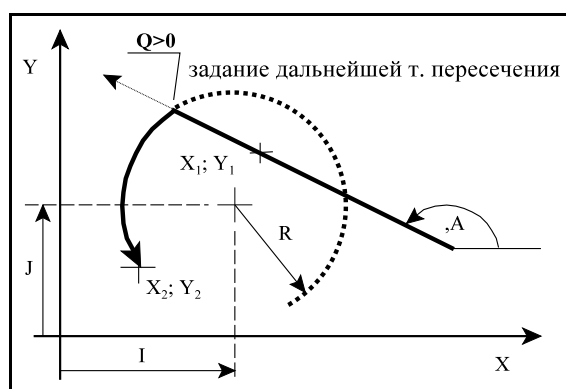


рисунок 17.3.2-2

Точка пересечения рассчитывается *всегда в плоскости, выделённой через G17, G18, G19. Первый кадр (N1)* задаётся или *только с углом направления (,A)*, и в этом случае из исходной точки проводится прямая под соответствующим угловым направлением до точки пересечения, *или задаётся одна произвольная точка прямой (X_1, Y_1 ; X_1, Z_1 ; или Y_1, Z_1)* отличающаяся от исходной точки, и при этом точка пересечения рассчитывается с прямой, проходящей через две точки.

Координаты, заданные во втором кадре (N2) таким образом и координаты *I, J, K*, определяющие *и точку центра окружности*, устройство ЧПУ истолкует *всегда абсолютными данными (G90)*.

По адресу *Q* можно задавать, что какую из получаемых двух точек пересечения должно рассчитывать устройство ЧПУ. *Если значение адреса меньше, чем ноль ($Q < 0$), рассчитывается точка пересечения, лежащая по ближе к направлению прямой, если значение адреса больше, чем ноль ($Q > 0$), тогда лежащая по дальше к направлению прямой.* Направление прохода по прямой определяется углом направления.

Рассмотрим следующий пример:

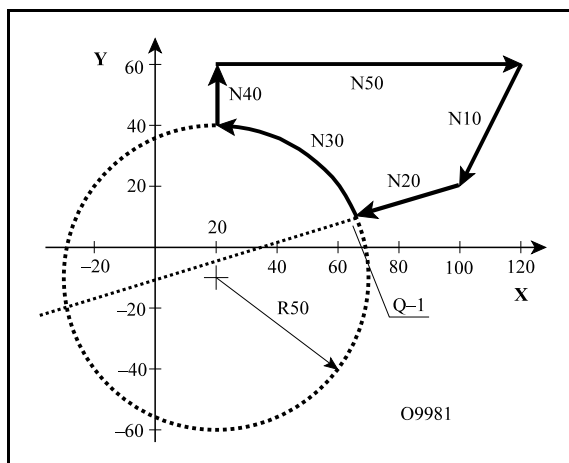


рисунок 17.3.2-3

O9981
 N10 G17 G42 G0 X100 Y20 D0
 N20 G1 X-30 Y-20
 N30 G3 X20 Y40 I20 J-10 R50 Q-1
 N40 G40 G0 Y60
 N50 X120

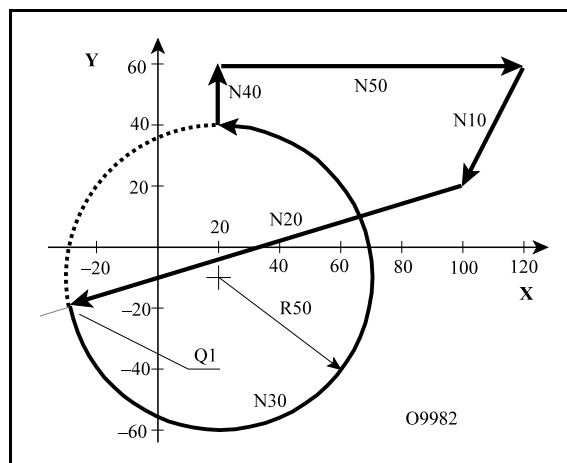


рисунок 17.3.2-4

O9982
 N10 G17 G42 G0 X100 Y20 D0
 N20 G1 X-30 Y-20
 N30 G3 X20 Y40 I20 J-10 R50 Q1
 N40 G40 G0 Y60
 N50 X120

Период N30 G3 является сверхопределённым, поскольку заданы координаты точки центра (I-10 K20 в абсолютном значении), и задан радиус окружности (R50) тоже, устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения прямой, заданной в кадре N20 и окружности, заданной в кадре N30.

В программе O9981 рассчитывается ближайшая точка пересечения, лежащая в направлении прямой, так как в периоде N30 запрограммирован Q-1.

Однако, в программе O9982 рассчитывается дальнейшая точка пересечения, лежащая в направлении прямой, так как в периоде N30 запрограммирован Q1.

Можно комбинировать расчёт точки пересечения прямой - окружности и заданием фаски, или скругления. Например:

```
N10 G17 G42 G0 X100 Y20 D0
N20 G1 X-30 Y-20 ,R15
N30 G3 X20 Y40 I20 J-10 R50 Q-1
N40 G40 G0 Y60
N50 X120
```

Устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения кадра N20 и N30 и к точке пересечения приложит скругление с радиусом 15мм под действием ,R15, заданного в кадре N20.

17.3.3 Точка пересечения окружности и прямой

Если вслед за линейным кадром задаётся период таким образом, что **прямая сверхопределённая**, то есть задаются **координаты конечной точки прямой и угол направления также**, устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения между окружностью и прямой. **Конечная точка первого кадра, далее начальная точка второго кадра будет расчётной точкой пересечения.**

G17 G41 (G42)
N1 G2 (G3) X₁ Y₁ I J
или R
N2 G1 G90 X₂ Y₂ ,A Q

G18 G41 (G42)
N1 G2 (G3) X₁ Z₁ I K
или R
N2 G1 G90 X₂ Z₂ ,A Q

G19 G41 (G42)
N1 G2 (G3) Y₁ Z₁ J K
или R
N2 G1 G90 Y₂ Z₂ ,A Q

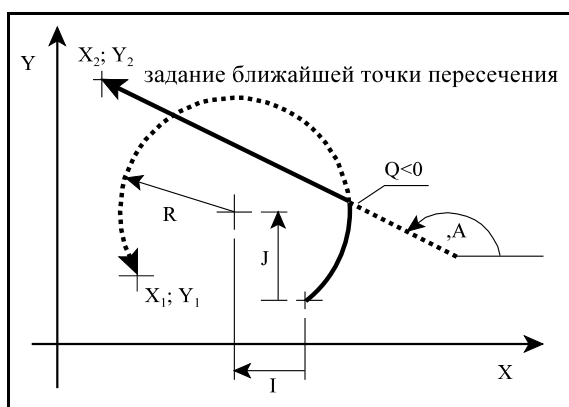


рисунок 17.3.3-1

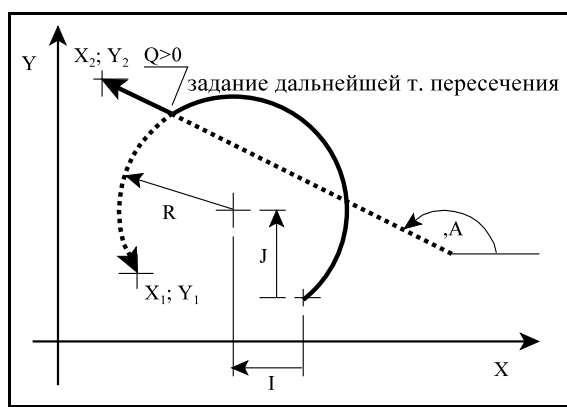


рисунок 17.3.3-2

Точка пересечения рассчитывается всегда в плоскости, выделённой через G17, G18, G19.

Первый кадр (N1), то есть **окружность** задаётся с **одной произвольной точкой** (X₁, Y₁; X₁, Z₁; или Y₁, Z₁) и **координатой точки центра** (I J; I K; или J K), **или** вместо координаты точки центра **можно задавать и радиус окружности** (R).

Во втором кадре (N2) **прямая сверхопределяется**, то есть задаются **координаты конечной точки прямой** (X₂ Y₂; X₂ Z₂; или Y₂ Z₂) и **угол направления прямой** (,A) также. **Координаты конечной точки** прямой истолкуются устройством ЧПУ всегда **абсолютными** данными (G90). Надо задавать всегда **угол направления вектора** прямой, показывающий из получаемой **точки пересечения** в заданную **конечную точку** по адресу ,A, в противном случае наступают движения, противоположные намерению программиста.

По **адресу Q** можно задавать, что какую точку пересечения рассчитывало устройство ЧПУ из двух получаемых. **Если значение адреса меньше, чем ноль (Q < 0, например: Q-1), рассчитывается точка пересечения, лежащая по ближе к направлению прямой, если значение адреса больше, чем ноль (Q > 0, рl: Q1) рассчитывается точка пересечения, лежащая по дальше к направлению прямой. Направление прохода по прямой определяется углом направления.**

Рассмотрим следующий пример:

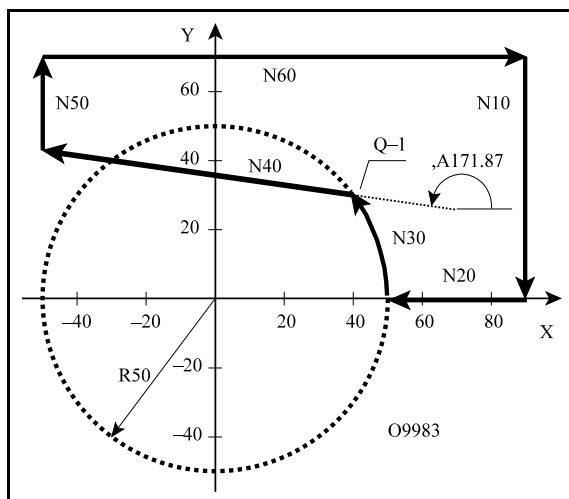


рисунок 17.3.3-3

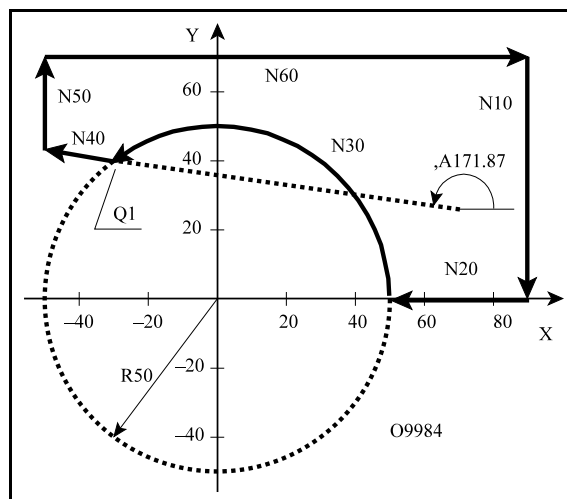


рисунок 17.3.3-4

```
O9983
N10 G17 G0 X90 Y0
N20 G42 G1 X50 D0
N30 G3 X-50 Y0 R50
N40 G1 X-50 Y42.857 ,A171.87
Q-1
N50 G40 G0 Y70
N60 X90
```

```
O9984
N10 G17 G0 X90 Y0
N20 G42 G1 X50 D0
N30 G3 X-50 Y0 R50
N40 G1 X-50 Y42.857 ,A171.87
Q1
N50 G40 G0 Y70
N60 X90
```

Линейный кадр N40 сверхопределённый, так как заданы и координаты конечной точки прямой (X-50 Y42.857) и угол направления (A171.87) также. Поэтому координаты X-50 Y0 окружности, запрограммированной в предшествующем кадре N30, не считаются значениями конечной точки, только одной точкой, через которой проходит окружность, и конечной точкой будет расчётная точка пересечения.

В программе O9983 задавалась точка пересечения (Q-1), лежащая по ближе по направлению к проходу, а в программе O9984 - лежащая по дальше (Q1).

Задание точки пересечения окружности и прямой можно комбинировать заданием фаски, или скругления. Например:

```
O9983
N10 G17 G0 X90 Y0 M3 S200
N20 G42 G1 X50 D0
N30 G3 X-50 Y0 R50 ,R15
N40 G1 X-50 Y42.857 ,A171.87 Q-1
N50 G40 G0 Y70
N60 X90
```

В примере в кадре N30 задавали скругление с радиусом 15 мм (R15). Устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения между кадрами N30 и N40, и к получаемому таким образом контуру подгоняется запрограммированное скругление.

17.3.4 Точка пересечения двух окружностей

Если два периода, последующего друг за другом задаётся так, что *для второй окружности задаются координаты конечной точки и точки центра и радиус также*, то есть *вторая окружность будет сверхопределённой*, устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения между двумя окружностями. *Конечная точка первого кадра, далее начальная точка второго кадра будет расчётной точкой пересечения.*

G17 G41 (G42)

N1 G2 (G3) $X_1 Y_1 I_1 J_1$
или $X_1 Y_1 R_1$

N2 G2 (G3) G90 $X_2 Y_2 I_2$
 $J_2 R_2 Q$

G18 G41 (G42)

N1 G2 (G3) $X_1 Z_1 I_1 K_1$
или $X_1 Z_1 R_1$

N2 G2 (G3) G90 $X_2 Z_2 I_2$
 $K_2 R_2 Q$

G19 G41 (G42)

N1 G2 (G3) $Y_1 Z_1 J_1 K_1$
или $Y_1 Z_1 R_1$

N2 G2 (G3) G90 $Y_2 Z_2 J_2$
 $K_2 R_2 Q$

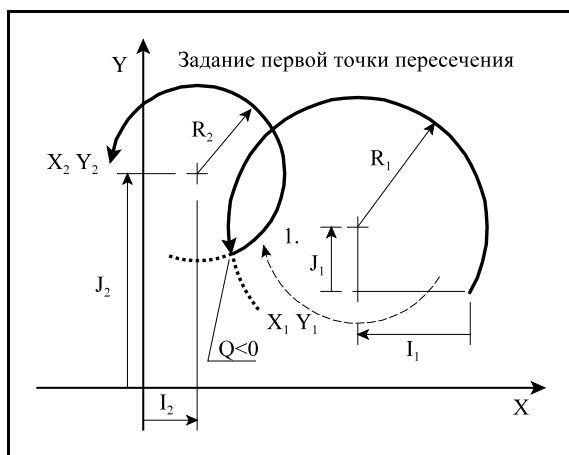


рисунок 17.3.4-1

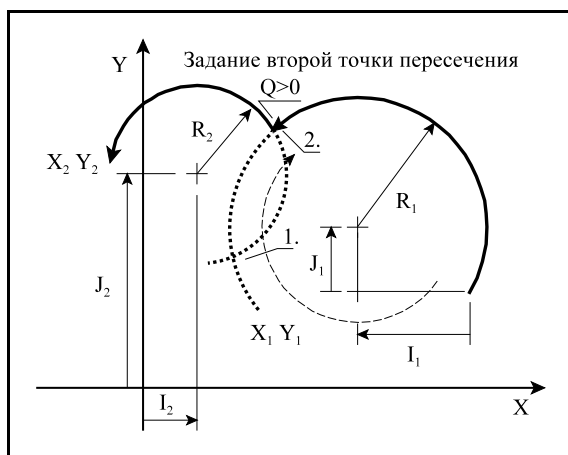


рисунок 17.3.4-2

Точка пересечения рассчитывается всегда в плоскости, выделённой через G17, G18, G19.

Первый кадр (N1) задаётся *или координатами точки центра окружности* ($I_1 J_1$; $I_1 K_1$; $J_1 K_1$), *или радиусом окружности* (R_1). В этом кадре истолкование координат точки центра совпадает с основным истолкованием задания окружности, то есть считает за относительным расстоянием, измеренным от начальной точки.

Координаты, заданные таким образом во втором кадре (N2) и *координаты I, J, K*, определяющие *точку центра окружности*, устройство ЧПУ истолкует всегда *абсолютными* данными (G90).

По *адресу Q* можно задавать, что какую точку пересечения рассчитывало устройство ЧПУ из двух получаемых. Если *значение адреса меньше, чем ноль* ($Q < 0$, pl: $Q-1$), *рассчитывается первая точка пересечения*, если *значение адреса больше, чем ноль* ($Q > 0$, pl: $Q1$) *рассчитывается вторая точка пересечения*.

Рассмотрим следующий пример:

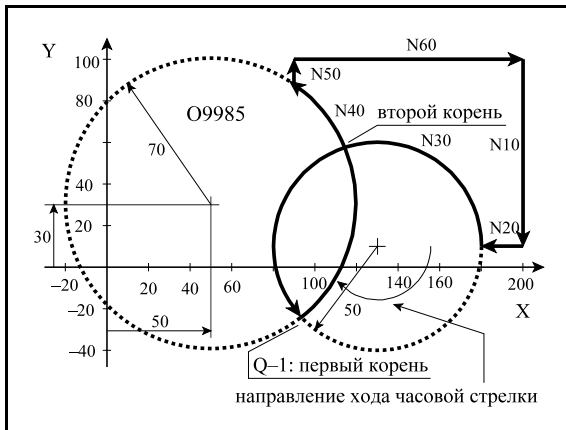


рисунок 17.3.4-3

```
O9985
N10 G17 G54 G0 X200 Y10
N20 G42 G1 X180 D1
N30 G3 X130 Y-40 R-50
N40 X90 Y87.446 I50 J30 R70 Q-1
N50 G40 G0 Y100
N60 X200
```

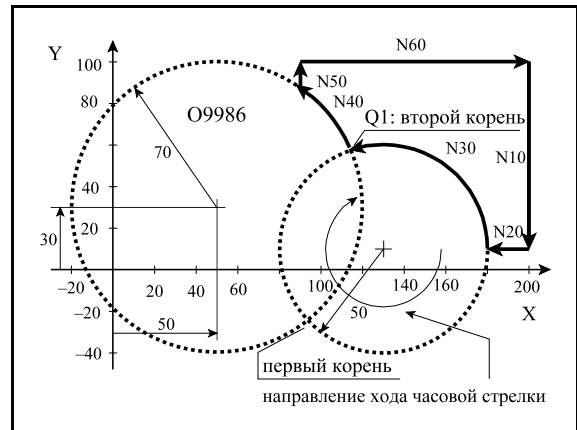


рисунок 17.3.4-4

```
O9986
N10 G17 G54 G0 X200 Y10
N20 G42 G1 X180 D1
N30 G3 X130 Y-40 R-50
N40 X90 Y87.446 I50 J30 R70 Q1
N50 G40 G0 Y100
N60 X200
```

Период N40 является сверхопределённым, так как заданы и координаты точки центра (I50 J30 абсолютным значением), и *сугара* (R70) и радиус тоже (R70). Поэтому координаты окружности X130 Y-40, запрограммированные в предшествующем кадре N30, не считаются значениями конечной точки, а только одной точкой, через которой проходит окружность, и конечная точка будет расчётной точкой пересечения.

В программе O9985 задана ближайшая точка по ходу часовой стрелки (Q-1), а в программе O9986 далёкая (Q1).

Задание точки пересечения двух окружностей можно комбинировать фаской, или скруглением. Например:

```
O9986
N10 G17 G54 G0 X200 Y10
N20 G42 G1 X180 D1
N30 G3 X130 Y-40 R-50 ,R20
N40 X90 Y87.446 I50 J30 R70 Q1
N50 G40 G0 Y100
N60 X200
```

В примере в кадре N30 задавали скругление 20мм (R20). Устройство ЧПУ рассчитывает точку пересечения между кадрами N30 и N40, и к полученному таким образом контуру подгоняет запрограммированное скругление.

17.3.5 Сцепление расчётов точек пересечения

Кадры с расчётом точек пересечения можно сцеплять, то есть можно выделить несколько кадров, следующих друг за другом для расчёта точек пересечения. Устройство ЧПУ будет рассчитывать точки пересечения до тех пор, пока находит в программе сверхопределённые прямые, или окружности.

Рассмотрим следующий пример:

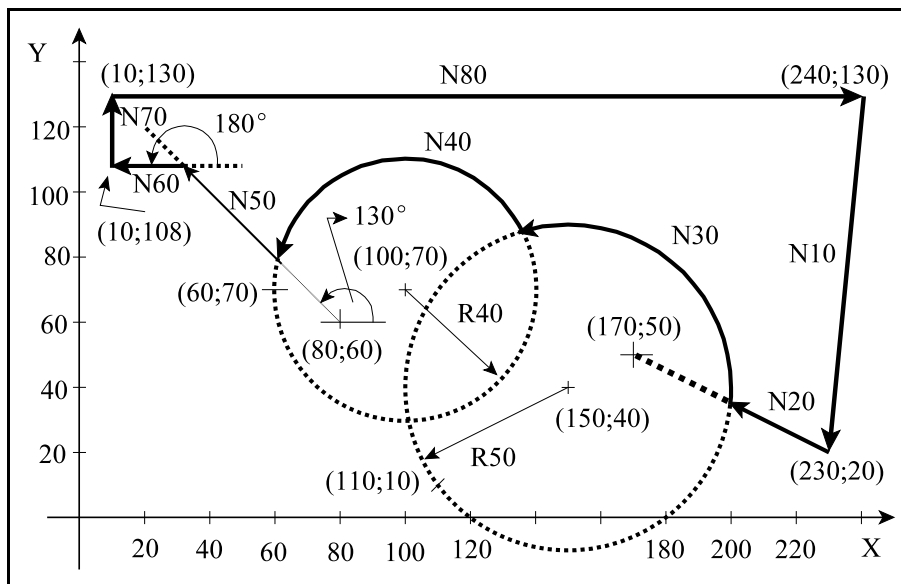


рисунок 17.3.5-1

```

N10 G17 G54 G0 G42 X230 Y20 D1 F300 S500 M3
N20 G1 X170 Y50
N30 G3 X110 Y10 I150 J40 R50 Q-1
N40 X60 Y70 I100 J70 R40 Q1
N50 G1 X80 Y60 ,A135 Q1
N60 X10 Y108 ,A180
N70 G40 G0 Y130
N80 X240

```

В примере выше кадр N30, N40, N50, N60 является сверхопределённым.

Прямую N20 проводит не до запрограммированной конечной точки (X170 Y50), так как период N30 является сверхопределённым, то есть адреса I K R не заполнены, и по адресу Q задано, что какую точку пересечения должно искать.

И период N30 проводит не до запрограммированной конечной точки (X110 Y10), так как период N40 тоже сверхопределённый.

Последний сверхопределённый кадр в программе - это прямая N60. Поскольку следующий за ним кадр прямой N70 не сверхопределённый, поэтому запрограммированные в кадре N60 координаты X10 Y108 считает не одной проходящей точкой прямой, а за координатами конечной точки кадра N60.

Вообще говоря, можно сказать, что устройство ЧПУ только тогда считает точки координат сверхопределённых кадров прямых и окружностей, лежащих в выделённой плоскости за координатами конечной точки, если после ними уже не следует сверхопределённый кадр.

18 Циклы сверления

Циклы сверления можно делить на следующие операции:

- | | |
|----------------|---|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости |
| 2-я операция: | деятельность после позиционирования |
| 3-я операция: | движение быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | деятельность в точке R |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки |
| 6-я операция: | деятельность в упорной точке |
| 7-я операция: | отвод то точки R |
| 8-я операция: | деятельность в точке R |
| 9-я операция: | отвод быстрым ходом до исходной точки |
| 10-я операция: | деятельность в исходной точке |

Точка R, точка приближения: Инструмент приближается к заготовке до этой точки с движением быстрого хода.

Исходная точка: Позиция оси сверления, которую примет перед запуском цикла.

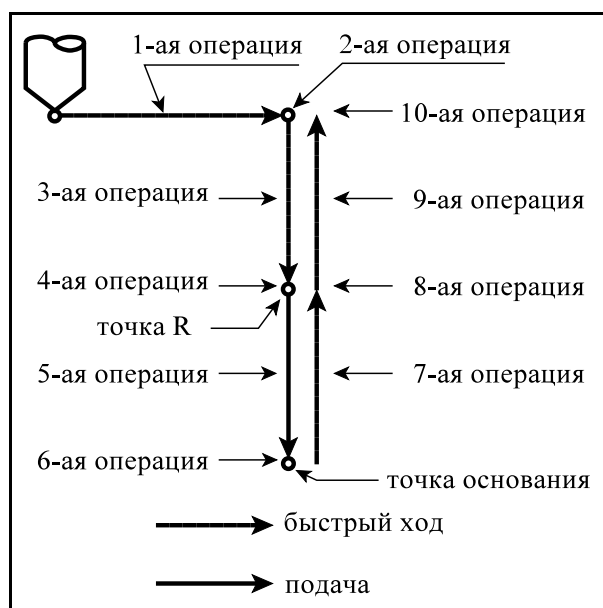


рисунок 18-1

Перечисленные выше операции охватывают общее описание циклов сверления, в конкретных случаях операции могут быть пропущены.

Циклы сверления имеют **плоскость позиционирования**, и **ось сверления**. Плоскость позиционирования и ось сверления выделяется командами выбора плоскости G17, G18, G19.

код G	плоскость позициониро- вания	сверлильная ось
G17	плоскость $X_p Y_p$	Z_p
G18	плоскость $Z_p X_p$	Y_p
G19	плоскость $Y_p Z_p$	X_p

где: X_p : ось X, или параллельная ей ось

Y_p : ось Y, или параллельная ей ось

Z_p : ось Z, или параллельная ей ось

Оси U, V, W считаются параллельными осям тогда, если они таким определены параметром N0103 Axis to Plane.

Конфигурация циклов сверления возможно командами **G98** и **G99**:

G98: инструмент в ходе циклов сверления *отводится до исходной точки*. Основное положение это то, что примет устройство ЧПУ после включения, reset или удаления режима цикла.

G99: инструмент в ходе циклов сверления *отводится до точки R*, следовательно при этом пропускается операция 9., 10.

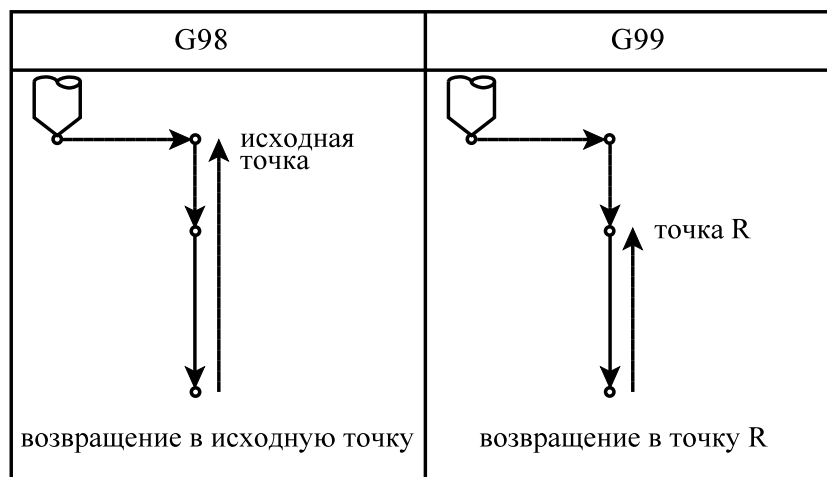


рисунок 18-2

Коды циклов сверления: G73, G74, G76, G81, ..., G89

Этими кодами включается режим циклов, позволяющий передачу переменных циклов модально.

Код G80 выключает режим циклов и удаляет переменных циклов.

Имеется возможность и на устройстве ЧПУ фрезерным станком использовать кодировку, применённой и для токарных станков, если установить бит CSM в 1 параметра N1503 Drilling Cycles Config.. При этом вместо кодов G73, G74, G76 можно пользоваться кодами G83.1, G84.1, G86.1. Это может понадобиться тогда, если на устройстве ЧПУ фрезерным

станком желаем использовать и циклы точения (G70, ..., G79).

Адреса, использованные в циклах сверления и их истолкование:

G17	G	X _p	Y _p	q	I	J	Z _p	R	Q	E	P	F	S	L
G18	G	Z _p	X _p	q	K	I	Y _p	R	Q	E	P	F	S	L
G19	G	Y _p	Z _p	q	J	K	X _p	R	Q	E	P	F	S	L

число повторения
данные сверления

сдвиг после ориентировки шпинделя

позиция отверстия

код сверления

Код сверления:

Истолкование отдельных кодов см. позже.

Коды передаются модально до тех пор, пока не запрограммировать команду G80, или код, относящийся к 1-й группе код G (группа интерполяции: G01, G02, G03, G33), далее пока не удаляется при смене режима.

Пока включено состояние цикла командами G73, G74, G76, G81, ..., G89 до тех пор модальные переменные цикла передаются и между циклами сверления различного типа.

Начальная точка или точка исхода:

Начальная точка - это позиция оси, выделённой для сверления, которая регистрируется:

– при включении режима цикла. Например: в случае:

```
N1 G17 G90 G0 Z200
N2 G81 X0 Y0 Z50 R150
N3 X100 Y30 Z80
```

позиция начальной точки Z=200 и в кадре N2 и N3.

– или при выделении новой оси сверления. Например:

```
N1 G17 G90 G0 Z200 W50
N2 G81 X0 Y0 Z50 R150
N3 X100 Y30 W20 R25
```

В кадре N2 позиция начальной точки Z=200

В кадре N3 позиция начальной точки W=50

В том случае, если меняется выделения оси сверления, обязательно запрограммировать R, в противном случае устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке 2053 Нет упорной точки или точки R.

Позиция отверстия: X_p, Y_p, Z_p, q

Позицией отверстия берутся из записанных значений координат - не считая оси сверления - все остальные данные координат. Эти могут быть **главные оси выбранной плоскости, параллельные иму оси**, или **прочие произвольные оси, не выделённые для сверления (q: например C)**.

Записанные значения могут быть инкрементными, или абсолютными, значениями, заданными в прямоугольных или полярных координатах, по размерности метрическими или дюймовыми.

Для записанных значений координат действительны команды отражения, вращения, и масштабирования.

Устройство ЧПУ наводится в позицию отверстия с позиционированием быстрого хода, независимо от того, что из 1-й группы какой код был действителен.

Перемещение после ориентировки шпинделя: I, J, K

Если на данном станке имеется возможность для ориентировки шпинделя, в циклах растачивания G76, и G87 отвод инструмента можно выполнить удаляя от поверхности, чтобы вершина инструмента не поцарапала её. При этом можно задавать по адресу I, J и K, что устройство ЧПУ в какое направление должно удалить инструмент от поверхности. Устройство ЧПУ истолкует адреса, согласно выбранной плоскости:

G17: I, J

G18: K, I

G19: J, K

Адреса истолкуются **всегда инкрементными, прямоугольными** данными. Адрес может быть метрическим и дюймовым.

Для данных I, J, K не действительны команды отражения, вращения, и масштабирования. I, J и K являются модальными значениями. Удаляют значения кода G80, или кодов группы интерполяции. Отвод выполняется быстрым ходом.

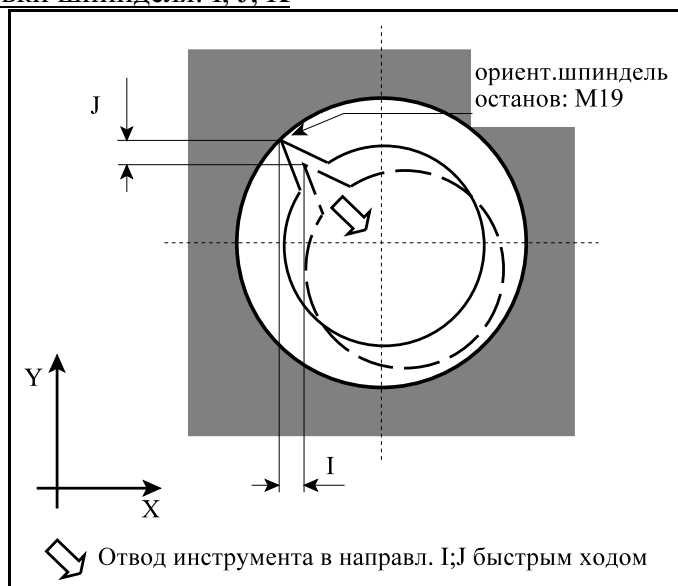


рисунок 18-3

Данные сверления:Упорная точка отверстия: X_{p2} Y_{p2} Z_p

Упорную точку отверстия надо задавать по адресу оси сверления. Координаты упорной точки отверстия истолкуются всегда прямоугольными данными. Могут быть дюймовыми, или метрическими, абсолютными, или инкрементными. Если задавать значение упорной точки инкрементно, перемещение считается от точки R.

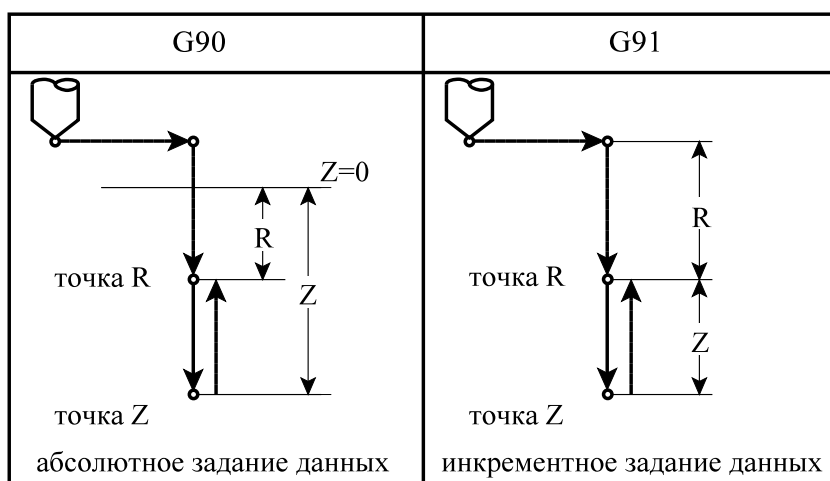


рисунок 18-4

Для данных упорной точки действительны команды отражения и масштабирования. Данные упорной точки передаются модально. Удаляют значения кода G80, или кодов

группы интерполяции. Устройство ЧПУ приближается к упорной точке всегда действующей подачей.

Точка приближения, точка R: R

Точка приближения задаётся по адресу R. Адрес R является всегда прямоугольными данными, которые могут быть инкрементными, абсолютными, метрическими, или дюймовыми. Если данные R инкрементные, их значение отсчитывается от исходной точки. Для данных точки R действительны данные отражения и масштабирования. Данные точки R передаются модально. Удаляют значения кода G80, или кодов группы интерполяции. Устройство ЧПУ приближается к точке R всегда движением быстрого хода.

Значение глубины резания: Q

Значение глубины резания покажет в циклах G73 и G83. Они являются всегда инкрементными, прямоугольными, положительными данными. Значение глубины резания передаются модально. Удаляют значения кода G80, или кодов группы интерполяции. Для глубины резания не действительна команда масштабирования.

Вспомогательные данные: E

В цикле G73 покажет меру отвода, далее в цикле G83 перед врезанием до этого значения совершается быстрый ход. Они являются всегда инкрементными, прямоугольными, положительными данными. Для вспомогательных данных не действительна команда масштабирования. Значение вспомогательных данных передаются модально. Удаляют значения кода G80, или кодов группы интерполяции. Если они не запрограммированы, тогда устройство ЧПУ берёт необходимые данные с параметра N1500 Return Val G73 , а также N1501 Clearance Val G83.

Задержка: P

Это задаёт время задержки на основании отверстия. Для его задания действительны правила, изложенные у G04. Значение задержки передаётся модально. Удаляют значения кода G80, или кодов группы интерполяции.

Подача: F

Им определяется подача. Его значение передаётся модально. Изменить его можно только программированием других данных F, G80 или другой код не удаляет его.

Override отвода: I (%)

В циклах G85, G89, G84.2, G84.3 отвод выполняется в основном запрограммированной подачей по адресу F. По адресу I можно задавать процентное значение override отвода. Если оно не запрограммировано, значение override берётся с параметра.

Число оборотов шпинделя: S

Его значение передаётся модально. Его можно изменить только программированием других данных S, G80 или другой код не удаляет его.

Число повторения: L

Им определяется число повторения циклов. Предел его значения: 1–99999999. Если не заполнен L, берётся значение L=1. В случае L=0 данные цикла сохраняются, но не выпол-

няются. Значение L действует только в том кадре, где его задавали.

Пример для передачи кодов сверления и переменных циклов модально:

```
N1 G17 G0 Z_ M3
N2 G81 X_ Y_ Z_ R_ F_
```

В начале режима цикла задание данных сверления (Z, R) обязательно.

```
N3 X_
```

Поскольку в кадре N2 данные сверления были определены и в кадре N3 нужны те же самые, их заполнение лишнее, то есть можно этим пренебречь G81, Z_, R_, F_. Позиция отверстия изменяется только в направлении X, сверло перемещается в этом направлении, затем просверлит то же отверстие, как в кадре N2.

```
N4 G82 Y_ Z_ P_
```

Позиция отверстия перемещается в направлении Y. Способ сверления получается согласно G82, точка основания Z примет новое значение, точка приближения и подача (R, F) передаются модально из кадра N2.

```
N5 G80 M5
```

Режим цикла и модальные переменные удаляются, кроме F.

```
N6 G85 Y_ Z_ R_ P_ M3
```

Поскольку в кадре N5 удаляются данные сверления под действием команды G80, значения Z, R, и P надо снова задавать.

```
N7 G0 X_ C_
```

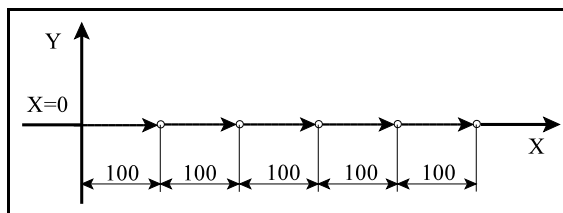
Режим цикла и модальные переменные удаляются, кроме F.

Примеры для использования повторения цикла:

Если приходится изготовить такие же отверстия на равные расстояния такими же параметрами, число повторения задаётся по адресу L. L действует только в том кадре, в котором его задавали.

```
N1 G90 G17 G0 X0 Y0 Z100 M3
N2 G91 G81 X100 Z-40 R-97 F50 L5
```

Под действием команд выше устройство ЧПУ вдоль оси X просверлит на расстояние 100 мм друг от друга 5 шт. одинаковых отверстий. Позиция первого отверстия X=100, Y=0.



Под действием G91 позиция отверстия задана инкрементно. Если бы задавали её абсолютными данными (G90), в точке с координатой X100, Y0 операция была бы выполнена пять раз одна за другой.

рисунок 18-5

```
N1 G90 G17 G16 G0 X200 Y-60 Z50  
N2 G81 YI60 Z-40 R3 F50 L6
```

Под действием команд выше устройство ЧПУ просверлит 6 шт. по 60 градусов отверстий в окружности центров с диаметром 200 мм. Позиция первого отверстия попадает в точку с координатами $X=100$ $Y=173.205$.

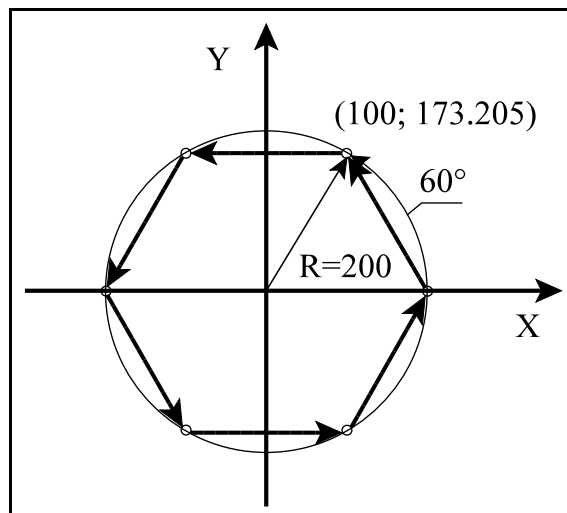


рисунок 18-6

18.1 Подробное описание циклов сверления.

18.1.1 Цикл высокоскоростного глубокого сверления (G73)

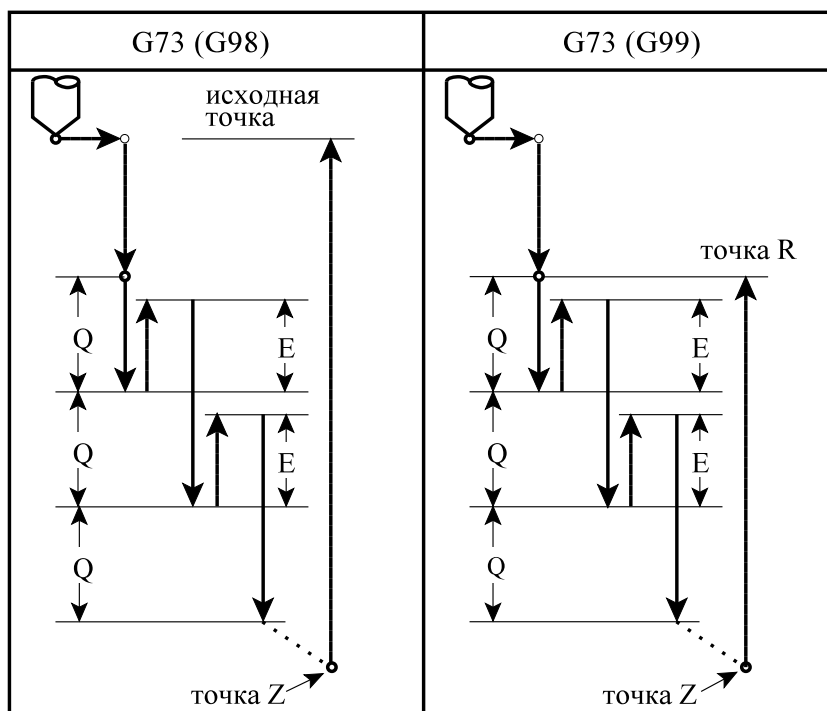


рисунок 18.1.1-1

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G73** X_p Y_p Z_p R Q E F L

G18 **G73** Z_p X_p Y_p R Q E F L

G19 **G73** Y_p Z_p X_p R Q E F L

Операции цикла:

- | | |
|----------------|---|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | — |
| 3-я операция: | движение с быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | — |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки подачей F |
| 6-я операция: | — |
| 7-я операция: | в случае G99: отвод до точки R быстрым ходом |
| 8-я операция: | — |
| 9-я операция: | в случае G98: отвод до точки исхода быстрым ходом |
| 10-я операция: | — |

Описание 5-й операции сверления:

- заданную по адресу **Q** *глубину резания* подачей просверлит в заготовку,
 - с заданным по адресу **E**, или параметром N1500 Return Val G73 значением быстрым ходом совершает *отвод*,
 - повторно просверлит до глубины Q, отсчитывая от упорной точки предыдущего сверления
 - с заданным по адресу **E** значением быстрым ходом совершает отвод.
- Процесс продолжается до заданной по адресу **Z** упорной точки.

18.1.2 Сверление левой резьбы с уравнильной насадкой (G74)

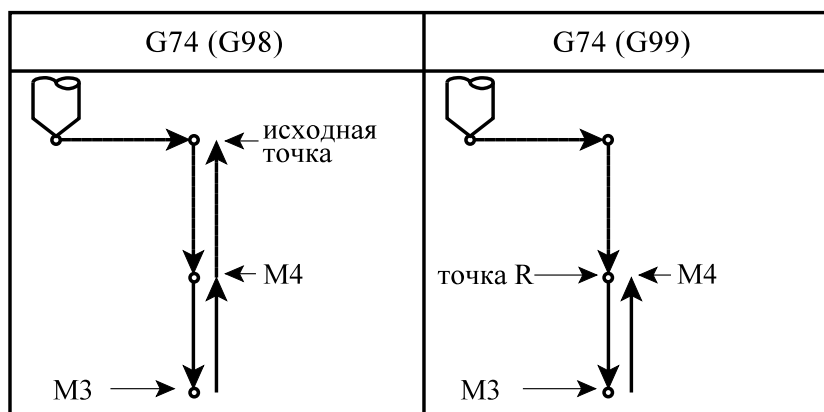


рисунок 18.1.2-1

Цикл применяется только с метчиком, снабженным с уравнильной насадкой.

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G74** X_p Y_p Z_p R P F L

G18 **G74** Z_p X_p Y_p R P F L

G19 **G74** Y_p Z_p X_p R P F L

Перед запуском цикла надо включить и далее запрограммировать направление вращения (против хода часовой стрелки) шпинделя M4.

Значение подачи надо задавать в зависимости от подъёма нарезки метчика:

– в состоянии G94 по минутной подачи:

$$F=P \times S$$

где: P: подъём нарезки в размерности мм/об, или дюйм/об

S: число оборотов шпинделя в размерности об/мин

– в состоянии G95 подачи за оборот:

$$F=P$$

где: P: подъём нарезки в размерности мм/об, или дюйм/об

Операции цикла:

- | | |
|----------------|--|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | – |
| 3-я операция: | движение с быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | – |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки подачей F, <i>override u stop запрещён</i> |
| 6-я операция: | – задержка согласно значению, заданному по адресу P
– смена направления вращения шпинделя: M3 |
| 7-я операция: | отвод до точки R подачей F, <i>override u stop запрещён</i> |
| 8-я операция: | смена направления вращения шпинделя: M4 |
| 9-я операция: | в случае G98: отвод до исходной точки быстрым ходом |
| 10-я операция: | – |

18.1.3 Обтачивание с автоматическим отводом инструмента (G76)

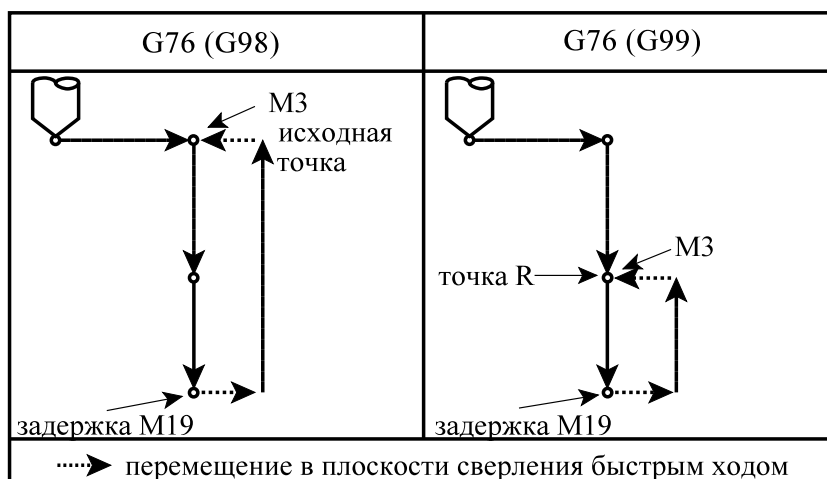


рисунок 18.1.3-1

Циклом G76 можно пользоваться только тогда, если построена ориентировка шпинделя в инструментальный станок. Об этом факте сообщает устройству ЧПУ состояние 1 бита ORI параметра N0607 Spindle Config. В противном случае выводится сообщение об ошибке 2137 G76, G87.

Поскольку цикл после обтачивания выполняет ориентировку шпинделя и отводит инструмент от поверхности согласно значению, заданному по I, J и K, при отводе инструмента не царапается поверхность.

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G76** X_p Y_p I J Z_p R P F L
 G18 **G76** Z_p X_p K I Y_p R P F L
 G19 **G76** Y_p Z_p J K X_p R P F L

Перед запуском цикла надо выдавать команду M3.

Операции цикла:

- | | |
|----------------|---|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | — |
| 3-я операция: | движение с быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | — |
| 5-я операция: | обтачивание до упорной точки F подачей |
| 6-я операция: | — задержка согласно значению, заданному по адресу P
— ориентировка шпинделя : M19
— отвод инструмента в выбранной плоскости согласно значению I, J, K быстрым ходом |
| 7-я операция: | в случае G99: отвод инструмента до точки R, быстрым ходом |
| 8-я операция: | в случае G99
— отвод инструмента в выбранной плоскости согласно значению I, J, K, противоположно, быстрым ходом,
— перезапуск шпинделя в направлении M3 |
| 9-я операция: | в случае G98: отвод инструмента быстрым ходом до исходной точки |
| 10-я операция: | в случае G98
— отвод инструмента в выбранной плоскости согласно значению I, J, K, противоположно, быстрым ходом |

нию I, J, K, противоположно, быстрым ходом,
– перезапуск шпинделя в направлении M3

18.1.4 Выключение циклического состояния (G80)

Под действием кода выключается циклическое состояние, переменные цикла удаляются. Z и R примет инкрементное значение 0, остальные переменные 0.

Если в кадр **G80** запрограммировать координаты, и не задавать другую команду, тогда движение выполняется на основании действующего до включения цикла кода интерполяции (1-я группа кодов G, или группа интерполяции).

18.1.5 Цикл сверления, отвод быстрым ходом (G81)

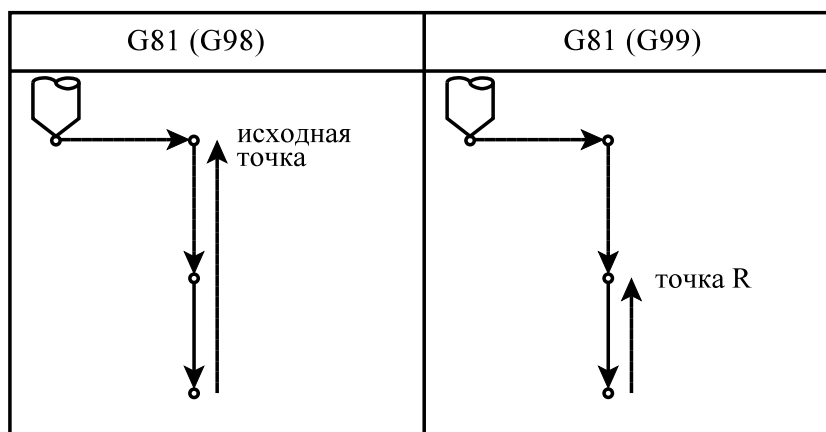


рисунок [18.1.5-1](#)

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G81** X_p Y_p Z_p R F L

G18 **G81** Z_p X_p Y_p R F L

G19 **G81** Y_p Z_p X_p R F L

Операции цикла:

- | | |
|----------------|---|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | – |
| 3-я операция: | движение быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | – |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки с подачей F |
| 6-я операция: | – |
| 7-я операция: | в случае G99: отвод до точки R, быстрым ходом |
| 8-я операция: | – |
| 9-я операция: | в случае G98: отвод быстрым ходом до исходной точки |
| 10-я операция: | – |

18.1.6 Цикл сверления с задержкой, отвод быстрым ходом (G82)

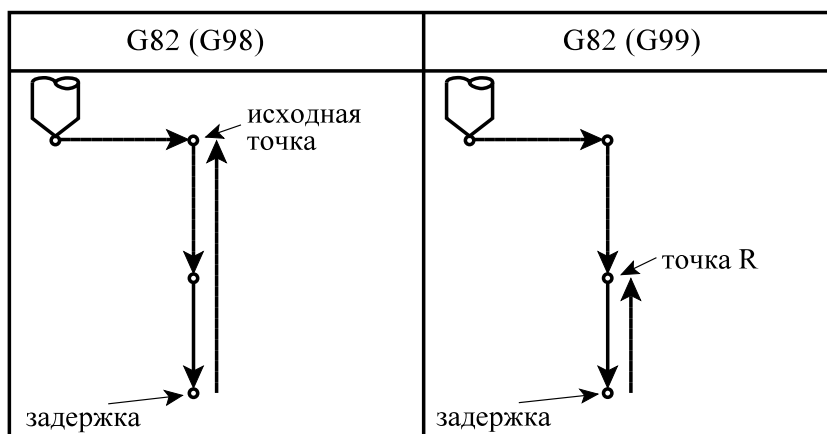


рисунок 18.1.6-1

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G82** X_p Y_p Z_p R P F L

G18 **G82** Z_p X_p Y_p R P F L

G19 **G82** Y_p Z_p X_p R P F L

Операции цикла:

- | | |
|----------------|---|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | — |
| 3-я операция: | движение быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | — |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки подачей F |
| 6-я операция: | задержка до времени, заданного по адресу P |
| 7-я операция: | в случае G99: отвод до точки R, быстрым ходом |
| 8-я операция: | — |
| 9-я операция: | в случае G98: отвод быстрым ходом до исходной точки |
| 10-я операция: | — |

18.1.7 Цикл глубокого сверления (G83)

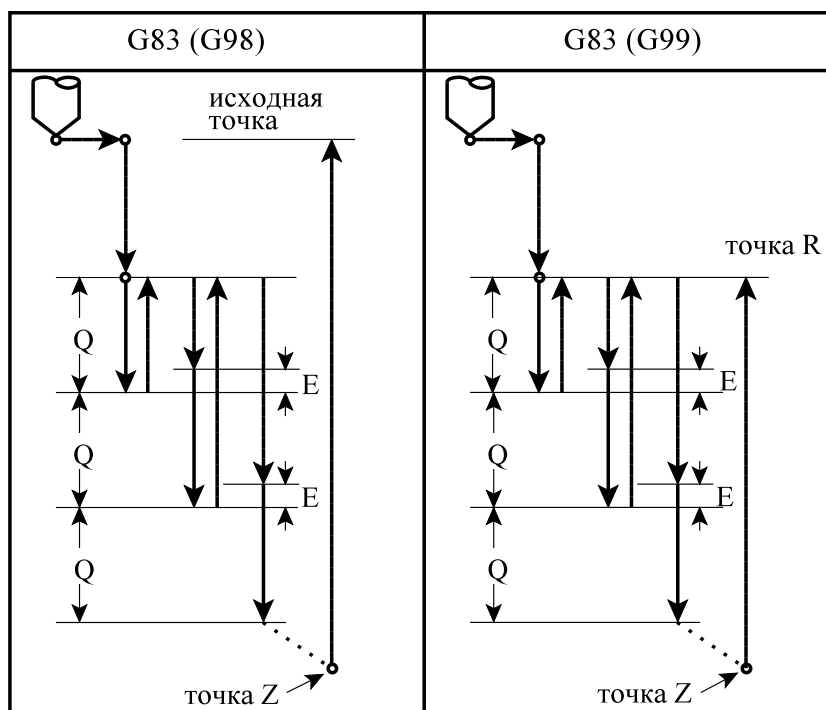


рисунок 18.1.7-1

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G83** X_p Y_p Z_p R Q E F L

G18 **G83** Z_p X_p Y_p R Q E F L

G19 **G83** Y_p Z_p X_p R Q E F L

Операции цикла:

- | | |
|----------------|---|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | — |
| 3-я операция: | движение с быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | — |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки подачей F |
| 6-я операция: | — |
| 7-я операция: | в случае G99: отвод до точки R, быстрым ходом |
| 8-я операция: | — |
| 9-я операция: | в случае G98: отвод быстрым ходом до исходной точки |
| 10-я операция: | — |

Описание 5-й операции сверления:

- заданную по адресу **Q** *глубину резания* подачей просверлит в заготовку,
- быстрым ходом отвод до точки R,
- быстрым ходом *приближается* до предыдущей глубины *до расстояния “E”*,
- повторно просверлит до глубины Q, отсчитывая от упорной точки предыдущего сверления, подачей F (перемещение E+Q)
- быстрым ходом отвод до точки R

Процесс продолжается до упорной точки, заданной по адресу Z.

Расстояние “E” берётся или из программы из адреса E, или с параметра N1501 Clearance Val G83.

18.1.8 Сверление правой резьбы с уравнильной насадкой (G84)

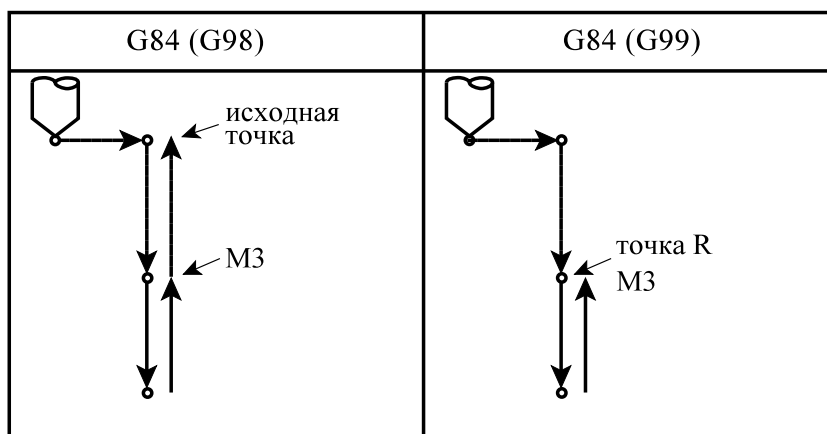


рисунок 18.1.8-1

Цикл применяется только с метчиком, снабжённым с уравнильной насадкой.

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G84** X_p Y_p Z_p R P F L

G18 **G84** Z_p X_p Y_p R P F L

G19 **G84** Y_p Z_p X_p R P F L

Перед запуском цикла надо включить направление вращения шпинделя M3 (согласно ходу часовой стрелки).

Значение подачи надо задавать в зависимости от подъёма нарезки метчика:

– в состоянии G94 по минутной подачи:

$$F=P \times S$$

где: P: подъём нарезки в размерности мм/б, или дюйм/об

S: число оборотов шпинделя в размерности об/мин

– в состоянии G95 подачи за оборот:

$$F=P$$

где: P: подъём нарезки в размерности мм/б, или дюйм/об

Операции цикла:

- | | |
|----------------|--|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | – |
| 3-я операция: | движение с быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | – |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки подачей F, override u stop запрещён |
| 6-я операция: | – задержка согласно значению, заданному по адресу P
– смена направления вращения шпинделя: M4 |
| 7-я операция: | отвод до точки R подачей F, override u stop запрещён |
| 8-я операция: | смена направления вращения шпинделя: M3 |
| 9-я операция: | в случае G98: отвод быстрым ходом до исходной точки |
| 10-я операция: | – |

18.1.9 Нарезание резьбы без уравнительной насадки (G84.2, G84.3)

Циклы нарезания резьбы без уравнительной насадки можно применить только на таких станках, где шпиндель оборудован датчиком позиции, и привод шпинделя регулируется обратной связью. (Бит INX будет 1 параметра N0607 Spindle Config). В противном случае выводится сообщение об ошибке 2138 Шпиндель нельзя индексировать.

В случае нарезания резьбы метчиком частное подачи сверлильной оси и оборотов шпинделя должно равняться подъёму нарезки метчика. Иначе говоря, при нарезании резьбы метчиком в идеальном случае частное ниже должно быть с минуты на минуту постоянным: $F=P/S$

где: P: подъём нарезки (мм/об, или дюйм/об),
F: подача (мм/мин, или дюйм/мин),
S: число оборотов шпинделя (об/мин).

В цикле сверления левой резьбы G74 и правой резьбы G84 число оборотов шпинделя и подача сверлильной оси управляется совершенно независимо друг от друга. Условие, описанное выше соответственно не может точно удовлетвориться. Это особенно верно на дне отверстия, где подача сверлильной оси и число оборотов шпинделя должны замедлиться и остановиться синхронно друг с другом, затем в противоположном направлении ускориться. В случае выше это условие совсем не соблюдается по технике управления. Проблему выше можно избежать так, что метчик вставляется в шпиндель с подпружиненной уравнительной насадкой, которая выравнивает возникшее колебание по значению частного F/S .

Принцип управления отличается от этого у циклов сверления G84.2, G84.3, позволяющих устранения уравнительной насадки. У этих устройств ЧПУ непрерывно заботится о том, что частное F/S было с минуты на минуту постоянным.

По технике управления в первом случае устройство ЧПУ регулирует только число оборотов шпинделя, а в последнем случае - и его позицию. В циклах G84.2, G84.3 движение сверлильной оси и шпинделя соединяется линейной интерполяцией. Этим способом можно обеспечить постоянство частного F/S и в участках ускорения и замедления.

G84.2: сверления правой резьбы без уравнительной насадки

G84.3: сверления левой резьбы без уравнительной насадки

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G84.** X_p Y_p Z_p R P F I S L
G18 **G84.** Z_p X_p Y_p R P F I S L
G19 **G84.** Y_p Z_p X_p R P F I S L

В конце цикла шпиндель остаётся в индексированном состоянии (замкнутый контур регулирования позиции), в случае необходимости программист должен позаботиться о перезагрузке.

Значение подачи надо задавать в зависимости от подъёма нарезки метчика:

– состояние G94 поминутной подачи:

$$F=P \times S$$

где: P: подъём нарезки в размерности мм/об, или дюйм/об

S: число оборотов шпинделя в размерности об/мин
 – состояние G95 подачи за оборот:

$$F=P$$

где: P: подъём нарезки в размерности мм/об, или дюйм/об

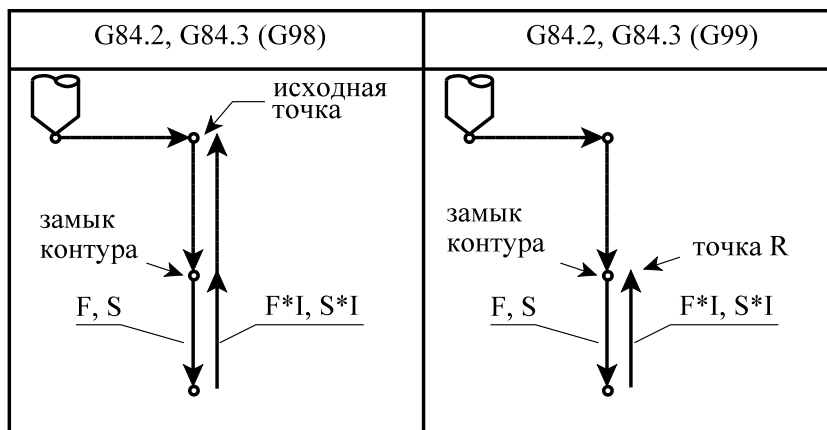


рисунок 18.1.9-1

Операции цикла в случае G84.2:

- 1-я операция: позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом
- 2-я операция: -
- 3-я операция: движение быстрым ходом до точки R (точка приближения)
- 4-я операция: если бит TSC параметра N1503 Drilling Cycles Config.:
 - =0: не ориентирует шпиндель, только замыкает контур регулирования позиции. Код замыкания контура определяется параметром N0823 M Code for Closing S Loop. Этот код передаётся для PLC. (Выполнение быстрее)
 - =1: до начала нарезания резьбы метчиком ориентирует шпиндель и передаст команду M19 для PLC. (Попадает обратно в резьбу)
- 5-я операция: линейная интерполяция между сверлильной осью и шпинделем в направлении вращения шпинделя (+) по ходу часовой стрелки в случае G84.2, далее в направлении вращения шпинделя против часовой стрелки в случае G84.3
- 6-я операция: задержка согласно значению, заданному по адресу P
- 7-я операция: линейная интерполяция между сверлильной осью и шпинделем в направлении вращения шпинделя (-) противоположно ходу часовой стрелки в случае G84.2, далее в направлении вращения шпинделя по часовой стрелки в случае G84.3.

Override отвода I (%)

Override подачи отвода - хоть запрограммирован по адресу I, хоть надо брать с параметра - действует только тогда, если разрешили его назначением 1 бита #4 ЕОЕ параметра N1503 Drilling Cycles Config. Если в кадре не задавать значение адресу I, тогда в 7-й операции override подачи отвода будет иметь значение, заданное в %-ах параметра N1506 Extraction Override in Tapping. На рассчитанную таким образом скорость действует ещё и включатель процентного значения подачи, то есть подача получит значение

Отвод = Fзапрограммированная * Подача Override * Extraction Override in Tapping/100

Ускорение при отводе

В ходе отвода можно задавать отличающееся значение ускорения (меньшее), чем установлено параметром N1507+n Rn Acc in Tapping для шпинделя, если назначением 1 бита #6 EAE параметра N1503 Drilling Cycles Config. разрешили это. При этом различное по диапазонам значение ускорения берётся с параметра N1523+n Rn Acc in Extract (n=1...8).

- 8-я операция: -
 9-я операция: в случае G98: отвод быстым ходом до исходной точки
 10-я операция: -

18.1.10 Нарезание резьбы без уравнильной насадки, со стружколомом (G84.2, G84.3)

Код цикла:

G84.2 Q__: сверления правой резьбы без уравнильной насадки, со стружколомом

G84.3 Q__: сверления левой резьбы без уравнильной насадки, со стружколомом

В цикле устройство ЧПУ *применяет стружколом тогда*, если запрограммирована *глубина резания по адресу Q*.

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G84.** X_p Y_p Z_p R Q E P F S I L

G18 **G84.** Z_p X_p Y_p R Q E P F S I L

G19 **G84.** Y_p Z_p X_p R Q E P F S I L

В конце цикла шпиндель остаётся в индексированном состоянии (замкнутый контур регулирования позиции), в случае необходимости программист должен позаботиться о перезагрузке. Значение кода **G98, G99** то же самое, как в случае всех остальных циклов сверления.

Битом #3 PTC параметра N1503 Drilling Cycles Config. решается, что какой будет *способ ломки стружки*. Если бит PTC:

=0: (согласно G83.1) применяется быстрая ломка стружки.

=1: (согласно G83) применяется нормальная ломка стружки, и отвод совершается до точки R.

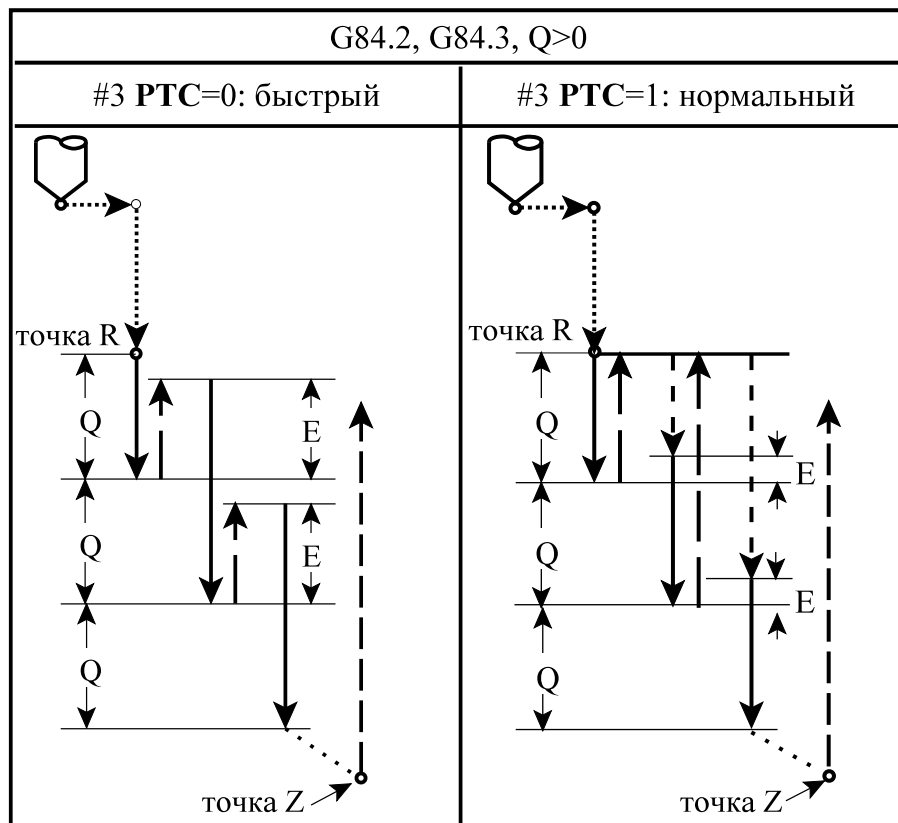


рисунок 18.1.10-1

Истолкование адреса E

В случае **быстрой ломки стружки** (PTC=0) **по адресу E** можно задавать **меру отвода инструмента**. Если не заполнен адрес E, устройство ЧПУ берёт расстояние с параметра N1504 Return Val in Tapping.

В случае **нормальной ломки стружки** (PTC=1) **по адресу E** можно задавать после отвода **расстояние приближения** после отвода. Если не заполнен адрес E, устройство ЧПУ берёт расстояние с параметра N1505 Clearance Val in Tapping.

Override отвода I (%)

Override подачи отвода - хоть запрограммирован по адресу I, хоть надо брать с параметра - во всех участках действует только тогда, если разрешили его назначением 1 бита #4 ЕОЕ параметра N1503 Drilling Cycles Config.

Если в кадре не задавать значение адресу I, тогда **override** подачи отвода будет заданное в %-ах значения параметра N1506 Extraction Override in Tapping. На рассчитанную таким образом скорость действует ещё и включатель процентного значения подачи, то есть подача получит значение

$\text{Фотвод} = \text{Fзапрограммированная} * \text{Подача Override} * \text{Extraction Override in Tapping} / 100$

Ускорение при отводе

В ходе отвода можно задавать и значение ускорения, отличающееся (меньше) от установленного для шпинделя параметром N1507+n Rn Acc in Tapping, если это разрешили назначением 1 бита #6 ЕАЕ параметра N1503 Drilling Cycles Config.. При этом различное по диапазонам значение ускорения берётся с параметра N1523+n Rn Acc in Extract (n=1...8).

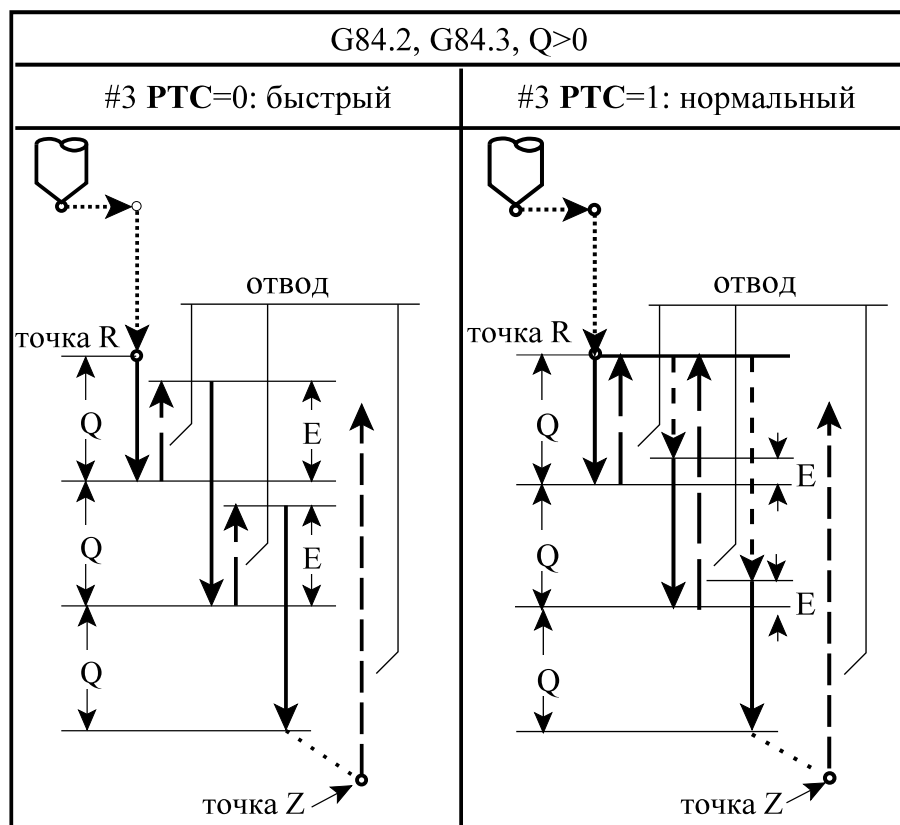


рисунок 18.1.10-2

Override отвода (%) при нормальной ломки стружки

В случае применения **нормальной ломки стружки** (параметр N1503 Drilling Cycles Config. #3 PTC бит 1) в ходе **отвода**, можно применить для запрограммированной F отдельный, отличающийся от 100% **override**, если это разрешить назначением 1 бита #5 ROE параметра N1503 Drilling Cycles Config.

При этом значение **override** берётся от заданного в %-ах значения параметра N1507 Return Override in Tapping.

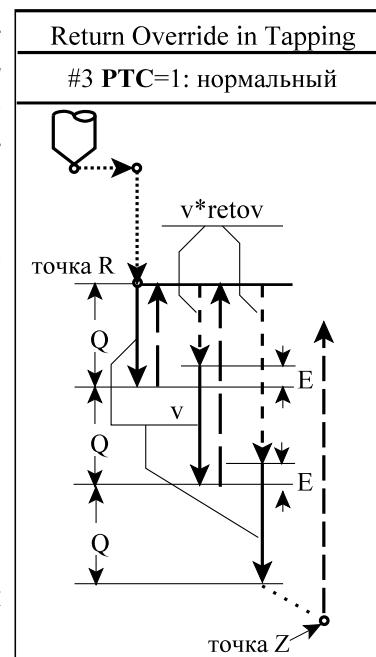


рисунок 18.1.10-3

Для дальнейших вводных параметров цикла действительны изложенные в предыдущей главе.

18.1.11 Цикл сверления, отвод подачей (G85)

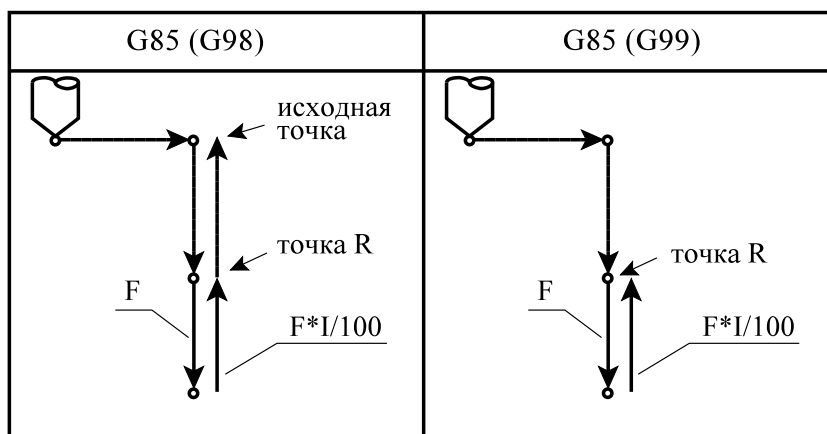


рисунок 18.1.11-1

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G85** X_p Y_p Z_p R F I L
 G18 **G85** Z_p X_p Y_p R F I L
 G19 **G85** Y_p Z_p X_p R F I L

Операции цикла:

- 1-я операция: позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом
- 2-я операция: —
- 3-я операция: движение быстрым ходом до точки R (точка приближения)
- 4-я операция: —
- 5-я операция: сверление до упорной точки подачей F
- 6-я операция: —
- 7-я операция: отвод до точки R, подачей $F \cdot I / 100$

Override отвода I (%)

Если в кадре не задавать значение адресу I, тогда в 7-й операции значение override подачи отвода будет параметр N1502 Extraction Override in G85, G89. На рассчитанную таким образом скорость действует ещё и включатель процентного значения подачи, то есть подача получит значение

$F_{\text{отвод}} = F_{\text{запрограммированная}} \cdot \text{Подача Override} \cdot \text{Extraction Override in Tapping} / 100$

- 8-я операция: —
- 9-я операция: в случае G98: отвод быстрым ходом до исходной точки
- 10-я операция: —

18.1.12 Цикл сверления, отвод быстрым ходом при остановленном шпинделе (G86)

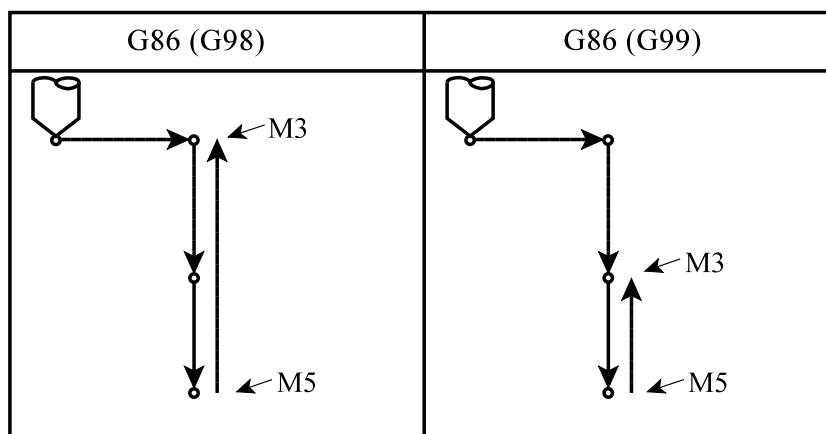


рисунок 18.1.12-1

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G86** X_p Y_p Z_p R F L

G18 **G86** Z_p X_p Y_p R F L

G19 **G86** Y_p Z_p X_p R F L

При запуске цикла для шпинделя надо дать направление вращения M3.

Операции цикла:

- | | |
|----------------|---|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | — |
| 3-я операция: | движение быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | — |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки подачей F |
| 6-я операция: | останов шпинделя: M5 |
| 7-я операция: | в случае G99: отвод до точки R, g быстрым ходом |
| 8-я операция: | в случае G99: перезапуск шпинделя: M3 |
| 9-я операция: | в случае G98: отвод быстрым ходом до исходной точки |
| 10-я операция: | в случае G98: перезапуск шпинделя: M3 |

18.1.13 Ручное воздействие в упорной точке/ Обратная расточка (G87)

Цикл может быть выполнен устройством ЧПУ двояким образом:

А. Цикл сверления, ручное воздействие в упорной точке

В том случае, если *на станке не выстроено возможность ориентировки шпинделя*, то есть бит #1 ORI равно 0 параметра N0607 Spindle Config, устройство ЧПУ поступает по случаю А.

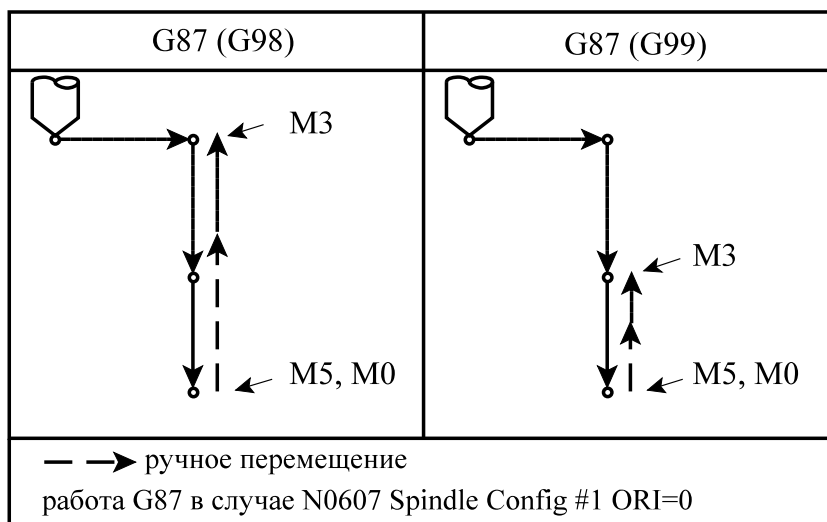


рисунок 18.1.13-1

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G87** X_p Y_p Z_p R F L

G18 **G87** Z_p X_p Y_p R F L

G19 **G87** Y_p Z_p X_p R F L

При запуске цикла шпинделю надо дать направление вращения M3.

Операции цикла:

- | | |
|---------------|--|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | — |
| 3-я операция: | движение быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | — |
| 5-я операция: | сверление до упорной точки подачей F |
| 6-я операция: | — останов шпинделя: M5
— устройство ЧПУ примет состояние STOP (M0), откуда оператор выходит в один из ручных режимов, действующий станок (ПЕРЕМЕЩЕНИЕ, СДВИГ, МАХОВИЧОК), то есть может отодвинуть вершину инструмента от поверхности отверстия, и может отводит инструмент из отверстия. После этого вступив в режим АВТОМАТ, нажав на клавишу старт продолжается обработка. |
| 7-я операция: | в случае G99: после START отвод до точки R, быстрым ходом |
| 8-я операция: | в случае G99: перезапуск шпинделя: M3 |
| 9-я операция: | в случае G98: после START отвод быстрым ходом до исход- |

ной точки
10-я операция: в случае G98: перезапуск шпинделя: M3

В. Обратная расточка, с автоматическим отводом инструмента

В том случае, если *на станке выстроена возможность ориентировки шпинделя*, то есть бит #1 ORI равно 1 параметра N0607 Spindle Config, устройство ЧПУ поступит по случаю В.

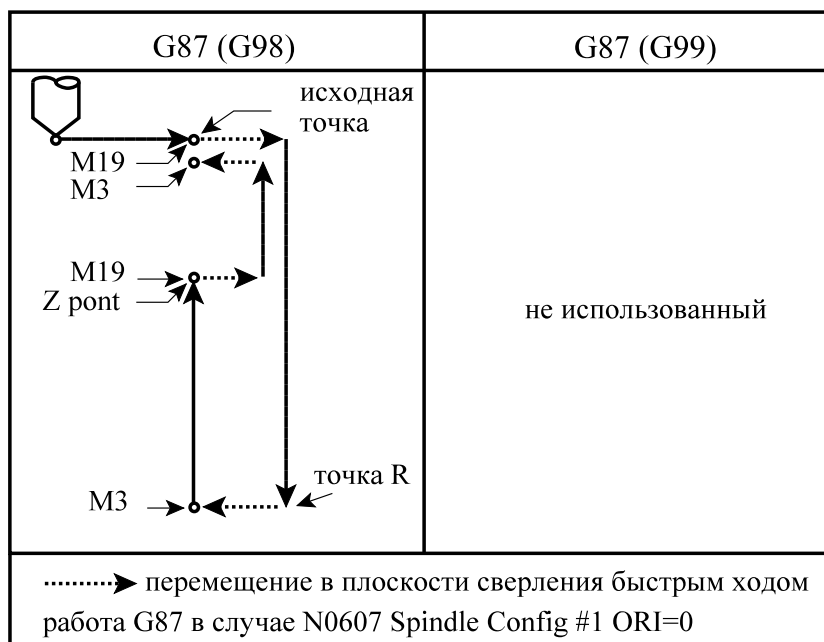


рисунок [18.1.13-2](#)

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G87** X_p Y_p I_— J_— Z_p R_— F_— L_—

G18 **G87** Z_p X_p K_— I_— Y_p R_— F_— L_—

G19 **G87** Y_p Z_p J_— K_— X_p R_— F_— L_—

При запуске цикла шпинделю надо дать направление вращения M3.

Операции цикла:

- | | |
|---------------|---|
| 1-я операция: | позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом |
| 2-я операция: | – ориентировка шпинделя
– отвод инструмента в выбранной плоскости по значению I, J, K быстрым ходом |
| 3-я операция: | движение быстрым ходом до точки R (точка приближения) |
| 4-я операция: | – отвод инструмента в выбранной плоскости по значению, противоположному заданному на I, J K, быстрым ходом,
– перезапуск шпинделя в направлении M3 |
| 5-я операция: | расточка до упорной точки подачей F |
| 6-я операция: | – ориентировка шпинделя: M19
– отвод инструмента в выбранной плоскости по значению I, J, K быстрым ходом |
| 7-я операция: | – |
| 8-я операция: | – |

- 9-я операция: отвод быстрым ходом до исходной точки
 10-я операция: – отвод инструмента в выбранной плоскости по значению, противоположному заданному на I, J а также K, быстрым ходом,
 – перезапуск шпинделя в направлении M3

Из природы цикла следует, что противоположно изложенным раньше, точка приближения, то есть *точка R лежит глубже, чем упорная точка*. Это надо принимать во внимание при программировании сверлильной оси и адресов R.

Поскольку перед расточкой шпиндель выполняет ориентировку, и отводит инструмент от поверхности по значению, заданному на I, J а также K, при заходе можно избежать поломку инструмента.

18.1.14 Цикл сверления, после задержки ручное воздействие в упорной точке (G88)

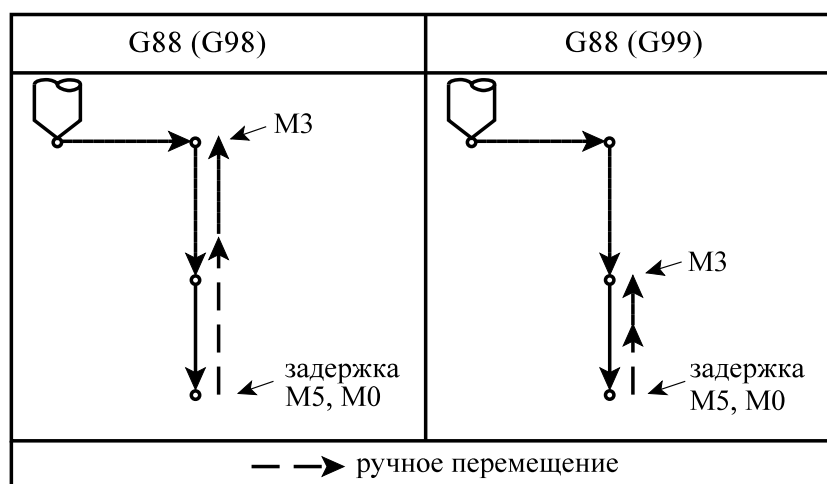


рисунок 18.1.14-1

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G88** X_p Y_p Z_p R P F L

G18 **G88** Z_p X_p Y_p R P F L

G19 **G88** Y_p Z_p X_p R P F L

При запуске цикла шпинделю надо дать направление вращения M3.

Операции цикла:

- 1-я операция: позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом
 2-я операция: –
 3-я операция: движение быстрым ходом до точки R (точка приближения)
 4-я операция: –
 5-я операция: сверление до упорной точки подачей F
 6-я операция: – задержка до значения P
 – останов шпинделя: M5
 – устройство ЧПУ примет состояние STOP (M0), выходя откуда, оператор может работать станком в каком-то ручном режиме (ПЕРЕМЕЩЕНИЕ, СДВИГ ШАГОМ, МАХОВИЧОК), то есть может отводить вершину инструмента от поверхности отверстия, и может выво-

дуть инструмент из отверстия. После этого выходя из ручного режима, вернувшись в режим АВТОМАТ, после старта продолжается обработка.

- 7-я операция: в случае G99: после START отвод до точки R, быстрым ходом
 8-я операция: в случае G99: перезапуск шпинделя: M3
 9-я операция: в случае G98: отвод быстрым ходом до исходной точки
 10-я операция: в случае G98: перезапуск шпинделя: M3

Цикл то же самый, как в случае A при G87, только имеется задержка перед остановом шпинделя.

18.1.15 Цикл сверления с задержкой, отвод подачей (G89)

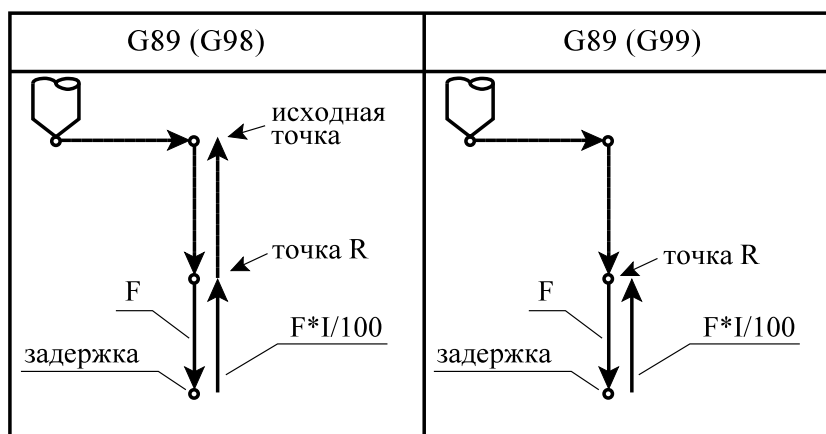


рисунок 18.1.15-1

Переменные, использованные в цикле:

G17 **G89** X_p Y_p Z_p R P F I L
 G18 **G89** Z_p X_p Y_p R P F I L
 G19 **G89** Y_p Z_p X_p R P F I L

Операции цикла:

- 1-я операция: позиционирование в выбранной плоскости быстрым ходом
 2-я операция: -
 3-я операция: движение быстрым ходом до точки R (точка приближения)
 4-я операция: -
 5-я операция: сверление до упорной точки подачей F
 6-я операция: задержка до значения, заданного по адресу P
 7-я операция: отвод до точки R, подачей $F \cdot I / 100$

Override отвода I (%)

Если в кадре адресу I не присвоили значение, тогда в 7-й операции override подачи отвода будет значение параметра N1502 Extraction Override in G85, G89. На скорость, рассчитанную таким образом, действует ещё и включатель процентного значения подачи, то есть подача будет иметь значение

значение

Отвод = Fзапрограммированная * Override подачи * Extraction Override in G85, G89/100.

- 8-я операция: -
 9-я операция: в случае G98: отвод быстрым ходом до исходной точки

10-я операция: -

Цикл совпадает с G85, за исключением задержки.

18.2 Замечания к использованию циклов сверления

- Если в режиме циклов какой-то кадр без кода G содержит любой из следующих адресов, цикл сверления выполняется:

X_p, Y_p, Z_p , или q

где q произвольная, не сверлильная ось.

В противном случае цикл сверления не выполняется.

- Запрограммируя в режиме циклов кадр задержки G04 P, команда выполняется по запрограммированному P, но переменная цикла, относящаяся к задержке **не** удаляется, и **не** изменяется.
- Значение I, J, K, Q, E, P надо задавать в таком кадре, где происходит и сверление, иначе значения **не** сохраняются.

Рассмотрим следующий пример для иллюстрации вышеизложенных:

G81	X_	Y_	Z_	R_	F	(цикл сверления выполняется)
	X					(цикл сверления выполняется)
	F					(цикл сверления не выполняется, F изменяется)
	M	S				(цикл сверления не выполняется, код M, S выполняется)
G4	P					(цикл сверления не выполняется, задержка выполняется, переменная цикла по задержке не изменяется)
	I	Q				(цикл сверления не выполняется, запрограммированные значения не регистрируются как переменные цикла)

- Если рядом с циклом сверления программируем и функцию, функция выполняется в конце первой операции, после завершения позиционирования. Если в цикле запрограммирован и L, функция выполняется только в первом проходе.
- Число повторения L модально не передаётся.
- Устройство ЧПУ в покадровом режиме внутри цикла остановится после операции 1, 3, и 10.
- Клавиша STOP не действует в операциях 5, 6 и 7 циклов G74, G84. Если во время этих операций нажать STOP, устройство ЧПУ продолжает свою работу и можно его остановить только в конце операции 7.
- Не зависимо от положения включателя, подача и override шпинделя всегда 100% в операциях 5, 6 и 7 циклов G84.1, G84..
- Если в кадре цикла запрограммирован G43, G44, G49, или задаётся новое значение для H, коррекция по длине принимается во внимание в операции 3, всегда вдоль верлильной оси.

19 Токарные циклы

Токарные циклы работают и в фрезерном канале/устройстве ЧПУ. Циклы работают точно так же, как и на устройстве ЧПУ токарного станка. Разница лишь в том, что код отдельных циклов заканчивается в фрезерном канале на “.7”. Подробное описание отдельных циклов можно прочитать в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.1 Простые циклы

Простыми циклами являются цикл продольного точения G77.7, цикл простого нарезания резьбы G78.7 и цикл торцевого точения G79.7.

19.1.1 Цикл продольного точения (G77.7)

Работа цикла продольного точения G77.7 в полной мере совпадает с работой цикла продольного точения G77, которую можно прочитать в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.1.2 Простой цикл нарезания резьбы (G78.7)

Работа цикла простого нарезания резьбы G78.7 в полной мере совпадает с работой цикла простого нарезания резьбы G78, которую можно прочитать в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.1.3 Цикл торцевого точения (G79.7)

Работа цикла торцевого точения G79.7 в полной мере совпадает с работой цикла торцевого точения G79, которую можно прочитать в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.2 Сложные циклы

Сложные циклы упрощают писание программы заготовки. Например, надо описать контур готовых размеров заготовки для чистовой работы. Этот контур заодно определяет основу циклов (G71.7, G72.7, G73.7), выполняющих чёрную обработку заготовки. Помимо циклов черновой обработки, имеется в распоряжении и один цикл чистовой обработки (G70.7), один цикл нарезания резьбы (G76.7) и два цикла проточки (G74.7, G75.7).

19.2.1 Цикл чернового точения (G71.7)

Работа цикла черновой обработки G71.7 в полной мере совпадает с работой цикла черновой обработки G71, которую можно прочитать в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.2.2 Цикл торцевого чернового точения (G72.7)

Работа цикла торцевой черновой обработки G72.7 в полной мере совпадает с работой цикла торцевой черновой обработки G72, которую можно прочитать в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.2.3 Цикл повторения фигуры (G73.7)

Работа цикла повторения фигуры G73.7 в полной мере совпадает с работой цикла повторения фигуры G73, которую можно прочесть в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.2.4 Цикл чистового точения (G70.7)

Работа цикла чистового точения G70.7 в полной мере совпадает с работой цикла чистового точения G70, которую можно прочесть в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.2.5 Цикл торцевой проточки (G74.7)

Работа цикла торцевой проточки G74.7 в полной мере совпадает с работой цикла торцевой проточки G74, которую можно прочесть в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.2.6 Цикл проточки (G75.7)

Работа цикла проточки G75.7 в полной мере совпадает с работой цикла проточки G75, которую можно прочесть в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

19.2.7 Цикл нарезания резьбы (G76.7)

Работа цикла нарезания резьбы G76.7 в полной мере совпадает с работой цикла нарезания резьбы G76, которую можно прочесть в “Описание программирования устройств ЧПУ NCT 3xxT токарным станком”.

Образцовый пример

```
...
N10 G10.9 Y1 (программирование диа-
N20 G43.7 (токарная коррекция)
N30 T1 M6 (инструмент черновой
обработки T1)

N40 G95 T2
N50 G19 G54 G0 X0 Y100 Z100 H1 D1 (плоскость Y-Z)
N60 G92 S3000
N70 G96 S100 P2 M3 (постоянная скорость
резания для Y)

N80 G0 Y4 Z80
N90 G72.7 V5 R1
N100 G72.7 P110 Q170 W0.5 V1 M3 S200 F1 (черновая обработка
торца)

N110 G0 G41 Y-80 F1.5
N120 G1 Z50
N130 Y-60 Z40
N140 Z30 ,R5
N150 G2 Y0 Z0 R30
```

```

N160 G40 G1 Z-1
N170 Y4
N180 G0 Z80
N190 Y-56
N200 G71.7 W5 R1
N210 G71.7 P220 Q310 W1 V2 S250 F1.2      (черновая обработка )
N220 G42 G0 Z50
N230 G0 Y-76
N240 G1 Y-80 F2
N250 Z55 ,C2
N260 Y-130
N270 G2 Z65 Y-150 R10
N280 G1 Z70 ,R2
N290 Y-170 ,C5
N300 Z77.5
N310 G40 Z80
N320 G0 Z100 Y100
N330 M6                                     (инструмент чистовой
                                           обработки T2 вкл.)

N340 G0 X0 Z80 Y4 H2 D2
N350 G70.7 P110 Q170                     (цикл чистовой обработ-
                                           ки 1)

N360 G0 Z80
N370 Y-56
N380 G70.7 P220 Q310                     (цикл чистовой обработ-
                                           ки 2)

N390 G0 X0 Y100 Z100
N400 G10.9 Y0                             (программирование ра-
                                           диуса Y)
N410 G43                                   (фрезерная коррекция )
...                                       (фрезерование)

```

20 Функции управления осями

20.1 Электронный привод. Фрезерование зубчатых колёс способом обкатки (G81.8)

Фрезерование зубчатых колёс (фрезерование Pfauter) можно выполнять электронным путём, так называемым электронным приводом. *Электронный привод* осуществляет связь с программируемой передачей между инструментом, закреплённым в *шпиндель, мастер-осью*, и прикреплённой на *поворотный стол* заготовкой (зубчатым колесом), то есть *вспомогательной осью*. Устройство ЧПУ осуществляет электронным путём синхронизацию двух движений.

Электронный привод можно создать между шпинделем, определённым параметром N1801 EGB Master и поворотным столом, определённым параметром N1802 EGB Slave. Функция G81.8 создаёт связь между этими двумя осями.

Включение синхронизации совершается функцией

G81.8 T_ L_ R_ Q_ P_

В кадре можно задавать следующие параметры:

T: число зубьев. Задаваемый предел значения: 1...1000 (мин). *Всегда обязательно задавать.*

L: число заходов развёрточной фрезы и направление подъёма винтовой линии. Задаваемые значения: -21 ... +21. Если знак L положительный, направление подъёма винтовой линии фрезы правое, если отрицательное - то левое.

Знак L определяет направление вращения заготовки под синхронизации. Если L+ (правая фреза), направление вращения положительное, если L- (левая фреза) отрицательное.

Если не заполнено значение L, устройство ЧПУ принимает во внимание значение L1!

направл. подъёма нарезки развёрт. фрезы:

L+: правое

L-: левое



рисунок 20.1-1

R: способ сцепления осей:

R=1 запрос синхронизации для совместного бега нулевых импульсов,

R=2 запрос синхронизации и сдвига по фазе. Величина сдвига по фазе определяется мгновенной позицией заготовки (действительной при выдаче команды G81.8).

Если пропустить программирование R, устройство ЧПУ принимает во внимание значение R1.

Q: модуль, или *diametral pitch*. Его следует задавать только при обработке косозубого зубчатого колеса.

Истолкование G21 в случае метрического задания данных: модуль (нормальный модуль). Задаваемые значения: 0,05...60 мм,

Истолкование G20 в случае дюймового задания данных: *diametral pitch*. Задаваемые значения: 0,1 ... 508 1/дюйм.

P: *величина угла наклона зуба и направление профиля зуба.* Задаётся только при обработке косозубого колеса. Задаваемые значения: $-90^\circ \dots +90^\circ$.

Если знак P отрицательный, направление профиля зуба правое, если положительный, направление профиля зуба левое.

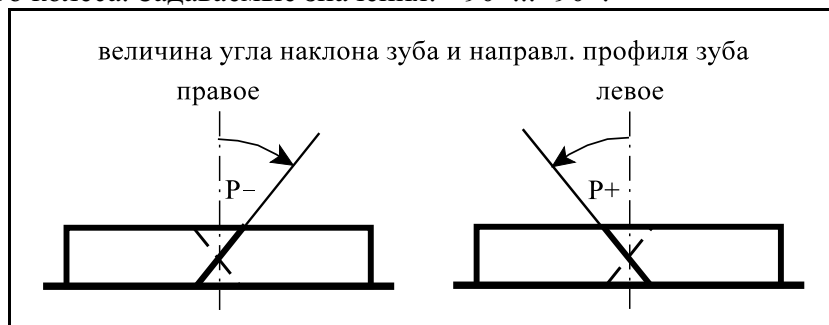


рисунок 20.1-2

При включении синхронизации необходимо зарегистрировать референтной точки, действительной на вспомогательной.

Во включенном состоянии электронного привода можно снова выдавать команду G81.8:

G81.8 T_ L_ R_

в случае её выдачи снова происходит синхронизация с заданными новыми параметрами, пока в случае выдачи

G81.8 Q_ P_

включается только компенсация угла наклона зуба, без повторной синхронизации системы. Если во время выключенного состояния синхронизации G80.8 выдавать команду G81.8 Q_ P_ , то NC выводит сообщение об ошибке.

Во включенном состоянии электронного привода на *ось заготовки* (на поворотный стол, вращающий зубчатое колесо) можно программировать *перемещение* (сдвиг по фазе), не останавливая синхронизацию.

Выключение синхронизации происходит функцией

G80.8

Под действием команды остановится вращение вспомогательной оси, вращение шпинделя (мастер-оси) не изменится. В дальнейшем вспомогательную ось используем, как нормальную ось NC.

20.1.1 Подача за оборот в состоянии G81.8

В синхронизированном состоянии (G81.8) пользователь может решать битом #1 FRS параметра N1800 EGB Contr, что устройство ЧПУ истолковало *подачу за оборот* (состояние G95) *за один оборот инструмента*, или *заготовки*. То есть, значение F принимается во внимание непосредственно из числа импульсов датчика шпинделя, или как произведение числа импульсов на соотношение L/T.

20.1.2 Включение и выключение синхронизации

Под действием включения синхронизации

– *вспомогательная ось перебросит свой нулевой импульс на нулевой импульс датчика мастер-оси* (учитывая на вспомогательной оси сдвиг, заданный параметром N0906

Reference Shift, а на мастер-оси сдвиг, заданный параметром N0684 Spindle Grid Shift) в случае R1, или

- в случае R2 сдвигает *нулевые импульсы сдвигом по фазе*
 - *заготовка* (вспомогательная ось) *набирает скорость, навязанную инструментом* (мастер-осью).
 - после этого вспомогательная ось верно позиции последует за движением мастер-оси.
- При выключении синхронизации движение заготовки остановится.

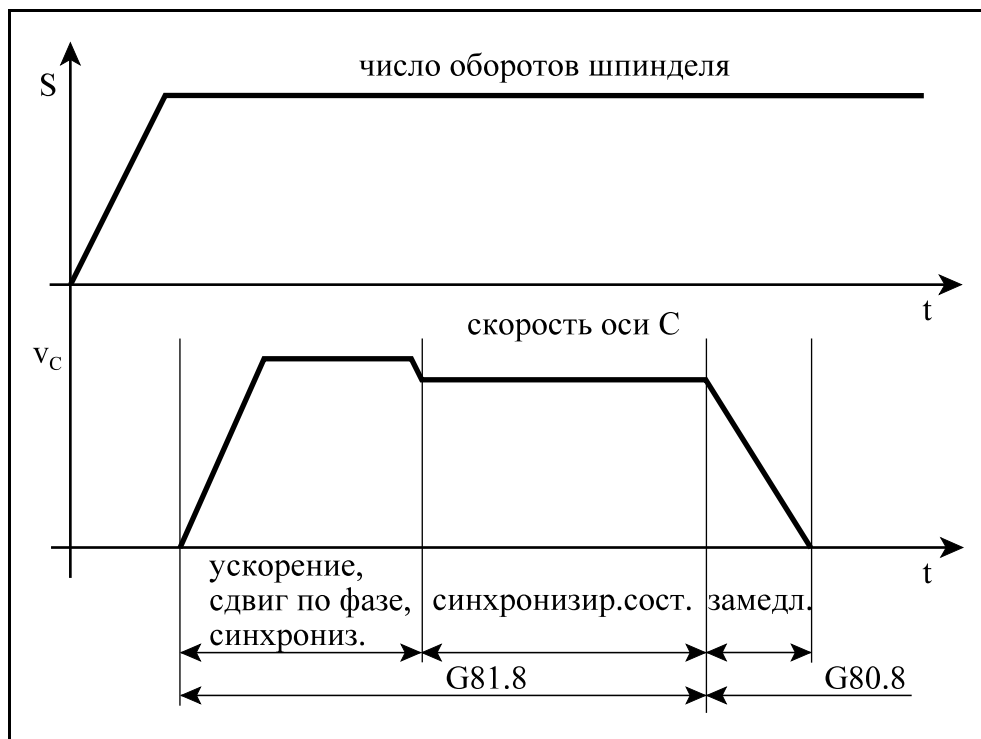


рисунок 20.1.2-1

При зубонарезании *максимальное число оборотов шпинделей* ограничивается *скоростью быстрого хода*, установленной для шпиндельную ось. Эта обычно меньше, чем максимальное число оборотов шпинделя. Скорость заготовки (поворотного стола) $= 360 \cdot S \cdot T / L$ не должна быть больше, чем допускаемое для оси значение быстрого хода.

Пусть будет ось C вспомогательной осью

Образцовый пример для совместного бега нулевых импульсов:

M3 S300	(шпиндель вкл.)
G0 C90	(вспомогательная ось позиционирует на 90°)
G81.8 T20 L2 R1	(синхронизация вкл., передача=20/2)
...	(обработка, совместным бегом нулевых импульсов)
G80.8	(синхронизация выкл.)

Образцовый пример для сдвига по фазе:

M3 S300	(шпиндель вкл.)
G0 C90	(вспомогательная ось позиционирует на 90°)
G81.8 T20 L2 R2	(синхронизация и сдвиг по фазе вкл.)
...	(обработка сдвигом по фазе 90 градусов)
G80.8	(синхронизация выкл.)

Смена пропорции синхронизации

При обработке блочных зубчатых колёс (на одной оси несколько зубчатых колёс), в синхронизированном состоянии может быть понадобится сменить пропорцию, то есть изменить пропорцию T/L. Это выполняется без останова заготовки, разгоном на новые обороты, или замедлением, затем датчик оси заготовки приведём в нужную позицию:

G54 G95 G0 X400 Z-50 Y0	
S300 M3	
G81.8 T20 L2 R1	(синхронизация вкл., T/L=20/2)
G0 X-5	(врезание)
G1 Z100 F1	(зубонарезание)
G0 X100	(отвод)
G81.8 T16 L2	(изменение передачи, T/L=16/1)
...	
G80.8	

Изменение сдвига по фазе

В синхронизированном состоянии для вспомогательной оси можно выдавать команду движения. Команда изменяет сдвиг по фазе!

G54 G95 G0 X400 Z-50 Y0	
S300 M3	
G81.8 T20 L2 R1	(синхронизация вкл.)
G0 X-2	(врезание)
G1 Z100 F1	(зубонарезание)
G0 X100	(отвод)
G81.8 T16 L2 R1	(изменение передачи, T/L=16/2)
G91 C15	(сдвиг по фазе на 15°)
G90 Z-50	
...	
G80.8	

20.1.3 Компенсация угла наклона

В случае *косозубого зубчатого колеса*, после включения синхронизации *необходимо компенсировать поворот заготовки* в зависимости от перемещения оси (инструмента), перпендикулярной к заготовке, чтобы инструмент проходил всегда по впадине между зубьями. Перемещения по компенсации, выданные для оси заготовки, изменяют так позицию команды, как и позицию сдвига по фазе!

Параметром N1803 Helical Comp. Axis можно установить, что в случае нарезании косого зуба какую ось использовать для компенсации наклона зубьев.

В уравнении ниже предполагали, что заготовку вращает ось С, а инструмент - ось Z, параллельная оси вращения С. Компенсация совершается согласно следующей функции:

G21 в метрическом случае:

$$\Delta C = \frac{360^\circ \cdot \sin P}{\pi \cdot T \cdot Q} \cdot \Delta Z$$

$$k = \frac{360^\circ \cdot \sin P}{\pi \cdot T \cdot Q}$$

где Р: угол наклона зуба
Т: число зубьев
Q: модуль (нормальный модуль)
k: коэффициент компенсации [°/мм]

G20 в дюймовом случае:

$$\Delta C_\epsilon = \frac{360^\circ \cdot Q \cdot \sin P}{\pi \cdot T} \cdot \Delta Z$$

$$k = \frac{360^\circ \cdot Q \cdot \sin P}{\pi \cdot T}$$

где Р: угол наклона зуба
Т: число зубьев
Q: diametral pitch
k: коэффициент компенсации [°/дюйм]

Направление компенсации (знак) определяется **направлением движения фрезы** (Z+, или Z-) и **направлением профиля зуба** (P+/- левое, правое):

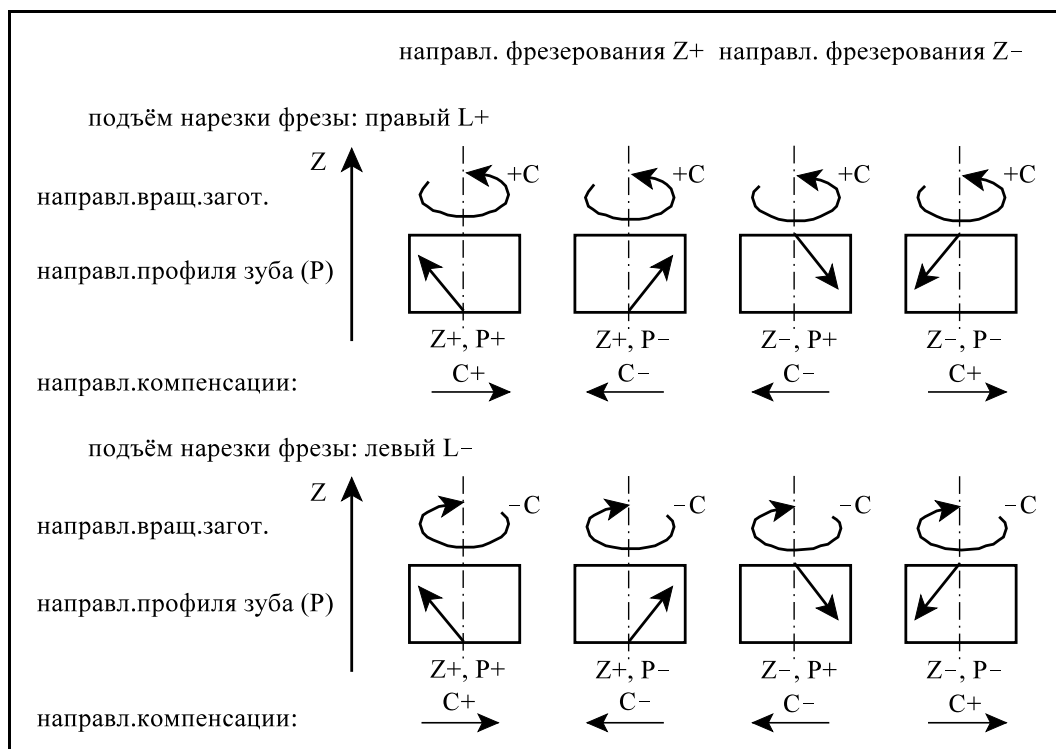


рисунок 20.1.3-1

Включение компенсации угла наклона зуба одновременно с синхронизацией:

Компенсацию наклона зуба можно включить одновременно с синхронизацией:

G54 G95 G0 X400 Z-50 Y0

S300 M3

G81.8 T20 L2 R1 Q5 P15

(синхронизация вкл.)

G0 X-5

(врезание)

G1 Z100 F1

(зубонарезание с компенсацией угла наклона зуба)

G0 X100

(отвод)

...

G80.8

Включение компенсации угла наклона зуба в синхронизированном состоянии:

Компенсацию наклона зуба можно включить и в синхронизированном состоянии осей, минуя их повторную синхронизацию. При этом можно пренебрегать программированием T и L:

G54 G95 G0 X400 Z-50 Y0

S300 M3

G81.8 T20 L2 R1

(синхронизация вкл., T/L=20/2)

G0 X-2

(врезание)

G1 Z100 F1

(зубонарезание)

G0 X100

(отвод)

G81.8 Q5 P15

(компенсация угла наклона зуба вкл. Без повторной синхронизации)

...

G80.8

20.1.4 Выхват зуборезного инструмента

В синхронизированном состоянии G81.8 надо уметь выхватить инструмент из-под зубьев. Эти случаи следующие:

- аварийный стоп,
- ошибки, вызывающие аварийного стопа, как например, ошибка серво, ошибка шпинделя и т.д.
- вмешательство оператора, например, западание выключателя,
- reset.

Под действием reset выхватывается инструмент из-под зубьев только тогда, если значение бита #0 RCE параметра N1800 EGB Contr равно 1, то есть под действием reset остановлена будет функция G81.8. В противном случае (RCE=0) синхронизация не отсоединяется.

Сформирование на станке аварийного состояния надо задержать на несколько сотен мсек, чтобы осталось времени для вызвата.

Мера выхвата, его ось и скорость является определённым параметром значением.

Мера выхвата (инкрементное перемещение) задаётся параметром N1804 Retr. Dist. по осям, правильно знаку. В выхватке инструмента участвуют те **оси**, у которых значение параметра N1804 Retr. Dist. не равно 0.

Скорость выхвата устанавливается параметром N1805 Retr. Feed. Если значение параметра 0, скорость выхвата равняется величиной быстрого хода, действующей для данной оси.

20.2 Синхронное перемещение осей

В ходе обработки заготовки может понадобиться синхронное перемещение двух осей. Оси могут находиться и в том же канале, или в разных.

Мастер-осью называется та ось, на которую задаём даты в программе деталей.

Вспомогательной осью называется та ось, которая перемещается в синхроне с мастером-шпинделем. Пока ось является вспомогательным-шпинделем, до тех пор нельзя перемещать ось ни из программы, ни вручную.

Синхронное перемещение приглашает программа PLC например, выполнением кода M.

Параметры и сигналы PLC, применённые при синхронном перемещении

При желании сцеплять две оси для синхронного перемещения, параметром N2101 Synchronous Master, **принадлежащем к вспомогательной оси, надо задавать, что какая по номеру ось является её мастер-осью.**

Мастер-ось может быть в одном и том же канале, но и в разном. Одна мастер-ось может иметь несколько вспомогательных осей. Одна вспомогательная ось может быть и мастер-осью для другой оси.

При синхронном управлении осями можно программировать только мастер-ось, или можно выдавать команду для ручного перемещения (jog, маховичок).

А Синхронное перемещение запрашивает PLC, включением индикатора AP_SYNCR в 1, принадлежащего к вспомогательной оси. PLC дожждётся, чтобы NC подтвердил запрос через индикатор AN_SYNCA. Начиная с этого, перемещения мастер-оси получит и вспомогательная ось.

Этот сигнал **обычно могут включить или выключить функции M.**

Например:

```
...
M41 (синхронное перемещение вкл.)
...
M40 (синхронное перемещение выкл.)
...
```

В дальнейшем в этом описании для включения или выключения синхронизации используется пара кодов M40, M41. В случае конкретного станка **код функции и описание работы спрашивайте от строителя станка.**

Синхронное перемещение может быть запущено только строго под действием **функции дожиданья и разгрузки буфера.**

Если синхронное перемещение происходит **между двумя каналами**, в другом канале надо программировать код с дожиданьем:

Программа 1-го канала

```
...
M502 P12
M41
M503 P12
...
```

Программа 2-го канала

```
...
M502 P12
(ожидает синхрона)
M503 P12
...
```

Помимо этого, условием синхронного перемещения является, чтобы как на мастер-оси, так и на вспомогательной оси была действующая референтная точка.

При синхронном перемещении **направление движения вспомогательной оси** может совпадать с направлением мастер-оси, но может и отличаться от неё. Направление движения вспомогательной оси можно установить на бите #0 MSY параметра N2102 Synchron Config, принадлежащего к вспомогательной оси. Если значение бита параметра:

- =0: мастер-ось и вспомогательная ось перемещается в одном и том же направлении
- =1: мастер-ось и вспомогательная ось перемещается в противоположном направлении.

Пример для синхронного перемещения осей

Берём примером для синхронного движения осей следующий станок. Стол, то есть ось X перемещается вместе с заготовкой. На обеих сторонах стола, одна против другой стоят две башни, на которых перемещается по одной балки в направлении, перпендикулярно одна к другой. Осями правосторонней башни являются Y и Z, а левосторонней - V и W.

Для вспомогательной оси V мастер-осью является ось Y, а для вспомогательной оси W - ось Z.

Положительное направление оси V потивоположно положительному направлению Y, чтобы система координат XVW была также правокрученной, поэтому относящийся к оси V параметр N2102 Synchron Config будет #0 MSY=1.

Пусть будет шпиндель S1 с осью вращения параллельна оси Z, а шпиндель S2 с осью вращения параллельна оси W.

Все 5 осей и оба шпинделя может свободно перемещаться и можно их программировать.

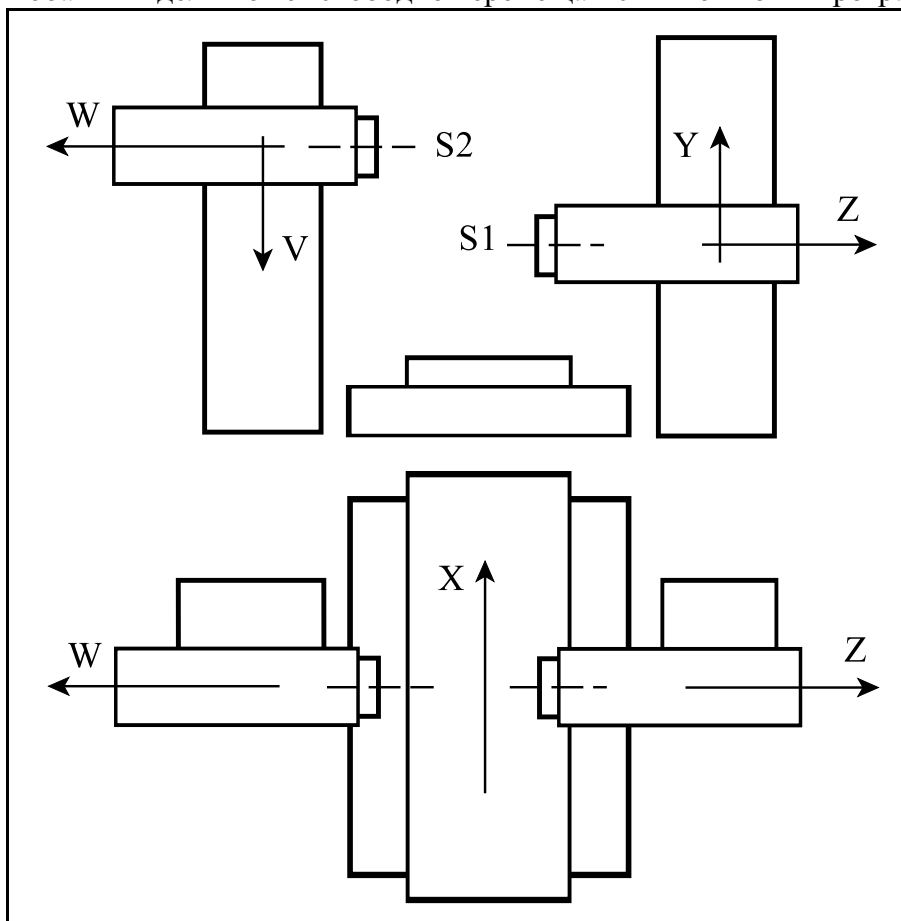


рисунок [20.2-1](#)

Предположим, что код

M41 сцепляет одновременно для синхронного перемещения оси Y-V и Z-W,

а

M40 прекращает синхронную работу.

На станке выше обрабатывается синхронным перемещением такая заготовка, у которой правая и левая сторона по отношению оси X симметрична.

Для обработки инструмент **T1**, лежащий в шпинделе **S1** и инструмент **T101**, лежащий в шпинделе **S2** надо отправить в одну и ту же позицию на осях Y и Z, а также на осях V и W. После этого последует синхронное точение. Диаметр обоих инструментов должны быть одинаковым!

Программа деталей в двух каналах следующая:

```

...
T1 M6           (T1 в шпиндель S1)
T101 M6         (T101 в шпиндель S2)
...
G0 X0 Y0 V0     (позиционирование вдоль осей X Y V)
G43 Z10 H1      (вызов коррекции и позиционирование в Z на
                правой стороне)
G43 W10 H101    (вызов коррекции и позиционирование в W на
                левой стороне)
M41             (сцепление осей Y-V и Z-W к синхронной
                работе)
G1 Z-5          (начиная с этого программу пишем с
                использованием адресов X, Y, Z, пока не
                выключить синхронизацию. Обе стороны
                перемещаются)
G41 G1 X100 D1  (Диаметр инструмента T1 и T101 совпадает!)
G3 X0 Y100 R100
G1 Y0
...
M40             (Выключение синхронной работы)
...

```

Парковка осей при синхронном перемещении осей

Может быть понадобится, чтобы программа, написанная с синхронным перемещением, работала только на одной стороне, на стороне мастер-оси или вспомогательной оси и не приходилось написать новую программу.

При этом ту сторону, которую не желаем перемещать, можно оставить на “парковке”. Оставить на парковке можно как вспомогательную ось, так и мастер-ось. Устройство ЧПУ и в таком случае рассчитывает соответствующие перемещения как для вспомогательной оси, так и для мастер-оси, но для паркующей стороны не выдаётся команда вдвижения.

Для оси, участвующей в синхронном перемещении, паркование запрашивает PLC записыванием индикатора AP_PARKR в 1. Устройство ЧПУ подтверждает запрос о парковании написанием индикатора подтверждения AN_PARKA в 1.

Паркование можно вызывать с клавишей, или функцией M. В случае конкретного станка описание работы паркования спрашивайте от строителя станка.

20.3 Перемена осей

В устройстве ЧПУ можно переменять местами две оси. Оси могут находиться и в одном и том же канале, или в разных.

Мастер-осью называем ту ось, на которую поменяем вспомогательную ось.

Вспомогательной осью называем ту ось, которая инициирует перемену.

Перемену осей инициирует программа PLC, например, выполнением кода M.

Параметры, применяемые при перемене осей и индикаторы PLC

При желании переменять местами две оси, **надо задавать параметром** N2104 Composit Axis, **относящимся к вспомогательной оси, что какая по номеру ось является её мастер-осью.**

Мастер-ось может находиться или в одном и том же канале, или в разных.

При **перемене осей можно программировать и мастер-ось и вспомогательную ось**, или выдавать команду на ручное перемещение (jog, маховичок).

Перемену осей запрашивает PLC переключением индикатора AP_MIXR, относящегося к вспомогательной оси, в 1. PLC дожидается, чтобы NC подтвердил запрос через индикатор AN_MIXA. Начиная с этого две оси являются переменёнными местами.

Этот индикатор может быть включён, или выключён **обычно функциями M.**

Например:

```
...
M42 (перемену осей включить)
...
M40 (перемену осей выключить)
...
```

В случае конкретного станка **код функции и описание работы запрашивайте у строителя станка.**

Перемена осей может быть запущена только под действием строго ожидающей **функции разгрузки буфера.**

Если перемена осей происходит **между двумя каналами**, во втором канале необходимо программировать код с ожиданием:

Программа 1-го канала	Программа 2-го канала
...	...
M502 P12	M502 P12
M42 (перемену осей включить)	(дожидает до перемены)
M503 P12	M503 P12
...	...
M504 P12	M504 P12
M40 (перемену осей выключить)	(дожидает отмену перемены)
M505 P12	M505 P12
...	...

После перемены осей **направление движения вспомогательной оси** может совпадать с её первоначальным направлением, но может быть и противоположное ему. Направление

вспомогательной оси можно установить битом #0 MMI параметра N2105 Composit Config, относящимся ко вспомогательной оси. Если значение бита параметра:

=0: после перемены осей вспомогательная ось перемещается в первоначальное направление

=1: после перемены осей вспомогательная ось перемещается в направление, противоположное первоначальному.

После перемены осей **направление движения мастер-оси** может совпадать с её первоначальным направлением, но может быть и противоположное ему. Направление движения мастер-оси можно установить также битом #0 MMI параметра N2105 Composit Config, относящимся к мастер-оси. Если значение бита параметра:

=0: после перемены осей мастер-ось перемещается в первоначальное направление

=1: после перемены осей мастер-ось перемещается в направление, противоположное первоначальному.

После перемены осей **оси модально наследуют свои первоначальные смещения нулевой точки и коррекции по длине**. Если например, переменить ось Y и Z, и для оси Z была зарегистрирована коррекция по длине, после перемены коррекция по длине появится на оси Y. Поэтому целесообразно удалить коррекцию по длине до перемены осей, далее, после перемены осей загрузить новое смещение нулевой точки, замеренное после перемены осей, а также новую коррекцию по длине.

20.4 Изменение направления оси

В устройстве ЧПУ, из программы PLC, можно изменить направление движения оси: команда движения положительного направления превращается в команду движения отрицательного направления и наоборот.

Изменение направления оси запрашивает PLC переключением индикатора AP_MIRR, относящегося к данной оси в I. PLC дожидается, чтобы NC подтвердил запрос через индикатор AN_MIRA. Начиная с этого направление движения оси будет противоположное установленному параметром.

Этот индикатор *обычно функции M могут включить, или выключить*.

В случае конкретного станка *код функции и описание работы запрашивайте у строителя станка*.

Изменение направления оси может быть запущена только под действием строго ожидающей **функции разгрузки буфера**.

Изменение направления оси не касается направление движения и позиции позиционирования (G53), запрограммированных в станочной системе координаты посылки в референтную точку (G28, G30 P).

20.5 Перемена горизонтально-вертикальной головки с переменной оси и направления

Переменной оси и направления оси можно пользоваться например, на таких станках, где головку можно установить и в горизонтальное и вертикальное направление.

Предположим, что название и направление осей X, Y, Z станка было установлено **к вертикальной** позиции головки (вертикальная позиция). При этом **направление инструмен-**

та показывает в направление оси **Z**, программы деталей напишем *в плоскости G17* и *коррекцию по длине по оси Z* принимаем во внимание.

Если после этого головку переустановить *в горизонтальное* направление (горизонтальная позиция), тогда *инструмент* показывает *в направление оси Y*, следовательно *программы* следует написать в плоскости **G18**, а *коррекцию по длине* следует принимать во внимание по оси **Y**.

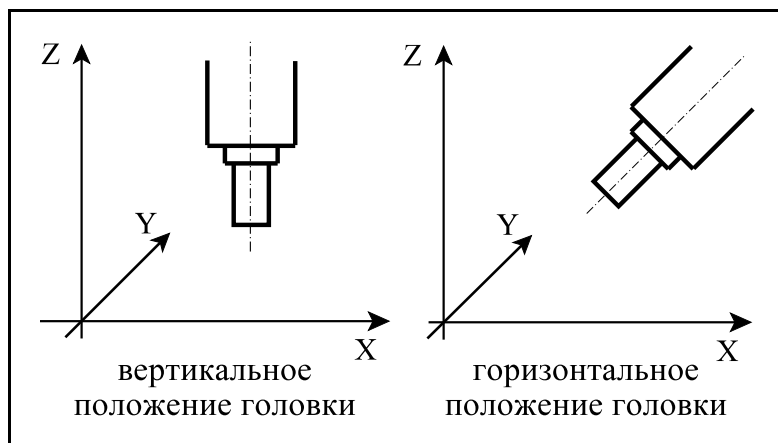


рисунок 20.5-1

При желании избежать того, что - при учёте выбора плоскости и коррекции по длине - программам приходилось бы приспосабливаться к актуальной позиции головки, **необходимо перемещать оси Y и Z**, установленные первоначально, параметром. Перемена осей Y и Z влечёт за собой то, что **направление оси X приходится повернуть в противоположное** для того, чтобы система координат осталась правосторонней, то есть, чтобы круговая интерполяция, коррекция на радиус, и т.д. работали привычным образом.

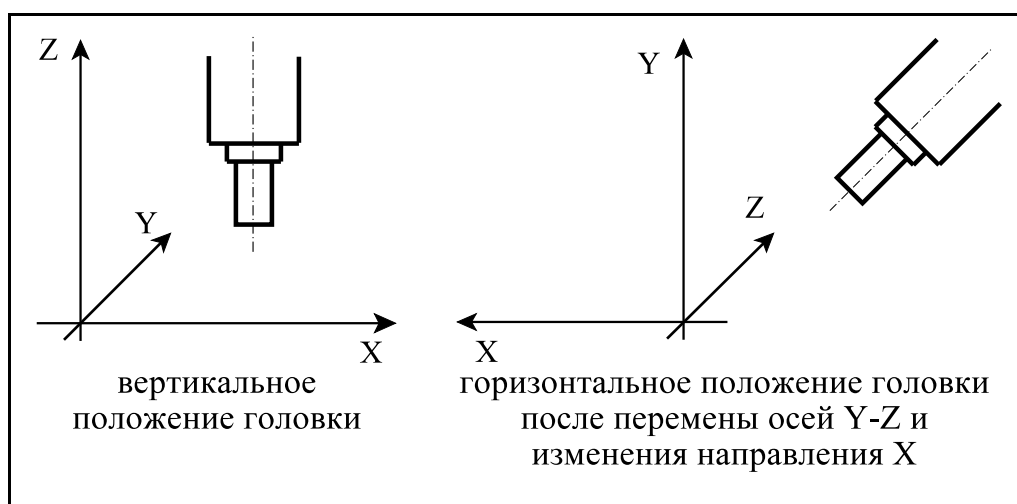


рисунок 20.5-2

Перемену головки *могут включить и выключить обычно функции M*, но в любом случае проводится программой PLC.

Например:

...

G54

...

G49 (удаление коррекции)

M42 (включить перемену Y-Z и изменение направления X)

G55... (новая нулевая точка заготовки)

G43 Z H... (новая коррекция)

...

G49 (удаление коррекции)

M40 (выключить перемену Y-Z и изменение направления X)

G54... (новая нулевая точка заготовки)

G43 Z H... (новая коррекция)

...

В случае конкретного станка *код функции и описание работы запрашивайте у строителя станка.*

Если *переменную головки* запускать из программы, под действием функции, это может быть выполнено только строго ожидающей *функцией разгрузки буфера.*

Нельзя забывать удалить коррекцию по длине до переменной головки, а после переменной вызывать новую нулевую точку заготовки и новую коррекцию. (Смотри главу Перемена осей [20.3](#) на странице [264](#).)

20.6 Обращение сопутствующими осями

Если одну и ту же ось приводит в движение два серводвигателя и два сервопривода, и к обоим серводвигателям принадлежит отдельный измеритель хода (вращающийся датчик, или измерительная рейка), речь идёт о **сопутствующих осях**. Такие случаи бывают на больших, колонных (иначе на портальных, или gant-y) станках.

На приложенном рисунке например, ось X приводится в движение с каждой стороны по одному двигателю. Одна из сторон является мастер-осью, а вторая - вспомогательной осью. Все команды, поступающие на ось X получают сервоконтур и мастер-оси и вспомогательной оси.

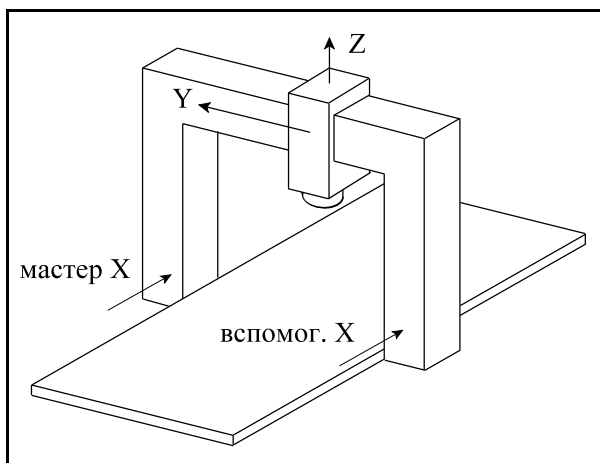


рисунок 20.6-1

В случае использования сопутствующих осей **механическая связь не жёсткая между мастер-оси и вспомогательной оси** для избежания механического заклинивания. **Жёсткая связь осуществляется регулированием** таким образом, что если позиция вспомогательной оси отстаёт от позиции мастера-оси, вспомогательная ось старается подрегулировать себя на мастер-ось. Если разность позиции превышает значение, установленное параметром, устройством ЧПУ выводится сообщение об ошибке “1008 # Ошибка синхрона оси”, удаляет заметку, что принята референтная точка и выключает станок. # есть адрес данной оси.

Обращение сопутствующими осями нельзя перепутать синхронным движением осей.

Синхронное движение осей можно включить, выключить, а обращение сопутствующими осями нельзя, оно остаётся включенным до конца во включенном состоянии устройства ЧПУ.

При разцеплённом синхронном перемещении для вспомогательной оси можно выдавать команду движения, независимо от мастера-оси, а в случае сопутствующих осей нельзя отдельно перемещать вспомогательную ось.

В случае сопутствующих осей обычно не выводится на индикатор позиция вспомогательной оси.

В случае сопутствующих осей в ходе приёма референтной точки после набега мастер-оси на референтную точку вспомогательная ось автоматически примет референтную точку.

В случае сопутствующих осей станочная позиция вспомогательной оси совпадает с станочной позицией мастер-оси, станочную позицию вспомогательной оси устройство ЧПУ наводит на станочную позицию мастер-оси. При синхронном перемещении станочные позиции разные, нет регулирования.

При желании сцеплять две оси для сопутствующих осей, **параметром N2101 Synchronous Master, относящем к вспомогательной оси надо задавать, что какая по номеру ось является её мастер-осью**. Кроме этого **установкой положения бита #4 PSN=1 параметра N2102 Synchron Config укажем, что эта ось является сопутствующей осью для мастер-оси**.

Выравнивание позиции между мастер-осью и вспомогательной осью устанавливается на параметре N0200 Reference Position1, относящемся к вспомогательной оси. Параметр принимается во внимание устройством ЧПУ только после приёма референтной точки. Оставаясь у примера выше, при желании, чтобы балка (ось Y) была перпендикулярно к оси X, параметр N0200 Reference Position1 вспомогательной оси X надо изменить по сравнению параметра мастер-оси.

Доводка станочной позиции вспомогательной оси до позиции мастер-оси начинается только после приёма референтной точки и выравнивания позиции.

20.7 Регулирование тандема

Если одну и ту же ось приводится в движение двумя серводвигателями и двумя сервоприводами, но к оси принадлежит только один измеритель хода (вращающийся датчик, или измерительная рейка), **говорится о регулировании тандема**.

Регулирование тандема используется тогда, когда одну ось можно приводить в движение только двумя серводвигателями, например, и-за большой потребности момента. Регулированием тандема двух двигателей можно компенсировать зазоры между зубьями, например, если два двигателя работают на одну и ту же зубчатую рейку. При этом регулирование позиции выполняется двигателем мастер-оси, вспомогательная ось выполняет лишь регулирование момента.

20.8 Обращение осями, не перпендикулярными одной к другой

Если на станке движение одной оси не перпендикулярно к другой, а **по отношению к перпендикуляру угол образуется**, надо использовать обращение осями, образующие угол, или обращение косыми осями. Описание функции смотри в описании программирования управления токарным станком.

21 Функции измерения

21.1 Измерение с удалением остаточного хода (G31)

Под действием команды

G31 v (P) (F)

в точку с координатой *v* с **линейной интерполяцией** запускается **движение**. Движение длится до тех пор, пока не поступит **внешний сигнал удаления** (например, сигнал измерительного щупа), или пока устройство ЧПУ не достигает **позицию конечной точки**, заданную на координатах *v*. После поступления сигнала удаления, или в запрограммированной конечной точке кадра, устройство ЧПУ замедляет и останавливается.

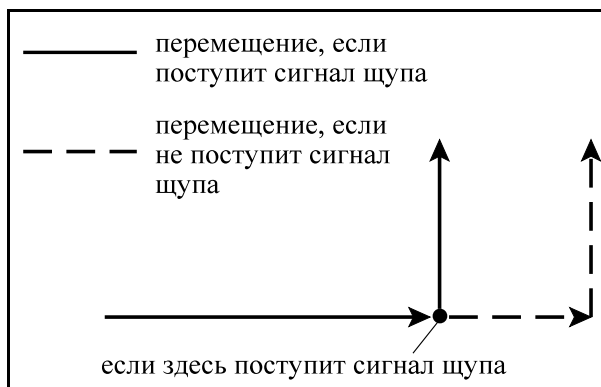


рисунок 21.1-1

По адресу P можно задавать, что из 8 сигналов щупа, вводимых в устройство ЧПУ **какой по номеру сигнал** принимать во внимание в ходе движения:

P1: приём во внимание сигнала 1-го щупа

P2: приём во внимание сигнала 2-го щупа

...

P8: приём во внимание сигнала 8-го щупа.

Заполнение адреса P не обязательно, если не заполнять адрес P, принимается во внимание сигнал 1-го щупа.

Функцию G31 надо использовать всегда в состоянии **G94 (по минутная подача)**. В ходе движения **подачей F**:

- является заданное, или модальное значение F, если бит #0 SKF параметра N3001 G31 Config будет 0,
- является значение подачи, принятое с параметра N0311 G31 Feed, если бит #0 SKF параметра N3001 G31 Config будет 1.

Команда **G31 не передаётся модально**, действует только в том кадре, в котором запрограммирована.

В момент прихода внешнего сигнала **сохраняется позиция осей** на следующих **макропеременных**:

#5061, или #100151, или #_ABSKP[1]: позиция 1-й оси

#5062, или #100152, или #_ABSKP[2]: позиция 2-й оси

...

Сохранённая позиция на макропеременных выше:

- если **поступил внешний сигнал**, это будет позиция, принятая **в момент поступления сигнала**,
- если **не поступил внешний сигнал**, это будет позиция запрограммированной **конечной точки** кадра G31.

Данные позиции

- сохраняются всегда *в актуальной системе координат заготовки*,
- сохраняются *без учёта актуальной коррекции по длине* (G43, G44).

После прихода внешнего сигнала движение остановится с замедлением. При этом позиция конечной точки кадра G31 в зависимости от применённой в кадре подачи в небольшой мере отличается от позиции, сохранённой переменными #5061... при поступлении сигнала. Позиции конечной точки кадра доступны на переменных #5001... Последующий кадр движения начинает действовать, начиная от этих позиций конечной точки.

Выполнение кадра G31 возможно только в состоянии **G15, G40, G50, G50.1 G69, G94**. В противном случае выводится сообщение об ошибке “2055 Щуп в состоянии Gnn”.

Значение, заданное координатами *v* может быть *и инкрементным и абсолютным*. Если задание координат последующей команды движения инкрементное будет, перемещение считается с той точки кадра G31, где перемещение прекратилось в предшествующем кадре.

Например:

```
N1 G31 G91 X100
N2 X30 Y50
```

В кадре N1 запускается инкрементное перемещение в направлении X. Если после поступления внешнего сигнала устройство ЧПУ остановится в точке с координатой X=86.7, отсчитывая с этой точки инкрементно совершает 30 в направлении X, 50 шагов в направлении Y в кадре N2.

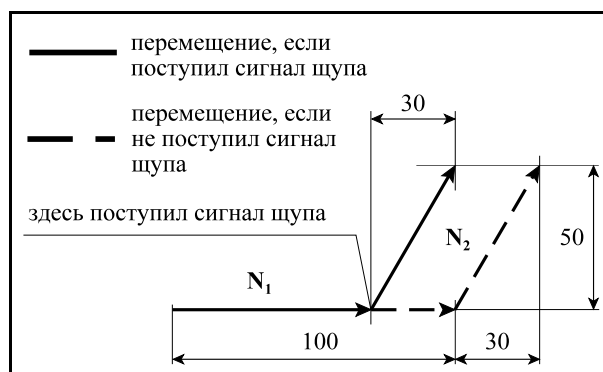


рисунок 21.1-2

Если запрограммировано абсолютное задание данных, перемещение получится следующим образом:

```
N1 G31 G90 X200
N2 X300 Y100
```

Кадр N1 запускает в направлении X перемещение в точку с координатой X=200. Если после поступления внешнего сигнала устройство ЧПУ остановится в точке с координатой X=130, в кадре N2 перемещение в направлении X получится X=300-130, то есть X=170.

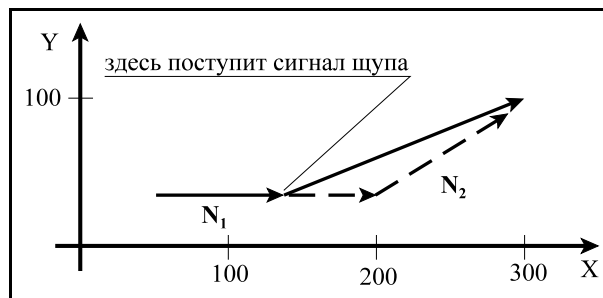


рисунок 21.1-3

21.2 Удаление остаточного хода по пределу момента (G31)

Функцией G31 можно пользоваться и таким образом, что *останов перемещения и удаление остаточного хода* происходит не по внешнему сигналу (например, по сигналу щупа), а по тому, что на одной *выделённой оси момент двигателя достигает заданное значение*, например так, что инструмент прижимаем к какой-то фиксированной поверхности. После достижения предела момента, или в запрограммированной конечной точке кадра устройство ЧПУ остановится, затем переходит к выполнению следующего кадра.

Описанное выше осуществляется функцией

G31 P98 Qq v Ff,

где:

Q: запрограммируемое значение предела момента, в процентах от максимального момента двигателя. Значение Q0 соответствует 0%-у, а Q255 соответствует 100%-у.

Задаваемые значения: Q1-Q254

v: имя и конечная позиция запрограммированной оси, на которой устройство ЧПУ наблюдает за пределом момента. *Его можно задавать только по адресу одной оси.*

F: значение подачи в мм/мин-ах, или в дюйм/мин-ах. (Нужно состояние G94).

В ходе перемещения *подача F:*

- заданное, или модальное значение F, если для параметра N3001 G31 Config бит #0 SKF равно 0,
- значение подачи, взятое от параметра N0311 G31 Feed, если для параметра N3001 G31 Config бит #0 SKF равно 1.

Команда **G31 P98 не передаётся наследственно**, действует только в том кадре, в котором запрограммирована.

Образцовый пример:

```
N1 G31 P98 Q50 Z30 F100
N2 G0 Z200
```

В кадре N1 инструмент достигает поверхность заготовки в точке “А”. Отсчитывая от этой точки ось Z уже не перемещается. Поскольку двигатель ещё не достиг предел момента Q50 (19.6%), устройство ЧПУ не остановит перемещение.

Ошибка позиции на оси Z непрерывно растёт от точки “А” до точки “В”, а при этом момент двигателя непрерывно растёт.

Выдача команды движения продолжается до точки “В”, где двигатель достигает предел момента.

Устройство ЧПУ в точке “В” остановит перемещение, регистрирует позицию точки “А”, затем приступает к выполнению следующего кадра, кадра N2.

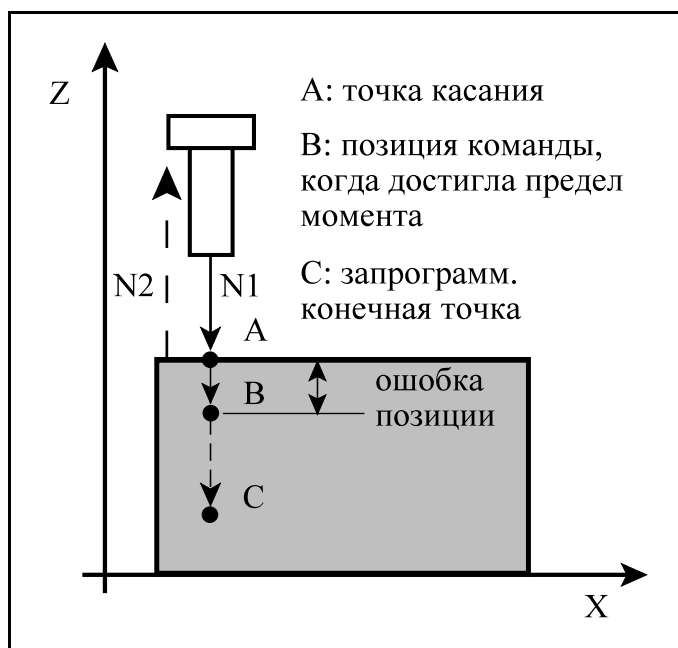


рисунок 21.2-1

Ошибка позиции непрерывно растёт от точки “А” до точки “В”, а при этом момент двигателя растёт, так как инструмент прижимается к заготовке. Поэтому для того, чтобы устройство ЧПУ не набежало на сервоошибку, во время выполнения функции, на параметре N3019 Servo Limit during Torque Limit Skip можно установить предел ошибки, больше

установленного на параметре N0520 Serrl2. Устройство ЧПУ выдаёт сообщение “3157 Сервоошибка G31 во время P98 “только после выхода из этого предела. Это сервоошибка не причиняет аварийное состояние, но отложит выполнение программы.

В момент достижения предела момента **позиция оси, зарегистрированная в точке “А” сохраняется** на следующих **макропеременных**:

#5061, или #100151, или #_ABSKP[1]: позиция 1-й оси,

#5062, или #100152, или #_ABSKP[2]: позиция 2-й оси.

...

Позиция, сохранённая на перечисленных выше макропеременных:

- если поступил **сигнал предела момента**, позиция точки “А”,
- если не поступил **сигнал предела момента**, позиция G31 запрограммированной **конечной точки** кадра P98.

Данные о позиции сохраняются

- всегда **в актуальной системе координат заготовки**,
- **без учёта** актуальной **коррекции по длине** (G43, G44).

Сообщения об ошибке

Если не заполнен адрес Q, выводится сообщение об ошибке “2004 Не хватает данные Q”.

Если значение адреса Q меньше, чем 1, или больше, чем 254, выводится сообщение об ошибке “2039 Ошибка задания Q”.

Если в функции имеется ссылка на больше одного адреса оси, выводится сообщение об ошибке “2035 Ошибочное задание данных оси <адрес оси>”, где <адрес оси> представляет собой адрес 2-й запрограммированной оси по порядку нумерации осей.

Если устройство ЧПУ не получает информацию о моменте (тока) от запрограммированной оси, выводится сообщение об ошибке “2156 Ошибка состояния щупа в канале 98”.

21.3 Автоматическое измерение длины инструмента (G37)

Под действием команды

G37 q

на оси, заданной координатой q измеряет и поправляет коррекцию загруженного инструмента по длине. Значение “q” истолкуются всегда абсолютными данными, в актуальной системе координат заготовки.

Перемещение **до позиции q - Rapid Distance** совершается **быстрым ходом**, где Rapid Distance является расстоянием, установленным параметром N3004 Rapid Distance.

После этого перемещение продолжается **подачей**, пока **не поступит сигнал измерительного щупа**, или пока устройство ЧПУ **не выводит сообщение об ошибке**. Устройство ЧПУ выво-

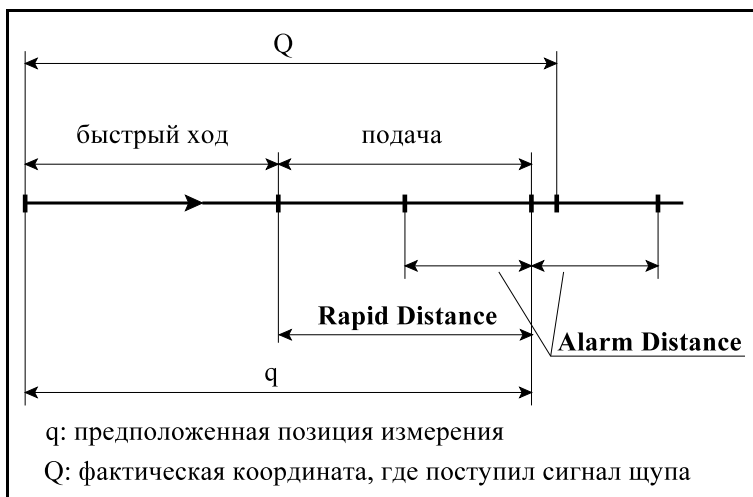


рисунок 21.3-1

дит сообщение об ошибке “2104 Позиция щупа вне пределах”, если сигнал щупа приходит вне окружения с радиусом Alarm Distance позиции, запрограммированной по адресу q (предположенной позиции измерения). Расстояние Alarm Distance является значением, установленным параметром N3005 Alarm Distance.

Значение подачи в кадре G37:

- подача, полученная модально из программы, если бит #0 TLF параметра N3003 G36, G37 Config будет 0, или
- значение, установленное параметром N0312 G37 Feed, если бит #0 TLF параметра N3003 G36, G37 Config будет 1.

Если измерение успешно совершилось, и сигнал щупа поступил в точке с координатой Q, возможны следующие случаи для поправления коррекции в предварительно вызванных по адресу H регистрах коррекции по длине:

- если бит #1 TMW параметра N3003 G36, G37 Config будет 0, поправляется **геометрическая коррекция**,
- если бит #1 TMW параметра N3003 G36, G37 Config будет 1, поправляется **коррекция на износ**.

Поправка коррекции по длине:

- если бит #2 TCA параметра N3003 G36, G37 Config будет 0, **разность q-Q вычитается** из соответствующей **коррекции**,
- если бит #2 TCA параметра N3003 G36, G37 Config будет 1, **разность q-Q добавляется** к соответствующей **коррекции**.

До начала измерения **надо вызывать соответствующее значение H и коррекцию по длине**.

- Команда G37 является одноразовой.
- Цикл G37 выполняется всегда в актуальной системе координат заготовки.
- Параметры Rapid Distance и Alarm Distance являются всегда положительными значениями. Для двух параметров должны быть удовлетворены следующие условия: Rapid Distance > Alarm Distance.
- Функцию можно вызвать только в состоянии G15, G50, G50.1, G69, G94, в противном случае выводится сообщение об ошибке.

Образцовый пример:

```
G55 G15 G50 G50.1 G69 G94
...
G43 G0 Z100 H5
X300 Y200
G37 Z50 F200
G0 Z100
...
```

22 Функции безопасности

В устройстве ЧПУ можно установить три зоны безопасности:

- **Конечные положения:** определяют пределы хода осей. Ограничивают всегда запрещённые извне зоны, с помощью включателей, или параметров.
- **Ограничение рабочей зоны:** включается, или выключается из программы функцией G22, G23. Можно установить его и заданием параметров. Может определить запрещённые изнутри и извне зоны.
- **Запрещённая изнутри зона:** ограничивает такую зону, вовнутрь которой нельзя войти. Устанавливается с помощью параметров.

22.1 Конечное положение

Конечные положения ограничивают ход осей. Обращение конечными положениями может совершиться включателем, или параметром. Конечные положения запрещают всегда наружные зоны.

Обращение конечным положением включателями

Сигналами включателя конечного положения обращается программа PLC и передаёт их для NC. Если какая-то ось набегала на включатель конечного положения, для устройства ЧПУ выводится сообщение

“3018 Набег на положительный включатель конечного положения на # оси”

или

“3019 Набег на отрицательный включатель конечного положения на # оси”,
где # название оси.

Недостатком ограничения хода включателем конечного положения **является, что устройство ЧПУ начинает замедлять после набег на включатель**. На станках, обладающих большим быстрым ходом из-за длинной **пути замедления надо бы сильно уменьшить ход**, чтобы даже с быстрого хода сумела ось остановиться. Кроме этого, не работает и наблюдение за конечным положением до запуска движения.

Обращение конечным положением параметром

В случае обращения конечным положением параметром устройство ЧПУ в каждый момент знает, насколько далеко ходит от конечного положения, и в зависимости от скорости оси начинает замедление всегда в подходящий момент. Поэтому **конечное положение с параметром максимально может использовать ход станка**.

Если какая-то ось набегала на конечное положение с параметром, устройство ЧПУ выводит сообщение

“3010 Набег на положительное конечное положение на # оси”, или

“3011 Набег на отрицательное конечное положение на # оси”,

где # название оси.

Конечные положения с параметром определяются строителем станка.

Наблюдение за конечным положением с параметром действует только после приёма референтной точки. На тех станках, на которых нет абсолютной измерительной системы,

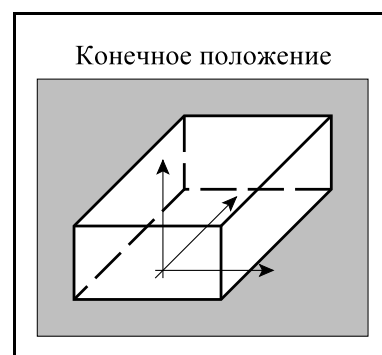


рисунок 22.1-1

то есть надо принять референтную точку, до приёма референтной точки ограничена величина быстрого хода по причинам безопасности. На осях, оборудованных абсолютной измерительной системой, конечное положение с параметром действует сразу после включения.

Параметром можно установить **два диапазона конечного положения**, А и В. Во время работы станка **программа PLC определяет**, что на какой оси и в каком направлении **действовало конечное положение А, или В**.

Например, в нормальном случае на оси Z действует конечное положение “А”. Если при смене инструментов рычаг смены захватит инструмент, программа PLC переключает на диапазон конечного положения В, и при этом диапазон конечного положения оси Z установлен на столько туго, чтобы перемещение оси Z не могло сорвать рычаг смены.

Спуск с конечного положения

Если во время прогона программы, или ручного перемещения какая-то ось набегит на конечное положение, **спускаться оттуда можно только ручным перемещением**.

22.2 Ограничение рабочей зоны, устанавливаемой с параметра/программируемой (G22, G23)

Ограничение рабочей зоны с параметра

Выделить ограничение рабочей зоны можно с установкой следующих параметров. Параметры можно установить только в режиме Редактирования (Edit).

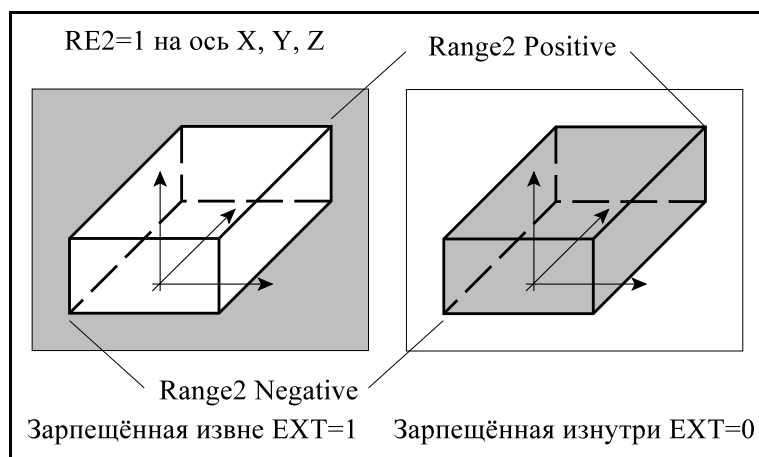


рисунок 22.2-1

Установкой бита #1 RE2 параметра N1000 Range Enable в 1 надо **выделить по осям**, чтобы данная ось участвовала в ограничении рабочей зоны.

Параметром N1006 Range2 Positive и N1007 Range2 Negative надо задавать **в станочной системе координат** точку в положительном и отрицательном направлении желаемой ограничивать рабочей зоны по осям.

Условие

$$N1006 \text{ Range2 Positive} > N1007 \text{ Range2 Negative}$$

должно удовлетвориться для всех выделённых осей!

На параметре можно выделить для ограничения рабочей зоны **все оси**, имеющиеся на станке с помощью разрешающего бита и станочных позиций.

На бите #0 EXT параметра N1001 StrkContr можно задавать, чтобы **выделённая рабочая зона была запрещена изнутри** (в случае EXT=0), **или снаружи** (в случае EXT=1).

Записав бит #1 STE параметра N1001 StrkContr в 1 **надо разрешать ограничение рабочей зоны**. Если бит STE будет 0, ограничение рабочей зоны не работает.

Биты EXT и STE надо установить по каналам. Ограничение рабочей зоны относится всегда к осям, принадлежащим к данному каналу.

После записи, или изменения параметров в одном из ручных режимов надо выдавать индивидуальный кадр

G23

Под действием этого принимается во внимание записанные, или изменённые параметры.

Рисунок показывает ограничение рабочей зоны для осей X, Y, Z. Естественно, можно выделить для этой функции больше и меньше этого осей.

Если станок набежит на запрещённую изнутри зону (EXT=0), устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке

“3042 Запрещённая изнутри зона 2”.

Если станок набежит на запрещённую снаружи зону (EXT=1) в положительном, или отрицательном направлении, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке

“3040 Запрещённая зона 2 # +” или

“3041 Запрещённая зона 2 # -”

где # название оси.

Выход из запрещённой с параметра рабочей зоны

Если во время прогона программы, или ручного перемещения какая-то ось набежит на запрещённую зону, надо поступить следующим образом:

Если **рабочая зона запрещена снаружи**.

Из зоны можно выходить **ручным перемещением**, подобно спуску с конечного положения.

Если **рабочая зона запрещена изнутри**.

Включением индикатора PLC: После *reset* программы, **удалить ошибку**. Включением индикатора CP_LIM2DIS PLC (например, **нажмите и держите нажато кнопку**) можно отложить наблюдение за 2-й запрещённой зоны, и можно выходить из неё не изменив параметры. *О подробностях спрашивать строителя станка.*

Установкой параметра: **установкой параметра STE=0 выключим** наблюдение за ограничением рабочей зоны, в индивидуальном кадре выдаём команду G23, затем **ручным перемещением покидаем зону**, потом **включим обратно наблюдение** установкой параметра STE=1 и снова выдаём команду G23.

Ограничение рабочей зоны из программы

Команда

G22 X Y Z I J K R

включает наблюдение за ограничением рабочей зоны. Командой можно ограничивать диапазон перемещения осей. Значение адресов команды:

X: предел положительного направления на оси X,

I: предел отрицательного направления на оси X,

Y: предел положительного направления на оси Y,

J: предел отрицательного направления на оси Y,

Z: предел положительного направления на оси Z,

К: предел отрицательного направления на оси Z,

Для заданных данных должны удовлетвориться следующие условия:

$$X \geq I, Y \geq J, Z \geq K$$

Все данные координат (X, Y, Z, I, J, K) надо задавать в станочной системе координат.

По адресу Р можно задавать, что наружу, или внутрь выделённой зоны нельзя ходить.

В случае Р=0 внутренность выделённой зоны запрещена,

В случае Р=1 наружность выделённой зоны запрещена.

Под действием команды G22 устройство ЧПУ не принимает во внимание значения, установленные параметром во 2-ом диапазоне, только те значения, которые задавали в команде G22.

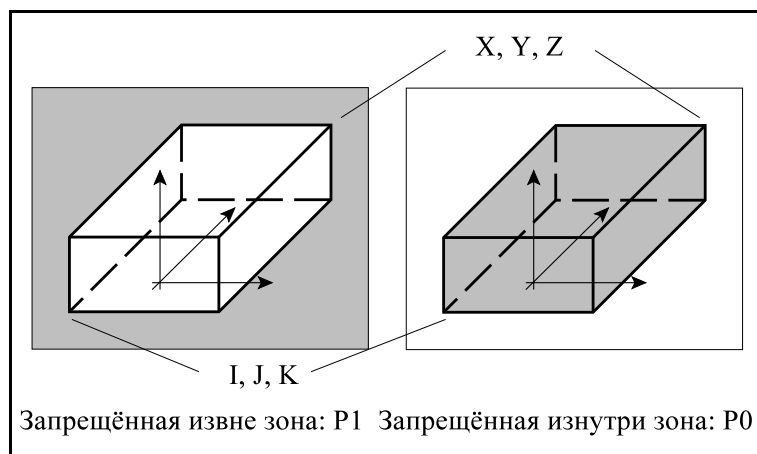


рисунок 22.2-2

Команда

G23

выключает наблюдение за ограничением рабочей зоны.

Команда G23 удаляет пределы диапазонов, установленные в команде G22, и заодно восстанавливает значения наблюдения за 2-ым диапазоном, установленные параметром.

- Ограничение рабочей зоны можно задавать только для **главных шпинделей**.
- Команды G22, G23 надо задавать в самостоятельном кадре.
- Ограничения рабочей зоны будет действовать после включения и приёма станочной референтной точки.
- Если $X=I, Y=J, Z=K$ и $P=0$ вся зона разрешена.
- Если $X=I, Y=J, Z=K$ и $P=1$ вся зона запрещена.

Если станок набежит в зону, запрещённую изнутри (G22 P0), устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке

“3042 Запрещённая изнутри зона 2”.

Если станок набежит в зону, запрещённую снаружи (G22 P1) в положительном, или в отрицательном направлении, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке

“3040 Запрещённая зона 2 # +” или

“3041 Запрещённая зона 2 # -”

где # название оси.

Выход из запрещённой зоны, запрограммированной функцией G22

Если во время прогона программы, или ручного перемещения какая-то ось набежит на запрещённую зону, надо поступить следующим образом:

Если *рабочая зона запрещена снаружи*.

Из зоны можно выходить *ручным перемещением*, подобно спуска с конечных положений.

Если *рабочая зона запрещена изнутри*.

Включением индикатора PLC: После *reset* программы, *удалить ошибку*. Включением индикатора CP_LIM2DIS PLC (например, *нажмите и держите нажато кнопку*) можно отложить наблюдение за 2-й запрещённой зоны, и можно выходить из неё. *О подробностях спрашивать строителя станка.*

Из программы: В ручном режиме *функцией G23 выключим* наблюдение за ограничением рабочей зоны, *ручным перемещением покидаем зону*, затем *включим обратно наблюдение* повторной выдачей полной команды G22.

Если в устройстве ЧПУ установлена параметром 2-я запрещённая зона, но командой G22 выдаём ограничение рабочей зоны, заданная с помощью G22 зона будет запрещена до тех пор, пока с помощью G23 не удалить его. После этого запрещена будет опять заданная параметром 2-я зона.

22.3 Запрещённая изнутри зона

В устройстве ЧПУ с помощью параметров всегда можно установить запрещённую изнутри зону. Если какая-то ось, а может быть несколько осей набежит на эту зону, или на её границу, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке “3043 Запрещённая изнутри зона 3”.

Выход из запрещённой изнутри зоны

Включением индикатора PLC: После *reset* программы *удалить ошибку*. Включением индикатора CP_LIM3DIS PLC (например, *нажмите и держите нажато одну кнопку*) можно отложить наблюдение за 3-й запрещённой зоны, и можно выходить из неё не изменив параметры. *О подробностях спрашивать строителя станка.*

Установкой параметра: Если станок набежит на запрещённую изнутри зону, надо включить на всех осях бит #2 RE3 параметра N1000 Range Enable, разрешение наблюдение за запрещённой изнутри зоны, записав бит RE3 в 0. После этого ручным перемещением надо выходить из зоны, затем надо включить обратно биты #2 RE3. Биты RE3 можно устанавливать только в режиме Редактирования (Edit).

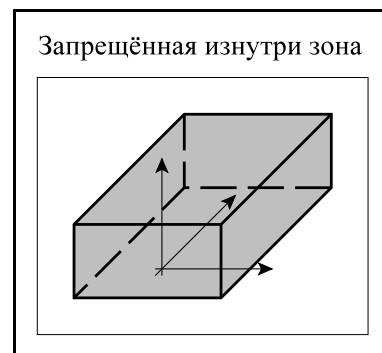


рисунок 22.3-1

22.4 Наблюдение за запрещённой зоной перед запуском движения.

При положении #2 CBM=1 параметра N1001 StrkCont, *прежде чем запускается команда движения*, устройство ЧПУ *рассматривает* в автоматическом режиме, или в режиме ручного ввода данных, или при запуске индивидуального кадра, *что конечная точка данного кадра не попадает ли в какую-то запрещённую зону*.

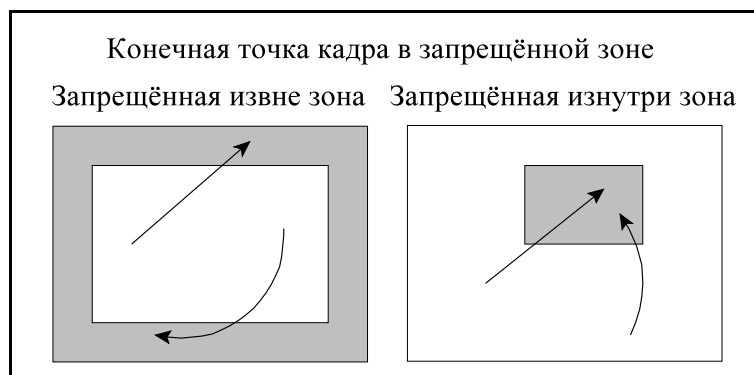


рисунок 22.4-1

Если конечная точка кадра *попадает вне 1-й запрещённой зоны, вне конечного положения*: устройство ЧПУ выводит сообщение

“2056 Конечная точка в положительном конечном положении на # оси”

“2057 Конечная точка в отрицательном конечном положении на # оси”

где # название ссылаемой оси, и *движение не запускается*.

Если конечная точка кадра *попадает в 2-ую, запрещённую изнутри зону*, устройство ЧПУ выводит сообщение

“2060 Конечная точка в 2-й запрещённой изнутри зоне”

и *движение не запускается*.

Если конечная точка кадра *попадает в 2-ую, запрещённую снаружи зону*, устройство ЧПУ выводит сообщение

“2058 Конечная точка в запрещённой зоне 2 # +”

“2059 Конечная точка в запрещённой зоне 2 # -”

где # название ссылаемой оси, и *движение не запускается*.

Если конечная точка кадра *попадает в 3-ью, запрещённую изнутри зону*, устройство ЧПУ выводит сообщение

“2061 Конечная точка в 3-й запрещённой изнутри зоне”

и *движение не запускается*.

При положении #2 CBM=1 параметра N1001 StrkCont, *прежде чем запускается команда движения*, устройство ЧПУ *рассматривает* в автоматическом режиме, или в режиме ручного ввода данных, или при запуске индивидуального кадра, *что траектория данного кадра не пересекает ли запрещённую изнутри зону*.

Если *траектория кадра пересекает 2-ую запрещённую изнутри зону*, но конечная точка не находится внутри запрещённой зоны, устройство ЧПУ выводит сообщение

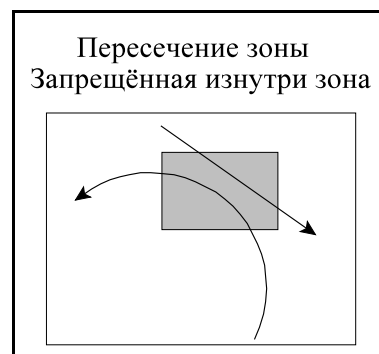


рисунок 22.4-2

“2062 Вход во 2-ую запрещённую изнутри зону”
и *движение не запускается*.

Если *траектория кадра пересекает 3-ью, запрещённую изнутри зону*, но конечная точка не находится внутри запрещённой зоны, устройство ЧПУ выводит сообщение

“2062 Вход в 3-ью запрещённую изнутри зону”
и *движение не запускается*.

В рассмотренных выше случаях ошибка устраняется изменением запрограммированных координат, изменением нулевых точек, или коррекций инструментов.

23 Макропрограммирование

Традиционный язык программирования NC описывает желаемую траекторию заданием кодов G, M, S, T, включает, или выключает разные функции. Отдельным адресам задаётся конкретное численное значение. Например, при желании отправить оси в позицию X50 Y100, тогда надо запрограммировать кадр

```
G0 X50 Y100
```

Используя команды макроязыка, *не нужно задавать конкретное числовое значение данному адресу*, например, X50, а *можно присвоить ей и переменное значение*, например, можно писать в программу и то, что

```
G#105 X#102 Y#110
```

где #105, #102, #110 представляет собой значение трёх разных переменных, которым раньше задавали какое-то значение.

В языке программирования можно использовать различные *аритметические выражения* и *функции* также, как например, сложение, извлечение квадратного корня, синус, и т.д. Можно использовать команды, выполняющие *присвоение значения, проверку условия, разветвление*, выполнение *цикла*.

Язык программирования позволяет *вызов таких подпрограмм, макросов*, которым *можно передавать аргументы* (параметры) из приглашающего кадра.

Заданием параметров можно создать такие т. н. *системные макросы*, а также *системные подпрограммы*, которыми пользователь может расширить, изменить команды традиционного языка программирования с кодами G на основании своих требований.

23.1 Переменные языка программирования

В главной программе, в подпрограммах и макросах отдельным *адресам можно задавать и переменные*, вместо конкретных числовых значений.

Переменным можно присвоить значения в пределах допускаемых значений. Использование переменных программирование можно переделать более гибким.

Переменные могут быть

локальными переменными, которые используются в макровыводах для передачи аргументов,

глобальными переменными, которые доступны на каждом уровне макровывода, далее

системными переменными.

Системные переменные представляют собой такие внутренние данные NC, которые можно прочесть, или можно изменить из программы деталей.

23.1.1 Ссылка на переменные

На переменные можно ссылаться *номером*, а на системные переменные или номером, или *символично*.

Ссылку на переменную вводится всегда со знаком #.

Задание ссылки номером

Идентификатор переменной обозначается *номером, последующим за знаком #*:

#<номер>

Например:

#12

#138

#5106

На переменную *можно ссылаться косвенным* образом, формулой также: #[<формула>]

Например:

#[#120]

означает: в 120-ой переменной имеется тот номер, на какую переменную по номеру ссылается.

#[#120-4]

означает: из числа, имеющегося в 120-ой переменной вычитав 4, получим номер ссылаемой переменной.

Ссылка на системные переменные символом

Ссылку символом также вводится *со знаком #*, затем за ним следует символ (подчёркивание):

#_<символ>

Например:

#_ALM (сообщение об ошибке)

Символическим переменным в некоторых случаях надо задавать и *индекс*. Индекс надо заключить *[и] в квадратные скобки*:

#_<символ>[индекс]

Например:

#_ABSIO[3]

означает: позиция 3-й оси в конце кадра, осевой индекс: [3].

В элементах программного кадра различные адреса могут принимать не только числовые значения, но и значения переменных. После адресов и в случае ссылки на переменную можно использовать знак минус "-", а также оператор I, где это разрешено в случае числового значения. Например:

G#102

если #102=1.0, тогда эта ссылка эквивалентна G1

XI-#24

если #24=135.342, тогда эта ссылка эквивалентна XI- 135.342

– номер кадра: N, условный кадр: / после его адресов ссылка на переменную не разрешено. Номером кадра считается всегда первый адрес N, записанный в кадр.

– Номер переменной нельзя заменить переменной, то есть нельзя писать, что

##120 (ошибочное).

Правильное задание:

#[#120] (правильное).

– Если переменную использовать после адреса, значение переменной не должна превышать область значений, допускаемую для данного адреса. Например,

#112=123456789

после присвоения значения ссылка

M#112

приводит к сообщению об ошибке.

– Если переменную использовать после адреса, значение переменной округляется до значащего цифра, соответствующего адресу. Например:

в случае #112=3.23 M#112 M3 будет,

в случае #112=3.6 M#112 M4 будет.

23.1.2 Изображение чисел макропеременных

Макропеременные за редким исключением являются числами с плавающей запятой.

Макропеременные, не являющимися числом с плавающей запятой, отметим в отдельном описании.

Для изображения чисел с плавающей запятой в устройстве ЧПУ следует по стандарту **IEEE754** изображения чисел **с двойной точностью, с плавающей запятой**. Эти числа изображаем на 64 битах.

Изображение чисел с двойной точностью, с плавающей запятой возможно чисел, начиная от $\pm 5.0 \times 10^{-324}$ до $\pm 1.7 \times 10^{308}$

и 0, с точностью 15-16 десятичных цифр. При вводе надо использовать **десятичную запятую** (,), но при вводе целых чисел не надо её выставить:

#100=256

Не надо вводить ни ведущие ноли, ни последующие ноли. Знак + (положительный) можно пропустить:

#100=134.89654

23.1.3 Локальные переменные: #1 – #33

Локальные переменные используются в данном месте макропрограммы, локально.

Локальные переменные используются обычно *для передачи аргумента*.

Локальные переменные *многоуровневые*, как к главной программе, так и к различным макровыводам принадлежат разные уровни, поэтому они называются локальными. Например, значение #1 в главной программе может быть иное, чем скажем на 2-ом уровне макровыводов.

После возвращения из макровывода локальные переменные данного уровня уничтожаются до #0, удаляются до полной пустоты. *Локальные переменные главной программы уничтожаются в конце программы.*

Сопоставление адресов аргументов с локальными переменными, далее обращение уровнями изложено во главе [23.3](#) Вызов макросов, системных макросов, системных подпрограмм на странице [333](#).

Та локальная переменная, адрес которой не фигурируется в выделении аргументов, она пустая и можно её свободно использовать.

23.1.4 Глобальные переменные: #100 - #499, #500 - #999

В отличие от локальных переменных, *глобальные переменные одинаковые по всему каналу*, независимо от того, что они используются в главной программе, в подпрограмме, или в макросах, далее, что на каком уровне макровывода.

Глобальные переменные *совершенно свободно могут использоваться* в системе, не имеют никакой отличительной роли.

Глобальные переменные делятся на две группы:

Глобальные переменные от #100 до #499 удаляются при выключении.

Значение глобальных переменных от #500 до #599 сохраняется и после выключения.

Для макропеременных от #500 до #999 *можно делать защиту от записи* с помощью параметров N1702 Write Prt Low и N1703 Write Prt Hig.

На параметр N1702 Write Prt Low запишем первый элемент блока, желаемый защитить от записи, а на параметр N1703 Write Prt Hig - последний элемент блока, желаемый защитить от записи.

Например, если желаемый защитить от записи переменные от #530 до #540, надо установить параметр N1702 Write Prt Low=530 и N1703 Write Prt Hig=540..

Если устройство ЧПУ обращается несколькими каналами, *глобальные переменные по блокам* с помощью параметра *можно делать доступным во всех каналах*.

Параметром N1700 No. of Common #100 задаётся число глобальных макропеременных от #100 до #499, вызываемых из каждого канала. В каждом канале общими макропеременными будут макропеременные от номера 100 до 100 + No. of Common #100. Этот параметр должен быть меньше, чем 400.

Если значение параметра например, 40, макропеременные от #100 до #139 будут общими для всех каналов.

Параметром N1701 No. Of Common #500 задаётся число глобальных макропеременных от #500 до #999, вызываемых из каждого канала. В каждом канале общими макропеременными

ми будут макропеременные от номера 500 до 500 + No. of Common #500. Этот параметр должен быть меньше, чем 500.

Если значение параметра например, 30, макропеременные от #500 до #529 будут общими для всех каналов.

23.1.5 Обозначения, используемые при описании системных переменных

Системные переменные представляют собой такие внутренние данные NC, которые можно прочитать, или можно изменить из программы деталей.

На макропеременных с опознавательным номером до 10000, относящихся к осям, можно опознавать оси только от 1 до 20. Для случаев высоких номеров осей были введены опознавательные номера выше 100000. По этим номерам от 1 до 50 можно ссылаться на оси. Например:

#100001 позицию конца кадра 1-й оси

можно опознать и с номером выше. Естественно, можно ссылаться на данные выше и с номерами под 10000 и символами также.

Обозначения, используемые при описании системных переменных, следующие:

[n]: индекс переменной. Может быть например, номер оси, или номер шпинделя

R: свойство переменной: переменная только для чтения

W: свойство переменной: переменная только для писания

R/W: свойство переменной: переменная для чтения и писания.

23.1.6 Пустая переменная. Постоянные

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#0, #3100	#_EMPTY	R	“пустая” постоянная
#3101	#_PI	R	$\pi = 3.14159...$
#3102	#_E	R	Натуральное число: $e = 2.71828...$

Пустая переменная #0, #3100, #_EMPTY (R)

При макровывозе, если какому-то адресу не присвоили значение, в корне макроса значение локальной переменной, относящейся к данному адресу, пустое будет.

Например:

G65 P100 X20 Y30

после вызова в макросе O0100 значение локальной переменной #1 пустое будет, так как в вызове G65 для адреса “A” не присвоили значение. В корне макроса проверкой

#1 EQ #0

можно решать, что при макровывозе заполнили ли адрес “A”

Пустая переменная и число 0 не то же самое, они разные!

Сравнив свойство пустой переменной тем, если значение какой-то переменной 0:

Ссылка на **пустую** переменную в адресе:

если #1=<пустая>	если #1=0
G90 X20 Y#1	G90 X20 Y#1
G90 X20	G90 X20 Y0

Пустая переменная в команде *присвоения значения*:

если #1=<пустая>	если #1=0
#2=#1	#2=#1
#2=<пустая>	#2=0
#2=#1*3	#2=#1*3
#2=0	#2=0
#2=#1+#1	#2=#1+#1
#2=0	#2=0

В случае *проверки условий* разница между значением переменной **пустая** и **0**:

если #1=<пустая>	если #1=0
#1 EQ #0	#1 EQ #0
исполнен	не выполнен
#1 NE 0	#1 NE 0
исполнен	не выполнен
#1 GE #0	#1 GE #0
исполнен	не выполнен
#1 GT 0	#1 GT 0
исполнен	не выполнен

23.1.7 Переменные между программой деталей и программой PLC

Обмен между программой деталей и программой PLC можно осуществлять через следующие переменные.

☞ **Внимание!** Строителем станка определяется, что какие информации передаёт программа PLC для программы деталей через различные системные переменные, а также какие информации принимает от программы деталей.

Номер	Символ	Свой- ство	Описание
#1000...#1031	#_UI[n] n=0 - 31	R	32 шт. битные переменные , переданные от программы PLC для NC. Область значений: 0, 1
#1032	#_UIL[n] n=0	R	32 шт. битные переменные, переданные от программы PLC для NC, переданное как одно 32 битное целое число. Область значений: 0 ... $2^{32}-1$
#1033...#1035	#_UIL[n] n=1, 2, 3	R	Переданные от программы PLC для NC 3 шт. переменные с плавающей запятой .
#1100...#1131	#_UO[n] n=0 - 31	R/W	Переданные от программы деталей для PLC 32 шт. битные переменные . Область значений: 0, 1
#1132	#_UOL[n] n=0	R/W	32 шт. битные переменные, переданные от программы деталей для PLC, переданное как одно, 32 битные целое число. Область значений: 0 ... $2^{32}-1$
#1133...#1135	#_UOL[n] n=1, 2, 3	R/W	Переданные от программы деталей для PLC 3 шт. переменные с плавающей запятой .

23.1.8 Сообщения программы деталей

Из макропрограммы можно выводить сообщение об ошибке, далее можно послать сообщение для оператора:

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#3000	#_ALM	W	Сообщение об ошибке, удалить клавишей Cancel
#3006	#_MSGSTP	W	Останов с сообщением, после Start идёт дальше
#3106	#_MSG	W	Выписывание сообщения в окно списка программ
#3107	#_MSGBOX	R/W	Посылка сообщения в окно Windows

Сообщение об ошибке: #3000, #_ALM (W)

Можно выводить сообщение об ошибке

#3000=nnn(СООБЩЕНИЕ ОБ ОШИБКЕ)

или отмеченное присвоением числового значения

#_ALM=nnn(СООБЩЕНИЕ ОБ ОШИБКЕ)

(nnn: не более трёх цифер), и/или текстовое сообщение об ошибке. Текст надо заключить в круглые скобки (,).

Если программа обнаруживает ошибку в макросе, то есть набегит на такую ветку, где для переменной #3000 присвоили значение, программа выполняется до предшествующего кадра, затем отложится выполнение и на экране появится сообщение об ошибке, заданное в скобках, а также код сообщения в форме

ii4nnn00 (ii: номер канала, в котором ошибка обнаружилась),

то есть к заданному значением #3000 числу nnn добавится 4000. Если не задавали число, код сообщения будет 4000, если не задавали текст, появится только код. Сообщение об ошибке прекращается клавишей CANCEL.

Останов с сообщением: #3006, #_MSGSTP (W)

Под действием присвоения значения

#3006=nnn(СООБЩЕНИЕ)

или

#_MSGSTP=nnn(СООБЩЕНИЕ)

выполнение программы остановится, и на экране появится сообщение, заключённое в круглые скобки, а также код сообщения в форме

ii5nnn00 (ii: номер канала, в котором обнаружилась ошибка),

то есть к заданному значением #3006 числу nnn добавится 5000. Если не задавали число, код сообщения будет 5000, если не задавали текст, появится только код. Выполнение программы продолжается нажав клавишу START, при этом сообщение удаляется с экрана. Команду полезно использовать в таком случае, когда во время выполнения программы потребуется вмешательство оператора.

Выписывание сообщения в окно Каталог программ: #3106, #_MSG (W)

Под действием присвоения значения

#3106=nnn(СООБЩЕНИЕ)

или

#_MSG=nnn(СООБЩЕНИЕ)

непрерывно продолжается программа, и появится *текст сообщения в самой верхней строке окна Каталог программ* следующим образом:

MSGnnn: (СООБЩЕНИЕ)

Текст сообщения остаётся там до тех пор, пока следующей командой #3106, или #_MSG не изменяем её. Под действием RESET, конец программы (M30) сообщение удаляется.

Для появления сообщения в самой верхней строке каталога программ, **надо разрешить выписывание** пользованием функциональных клавиш, следующим образом:

F5 Вид - F1 Каталог программ - F9 Установки - F3 #_информация MSG

Можно его использовать например, для указания выполнения фрагментов программ:

...

#3106=1 (черновая обработка фрезой D30)

...

...

#_MSG=2 (чистовая обработка фрезой D20)

...

Посылка сообщений в окно Windows: #3107, #_MSGBOX (R/W)

Под действием присвоения значения

#3107=nnn(СООБЩЕНИЕ)

или

#_MSGBOX=nnn(СООБЩЕНИЕ)

остановится выполнение программы (будет состояние STOP) и в строке сообщений управления появится текст сообщения, заключено в круглые скобки, а также код сообщения, в форме

iibnnnj (ii: номер канала, в котором выдавали сообщение).

Выписывание сообщения появится не только в верхней полосе штата, но и в середине экрана в *окне сообщений Windows*.

Тип окна сообщений определяется кодом сообщения, Если присвоение значений между

nnn=100 - 199, тогда окно сообщения появится **клавишей „Ok”**, и оператор может только принимать выписанное сообщение. Если присвоение значений между

nnn=200 - 299, тогда окно сообщения появится **клавишей „Да” „Нет”**.

В этом случае оператор имеет возможность выбирать. При любом ином присвоении значений управление выводит сообщение об ошибке.

После ответа на сообщения, появившиеся в окне Windows, сообщение удаляется и переменная #3107, может принимать следующие значения в различных случаях:

#3107=0: в окне щёлкнули на клавишу **X (заккрыть)**, или нажали клавишу **CANCEL**,

#3107=1: щёлкнули на клавишу **„OK”**,

#3107=2 : щёлкнули на клавишу **„Да”**,

#3107=3 : щёлкнули на клавишу **„Нет”**,

Если при выписывании сообщений в окне сообщений желаем изобразить данный фрагмент сообщения в нескольких строках, имеется возможность расчленить текст *символом „\n”* и таким образом вставить символ перемены строки.

При выписывании значений можно применить *форматирование макропеременных, описанное при команды DPRNT*.

1-й пример:

```
##3107=100 (Значения результата измерения\nX длина:
#140[53]\nY длина: #141[53])
```

2-й пример

```
#140=0.3458
#141=0.9123
(измерение)
(выписывание результата расчёта коррекции)
#_MSGBOX=200 (Значения износа инструмента\nX износ по диамет-
ру: #140[53]\nZ износ по направлению: #141[53]\n Желаете
записать новую коррекцию?)
IF [[#_MSGBOX] EQ 2] GOTO10
GOTO20
N10 (ветвь Да)
(запись износа)
N20
(продолжение программы)
```

23.1.9 Времена, счётчики заготовок

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#3001	#_CLOCK1	R/W	Секундомер в мсек-ах, свободного использования
#3002	#_CLOCK2	R/W	Время течения (мсек)
#3011	#_DATE	R	Дата: год/месяц/день
#3012	#_TIME	R	Часы: час/минута/секунда
#3901	#_PRTSA	R/W	Число изготовленных заготовок
#3902	#_PRTSN	R/W	Число изготавливаемых заготовок

Секундомер в миллисекундах: #3001, #_CLOCK1 (R/W)

Значение переменной можно писать и читать.

Можно измерить время, прошедшее между двумя моментами времени в миллисекундах. Значение переменной при включении устройства ЧПУ запускается с нуля, и считает в сторону нарастания. Всегда считает, когда устройство ЧПУ включено. Можно сводить к нулю с присвоением значения, из программы

```
#3001=0,
```

или

#_CLOCK1=0

командой переменную, которая при этом запускается с 0, а потом можно запросить его значение из программы

#100=#3001

или командой

#100=#_CLOCK1.

Время течения: #3002, #_CLOCK2 (R/W)

Значение переменной можно писать и читать. Измеряется время, проведённое в автоматическом режиме, в состоянии старта, подачей (G1, G2, и т.д.) В миллисекундах, скопленное с начала жизни устройства ЧПУ. Значение переменной можно читать на индикаторе Время/Индикатор счётчиков /Время течения.

Дата: #3011, #_DATE (R)

Из переменной можно читать текущую дату в формате год/месяц/день.

После использования команды

#100=#3011,

или

#100=#_DATE,

если значение переменной #100 например

20140518,

это означает, что дата: 2014 (год), 05 (месяц), 18 (18-ое число).

Часы: #3012, #_TIME (R)

Из переменной можно читать текущее время в формате час/минута/секунда.

После использования команды

#100=#3012,

или

#100=#_TIME

если значение переменной #100 например

153241,

это означает, что время: 15 ч (3ч п/о.), 32 мин, 41 сек.

Число изготовленных/изготавливаемых заготовок: #3901, #_PRTSA / #3902, #_PRTSN (R/W)

Значения переменных можно писать и читать. Число изготовленных заготовок собирает устройство ЧПУ в #3901–й #_PRTSA счётчике. К содержанию счётчика после выполнения каждой функции M02, M30, или после выполнения каждой функции M, выделённой параметром N2305 Part Count M добавит 1.

Когда число изготовленных заготовок достигает число изготавливаемых заготовок (#3902–й #_PRTSN счётчик) исполнитель сообщает об этом PLC.

число изготовленных заготовок #3901, #_PRTSA

число изготавливаемых заготовок #3902, #_PRTSN

Значение числа изготовленных и изготавливаемых заготовок можно читать на индикаторе Время/Индикатор счётчиков Изготовленных и Изготавливаемых.

23.1.10 Переменные, действующие на работу автоматического режима

Номер	Символ	Свой- ство	Описание
#3003	#_CNTL1	R/W	1-я контрольная переменная (покадровая)
#3003 бит 0	#_M_SBK	R/W	Подавление покадрового выполнения. Область значений: 0, 1
#3004	#_CNTL2	R/W	2 -я контрольная переменная
#3004 бит 0	#_M_FHD	R/W	Подавление Stop-а. Область значений: 0, 1
#3004 бит 1	#_M_OV	R/W	Подавление Override и Stop-а. Область значений: 0, 1
#3004 бит 2	#_M_EST	R/W	Подавление точного останова. Область значений: 0, 1

☞ **Внимание:** Значения битов, установленных на контрольных переменных, удаляются на reset и в конце программы!

1-я контрольная переменная: #3003, #_CNTL1 (R/W)

Если значение переменной #3003, или #_CNTL1 будет 1 (или нечётное число), в состоянии выполнения покадров не остановится после выполнения одного кадра до тех пор, пока значение этой переменной не будет 0.

На подавление покадрового выполнения можно ссылаться битом (заданием 0, или 1) и написанием переменной

#_M_SBK .

Значение переменной после включения, на reset будет 0.

Покадровое выполнение, если значение переменной

0: не подавлено

1: подавлено.

2-я контрольная переменная: #3004, #_CNTL2 (R/W)

Переменной #3004, или #_CNTL2 можно задавать следующие значения:

Значение #3004, или #_CNTL2	Подаление точного останова G61, G9	Подавление Override и Stop	Подавление клавиши Stop
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

Режим точного останова, клавиша override и stop, если число, записанное в соответствующий столбец

0: не подавлено

1: подавлено.

Подавления, перечисленные выше можно задавать записыванием 0, или 1 на битные переменные:

#_M_FHD: подавление клавиши stop:

0: не подавлено

1: подавлено.

Не подавит покадровый режим.

#_M_OV: подавление override и stop (состояние G63):

0: не подавлено

1: подавлено.

Подавит и покадровый режим

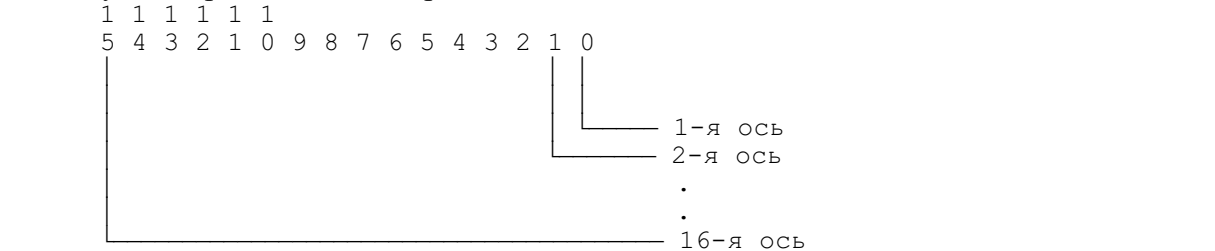
#_M_EST: подавление Точного останова G61, G9 (состояние G64)

0: не подавлено

1: подавлено.

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
	#_CNTBS	R	Запрос состояний поиска кадра и состоя-ний теста
bit 0	#_BSEARCH	R	Состояние поиска кадра
bit 1	#_TEST	R	Режим теста
bit 2	#_MCHLOCK	R	Режим станок закрыт

Номер	Символ	Св-во	Описание
#3007	#_MIRIMG	R	Состояние отражения



номеру оси какая по имени ось принадлежит.

23.1.13 Номер главной программы

Номер	Символ	Свой- ство	Описание
#4000	#_MAIN0	R	Номер выполняемой главной программы

Показывает всегда номер актуальной главной программы, выполняемой в данный момент, даже тогда, если как раз осуществляется выполнение какой-то подпрограммы. Если прервать автоматический режим и в MDI выполняем одну программу, то показывает номер программы, выполненной в MDI.

Если имя главной программы начинается не с буквы O и состоит не из максимально 8 цифер, #4000=0 будет.

23.1.14 Модальные информации

Модальные информации, действующие в предшествующем кадре, определяются чтением системных переменных #4001–#4199.

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#4001...#4039	#_BUFG[n] n=1-39	R	Код модальной функции G, заданной последней по группам. n: номер группы кода G
#4101	#_BUFA	R	Значение вспомогательной функции, заданной последней, адрес которой определено параметром N1333 Aux Fu Addr1.
#4102	#_BUFB	R	Значение вспомогательной функции, заданной последней, адрес которой определено параметром N1334 Aux Fu Addr2.
#4103	#_BUFC	R	Значение вспомогательной функции, заданной последней, адрес которой определено параметром N1334 Aux Fu Addr3.
#4107	#_BUFD	R	Значение адреса D, заданного последним
#4108	#_BUFE	R	Значение адреса E, заданного последним
#4109	#_BUFF	R	Значение адреса F, заданного последним
#4111	#_BUFH	R	Значение адреса H, заданного последним
#4113	#_BUFM	R	Значение адреса M, заданного последним
#4114	#_BUFN	R	Значение номера кадра N, заданного последним
#4115	#_BUFO	R	Значение номера программы O, вызванной последней
#4119	#_BUFS	R	Значение адреса S, заданного последним
#4120	#_BUFT	R	Значение адреса T, заданного последним
#4130	#_BUFWZP	R	Номер расширенной системы координат (G54.1 Pn), заданной последней

Модальные информации, действующие в кадре, находящемся в настоящий момент **под выполнением** определяются чтением переменных #4201–4399.

Номер	Символ	Свой- ство	Описание
#4201...#4239	#_ACTG[n] n=1-39	R	Код модальной функции G, действующей в кадре в момент его выполнения, по группам. n: номер группы кода G
#4301	#_ACTA	R	Значение вспомогательной функции, действующей в кадре в момент его выполнения, адрес которой определён параметром N1333 Aux Fu Addr1.
#4302	#_ACTB	R	Значение вспомогательной функции, действующей в кадре в момент его выполнения, адрес которой определён параметром N1334 Aux Fu Addr2.
#4303	#_ACTC	R	Значение вспомогательной функции, действующей в кадре в момент его выполнения, адрес которой определён параметром N1334 Aux Fu Addr3.
#4307	#_ACTD	R	Значение адреса D, действующего в кадре в момент его выполнения
#4308	#_ACTE	R	Значение адреса E, действующего в кадре в момент его выполнения
#4309	#_ACTF	R	Значение адреса F, действующего в кадре в момент его выполнения
#4311	#_ACTH	R	Значение адреса H, действующего в кадре в момент его выполнения
#4313	#_ACTM	R	Значение адреса M, действующего в кадре в момент его выполнения
#4314	#_ACTN	R	Значение номера кадра N, действующего в кадре в момент его выполнения
#4315	#_ACTO	R	Значение номера программы O, действующей в кадре в момент его выполнения
#4319	#_ACTS	R	Значение адреса S, действующего в кадре в момент его выполнения

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#4320	#_ACTT	R	Значение адреса T, действующего в кадре в момент его выполнения
#4330	#_ACTWZP	R	Номер расширенной системы координат (G54.1 Pn), действующей в кадре в момент его выполнения

Модальные информации, действующие в прерванном кадре в момент вызова макроса прерывания, определяются чтением переменных #4401–4599.

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#4401...#4439	#_INTG[n] n=1-39	R	Код модальной функции G, действующей в прерванном кадре, по группам. n: номер группы кода G
#4501	#_INTA	R	Значение вспомогательной функции, действующей в прерванном кадре, адрес которой определено параметром N1333 Aux Fu Addr1
#4502	#_INTB	R	Значение вспомогательной функции, действующей в прерванном кадре, адрес которой определено параметром N1334 Aux Fu Addr2.
#4503	#_INTC	R	Значение вспомогательной функции, действующей в прерванном кадре, адрес которой определено параметром N1334 Aux Fu Addr3.
#4507	#_INTD	R	Значение адреса D, действующего в прерванном кадре
#4508	#_INTE	R	Значение адреса E, действующего в прерванном кадре
#4509	#_INTF	R	Значение адреса F, действующего в прерванном кадре
#4511	#_INTH	R	Значение адреса H, действующего в прерванном кадре
#4513	#_INTM	R	Значение адреса M, действующего в прерванном кадре

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#4514	#_INTN	R	Значение номера кадра N, действующего в прерванном кадре
#4515	#_INTO	R	Значение номера программы O, действующей в прерванном кадре
#4519	#_INTS	R	Значение адреса S, действующего в прерванном кадре
#4520	#_INTT	R	Значение адреса T, действующего в прерванном кадре
#4530	#_INTWZP	R	Номер расширенной системы координат (G54.1 Pn), действующей в прерванном кадре

☞ **Внимание!** В случае модальных кодов G, содержащих точку, например, G51.1, вернёт код без точки так, что номер после точки напишет впереди:

#100=#4022

под действием команды значение #100 будет 151 в состоянии G51.1 и будет 150 в состоянии G50.1.

Систематизацию модальных кодов G по номеру групп показывает следующая таблица. Одноразовые, не модальные коды G относятся в 0-ую группу. 0-ую группу нельзя запрашивать, поэтому коды G, относящиеся туда, не приведенные в таблицу.

Номер группы	Модальные коды G, относящиеся в группу	Функция
1	G0, G1, G2, G3, G33	интерполяция
2	G17, G18, G19	выбор плоскости
3	G90, G91	абсолютное/инкрементное программирование
4	G22, G23	запрещённая зона вкл./выкл.
5	G94, G95	подача поминутная/за оборот
6	G20, G21	задание данных дюйм/метрическое
7	G40, G41, G42	коррекция радиуса вкл./выкл.
8	G43, G44, G43.1, G43.4, G43.5, G43.7, G43.8, G43.9, G49	коррекция по длине, ведение точки центра инструмента вкл./выкл.

Номер группы	Модальные коды G, относящиеся в группу	Функция
9	G73, G74, G76, G80, G81, G82, G83, G84, G84.2, G84.3, G85, G86, G87, G88, G89	циклы сверления
10	G98, G99	возвращение из сверлильного цикла в исходную точку/точку R
11	G50, G51	масштабирование вкл./ывкл.
12	G66, G66.1, G67	модальный макровывзов вкл./выкл.
13	G96, G97	постоянная скорость резания вкл./выкл.
14	G54, G54.1, G54.2, G55, G56, G57, G58, G59	выбор системы координат заготовки
15	G61, G62, G63, G64	функции управления подачей
16	G68, G69	плоскостный поворот вкл./выкл.
17	G15, G16	задание данных полярной координатой вкл./выкл.
18	G68.1, G68.2, G69.1	пространственные повороты вкл./выкл.
19		
20		
21	G12.1, G13.1	полярная интерполяция вкл./выкл.
22	G50.1, G51.1	отражение вкл./выкл.
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31	G50.2, G51.2	точение многоугольника вкл./выкл.

Номер группы	Модальные коды G, относящиеся в группу	Функция
32		
33		
34	G80.8, G81.8	электронный привод вкл./выкл.
35		
36		
37		
38		
39		

23.1.15 Информации о позиции

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#5001...#5020	#_ABSIO[n] n=1-50	R	Позиция конца кадра оси 1...n
#100001...#100050			
#5021...#5040	#_ABSMT[n] n=1-50	R	Позиция оси 1...n в станочной системе координат
#100051...#100100			
#5041...#5060	#_ABSOT[n] n=1-50	R	Позиция оси 1...n в системе координат заготовки
#100101...#100150			
#5061...#5080	#_ABSKP[n] n=1-50	R	Щупающая позиция оси 1...n в системе координат заготовки
#100151...#100200			

☞ **Внимание!** Чтение информации о позиции происходит на основании номера оси. Прежде чем использовать команду, спрашивайте разъяснение от строителя станка, что какая ось какой номер имеет.

Например, берём двуканальное устройство ЧПУ. В первом канале имеются оси X, Y, Z, во втором оси X, Z. Строитель станка распределил оси следующим образом:

1-й канал:

X – 1-я ось

Y – 2-я ось.

Z – 3-я ось

2-й канал:

X – 4-я ось

Z – 5-я ось

Если в 1-ом канале желаем запрашивать информации о позиции, по оси Z надо использовать индекс 3, если во втором - индекс 5.

Позиция осей в конце кадра: #5001...#5020, #100001...#100050, #_ABSIO[n] (R)

Позиция осей в конце кадра возвращается

в актуальной системе координат заготовки (G54, G55, ...),

в прямоугольных координатах,

не принимая во внимание все коррекции (длина, радиус).

Станочная позиция осей: #5021...#5040, #100051...#100100, #_ABSMT[n] (R)

Станочная позиция осей возвращается

в системе координат станка (G53),

Если данная ось перемещается, возвращённое значение постоянно меняется.

Позиция осей к заготовке: #5041...#5060, #100101...#100150, #_ABSOT[n] (R)

Позиция осей к заготовке возвращается

в актуальной системе координат заготовки (G54, G55, ...),

в прямоугольных координатах,

принимая во внимание все коррекции (длина, радиус).

Если данная ось перемещается, возвращённое значение постоянно меняется.

Щупающие позиции: #5061...#5080, #100151...#100200, #_ABSKP[n] (R)

В кадре G31 позиция, где поступил сигнал щупа, возвращается

в актуальной системе координат заготовки (G54, G55, ...),

в прямоугольных координатах,

принимая во внимание все коррекции (длина, радиус).

Если сигнал щупа не поступил, указанные выше переменные принимают позицию конечной точки, запрограммированную в кадре G31.

После поступления сигнала щупа ось замедляет и остановится. Позиция конечной точки #_ABSIO(n) кадра G31 принимает значение, равное значению после замедления и останова.

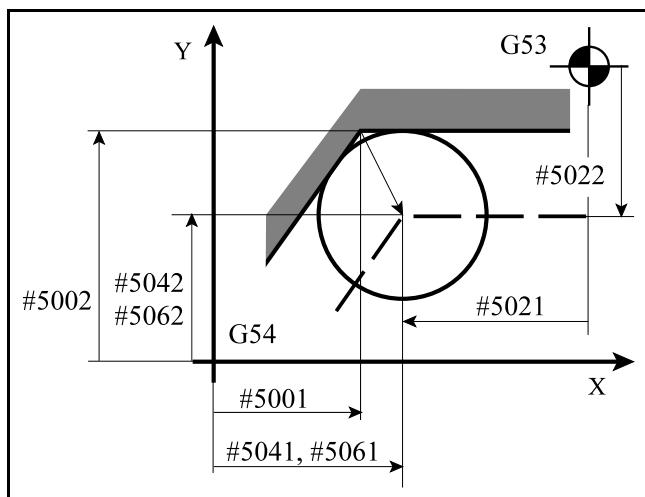


рисунок 23.1.15-1

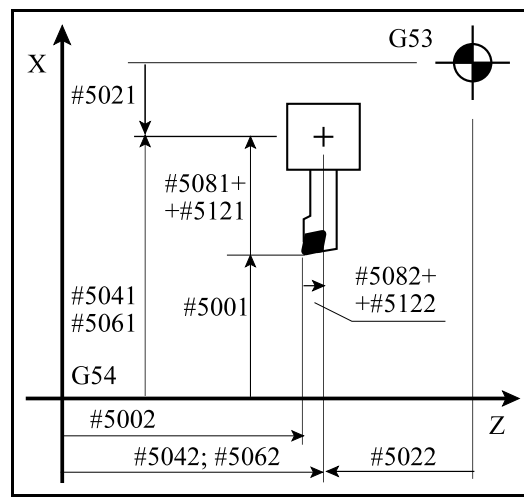


рисунок 23.1.15-2

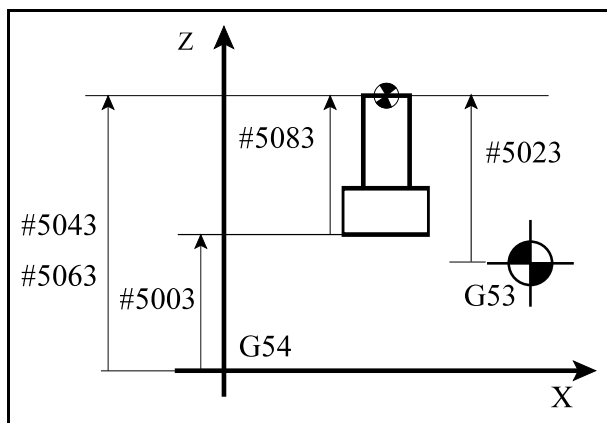


рисунок 23.1.15-3

23.1.16 Значение актуальной коррекции по длине

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#5081...#5100	#_TOFS[n] n=1-50	R	Значение коррекции по длине, учтённое на оси 1...n
#100201...#100250			

Из перечисленных выше переменных можно прочесть значение коррекции по длине (геометрическое + износ), учтённое по осям в кадре в момент выполнения, хоть используем расщеренные таблицы фрезерными коррекциями, хоть токарными коррекциями.

23.1.17 Прочие информации о позиции

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#5101...#5120	#_SVERR[n] n=1-50	R	Отставание оси 1...n
#100251...#100300			
#100651...#100700	#_MIRTP[n] n=1-50	R	Позиция, смещённая маховичком на оси 1...n
#5181...#5200	#_DIST[n] n=1-50	R	Значение остаточного хода на оси 1...n
#100801...#100850			

Отставание осей: #5101...#5120, #100251...#100300, #_SVERR[n] (R)

Из переменных можно прочесть отставание сервоконтуров осей (ошибка слежения), в вводных единицах измерения.

Позиции, смещённые маховичком: #100651...#100700, #_MIRTP[n] (R)

Если в автоматическом режиме, хоть во время движения, перемещением маховичка поправляем позицию осей (нулевую точку), меру коррекции можно прочесть из переменных выше, по осям, в вводных единицах измерения.

Значение остаточного хода: #5181...#5200, #100801...#100850, #_DIST[n] (R)

Из переменных можно прочесть по осям значение остаточного хода, то есть, что в кадре в момент выполнения сколько хода осталось переди до конечной позиции, в вводных единицах измерения. Это есть то значение, которое устройство ЧПУ выводит на экран позиции для остаточного хода.

23.1.18 Значения накопителя коррекции инструментов

Чтение или изменение значений коррекций, если используем **только фрезерные коррекции**

Значение параметра #2 TOL N1416 Comp. Config on Mills равно 0.

Номер	Символ	Свойство	Описание
#10001...#10999	#_OFSHG[n] n=1...999	R/W	Значение геометрической коррекции по длине. n=1...999: номер ячейки по коррекции
#11001...#11999	#_OFSHW[n] n=1...999	R/W	Значение износа коррекции по длине. n=1...999: номер ячейки по коррекции
#12001...#12999	#_OFSDG[n] n=1...999	R/W	Значение геометрической коррекции радиуса. n=1...999: номер ячейки по коррекции
#13001...#13999	#_OFSDW[n] n=1...999	R/W	Значение износа коррекции радиуса. n=1...999: номер ячейки по коррекции
#21001...#21999	#_CORR_G[n] n=1...999	R/W	Геометрическое значение радиуса скругления. n=1...999: номер ячейки коррекции
#22001...#22999	#_CORR_W[n] n=1...999	R/W	Значение износа радиуса скругления. n=1...999: номер ячейки коррекции

С помощью перечисленных выше макропеременных можно присвоить значение для всех ячеек по коррекции.

Чтение или изменение значений коррекций, если используем **и токарные коррекции**

Значение параметра #2 TOL N1416 Comp. Config on Mills равно 1.

Номер	Символ	Свойство	Описание
#10001...#10999	#_OFSHG[n], или #_OFSZG[n] n=1...999	R/W	Геометрическое значение коррекции по длине. Геометрическое значение коррекции по длине в направлении Z. n=1...999: номер ячейки коррекции
#11001...#11999	#_OFSHW[n], или #_OFSZW[n] n=1...999	R/W	Значение износа коррекции по длине. Значение износа коррекции по длине в направлении Z. n=1...999: номер ячейки коррекции
#12001...#12999	#_OFSDG[n], или #_OFSRG[n] n=1...999	R/W	Геометрическое значение коррекции радиуса n=1...999: номер ячейки коррекции
#13001...#13999	#_OFSDW[n], или #_OFSRW[n] n=1...999	R/W	Значение износа коррекции радиуса n=1...999: номер ячейки коррекции
#21001...#21999	#_CORR_G[n] n=1...999	R/W	Геометрическое значение радиуса скругления . n=1...999: номер ячейки коррекции
#22001...#22999	#_CORR_W[n] n=1...999	R/W	Значение износа радиуса скругления. n=1...999: номер ячейки коррекции
#23001...#23999	#_OFST[n] n=1...999	R/W	Код положения инструмента . n=1...999: номер ячейки коррекции
#135001... #135999	#_OFSXW[n] n=1...999	R/W	Геометрическое значение износа коррекции по длине в направлении X n=1...999: номер ячейки коррекции
#136001... #136999	#_OFSYW[n] n=1...999	R/W	Геометрическое значение износа коррекции по длине в направлении Y n=1...999: номер ячейки коррекции
#137001... #137999	#_OFSXG[n] n=1...999	R/W	Геометрическое значение коррекции по длине в направлении X. n=1...999: номер ячейки коррекции

Номер	Символ	Свойство	Описание
#138001... #138999	#_OFSYG[n] n=1...999	R/W	Геометрическое значение коррекции по длине в направлении Y. n=1...999: номер ячейки коррекции

С помощью перечисленных выше макропеременных можно присвоить значение для всех ячеек по коррекции, далее все ячейки по коррекции можно прочитать из программы.

23.1.19 Смещение нулевой точки заготовки

Значения смещений нулевой точки

Номер	Символ	Свойство	Описание
#5201...#5220 #100301...#100350	#_WZCMN[n] n=1-50	R/W	Общее смещение нулевой точки заготовки по осям
#5221...#5240 #100351...#100400	#_WZG54[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G54 по осям
#5241...#5260 #100401...#100450	#_WZG55[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G55 на оси 1...n
#5261...#5280 #100451...#100500	#_WZG56[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G56 на оси 1...n
#5281...#5300 #100501...#100550	#_WZG57[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G57 на оси 1...n
#5301...#5320 #100551...#100600	#_WZG58[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G58 на оси 1...n
#5321...#5340 #100601...#100650	#_WZG59[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G59 на оси 1...n

С помощью перечисленных выше макропеременных можно присвоить значение для всех смещений нулевой точки по осям, далее все смещения нулевой точки можно прочитать из программы по осям.

Значения основных поворотов

Номер	Символ	Свойство	Описание
#120001	#_WRG54[1]	R/W	Основной поворот G54 в плоскости XY
#120002	#_WRG54[2]	R/W	Основной поворот G54 в плоскости ZX
#120003	#_WRG54[3]	R/W	Основной поворот G54 в плоскости YZ
#120011	#_WRG55[1]	R/W	Основной поворот G55 в плоскости XY
#120012	#_WRG55[2]	R/W	Основной поворот G55 в плоскости ZX
#120013	#_WRG55[3]	R/W	Основной поворот G55 в плоскости YZ
#120021	#_WRG56[1]	R/W	Основной поворот G56 в плоскости XY
#120022	#_WRG56[2]	R/W	Основной поворот G56 в плоскости ZX
#120023	#_WRG56[3]	R/W	Основной поворот G56 в плоскости YZ
#120031	#_WRG57[1]	R/W	Основной поворот G57 в плоскости XY
#120032	#_WRG57[2]	R/W	Основной поворот G57 в плоскости ZX
#120033	#_WRG57[3]	R/W	Основной поворот G57 в плоскости YZ
#120041	#_WRG58[1]	R/W	Основной поворот G58 в плоскости XY
#120042	#_WRG58[2]	R/W	Основной поворот G58 в плоскости ZX
#120043	#_WRG58[3]	R/W	Основной поворот G58 в плоскости YZ
#120051	#_WRG59[1]	R/W	Основной поворот G59 в плоскости XY
#120052	#_WRG59[2]	R/W	Основной поворот G59 в плоскости ZX
#120053	#_WRG59[3]	R/W	Основной поворот G59 в плоскости YZ

С помощью перечисленных выше макропеременных можно задавать поворот в произвольной главной плоскости по системам координат заготовки, где точка центра поворота является точкой начала системы координат.

Значения расширенных смещений нулевой точки

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#7001...#7020	#_WZP1[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G54.1 P1 на оси 1...n
#101001...#101050			
#7021...#7040	#_WZP2[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G54.1 P2 на оси 1...n
#101051...#101100			
...	...	...	...
#7941...#7960	#_WZP48[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G54.1 P48 на оси 1...n
#103351...#103400			
#103401...#103450	#_WZP49[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G54.1 P49 на оси 1...n
#103451...#103500	#_WZP50[n] n=1-50	R/W	Смещение нулевой точки заготовки G54.1 P50 на оси 1...n
...	...	...	...

С помощью перечисленных выше макропеременных можно присвоить значение для всех нулевых смещений по осям, далее все смещения нулевой точки можно прочитать из программы.

Значения расширенных основных поворотов

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#120061	#_WRP1[1]	R/W	Основной поворот G54.1 P1 в плоскости XY
#120062	#_WRP1[2]	R/W	Основной поворот G54.1 P1 в плоскости ZX
#120063	#_WRP1[3]	R/W	Основной поворот G54.1 P1 в плоскости YZ
#120071	#_WRP2[1]	R/W	Основной поворот G54.1 P2 в плоскости XY
#120072	#_WRP2[2]	R/W	Основной поворот G54.1 P2 в плоскости ZX
#120073	#_WRP2[3]	R/W	Основной поворот G54.1 P2 в плоскости YZ

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
...	...	...	...

С помощью перечисленных выше макропеременных можно задавать поворот в произвольной главной плоскости по каждой расширенной системе координат заготовки, где точка центра поворота является точкой начала системы координат.

Значения динамических смещений нулевой точки

Значения таблицы динамических смещений нулевой точки с помощью переменных можно писать и читать:

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#5521...#5540	#_FOFS1[n] n=1-50	R/W	Динамическое смещение нулевой точки G54.2 P1 по осям
#117051...#117100			
#5541...#5560	#_FOFS2[n] n=1-50	R/W	Динамическое смещение нулевой точки G54.2 P2 по осям
#117101...#117150			
...	...		...
#5661...#5680	#_FOFS8[n] n=1-50	R/W	Динамическое смещение нулевой точки G54.2 P8 по осям
#117401...#117450			

Номер актуальных динамических смещений нулевой точки

Во время прогона программы номер действующих динамических смещений нулевой точки можно прочитать с помощью следующей команды:

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#5500	#_FOFSP	R	Номер актуальных динамических смещений нулевой точки (G54.2 Pp P=1-8)
#117000			

Во время прогона программы значение актуальных динамических смещений нулевой точки можно прочитать с помощью следующих переменных. Эти значения не тождественны значениям, записанным в таблицу динамических смещений нулевой точки, а они представляют собой (повернутые) значения, поправленные на основании мгновенной позиции столов.

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#5501...#5520	#_FOFSVAL[n] n=1-50	R	Значение актуальных динамических смещений нулевой точки по осям
#117001...#117050			

23.1.20 Прочтение данных инструмента, имеющихся в шпинделе и в дежурных магазинах

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#8400		R/W	Адрес шпинделя, или дежурного магазина

На макропеременной

#8400 (10, 11, 20, 21, ... можно писать, читать)

надо задавать, что в каком шпинделе, или дежурном магазине имеются инструменты, для которых желаем прочитать данные по обращению инструментами через макропеременные #8401, #8402, Определению поддаются только номера магазинов, заданных в скобках. Если на станке имеется несколько шпинделей, или дежурных магазинов, за информацию обращайтесь к строителю станка.

Если на станке имеется только один шпиндельный магазин, а дежурного магазина нет, для макропеременной #8400 не надо присвоить значение, макропеременные #8401, ... относятся всегда к инструменту, находящемуся в шпинделе.

Прочитаемые данные следующие:

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#8401		R	Номер данных (порядковый номер таблицы оператора инструментов)
#8402		R	Номер типа инструмента (код T)
#8403		R	Значение счётчика стойкости резца
#8404		R	Максимальная стойкость инструмента
#8405		R	Значение предупреждающей стойкости резца

Номер	Символ	Свой- ство	Описание
#8406		R	Штат стойкости резца
#8407		R	Битные данные пользователя
#8408		R	Информация об инструменте
#8409		R	H: номер ячейки коррекции радиуса (в фрезерном канале)
#8410		R	D: номер ячейки коррекции радиуса (в фрезерном канале)
#8411		R	S: число оборотов шпинделя
#8412		R	F: подача
#8413		R	G: номер ячейки геометрической коррекции (в токарном канале)
#8414		R	W: номер ячейки коррекции по износу (в токарном канале)
#8431		R	Пользовательские данные 1
#8432		R	Пользовательские данные 2
#8433		R	Пользовательские данные 3
#8434		R	Пользовательские данные 4
#8435		R	Пользовательские данные 5
#8436		R	Пользовательские данные 6
#8437		R	Пользовательские данные 7
#8438		R	Пользовательские данные 8
#8439		R	Пользовательские данные 9
#8440		R	Пользовательские данные 10
#8441		R	Пользовательские данные 11
#8442		R	Пользовательские данные 12
#8443		R	Пользовательские данные 13
#8444		R	Пользовательские данные 14
#8445		R	Пользовательские данные 15
#8446		R	Пользовательские данные 16

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#8447		R	Пользовательские данные 17
#8448		R	Пользовательские данные 18
#8449		R	Пользовательские данные 19
#8450		R	Пользовательские данные 9

Номер пользовательских данных можно задавать параметром N2903 No. of Custom Columns. Первые пользовательские данные всегда битные данные.

Перечисленные выше данные только для чтения.

Если выбранный макропеременной #8400 шпиндель, или дежурный магазин пустой (нет в нём инструмента), значения макропеременных:

#8401=0 (номер данных)

#8402= #8403= ...= #8450= #0 (пустой)

С помощью макропеременных можно вызывать коррекции, назначенных к инструменту (H, D), или технологические параметры (F, S). Если например, на код смены инструмента (M06) выделить вызов подпрограммы, в подпрограмму можно записать:

...

M6

#8400=10 (1. шпиндельный магазин)

H#8409 D#8410 S#8411 F#8412

...

23.1.21 Прочтение данных палитр, находящихся на рабочем месте и на месте монтажа

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#8500		R/W	Адрес рабочего места, или места монтажа

По макропеременной

#8500 (10, 11 можно писать, читать)

надо задавать, что мы желаем прочесть данные палитры, находящейся на рабочем месте (#8500=10), или на месте монтажа (#8500=11) через макропеременные #8501, #8502,

Поддаются определению только номера магазинов, заданных в скобках.

Если на станке имеется лишь одно рабочее место и нет места монтажа, не надо присвоить значение макропеременной #8500, макропеременные #8501, ... относятся всегда к палитрам, находящимся на рабочем месте.

После включения она установится первоначальным значением #8500=10 .

Можно прочесть следующие данные:

Номер	Символ	Свой-ство	Описание
#8501		R	Идентификатор палитры

Номер	Символ	Свой- ство	Описание
#8502		R	Штат
#8503		R	Приоритет
#8504		R	Число выполненных программ
#8505		R	Число выделённых программ
#8531		R	Пользовательский 1
#8532		R	Пользовательский 2
#8533		R	Пользовательский 3
#8534		R	Пользовательский 4

23.2 Команды языка программирования

При описании различных команд используем выражение

$\#i = \langle \text{формула} \rangle$

$\langle \text{формула} \rangle$ может содержать арифметические действия, функции, переменные, постоянные.

Вообще в $\langle \text{формула} \rangle$ —е ссылаемся на переменные $\#j$ и $\#k$.

$\langle \text{формула} \rangle$ может стоять не только на правой стороне команды присвоения значения, а в кадре НС и различные адреса могут принимать вместо переменной конкретные числовые значения или формулу.

На порядок выполнения действий можно влиять квадратными скобками

[,]..

23.2.1 Команда для присвоения значения: $\#i = \#j$

Код команды: =

Под действием команды переменная $\#i$ примет значение переменной $\#j$, то есть в переменную $\#i$ попадает значение переменной $\#j$.

Разрешено и присвоение данных

$\#i = \#i \langle \text{действие} \rangle \#j$

Выполняем действие значением переменной $\#i$ с переменной $\#j$, результат которого попадает в переменную $\#i$.

Например:

$\#100 = \#100 + 1$

это означает, что новое значение $\#100$ будет равно старому значению плюс 1.

Можно присвоить значение и битным переменным:

$\#1100 = 1$

$\#_UO[3] = 0$

$\#_M_SBK = 1$

Если значение, присвоенное битной переменной

$0 < \text{значение} \leq 1$

значение берётся за 1. Если значение больше, чем 1

$1 < \text{значение}$

выводится сообщение об ошибке “2092 Предел значения превышен”.

 **Внимание:** По левой стороне команды присвоения значения может стоять переменная только для писать, или для чтения/для писания (W, или W/R). При желании придавать значение переменной только для чтения (R), выводится сообщение об ошибке “2161 #nnnn макропеременная только для чтения”.

23.2.2 Арифметические действия

Минус с одним операндом: $\#i = - \#j$

Код действия: -

В следствие действия переменная $\#i$ будет равной переменной $\#j$ по абсолютному значению, но противоположной по знаку.

$\#100 = - \#12$

Сложение: $\#i = \#j + \#k$

Код действия: +

В следствие действия переменная $\#i$ примет сумму значений переменных $\#j$ и $\#k$.

$\#1 = \#2 + 3.25$

G0 X[#100+#101]

Вычитание: $\#i = \#j - \#k$

Код действия: -

В следствие действия переменная $\#i$ примет разность значений переменных $\#j$ и $\#k$.

$\#100 = \#100 - \#102$

G1 Z[25.34-2.48]

Умножение: $\#i = \#j * \#k$

Код действия: *

В следствие действия переменная $\#i$ примет произведение значений переменных $\#j$ и $\#k$.

$\#3 = \#1 * \#2$

$\#100 = \#101 * 5.65$

Деление: $\#i = \#j / \#k$

Код действия: /

В следствие действия переменная $\#i$ примет частное значений переменных $\#j$ и $\#k$.

Значение $\#k$ не может быть 0. В противном случае устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке “2093 Попытка деления на ноль”.

$\#3 = \#1 / \#2$

$\#100 = 542.23 / \#3$

Образование модуля: $\#i = \#j \text{ MOD } \#k$

Код действия: MOD

В следствие действия переменная $\#i$ примет остаток деления переменных $\#j$ и $\#k$.

Значение $\#k$ не может быть 0. В противном случае устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке “2093 Попытка деления на ноль”. В случае

$\#120 = 27 \text{ MOD } 4$

значение переменной $\#120$ будет равно 3.

Примеры для использования арифметических действий:

Использованием квадратных скобок [,] можно влиять на порядок выполнения действий.

$\#100 = \#101 + \#102$

$\#100 = \#100 - 3$

$\#100 = [\#101 + \#102 * 5.27] / 4.1$

G0 X[[#100 + 2]/4] Y100

23.2.3 Логические действия

Логические действия обращаются переменными всегда как 32 битным целым числом со знаком. Если выполняется логическое действие на переменной по исходу с плавающей запятой, например, $\#100$, перед выполнением действия проверяется, что значение переменной $\#i$ удовлетворяет ли следующим условиям:

$-(2^{32} - 1) \leq \#i < 2^{32}$,

то есть десятично

$-4294967297 \leq \#i < 4294967296$.

Если нет, выводится сообщение об ошибке “2129 Ошибочное действие на #”.

Если значение переменной попадает внутрь пределов, действие выполняется 32 битным

целым числом. Если результат действия попадает в переменную по исходу с плавающей запятой, например, #100, результат превращает обратно в число с плавающей запятой.

Отрицание: #i = NOT #j

Код действия: **NOT**

В следствие действия переменная #j сперва преобразуется в 32 битное число с фиксированной запятой. После этого берётся от числа с фиксированной запятой отверженное по битам значение на все 32 бита.

Или: #i = #j OR #k

Код действия: **OR**

В следствие действия переменная #j и #k сперва преобразуется в 32 битное число с фиксированной запятой.

В следствие действия в переменную #i попадает логическая сумма значений переменных #j и #k по битам, на все 32 бита. Там, где на одинаковых разрядах обоих чисел на обоих местах стоит 0, на тот разряд в результате попадает 0, а в прочем 1.

Исключающее или: #i = #j XOR #k

Код действия: **XOR**

В следствие действия переменная #j и #k сперва преобразуется в 32 битное число с фиксированной запятой.

В следствие действия в переменной #i так суммируются значения переменных #j и #k по битам, что там, где на одинаковых разрядах находятся одинаковые числовые значения, в результате на то место попадает 0, там, где находятся разные числовые значения, туда попадает 1, на всех 32 битах.

И: i# = #j AND #k

Код действия: **AND**

В следствие действия переменная #j и #k сперва преобразуется в 32 битное число с фиксированной запятой.

В следствие действия в переменную #i попадает логическое произведение значений переменных #j и #k по битам, на все 32 бита. Там, где на одинаковых разрядах обоих чисел находится на обоих местах 1, туда на разряд в результате попадает 1, а в прочем 0.

Пример для использования логический действий:

32 битную макропеременную #1132, идущую в сторону PLC, манипулируем следующем образом: верхний 8 битов переменной (31 - 24) надо ставить так, чтобы нижние биты остались неизменными. Для оставления нижних 24 битов неизменными и удаления верхних 8 битов берём следующую битмаску:

битмаска гексадесятично

00FFFFFFF,

преобразив в десятичную:

16777215

Сохраняем битмаску на переменной #100:

#100=16777215

Сохраним на переменной #101 значение, оставляющее нижнего 24 бита #1132, и удаленного на верхних 8 битах значение:

#101=#100AND#1132

На переменную #102 напишем устанавливаемый битный образец:

битный образец гексадесятично:

```
9B000000,
```

преобразовав в десятичную:

```
-1694498816
```

Сохраним битный образец на переменной #102:

```
#102= -1694498816
```

Затем напишем на переменную #1132 так, чтобы нижние 24 бита остались неизменными:

```
#1132=#101XOR#102
```

Используя скобки надлежащим образом, вместо приведенных выше четырёх строк можно и следующее писать:

```
#1132=[16777215AND#1132]XOR[-1694498816]
```

23.2.4 Функции

Извлечение квадратного корня: #i = Sqrt #j

Код функции: **Sqrt**

В следствие действия переменная #i примет квадратный корень переменной #j.

```
#101=Sqrt[#100+4]
```

Значение переменной #j может быть только положительным числом, или 0:

```
#j ≥ 0
```

Если аргумент отрицательный, выводится сообщение об ошибке “2122 Извлечение корня из отрицательного значения”.

Синус: #i = Sin #j

Код функции: **Sin**

В следствие действия переменная #i примет синус переменной #j. *Значение #j понимается всегда в градусах.*

```
G1 X[SIN30-#101]
```

Косинус: #i = Cos #j

Код функции: **Cos**

В следствие действия переменная #i примет косинус переменной #j. *Значение #j понимается всегда в градусах.*

```
#102=Cos[#1+#2]
```

Тангенс: #i = Tan #j

Код функции: **Tan**

В следствие действия переменная #i примет тангенс переменной #j. *Значение #j понимается всегда в градусах.*

Если значение аргумента #j

```
#j=(2n+1)*90°, где n=0, ±1, ±2,...
```

выводится сообщение об ошибке “2116 Абсолютное значение аргумента не меньше, чем 90”.

```
#1=Tan[#2*15.6]
```

Арксинус: #i = Asin #j

Код функции: **Asin**

В следствие действия переменная #i примет арксинус переменной #j. *Результат задаётся в градусах, значение #i попадает между +90° и -90°.*

```
#101=Asin[-0.5] (#101=-30 будет)
```

Аргумент #j должен удовлетворить следующим условиям:

$$-1 \leq \#j \leq 1$$

В противном случае выводится сообщение об ошибке “2117 Абсолютное значение аргумента больше, чем 1”.

Арккосинус: $\#i = \text{ACOS } \#j$

Код функции: **ACOS**

Arkuszkoszinusz: $\#i = \text{ACOS } \#j$

Код функции: **ACOS**

В следствие действия переменная $\#i$ примет арккосинус переменной $\#j$. *Результат задаётся в градусах, значение $\#i$ попадает между 0° и 180° .*

$\#101 = \text{ACOS}[-0.5]$ ($\#101 = 120$ будет)

Аргумент $\#j$ должен удовлетворить следующим условиям:

$$-1 \leq \#j \leq 1$$

В противном случае выводится сообщение об ошибке “2117 Абсолютное значение аргумента больше, чем 1”.

Арктангенс: $\#i = \text{ATAN } \#j$

Код функции: **ATAN**

В следствие действия переменная $\#i$ примет арктангенс переменной $\#j$. *Результат задаётся в градусах, значение $\#i$ попадает между $+90^\circ$ и -90° .*

$\#101 = \text{ATAN}[-0.5]$ ($\#101 = -26.565$ будет)

Показатель: $\#i = \text{EXP } \#j$

Код функции: **EXP**

В следствие действия переменная $\#i$ примет $\#j$ -ую степень натурального числа (e).

$\#100 = \text{EXP}1$ ($\#100 = 2.71828\dots$ то есть “e” будет)

Натуральные логарифмы: $\#i = \text{LN } \#j$

Код функции: **LN**

В следствие действия переменная $\#i$ примет натуральный логарифм числа $\#j$.

$\#100 = \text{LN}2.718281828$ ($\#100 = 0.999\dots \ln(e) = 1$ будет)

Если значение аргумента $\#j$

$$\#j \leq 0$$

выводится сообщение об ошибке “2118 Значение аргумента не положительное”.

23.2.5 Команды конверсии

Образование абсолютного значения: $\#i = \text{ABS } \#j$

Код функции: **ABS**

В следствие действия переменная $\#i$ примет абсолютное значение переменной $\#j$.

$\#100 = \text{ABS}[-3.1]$ ($\#100 = 3.1$ будет)

$\#100 = \text{ABS}[5.25]$ ($\#100 = 5.25$ будет)

$\#100 = \text{ABS}[0]$ ($\#100 = 0$ будет)

Округление по абсолютному значению вниз: $\#i = \text{FIX } \#j$

Код функции: **FIX**

Действие отбрасывает дробную часть переменной $\#j$ и это значение попадает в переменную $\#i$.

Например:

$\#130 = \text{FIX}4.8$ ($\#130 = 4$ будет)

$\#131 = \text{FIX}[-6.7]$ ($\#131 = -6$ будет)

Округление по абсолютному значению вверх : $\#i = \text{FUP } \#j$

Код функции: **FUP**

Действие отбрасывает дробную часть переменной #j и в абсолютном значении увеличивает на 1.

Например:

#130=FUP12.1 (#130=13 бюджет)

#131=FUP [-7.3] (#131=-8 будет)

23.2.6 Порядок выполнения сложных арифметических действий

Перечисленные выше арифметические действия и функции можно комбинировать. **Порядок выполнения действий**, или правило прецеденции:

функция – мультипликационные действия– аддитивные арифметические действия.

Например, порядок выполнения действий в следующем примере:

$$\#110 = \#111 + \#112 \star \frac{\cos \#113}{1}$$

Изменение порядка выполнения действий

Использованием квадратных скобок [и] можно изменить порядок выполнения действий.

Пример для применения скобок трёхкратной глубины:

$$\#120 = \cos \left[\frac{\left(\frac{\#121 - \#122}{1} \right) * \#123 + \#125}{2} * \#126 \right]$$

Цифры показывают порядок выполнения действий. Видно, что внутри скобок одинакового уровня для порядка выполнения действий действует упомянутое выше правилоprecedенции.

Открывающие [и закрывающие] скобки надо задавать в паре. Если число открывающих [скобок меньше, чем закрывающих, выводится сообщение об ошибке “2064 Синтаксическая ошибка”. Если число закрывающих] скобок меньше, чем открывающих, выводится сообщение об ошибке “2121 Правой скобки не найти”.

23.2.7 Условные выражения

Язык программирования знает следующие условные выражения:

равно (=):	#i EQ #j
не равно (≠):	#i NE #j
больше, чем (>):	#i GT #j
меньше, чем (<):	#i LT #j
больше, или равно (≥):	#i GE #j

меньше, или равно ($\leq$): $\#i \text{ LE } \#j$

По обеим сторонам условного выражения переменную можно заменить и формулой. Перечисленные выше выражения могут стоять после команд IF, или WHILE.

23.2.8 Безусловное разветвление: GOTO_n

Под действием команды **GOTO_n** выполнение программы продолжается безусловно от команды с номером n той же программы. Номер n можно заменить и переменной, или формулой также. *Номер кадра*, на который переходим с командой GOTO, *должен фигурировать в начале кадра*.

Если не находить выделённый номер кадра, выводится сообщение об ошибке “2125 Не найти кадра Nnnnn”.

Можно переходить кадром вперёд:

```
...
GOTO160 (переходит на кадр N160)
...
N160 G0 X100
...
```

или можно и назад. В этом случае может создаваться и бесконечный цикл:

```
...
N160 G0 X100
...
#1=100
#2=60
...
GOTO[#1+#2] (переходит на кадр N160)
...
```

23.2.9 Условное разветвление: IF[<условное выражение>] GOTO_n

Если завершается [<условное выражение>], закрытое обязательно в квадратные скобки, выполнение программы продолжается от кадра с номером n той же программы.

Если не завершается [<условное выражение>], выполнение программы продолжается следующим кадром.

Если после IF не последует проверки условий, в зависимости от типа ошибки, выводится сообщение об ошибке “2064 Синтаксическая ошибка”, или “2121 Ошибочный терминатор=”.

Например

```
...
#100=52.28
#101=16.87
...
IF[#100GT#101] GOTO210 (переходит на кадр N210)
...
N210 G0 X0 Y100 Z20
...
```

23.2.10 Условная команда: IF[<условное выражение>] (THEN)<команда>

Если завершается [<условное выражение>], выполняется команда за THEN.

Если не завершается [<условное выражение>], выполнение программы продолжается следующим кадром.

В команде *можно пренебречь THEN*

IF[<условное выражение>] команда
выполнение ряда команд то же самое.

```
...  
#100=0  
#101=0  
#1=20  
...  
IF[#1EQ20] THEN#100=3.15 (#100=3.15 будет)  
IF[#100GT3.15] #101=5 (#101=0 остаётся)  
...
```

23.2.11 Организация цикла: WHILE[<условное выражение>] DOm ... ENDm

*Пока завершается [<условное выражение>], повторно выполняются кадры после DO
т до кадра END т.* То есть устройство ЧПУ проверит, что удовлетворилось ли условие,
если да, выполняет часть программы между DOm и ENDm, затем под действием команды
ENDm программа возвращается к повторной проверке условия после WHILE.

*Если не завершается [<условное выражение>], выполнение программы продолжается
кадром после ENDm.*

*Если пренебречь WHILE [<условное выражение>], то есть цикл описывается командами
DOm ... ENDm, часть программы между DOm и ENDm выполняется до бесконечного
времени.*

возможные значения т: 1, 2, 3.

Случай m>3 приводит к выводу сообщения об ошибке “2002 Данные DO вне пределов значений”.

Если после WHILE последует не проверка условий, а команда присвоения значения, выводится сообщение об ошибке “2121 Ошибочный терминатор: =”.

Если за командой WHILE не последует DO в том же кадре, выводится сообщение об ошибке 2110 WHILE, без DO”.

Если перед командой ENDm нет DOm, выводится сообщение об ошибке “2125 Не найти кадра: DOm”.

Расскроем полость, в направлении Z с глубиной 5.4 мм, в направлении X с шириной 20 мм, в центре которой в направлении X лежит нулевая точка, а в направлении Z - на вершине полости. Пусть будет глубина резания 0.2 мм. Задачу можно решить с организацией цикла:

```
#1=0          (целевая позиция в направлении Z)
#2=10         (целевая позиция в направлении X)
G0 X#2        (перемещение по X в начальную точку)
Z[#1+1]       (перемещение по Z в начальную точку)
WHILE[#1GT-5.39] DO1
(цикл, пока по Z не достигли глубину 5.4 мм)
#1=#1-0.2     (врезание 0.2 мм Z)
#2=-#2        (перевернуть направление движения по X)
G1 Z#1 F100   (врезание по Z)
X#2 F500      (фрезерование вдоль X)
END1
G0 Z20
...
```

Правила организации циклов:

– Команду DOm надо задавать перед командой ENDm:

```
:
END1
:
:          (ОШИБОЧНАЯ)
:
DO1
```

В случае выше кадром END1 выводится сообщение об ошибке “2125 Не найти кадра DOn”.

– Команды DOm и ENDm должны стоять в паре:

```
:
DO1
:
DO1          ОШИБОЧНАЯ
:
END1
:
```

или

```
:
DO1
:
END1          ОШИБОЧНАЯ
:
END1
:
```

– То же самое опознавательное число можно много раз использовать:

```
:
DO1
:
END1
:
: ПРАВИЛЬНАЯ
:
DO1
:
END1
:
```

– Пары DOm ... ENDm можно вкладывать друг в друга до трёхкратной глубины:

```
:
DO1
:
DO2
:
DO3
:
: ПРАВИЛЬНАЯ
:
END3
:
END2
:
END1
:
```

– Парам DO m ... END m нельзя перекрывать друг друга:

```
:
DO1
:
DO2
:
: ОШИБОЧНАЯ
:
END1
:
END2
```

– Изнутри цикла можно делать разветвление наружу:

```
:  
DO1  
:  
GOTO150  
:  
: ПРАВИЛЬНАЯ  
:  
END1  
:  
N150  
:
```

– В цикл можно входить извне:

```
:  
GOTO150  
:  
DO1  
:  
:  
:  
N150  
:  
END1  
:
```

или

```
:  
DO1  
:  
N150  
:  
:  
:  
END1  
:  
GOTO150  
:
```

– Изнутри цикла возможно вызывать подпрограмму, или макровывоз. Подпрограммы, или циклы внутри пользовательских макросов можно опять вкладывать друг в друга до трёхкратной глубины :

```

:
DO1
:
M98...          ПРАВИЛЬНАЯ
:
G65...          ПРАВИЛЬНАЯ
:
G66...          ПРАВИЛЬНАЯ
:
G67...          ПРАВИЛЬНАЯ
:
END1
:

```

23.2.12 Косвенные ссылки на оси

С помощью команды

#i=AXNUM[<адрес оси>]

на основании адреса оси можно запрашивать номер оси в данном канале. При желании запрашивать номер оси к не существующему адресу оси, выводится сообщение об ошибке “2017 Запрещённый адрес <название оси>”.

Командой

AX[<номер оси>]=

можно косвенным образом выдавать команду, не на основании адреса оси, а по номеру оси. Если в канале не найти оси с заданным номером, выводится сообщение об ошибке “2018 Ошибочный физический номер оси: n”.

Например, вместо кадра

G0 X10 Y20 Z30

можно писать следующий ряд команд

```

#101=AXNUM[X]      (запрашивание номера оси X)
#102=AXNUM[Y]      (запрашивание номера оси Y)
#103=AXNUM[Z]      (запрашивание номера оси Z)
G0 AX[#101]=10 AX[#102]=20 AX[#103]=30

```

☞ **Внимание!** Если используем адрес оси с несколькими символами, адрес оси не должно быть AX, или AXN.

23.2.13 Команды выдачи данных

Устройство ЧПУ знает следующие команды выдачи данных:

POPEN	открыть периферию
FOPEN	открыть файл
BPRNT	выдача бинарных данных
DPRNT	выдача десятичных данных
PCLOS	закрыть периферию
FCLOS	закрыть файл

Эти команды выдачи данных используются для выдачи значений символов и переменных. Выдача происходит в памяти устройства ЧПУ. Используются они например, для сохране-

ния результатов измерений, занесение в журнал и т.д.

Открыть периферию: **ROPENn**

Прежде чем выдавать команду выдачи данных, надо открыть соответствующую периферию, через которую будет происходить выдача данных. Выбор соответствующей периферии происходит числом n :

$n = 31$ память устройства ЧПУ

При открывании периферии высылается на периферию и символ %, значит, каждая выдача данных начинается символом %.

После команды *ROPEN* командой *DPRNT* надо выдавать одно имя файла. Если файл уже существует, без вопроса изменяет старого, если ещё не существует, откроет новый. Файл попадает в ту папку, где программа работает, и примет расширение программы.

Например:

```
...
#100=4567
ROPEN31
DPRNT[O#100[4]]      (Имя файла будет O4567)
...
```

или

```
...
ROPEN31
DPRNT[ABC]            (Имя файла будет ABC)
...
```

Закреть периферию: **PCLOSn**

Периферию, открытую командой *ROPEN*, надо закрыть командой *PCLOS*. После команды *PCLOS* надо назвать номер закрываемой периферии. В нашем случае:

```
...
PCLOS31
...
```

При закрытии высылается на периферию ещё один символ %, то есть каждая выдача данных закрывается символом %.

Открыть файл: **FOPENn Prrrr, FOPENn <имя файла>**

Прежде чем выдавать команду выдачи данных, надо открыть файл, куда желаем записать данные.

Открытие файла на основании номера программы

Открывает файл с номером, заданным

FOPENn P(номер программы)

по адресу P (номер программы).

Правила программирования номера программы, заданного по адресу P изложены во главе “[14.4.1](#) Идентификация программ в накопителе. Номер программы (O)” на странице [148](#). **Правила расширения и размещения в накопителе файлов, открытых с номером программы** совпадают с правилами подпрограмм. Смотри главу “[14.4.2](#) Вызов подпрограммы (M98)” на странице [148](#).

Например:

```
...  
FOPEN1 P12          (Имя файла будет 00012)  
...
```

Открыть файл на основании имя файла

Открывает файл, заданную

FOPENn <имя файла>

между знаками< >.

Правила задания имя файла изложены во главе “[14.4.1](#) Идентификация программ в накопителе. Номер программы (O)” на странице [148](#). **Правила расширения и размещения в накопителе файлов, открытых с номером программы** совпадают с правилами подпрограмм. Смотри главу “[14.4.2](#) Вызов подпрограммы (M98)” на странице [148](#).

Например:

```
...  
FOPEN1 <данные.txt> (данные имени файла.txt будет)  
...
```

Типы открытия файла

Тип открытия файла задаётся числом, написанным вместо “n”:

n = 1: Создать новый файл

Если файл уже существует, тогда система выводит сообщение об ошибке “2144 Файл (Ooooo) уже существует”, или “2146 Заданный файл уже существует”, и прогон программы не продолжается.

n = 2: Если файл не существует, тогда создаёт, если существует, тогда откроет его, и удаляет его содержание. Содержание, выданные командой BPRNT, или DPRNT будет писать сначала файла.

n = 3: Открыть файл для прибавления

Если файл не существует, тогда выводится сообщение об ошибке “2147 Файл (Ooooo) не найти”, или “2132 Файл не найти”, и прогон программы не продолжается. Если файл уже существует, тогда откроет его, и **начиная с конца файла прибавит** содержания, выданные командой BPRNT, или DPRNT.

n = 4: Создать фай, или открыть для прибавления

Если файл ещё **не существует**, тогда **создаёт, если существует**, тогда **откроет**, и **начиная с конца файла прибавит** содержания, выданные командой BPRNT, или DPRNT.

n = 5: Открыть файл с удалением

Если файл ещё не существует, тогда выводится сообщение об ошибке “2147 Файл (Ooooo) не найти”, или “2132 Файл не найти”, и прогон программы не продолжается. Если файл уже существует, тогда **откроет его**, и **удаляет его содержание**. Содержание, выданные командой BPRNT, или DPRNT будет писать сначала файла.

Закрывать файл: FCLOS

Открытый файл можно закрывать командой FCLOS. Одновременно можно создать, или открыть для писания один файл.

Бинарная выдача данных: BPRNT[...]

Формат команды BPRNT:

```
BPRNT[ a #b [c] ... ]
```

число цифр под десятичной запятой
переменная
символ

Команда высылает символы по коду ASCII, а переменные бинарно.

– Высылаемые символы:

алфавитные символы: A, B, ..., Z

нумерические символы: 1, 2, ..., 0

специальные символы: *, /, +, –

Вместо символа * устройство ЧПУ высылает код пробела (space).

– Значение переменных выдаётся устройством ЧПУ на 4 байтах, то есть на 32 битах, начиная с байта с самым большим разрядом. После номера переменных в скобках [] надо задавать число цифр после десятичной запятой. При этом устройство ЧПУ преобразует значение переменной с плавающей запятой в такое значение с фиксированной запятой, в котором число значащих десятичных цифр будет значением, заданным в скобках []. Возможные значения c: 1, 2, ..., 8. Например, если

#120 = 258.647673 и [3] — выдаётся 258648=0003F258h

– Пустая переменная задаётся бинарным кодом 00000000h.

– В конце выдачи данных устройство ЧПУ автоматически выдаёт один символ каретка назад (CR) и один символ рычага интервала (LF).

Пример:

#110=318.49362

#120=0.723415

#112=23.9

BPRNT[C*/X#110[3]Y#120[3]M#112[0]]

Значения переменных #110, #120 и #112 после округления и гексадесятичного преобразования следующие будут:

#110=318.49362 ————— 318494=0004DC1Eh

#120=0.723415 ————— 723=000002D3h

#112=23.9 ————— 24=00000018h

Выдаваемые символы:

7	6	5	4	3	2	1	0	
0	1	0	0	0	0	1	1	C
0	0	1	0	0	0	0	0	Пробел (Space)
0	0	1	0	1	1	1	1	/
0	1	0	1	1	0	0	0	X
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	1	0	0	04
1	1	0	1	1	1	0	0	DC
0	0	0	1	1	1	1	0	1E
0	1	0	1	1	0	0	1	Y
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	0	1	0	02
1	1	0	1	0	0	1	1	D3
0	1	0	0	1	1	0	1	M
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	1	1	0	0	0	18
0	0	0	0	1	1	0	1	Каретка назад (Carriage Return)
0	0	0	0	1	0	1	0	Рычаг интервала (Line Feed)

Десятичная выдача данных: DPRNT[...]

Формат команды DPRNT:

```
DPRNT[ a #b [c d] ... ]
```

└─ число цифр после десятичной запятой
└─ число цифр до десятичной запятой
└─ переменная
└─ символ

Все символы и цифры выдаются по коду ASCII.

- Правила выдачи символов смотри команду **BPRNT**.
- Для выдачи значения переменных надо задавать, что на сколько десятичных целых и дробных цифр была выдана переменная. Задание цифр надо закрыть в скобки []. Для задания цифр должно удовлетвориться условие $0 < c + d < 16$. Выдача чисел начинается с их высшего разряда.
- При выдаче цифр выдаётся отрицательный знак (-).
- Если определена десятичная запятая ($d > 0$), выдаётся каждая ноль, и последующие ноли, вместе с десятичной запятой (.).
- Если $d = 0$, или не задано d , не выдаётся ни десятичная запятая, ни ноль.
- Если бит #0 PNT параметра N1757 Print Contr
 =0 вместо знака + и ведущие ноли выдаётся пробел (space),
 =1 знак + ведущие ноли не выдаются.
- Пустая переменная выдаётся кодом 0.

- В конце выдачи данных устройство ЧПУ автоматически выдаёт один символ каретка назад (CR) и один символ рычага интервала (LF).

Пример:

```
#130=35.897421
#500=-150.8
#10=14.8
DPRNT[X#130[53]Y#500[53]T#10[20]
```

Значения переменных #130, #500 и #10 после округления следующие будут:

#130=35.897421	_____	35.897
#500=-150.8	_____	150.8
#10=14.8	_____	15

Выдача данных при положении #0 PNT=0 параметра N1757 Print Contr:

7	6	5	4	3	2	1	0	
0	1	0	1	1	0	0	0	X
0	0	1	0	0	0	0	0	Пробел (space)
0	0	1	0	0	0	0	0	Пробел (space)
0	0	1	0	0	0	0	0	Пробел (space)
0	0	1	0	0	0	0	0	Пробел (space)
0	0	1	1	0	0	1	1	3
0	0	1	1	0	1	0	1	5
0	0	1	0	1	1	1	0	Десятичная запятая (,)
0	0	1	1	1	0	0	0	8
0	0	1	1	1	0	0	1	9
0	0	1	1	0	1	1	1	7
0	1	0	1	1	0	0	1	Y
0	0	1	0	1	1	0	1	Отрицательных знак (-)
0	0	1	0	0	0	0	0	Пробел (space)
0	0	1	0	0	0	0	0	Пробел (space)
0	0	1	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	1	5
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1	0	Десятичная запятая (,)
0	0	1	1	1	0	0	0	8
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	T
0	0	1	0	0	0	0	0	Пробел (space)
0	0	1	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	1	5
0	0	0	0	1	1	0	1	Каретка назад (Carriage Return)
0	0	0	0	1	0	1	0	Рычаг интервала (Line Feed)

Выдача данных при положении #0 PNT=1 параметра N1757 Print Contr:

7	6	5	4	3	2	1	0	
0	1	0	1	1	0	0	0	X
0	0	1	1	0	0	1	1	3
0	0	1	1	0	1	0	1	5
0	0	1	0	1	1	1	0	Десятичная запятая (,)
0	0	1	1	1	0	0	0	8
0	0	1	1	1	0	0	1	9
0	0	1	1	0	1	1	1	7
0	1	0	1	1	0	0	1	Y
0	0	1	0	1	1	0	1	Отрицательных знак (-)
0	0	1	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	1	5
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1	0	Десятичная запятая (,)
0	0	1	1	1	0	0	0	8
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	T
0	0	1	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	1	5
0	0	0	0	1	1	0	1	Каретка назад (Carriage Return)
0	0	0	0	1	0	1	0	Рычаг интервала (Line Feed)

Замечания:

- Порядок команд выдачи данных обусловленный: сперва надо открыть соответствующий файл командой POPEN, или FOPEN, потом следует выдача данных командой BPRNT, или DPRNT, и наконец надо закрыть открытый файл командой PCLOS, или FCLOS.
- Открытие и закрытие файла можно задавать в любом месте программы. Например, можно открыть в начале программы, и закрыть в конце программы, и в это время в любом фрагменте программы, находящемся между двумя командами, можно выслать данные.
- Команда M30, или M2, выполненная во время выдачи данных, прерывает передачу данных. Для избежания этого перед выполнением команды M30 надо ожидать во время передачи данных.

23.3 Вызов макрокоманд, системных макросов, системных подпрограмм

*Вызов макрокоманд похож к вызову подпрограмм, той разницей, что **макросы**, в отличие от подпрограмм, **могут иметь вводные переменные**, то есть **аргументы**.*

Новые макросы можно вызывать также, как подпрограммы, на основании их номера программы, или имени файла также.

*Системными макросами и системными подпрограммами называем те макросы, далее подпрограммы, вызов которых привязываем к одному данному **адресу, выделённому параметром** (например: G, M и т.д.). **К имени файла системных макросов и подпрограмм далее к их позиции в накопителе относятся специальные правила.***

*Макровывоз также может быть **многоуровневым**. Макрос можно вызывать из подпрограммы, и из макроса подпрограмму. Общий уровень вызова подпрограмм и макросов может быть **не более 16**.*

*Возвращение из макросов выполняется кодом
M99.*

*Макровывозы могут быть **одноразовыми, или модальными**. Модальные макровывозы можно удалить кодом
G67.*

Задание аргументов

Для макропрограмм можно передавать аргументы. *Аргументами являются такие конкретные числовые значения, заданные определённым адресам, которые при макровывозе сохраняются в соответствующих локальных переменных (#1, #2, ..., #33).* Макропрограмма (специальная подпрограмма) может использовать эти локальные переменные, то есть макровывоз представляет собой такой специальный вызов подпрограмм, где главная программа может передать переменные (параметры) для подпрограммы.

Возможно **двойное выделение аргументов**:

1-й вид выделения аргумента:

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

1-й вид выделения аргументов передаёт параметры макросам через букв английского алфавита. Из перечисленных выше символов отдельные вызовы могут занять буквы для другой цели (**G, P, L**), при этом их нельзя использовать для передачи параметров. Адреса можно заполнять в произвольном порядке, не требуется их записать согласно алфавиту в вызывающий кадр.

2-й вид выделения аргумента:

A B C I1 J1 K1 I2 J2 K2 ... I10 J10 K10

2-й вид выделения аргументов передаёт аргументы макросам помимо адресов A, B, C через адреса I, J, K. По адресам I, J, K можно выделить не более 10 разных групп аргументов. Адреса можно заполнять в произвольном порядке. Если в одном кадре выделён несколько аргументов на один и тот же адрес, переменные примут соответствующее значение согласно порядку выделения.

Связь между локальными переменными и аргументами:

	<i>1-й вид</i>	<i>2-й вид</i>
#1	A	A
#2	B	B
#3	C	C
#4	I	I1
#5	J	J1
#6	K	K1
#7	D	I2
#8	E	J2
#9	F	K2
#10	G	I3
#11	H	J3

	<i>1-й вид</i>	<i>2-й вид</i>
#12	L	K3
#13	M	I4
#14	N	J4
#15	O	K4
#16	P	I5
#17	Q	J5
#18	R	K5
#19	S	I6
#20	T	J6
#21	U	K6
#22	V	I7

	<i>1-й вид</i>	<i>2-й вид</i>
#23	W	J7
#24	X	K7
#25	Y	I8
#26	Z	J8
#27	–	K8
#28	–	I9
#29	–	J9
#30	–	K9
#31	–	I10
#32	–	J10
#33	–	K10

Индексы после адресов I, J, K показывают порядок выделения аргументов.

По адресам можно передавать и десятичную запятую, и знак.

Обращение адресом N:

Записанный в кадр *первый адрес N берётся за номером кадра*, а *второй адрес N запишется* уже как **аргумент** на локальной переменной #14:

/N130 X12.3 Y32.6 N250

N130: номер кадра

#24=12.3

#25=32.6

#14=250 (аргумент)

Если адрес N уже один раз записали как аргумент, следующая ссылка на этот адрес N приводит к выведению сообщения об ошибке “2017 Запрещённый адрес N”.

Смешанное выделение аргумента

1-й и 2-й вид выделения аргументов может существовать и вместе внутри одного кадра, устройство ЧПУ примет его. Выводится сообщение об ошибке тогда, если два раза желаем ссыдаться на переменную с данным номером. Например:

A2.12 B3.213 J36.9 **J-12 E129.73** P2200

Локальные переменные примут значения адресов в следующем порядке:

A: #1=2.12

B: #2=3.213

J: #5=36.9 (первая J)

J: #8=-12 (вторая J)

E: #8=ОШИБКА, переменная #8 уже выделена была

этом примере для #8 уже присвоил значение второй адрес J (его значение – 12). Поскольку и значение адреса E примет переменная #8, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке “2017 Запрещённый адрес E”.

Однако, если поменять порядок выдачи второго адреса J и адреса E,

A2.12 B3.213 J36.9 **E129.73 J-12** P2200

не выводится сообщение об ошибке и значение адреса J запишется на следующую переменную J, на #11:

A: #1=2.12

B: #2=3.213

J: #5=36.9 (первая J)

E: #8=129.73

J: #11=-12 (попадает на третью переменную J, так как вторая переменная J, #8 уже занята)

☞ **Внимание:** Для передачи аргументов можно использовать только адреса с одним символом, то есть, C, R, A далее адреса осей и шпинделей с несколькими символами нельзя использовать!

Уровни аргументов

Макровывозы также, на подобие вызову подпрограмм, **может быть многоуровневым**, но совместный уровень вызова подпрограмм и макросов может быть не более 16.

Из-за этого локальные переменные #1 ... #33 тоже многоуровневые. Уровень локальных переменных, относящихся к главной программе 0 (нулевой уровень), потом вызовы макросов заполняют уровни 1-й, 2-й, и т.д., совсем до 16 не более.

Вызов подпрограмм, или системных подпрограмм не изменяет уровень локальных переменных.

После возвращения из макровывоза уничтожаются локальные переменные данного уровня, удаляются до #0. **Локальные переменные главной программы** уничтожаются в конце программы.

Вызов макросов на основании номера программы

Вызывается макропрограмма с номером,

P(номер программы)

заданным по адресу P (номер программы)

Правила программирования номера программ, заданного по адресу P, изложены во главе “[14.4.1](#) Идентификация программ в накопителе. Номер программы (O)” на странице [148](#). **Правила расширения и размещения в накопителе макросов, открытых с номером программы** совпадают с правилами подпрограмм. Смотри главу “[14.4.2](#) Вызов подпрограммы (M98)” на странице [148](#).

Вызов макросов на основании имени файла

☞ **Внимание!** На основании имени файла *можно вызывать только* не модальные *макросы типа G65*, а модальные макросы 1-го типа G66 и G66.1 нельзя!

Вызывается макропрограмма с именем файла, заданным

<имя файла>

в скобках < >.

Правила задания имени файла изложены во главе “[14.4.1 Идентификация программ в накопителе. Номер программы \(O\)](#)” на странице [148](#). **Правила расширения и размещения в накопителе макросов, заданных с именем файла** совпадают с правилами подпрограмм. Смотри главу “[14.4.2 Вызов подпрограммы \(M98\)](#)” на странице [148](#).

Вызов и место в накопителе системных макросов и подпрограмм

Системные макросы и подпрограммы *можно вызывать по адресам, заданным параметром*.

К размещению в накопителе системных макросов и подпрограмм относятся более строгие правила, чем при вызове макросов и подпрограмм.

Системные макросы и подпрограммы должны быть в накопителе *в отдельных по каналам папках*, в папке *SystemMacros* в каталоге *Programs*:

..\Programs\SystemMacros\Channel1\

..\Programs\SystemMacros\Channel2\

..\Programs\SystemMacros\Channel8\

Имена файлов должны начинаться с буквы **O**, за которой должны следовать **4 десятичных цифр**. **Расширение** файла должно быть **.nct**. Например:

O9010.nct

23.3.1 Простой макровывод (G65)

Под действием команды

G65 P(номер программы) L(число повторения) <выделение аргумента>

G65 <имя файла> L(число повторения) <выделение аргумента>

вызывается макропрограмма с номером, заданным по адресу P (номер программы), или с именем файла, заданным в скобках < > , повторно одна за другой, согласно числу повторения, заданным по адресу L.

Вызов *не модальный*.

Правила выделения аргумента в случае вызова G65

Можно использовать оба выделения аргумента.

В вызове G65 нельзя использовать адреса G, P, L для передачи аргумента, но заданные значения записываются в соответствующую локальную переменную.

Многократный вызов G65

Если из макроса вызывать снова макрос, на уровень макроса увеличивается и уровень локальных переменных.

главная программа	макрос	макрос	макрос	макрос
0-й уровень	1-й уровень	2-й уровень	3-й уровень	4-й уровень
	O _____	O _____	O _____	O _____

G65 P

G65 P

G65 P

G65 P

M99

M99

M99

M99

локальные переменные

0-й уровень	1-й уровень	2-й уровень	3-й уровень	4-й уровень
#1	#1	#1	#1	#1
	:	:	:	:
#33	#33	#33	#33	#33

При вызове первого макроса локальные переменные от #1 до #33 главной программы сохраняются, и при вызове на 1-ом уровне локальные переменные примут заданные значения аргументов. В случае повторного вызова макроса из первого уровня локальные переменные от #1 до #33 первого уровня сохраняются, и локальные переменные при вызове на втором уровне примут значения аргумента, заданных при их вызове. В случае многократном вызове локальные переменные предыдущего уровня сохраняются и локальные переменные на следующем уровне примут значения аргумента, заданных при их вызове. В случае M99, при возвращении из вызванного макроса в вызывающую программу, локальные переменные, сохранённые на предыдущем уровне восстанавливаются в том же состоянии, как они сохранились при вызове.

Обрабатывается образец отверстия с помощью вызова G65. По адресу "А" задаётся для макроса код сверления, заполнение остальных адресов происходит способом, привычным при циклов сверления.

Пусть будет *главная программа* следующая:

G54 G17 X0 Y0 Z20

...

G65 P300 A81 Z-2 R2 F300 S500 M3 (разметка кернером с G81)

G65 P300 A83 Z-30 R2 Q6 E1 F100 S1000 (сверление с G83)

G65 P300 A84.2 Z-30 R2 S1000 F1000 (сверление резьбы с G84.2)

G0 Z20

...

В макросе O0300 через локальные переменные принимаем аргумента вызова, данные, относящиеся к шпинделю

число оборотов S#19

направление оборотов M#13

вводные параметры сверления

код цикла сверления A#1

глубину сверления Z#26
координату точки R R#18
значение подачи F#9
величину глубины резания Q#17
расстояние точки приближения E#8

После этого следует перечисление координат отверстия X, Y.

Дерево *макроса O0300*, выполняющего сверление:

```
S#19 M#13          (запуск шпинделя)
G#1 X0 Y0 Z#26 R#8 F#9 Q#17 E#8 (установка цикла сверления)
X100
Y100
X0
X50 Y50
G80
M99
```

23.3.2 Модальный вызов макроса после каждой команды движения: (G66)

Под действием команды

G66 P(номер программы) L(число повторения) <выделение аргумента>

заданная с номером по адресу P (номер программы) *макропрограмма вызывается после каждой команды движения* повторно одна за другой, согласно числу повторения, задан-
ным по адресу L.

Модальный вызов.

Выделённый макрос вызывается до тех пор, пока не запрограммировать команду удаления

G67

модальности макровывоза.

Правила выделения аргумента в случае вызова G66

Можно использовать оба выделения аргумента.

Вызове G66 нельзя использовать адреса G, P, L для передачи аргумента, но заданные значения записываются в соответствующую локальную переменную.

Пример

В данном сегменте программы деталей после каждого движения надо высверлить одно отверстие:

Главная программа

```
...
G66 P1250 Z-100 R-1 X2 F130 (Z: точка основания, R: точка R
    отверстия, X: время задержки, F: подача)
N100 G91 G0 X100
N110 Y30
...
N180 X150
G67
```

Начиная с кадра N110 включительно до кадра N180, в конце позиционирования вызывается макропрограмма O1250 и выполняется описанная там операция сверления вводными параметрами, заданными в кадре G66.

Макропрограмма:

```
O1250
G0 Z#18      (позиционирование быстрым ходом в направлении Z в позицию -1, заданную по адресу R)
G1 Z#26 F#9   (сверление подачей 130 мм/мин, заданной по адресу F до точки основания -100, заданной по адресу Z)
G4 P#24       (задержка на дне отверстия до значения 2 сек, заданной по адресу X)
G0 Z-[#18+#26] (отвод инструмента в исходную точку)
M99          (возвращение в вызывающую программу)
```

Макропрограмма O1250 из кадра N100 главной программы понаследует состояние G91, поэтому позиционирования происходят инкрементно.

Многократный вызов G66

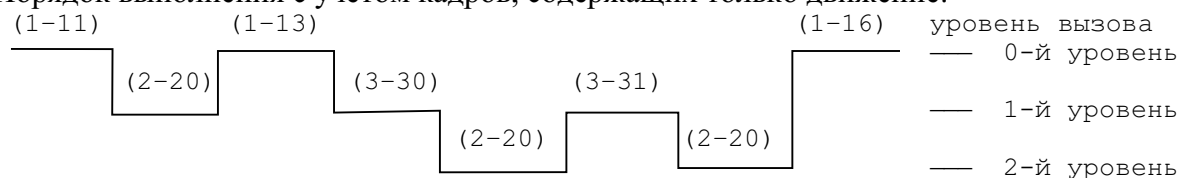
В случае многократного вызова макросов типа G66 после выполнения каждой команды движения *сперва вызывается макрос, вызванный последним, и из этого вызываются в обратном порядке ходу макросы, вызванные раньше*. Посмотрим следующий пример:

```
O0001
...
N10 G66 P2
N11 G1 G91 Z10      (1-11)
N12 G66 P3
N13 Z20             (1-13)
N14 G67             (G66 P3 удаление вызова)
N15 G67             (G66 P2 удаление вызова)
N16 Z-5             (1-16)
...

O0002
N20 X4              (2-20)
N21 M99

O0003
N30 Z2              (3-30)
N31 Z3              (3-31)
N32 M99
```

Порядок выполнения с учётом кадров, содержащих только движение:



Из заключенных в скобках чисел первое означает номер программы, выполняемой в данный момент, а второе - номер кадров, выполняемого в данный момент.

Каждый вызов G66 надо удалить отдельной командой G67. Первая G67 удаляет вызванную последним G66, затем поступая в обратную сторону следующая удаляет

остальные вызовы. Заданная в кадре N14 команда G67 удаляет вызванного в кадре N12 макрос (O0003), заданная в кадре N15 удаляет макрос (O0002), заданного в кадре N10.

23.3.3 Модальный макровывоз из каждого кадра: (G66.1)

Под действием команды

G66.1 P(номер программы) L(число повторения) <выделение аргумента>
все последующие кадры истолкуются выделением аргумента, и заданная с номером по адресу P (номер программы) **макропрограмма вызывается для каждого кадра** повторно одна за другой, согласно числу повторения, заданным по адресу L.

Действие команды то же самое, как будто каждый кадр являлся бы макровывозом G65:

```
G66.1 P L
X Y Z = G65 P L X Y Z
M S = G65 P L M S
X = G65 P L X
G67
```

Модальный вызов.

Выделённый макрос вызывается до тех пор, пока не запрограммировать команду удаления модальности макровывоза

G67.

Правила выделения макровывоза:

1. **В кадре, выполняющем включение** (где запрограммировали G66.1 P L):
в вызове G66.1 нельзя использовать адреса G, P, L для передачи аргумента, но заданные значения записываются в соответствующую локальную переменную.
2. **В кадрах, последующих за командой G66.1:**
можно использовать и адрес G, L, P.
Адрес G (G: #10) с таким ограничением, что устройство ЧПУ принимает **в одном кадре только одну ссылку на один адрес G**, если запрограммировали больше адресов G, выводится сообщение об ошибке “2017 Запрещённый адрес G”.

Правила выполнения кадра в случае G66.1:

Выделённый макрос будет вызван уже из того кадра, где задавали код G66.1, с учётом правила выделения аргументов в пункте 1.

Начиная с кадра, последующего за кодом G66.1, до кадра, содержащего код G67, каждый кадр NC приводит к макровывозу на основании правила выделения аргументов в пункте 2. Не вызывается макрос, если находит пустой кадр, например: N1240, где ссылка была только на один адрес N, а также из кадра, содержащего макрокоманду.

Многократный вызов G66.1

В случае многократного вызова макросов типа G66.1 **сначала вызывается макрос, вызванный последним, при прочтении каждого кадра** обращаясь адресами этого кадра за аргументом, затем прочитав кадры этого макроса и обращаясь ими аргументом, вызывается макрос, заданный на один раньше.

Каждый вызов G66.1 надо удалить отдельной командой G67. Первая G67 удаляет вызванный последним G66.1, затем следующая G67 поступая обратно удаляет остальные вызовы.

Следующий фрагмент программы написан в плоскости XY, когда на станке была головка с вертикальной позицией.

```
...
G1 X40 Y30 F1000
G3 X0 Y50 I-40 J-30
G1 Y0
...
```

Со временем головку переоборудовали в головку с горизонтальной позицией. В интересах того, чтобы программу, написанную в плоскости XY не надо было снова написать, надо поменять оси Y и Z, а направление оси X поменять на противоположное, чтобы система координат осталась правокрученной. Вызовом макроса O0400 повернём направление движения оси X и поменяем оси Y и Z:

Главная программа:

```
...
G66.1 P400 (вызов макроса смены)
G18 X0 Y0 Z-5 (выделение плоскости, позициониро-
               вание)
G1 X40 Y30 F1000 (вызов O0400)
G3 X0 Y50 I-40 J-30 (вызов O0400)
G1 Y0 (вызов O0400)
G67 (удаление модального вызова)
...
```

Макрос:

```
IF[#10EQ66.1] GOTO10 (защита от рекурсивного вызова)
G#10 X-#24 Y#26 Z#25 I-#4 K#5 R#18 F#9 (замены)
N10 M99
```

Уже кадром G66.1 P400 главной программы вызывается макрос O0400. При этом на переменной #10 проходит код 66.1. На первый вызов сразу возвращаемся. Второй кадр макроса принимает аргументы и обрабатывает их: поменяет оси Y и Z и направление X.

23.3.4 Вызов системного макроса по коду G, заданному параметром

Можно выделить индивидуальные коды G, далее блоки кодов G, задавая параметром, по каналам, к макровызову.

Выделение 10 индивидуальных кодов G к вызову системных макросов

В поле параметров *можно выделить по каналам не более 10 разных кодов G*, по которым желаем инициировать макровызовы. При этом вместо ряда команд

Nn G65 Pp <выделение аргумента>

надо писать ряд команд

Nn Gg <выделение аргумента>.

В поле параметров надо установить, что какой номер программы должен вызывать приглашающий код G. Код G65, G66, G66.1, G67 нельзя задавать для такой цели.

Эти параметры следующие:

N1704 G(9010): код G, вызывающий программу с именем O9010.nct

N1705 G(9011): код G, вызывающий программу с именем O9011.nct

:

N1713 G(9019): код G, вызывающий программу с именем O9019.nct

Если на параметр написать 0, не вызывается макрос с данным номером программы.

Если **на G0** желаем инициировать **макровывоз**, надо писать на параметр **1000**.

Выделение группы кодов G к вызову системного макроса

С помощью следующих параметров **можно выделить блок кодов G**, по каналам, к макровывозу.

На параметре N1714 Start G Macro задаётся начальное число блока кодов G, десятичным целым числом,

На параметре N1715 Start Prg No задаётся номер программы макроса, относящегося к коду G, заданному параметром Start G Macro

На параметре N1716 No. of G Codes задаётся число элементов блока кодов G.

Если No. of G Codes=0, на эти коды G не вызывается макрос.

Пример

Пусть будет, например, начальный код группы G2000. Надо установить Start G Macro=2000.

Если код G2000 вызывает программу с номером O3400, тогда Start Prg No=3400.

На параметре No. of G Codes задаются номера кодов G, относящихся к группе. Если в группе имеется 50 кодов, тогда No. of G Codes=50.

После этого сопоставление кодов G с номерами программ:

1-й код G	G2000 →	1-й номер программы	O3400
2-й код G	G2001 →	2-й номер программы	O3401
3-й код G	G2002 →	3-й номер программы	O3402
.....			
5-й код G	G2049 →	50-й номер программы	O3449

Выделение группы кодов G, содержащих десятичную запятую к вызову системного макроса

С помощью следующих параметров можно выделить к макровывозу по каналам такой блок кодов G, код которых содержит десятичную запятую и одну десятичную цифру.

На параметре N1717 Start Dec G Macro задаётся начальное число блока кодов G, с десятичной запятой и одной десятичной цифрой,

На параметре N1718 Start Prg No. Dec G задаётся номер программы макроса, относящегося к коду G, заданному параметром Start Dec G Macro,

На параметре N1719 No. of Dec G Codes задаётся число элементов блока кодов G, содержащих десятичную запятую.

Если No. of Dec G Codes=0 на эти коды G не вызывается макрос.

Пример

Если начальный код группы например, G310.5, параметр заполним следующим образом: Start Dec G Macro=310.5.

Если код G310.5 вызывает программу с номером O4000, тогда Start Prg No. Dec G=4000.

На параметре No. of Dec G Codes задаётся число кодов G, относящихся к группе. Если в

группе имеется 10 кодов, тогда No. of Dec G Codes=10.

После этого сопоставление кодов G с номерами программ:

1-й код G	G310.5	→	1-й номер программы	O4000
2-й код G	G310.6	→	2-й номер программы	O4001
3-й код G	G310.7	→	3-й номер программы	O4002
.....				
10-й код G	G311.4	→	10-й номер программы	O4009

Преобразование вызовов кода G в модальный

Если при индивидуальных вызовах для индивидуальных кодов G, при блочных вызовах **на параметр** N1714 Start G Macro, или N1717 Start Dec G Macro **задаётся отрицательное значение**, тогда выделённый **код G, или группа G** производит **наследственный (модальный) вызов**. Например, если G(9011)=−120, тогда в программе команда G120 приводит к модальному вызову. Тип вызова определяется состоянием параметра

N1755 Macro Contr #0 MEQ=0: вызов G типа G66

N1755 Macro Contr #0 MEQ=1: вызов G типа G66.1

Если значение параметра 0, макрос вызывается в конце каждого кадра движения. Если значение параметра 1, макрос вызывается на каждый кадр.

Ссылка в дереве макроса G на тот же самый код G

Если **стандартный код G выделить к пользовательскому вызову** (например, G01) и **в дереве макроса** сослаться опять на этот код, эта ссылка уже не приводит к повторному макровыводу, а устройство ЧПУ **истолкует его обычным кодом G** и выполняет его.

Если **не стандартный код G выделить к пользовательскому вызову** (например G101) и **в дереве макроса** сослаться опять на **вызывающий код G**, (нашем случае на G101) **устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке** “2123 Не осуществлённая функция: G<номер>”.

В дереве макроса G ссылка M, S, ..., в дереве вызова M, S, ... ссылка G

– из системного макровывода G системный вызов подпрограмм/макроса M, S, T, A, B, C, ASCII,

– из системного вызова подпрограмм/макроса M, S, T, A, B, C, ASCII системный вызов макроса G,

в зависимости от позиции параметра разрешается:

N1755 Macro Contr #1 ENC=0: не инициирует вызов (выполняется как обычный код M,S, ...G),

N1755 Macro Contr #1 ENC=1: инициирует вызов.

Область аргументов системных макросов G:

– если код типа G65 или G66, область аргументов, назначенная к G65, а также P и L,

– если код типа G66.1, тогда к области аргументов действуют изложенные там.

Удаление модального вызова производится **командой G67**.

23.3.5 Вызов системного макроса по коду М, заданному параметром

Можно выделить индивидуальные коды М, далее один блок кодов М, задавая параметром, по каналам, к макровывозу.

Выделение 10 индивидуальных кодов М к вызову системных макросов

В поле параметров можно выделить по каналам не более 10 разных кодов М, на которые желаем инициировать макровывозы. При этом вместо ряда команд

Nn G65 Pr <выделение аргументов>

надо писать ряд команд

Nn **Mm** <выделение аргументов>

В этом случае *код Мт не передаётся для PLC*, а вызывается макрос с соответствующим номером программы.

В поле параметров надо установить, что какой номер программы должен вызывать вызывающий код М. Эти параметры следующие:

N1733 M(9020): код М, который вызывает программу с номером O9020

N1734 M(9021): код М, который вызывает программу с номером O9021

:

N1742 M(9029): код М, который вызывает программу с номером O9029

Если на параметр написать 0, не вызывается макрос с данным номером программы.

Выделение группы кодов М к вызову системных макросов

С помощью следующих параметров можно выделить к макровывозу по каналам блок кодов М.

На параметре N1743 Start M Macro задаётся начальное число блока кодов М, десятичным целым числом,

На параметре N1744 Start Prg No. M Macro задаётся номер программы макроса, относящегося к коду М, заданного параметром Start M Macro,

На параметре N1745 No. of M Macro Codes задаётся число элементов блока кодов М

Если No. of M Macro Codes=0, не вызывается макрос на эти коды М.

Пример

Пусть будет например, начальный код группы M500. Надо установить Start M Macro=500.

Если код M500 вызывает программу с номером O3500, тогда Start Prg No. M Macro=3500.

На параметре No. of M Macro Codes задаётся число кодов М, относящихся к группе. Если в группе имеется 20 кодов, тогда No. of M Macro Codes=20.

После этого сопоставление кодов М с номерами программ:

1-й код М	M500	→	1-й номер программы	O3500
2-й код М	M501	→	2-й номер программы	O3501
3-й код М	M502	→	3-й номер программы	O3502
.....				
20-й код М	M520	→	20-й номер программы	O3519

Положение в кадре кода М, запускающего макровывоза

Код М, выделённый в поле параметров, иницирующей макровывоз может опередить в кадре только / и алрес N (номер кадра), вводные аргументы могут следовать только после этого.

Макрос, вызванный на код М, не сохраняется модально

Кодом М задаётся всегда *модально не сохраняющийся вызов*, типа G65.

Ссылка в дереве макроса М на тот же код М

Если *в дереве макроса* повторно *ссылаться на тот же код М*, макрос не вызывается повторно, а *код М передаётся для PLC*.

В дереве макроса М ссылка G, S, в дереве вызова G, S, ... ссылка М

- из макровызова, запускаемого на код М системный вызов подпрограмм/макроса G, S, T, A, B, C, M, ASCII,
 - из вызова системной подпрограмм/макрос G, S, T, A, B, C, M, ASCII вызов макроса, запускаемого на код М,
- зависимости от позиции параметра разрешается:
- N1755 Macro Contr #1 ENC=0: не инициирует вызов выполняется как обычный код M, S, ... G),
- N1755 Macro Contr #1 ENC=1: инициирует вызов.

Область аргументов кодов М, запускающих макровызов:

В кадре, содержащего *макровызов, запущенный на код М* можно использовать обе *области аргументов*, и №1 и №2.

После задания вызывающего кода М, второй код М истолкуется уже как аргумент и код передаётся переменной #13.

23.3.6 Вызов системной подпрограммы по коду М, заданному параметром

Можно выделить индивидуальные коды М, далее один блок кодов М, задавая параметром, по каналам, к вызову подпрограммы.

Разница между кодами М, вызывающими подпрограмму, или макрос имеется в том, что код М, вызывающий подпрограмму не передаёт никакого аргумента для подпрограммы, а вызывающий макрос код М передаёт.

Выделение 10 индивидуальных кодов М к вызову системной подпрограммы

В поле параметров можно выделить по каналам не более 10 разных кодов М, на которые желаем вызывать подпрограмму. В этом случае *код Мт не передаётся для PLC*, а подпрограмма вызывается с соответствующим номером программы, то есть вместо команды

Nn Gg Xx Yy M98 Pp

можно выдавать следующую команду:

Nn Gg Xx Yy **Mm**

В поле параметров надо установить, что какой номер программы должен вызвать вызывающий код М. Эти параметры следующие:

N1720 M(9000): код М, который вызывает программу с номером O9000

N1721 M(9001): код М, который вызывает программу с номером O9001

:

N1729 M(9009): код М, который вызывает программу с номером O9009

Если на параметр написать 0, не вызывается подпрограмма с данным номером программы.

Выделение группы кодов М к вызову системной подпрограммы

С помощью следующих параметров можно выделить один блок кодов М к вызову подпрограммы по каналам.

На параметре N1730 Start M SubP задаётся начальное число блока кодов М, десятичным целым числом,

На параметре N1731 Start Prg No. M SubP задаётся номер программы подпрограммы, относящегося к коду М, заданным параметром Start M SubP,

На параметре N1732 No. of M Codes задаётся число элементов блока кодов М.

Если No. of M Codes=0, не вызывается подпрограмма на эти коды М.

Пример

Пусть будет например, начальный код группы M600. Надо установить Start M SubP=600. Если код M600 вызывает подпрограмму с номером O3600, тогда Start Prg No. M SubP=3600.

На параметре No. of M Codes задаётся число кодов М, относящихся к группе. Если в группе имеется 30 кодов, тогда No. of M Codes=30.

После этого сопоставление кодов М с номерами программ:

1-й код М	M600	→	1-й номер программы	O3600
2-й код М	M601	→	2-й номер программы	O3601
3-й код М	M602	→	3-й номер программы	O3602
.....				
30-й код М	M630	→	30-й номер программы	O3629

Положение в кадре кода М, запускающего вызов подпрограммы

Код М можно написать в кадре на произвольное место.

Ссылка в дереве подпрограммы М на тот же код М

Если **в подпрограмме** повторно **ссылаться на тот же код М**, подпрограмма не вызывается повторно, а **код М передаётся для PLC**.

В дереве подпрограммы М ссылка G, S, ..., в дереве вызова G, S, ... ссылка М

- из вызова подпрограммы, запускающейся на код М, вызов системной подпрограммы/макроса G, S, T, A, B, C, M, ASCII,
- из вызова системной подпрограммы/макроса G, S, T, A, B, C, ASCII, вызов подпрограммы, запускающейся на код М,

в зависимости от позиции параметра разрешается:

N1755 Macro Contr #1 ENC=0: не инициирует вызов (выполняется обычным кодом M, S, ...G),

N1755 Macro Contr #1 ENC=1: инициирует вызов.

23.3.7 Вызов системной подпрограммы по коду A, B, C, S, T, разрешённому параметром

По коду A, B, C, S, T можно вызывать подпрограмму по каналам, разрешив параметром.

Выделение кода A, B, C, S, T к вызову подпрограммы

Параметр N1746 ABCST

при положении бита #0 AM=1 по коду A вызывается подпрограмма O9030.nct,
при положении бита #1 BM=1 по коду B вызывается подпрограмма O9031.nct,
при положении бита #2 CM=1 по коду C вызывается подпрограмма O9032.nct,
при положении бита #3 SM=1 по коду S вызывается подпрограмма O9033.nct,
при положении бита #4 TM=1 по коду T вызывается подпрограмма O9034.nct..

В случае адресов, выделённых к вызову подпрограммы, записанное в программу значение A, B, C, S, T не передаётся ни интерполятору (если адрес A, B, или C выделён для оси), ни для PLC, а код A, B, C, S, T приводит к вызову перечисленных выше подпрограмм.

При этом, если например, код T выделён для вызова подпрограммы, кадр

Gg Xx Yy Tt

эквивалентный к следующим двум кадрам:

#199=t

Gg Xx Yy M98 P9034

Передача аргумента кода A, B, C, S, T для подпрограммы

Значения, переданные адресам A, B, C, S, T записываются как аргументы в следующие глобальные переменные:

код A → #195

код B → #196

код C → #197

код S → #198

код T → #199

После этого подпрограмма может использовать эти переменные.

Положение в кадре кода A, B, C, S, T, запускающего вызов подпрограммы

Коды можно написать в кадре на произвольное место.

Ссылка в дереве подпрограммы A, B, C, S, T на вызывающий код

Если *в подпрограмме, вызываемой по адресу A, B, C, S, T повторно ссылаться на вызывающий адрес*, подпрограмма не вызывается повторно, а код A, B, C, S, T передаётся интерполятору, или для PLC.

В дереве подпрограммы A, B, C, S, T ссылка G, S, ..., в дереве вызова G, S, ... ссылка A, B, C, S, T

- из вызова подпрограммы, запускающейся по коду A, B, C, S, T, системный вызов подпрограммы/макроса G, M, S, T, A, B, C, ASCII (если вызов производится не из вызывающего адреса),
- из вызова системной подпрограммы/макроса G, M, S, T, A, B, C, ASCII вызов подпрограммы, запускающейся по коду A, B, C, S, T (если вызов производится не из вызывающего адреса),

в зависимости от позиции параметра разрешается:

N1755 Macro Contr #1 ENC=0: не инициирует вызов (выполняется обычным кодом M, S, ...G),

N1755 Macro Contr #1 ENC=1: инициирует вызов.

23.3.8 Вызов системной подпрограммы по коду ASCII, заданному параметром

На 4 разные коды ASCII, заданные параметром, можно вызывать подпрограмму по каналам. *Из кодов ASCII* можно выбирать *буквы английского алфавита*.

Выделение кодов ASCII к вызову подпрограммы

На параметре

N1747 ASCII Code SubP1

N1748 ASCII Code SubP2

N1749 ASCII Code SubP3

N1750 ASCII Code SubP4

можно установить 4 разных кодов (буквы английского алфавита). После этого устройство ЧПУ на эти коды вызывает подпрограммы с номером (Onnnn), установленные следующими параметрами:

N1751 Prg No. ASCII Call1

N1752 Prg No. ASCII Call2

N1753 Prg No. ASCII Call3

N1754 Prg No. ASCII Call4

Передача аргумента кодов ASCII для подпрограммы

Значения, заданные выделённым *адресам ASCII*, как аргументы записываются в следующие *глобальные переменные*:

1-й код ASCII → #191

2-й код ASCII → #192

3-й код ASCII → #193

4-й код ASCII → #194

После этого подпрограмма может использовать эти переменные.

Положение в кадре кода ASCII, запускающего вызов подпрограммы

Коды можно написать в кадре на произвольное место.

Ссылка на вызывающий код в дереве подпрограммы, вызывающейся по коду ASCII

Если *в подпрограмме, вызывающейся по коду ASCII*, повторно *ссылаться на вызывающий адрес*, подпрограмма не вызывается повторно, а *код ASCII передаётся интерпретатору, или для PLC*.

В дереве подпрограммы ASCII ссылка G, S, ..., в дереве ссылки G, S, ... ссылка ASCII

- из вызова подпрограммы, запускающейся по коду ASCII, вызов системной подпрограммы/макроса G, M, S, T, A, B, C, ASCII (если вызов производится не из вызывающего адреса),
- из вызова системной подпрограммы/макроса G, M, S, T, A, B, C, ASCII вызов подпрограммы, запускающейся по коду ASCII (если вызов производится не из вызывающего адреса),

в зависимости от позиции параметра разрешается:

N1755 Macro Contr #1 ENC=0: не инициирует вызов (выполняется обычным кодом M, S, ...G),

N1755 Macro Contr #1 ENC=1: инициирует вызов.

23.3.9 Отображение кадров макросов и подпрограмм в автоматическом режиме.

В основном случае кадры макросов и подпрограмм устройство ЧПУ внесёт в список в момент их выполнения. Однако, имеется возможность и запретить внесения кадров в список. При этом устройство ЧПУ считает за один кадр целый макрос, или подпрограмму и в режиме по кадрам не остановится у внутренних кадров.

Внесение в список можно разрешить, или запретить битами #0 MD8 и #1 MD9 параметра N1756 List Contr. Бит MD8 регулирует внесение в список пронумерованных от 8000 до 8999 подпрограмм и макросов, а бит MD9 - от 9000 до 9999.

Если значение параметра MD8, или MD9 будет 0, при выполнении пронумерованных от 8000 до 8999 подпрограмм и макросов, далее от 9000 до 9999 кадры подпрограмм и макросов не будут внесены в список, в режиме по кадрам выполнение не остановится у внутренних кадров.

При положении 1 параметра MD8, или MD9 их кадры тоже занесены в список, далее в режиме по кадрам устройство ЧПУ остановится и у внутренних кадров.

23.4 Макрос прерывания

Во время прогона программы деталей можно отложить выполнение актуальной программы, вызывать другую программу, затем после её выполнения продолжать отложенную программу.

Событиями, вызывающими прерывание, могут быть, например, отсутствие напряжения в сети, поломка инструмента, или сбор данных в определённых интервалах времени.

Программа, вызываемая при отложении называется **макросом прерывания**.

Вызов макроса прерывания запускается сигналом, выставленным из программы PLC а именно CP_MINT.

В программе деталей **вызов макроса прерывания надо разрешить**, иначе сигнал PLC не действует.

Помимо этого, надо выделить ту программу, которую желаем запускать под действием сигнала.

Команда

M96 P(номер программы)

или

M96 <имя файла>

разрешает работу сигнала прерывания CP_MINT, поступающего от программы PLC.

Под действием сигнала прерывания **вызывается программа** с номером, **заданным** по адресу P (номер программы).

Правила программирования номера программ, заданная по адресу P изложены во главе “[14.4.1](#) Идентификация программ в накопителе. Номер программы (O)” на странице [148](#). **Правила расширения макросов прерывания, заданных с номером программ и их размещения в накопителе** совпадают с правилами подпрограмм. Смотри главу “[14.4.2](#) Вызов подпрограммы (M98)” на странице [148](#).

Место макросов прерывания в накопителе

Положение бита #5 SYM параметра N1758 Intrrt Contr решает, что где NC должен искать макрос прерывания в накопителе:

- в случае #5 SYM=0: всегда в той папке, в которой имеется главная программа, даже тогда, если макрос прерывания разрешили не в главной программе командой M96 P,
- в случае #5 SYM=1: всегда в каталоге, относящейся к соответствующему каналу папки SystemMacros.

Возвращение из макроса прерывания происходит **кодом M99**.

Команда

M97

запрещает вызов макроса прерывания, то есть макрос прерывания не вызывается больше, даже если поступает сигнал. Reset, далее конец программы тоже запрещает макрос прерывания.

Макрос прерывания работает исключительно в
автоматическом режиме, или
режиме ручного ввода данных,

когда он находится в состоянии
start.

Разрешение работы функции

Положение бита #0 USD=1 **параметра** N1758 Intrrt Contr **разрешает работу макроса прерывания** в устройстве ЧПУ.

Если значение бита #0 USD=0, макрос прерывания не работает, PLC свободно может использовать коды M96, M97 в качестве функции.

Разрешение прерывания другим кодом

При положении бита #4 MCD=0 параметра N1758 Intrrt Contr **разрешение/запрет** макроса прерывания происходит парой кодов **M96/M97**.

При положении бита #4 MCD=1 параметра N1758 Intrrt Contr разрешение/запрет макроса прерывания происходит отличающейся от пары кодов M96/M97.

При этом можно задавать **параметром** N1759 M Code MI On, что **какой код M должен разрешить** прерывание, а параметром N1760 M Code MI Off задаётся то, что **hogy какой код M должен выключить** прерывание.

Это может быть полезно тогда, когда PLC уже использовал код M96, или M97 для какой-то функции.

Прерывание типа подпрограмм, или типа макроса

При положении бита #1 STP=1 параметра N1758 Intrrt Contr прерывание будет **типа подпрограмм**, то есть вызов не увеличивает уровень локальных переменных, значение локальных переменных в вызванной программе то же самое, как в прерванной программе. В отличие от этого, при положении бита STP=0 прерывание будет **типа макроса**, уровень локальных переменных в вызванной программе увеличивается, то есть локальные переменные разными будут в вызывающей программе и в программе прерывания.

Прерывание с управлением набегающей кромкой и уровнем

С управлением набегающей кромкой называется управление, когда макрос прерывания вызывается по сигналу **набегающей кромки** CP_MINT PLC. Если сигнал остаётся включенным и в дальнейшем после возвращения из макроса прерывания, макрос не вызывается снова, только тогда, если сигнал выключается, затем снова включается обратно.

В отличие от этого, в случае прерывания **с управлением уровнем**, если после возвращения из макроса прерывания сигнал CP_MINT ещё включён, макрос прерывание **вызывается снова**, до тех пор, пока сигнал CP_MINT не выключается.

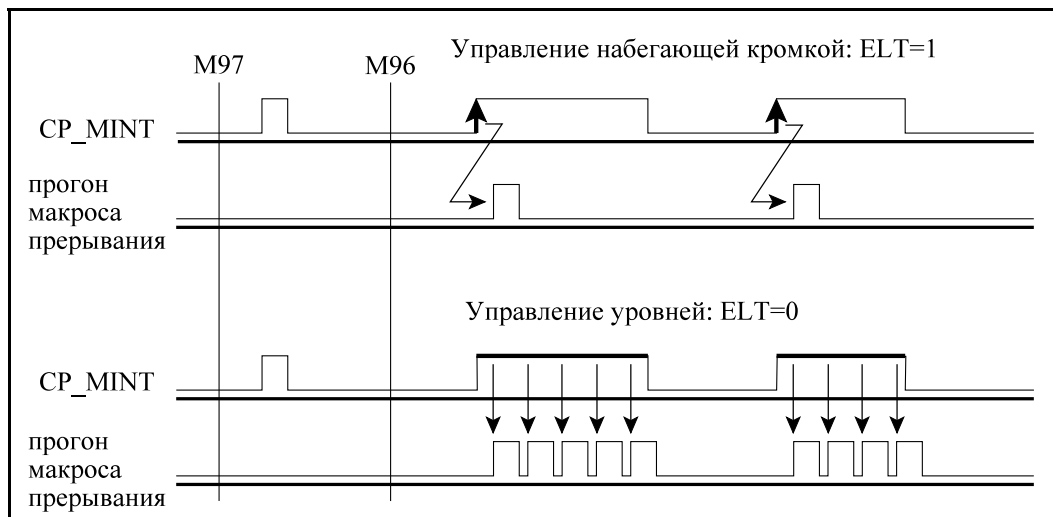


рисунок 23.4-1

Битом #3 ELT параметра N1758 Intrrt Contr решается, что какой должен быть макровывоз. Если #3 ELT=1, макровывоз будет с управлением набегающей кромкой, если #3 ELT=0, тогда с управлением уровнем.

Прерывание во время выполнения кадра, или в конце кадра

Пользователь может решать, что пусть начинается прогон макроса прерывания **в момент поступления сигнала**, или пусть дождётся, чтобы в актуальном кадре закончилось движение и прогон начался **только в конце кадра**.

При положении бита #2 TPI=0 параметра N1758 Intrrt Contr макрос прерывание вызывается сразу, а при положении бита #2 TPI=1 только в конце кадра.

Модальные информации в макросе прерывания

Вызов макроса прерывания отличается от простого вызова подпрограммы.

В случае вызова подпрограммы (M98 Pr) подпрограмма наследует модально из вызывающей программы

#4001...#4130 действующие в предыдущем кадре модальные информации и

#4201...#4330 действующие в кадре в момент выполнения модальные информации.

Эти две информации естественно отличаются друг от друга, ведь из-за буферизации выполнение отстаёт от предварительной обработки кадров.

Отличается от этого положение в случае макроса прерывания.

Прерывание происходит во время выполнения программы, поэтому **макрос прерывания (M96 Pr) может прочитать модальные информации, действующие в кадре в момент выполнения, то есть может прочитать их в прерванном кадре на переменных**

#4401...#4530.

Модальные информации #4001...#4130, а также #4201...#4330 инициализируются после вступления в макрос прерывания.

В ходе выполнения макроса прерывания переменные #4001...#4130 и #4201...#4330 работают привычным образом, а в то же время переменные #4401...#4530 сохраняют модальные информации, действующие в момент прерывания.

Возвращение из макроса прерывания с M99

Устройство ЧПУ *сохраняет модальные информации, действующие в момент прерывания*, затем *после возвращения с M99 восстанавливает сохранённые модальные информации*.

Если прерывать программу во время интерполяции, после возвращения устройство ЧПУ заканчивает интерполяцию, если прерывать в конце кадра, берёт следующий кадр и выполняет его.

Поэтому в том случае, если в макросе прерывания нужно запрограммировать и движение, целесообразно после вступления в макрос прерывания сохранить позицию конца кадра (#5001...), затем перед возвращением встать обратно в эту позицию.

Возвращение из макроса прерывания с M99 Pr

Если из макроса прерывания возвращаться с командой M99 Pr, обработка продолжается от кадра с номером, заданным по адресу P прерванной программы.

После возвращения с M99 Pr не восстанавливаются сохранённые модальные информации, а продолжается программа с модальными информацией, сформированными в макросе прерывания.

23.5 Команды NC и макроса. Выполнение макрокадров

Кадров NC и макрокадры

В языке программирования различаются *кадры NC* и *макрокадры*.

Кадрами NC считаются кадры, описанные традиционными кодами G, M и т.д., даже тогда, если значения отдельных адресов могут принимать не только числовые значения, но и переменные, или формулы.

Макрокадрами считаются следующие кадры:

- кадры, содержащие команду присвоения значения: #i=#j
- кадры, содержащие условную команду, или команду организации цикла: IF, WHILE
- кадры, содержащие команду контроля: GOTO, DO, END
- кадры, содержащие макровыводы: G65, G66, G66.1, G67, или те коды G, или M, которые запускают макровыводы.
- кадры, содержащие вызов подпрограммы (запускающие подпрограмму на M98 P, или на A, B, C, S, T, M)
- кадры, содержащие код возвращения из подпрограммы, или из макроса (M99)

Синхронизация команд (G53)

При положении бита #6 MBM=1 параметра N1301 DefaultG2 (способ мультибуфера) подготовитель кадров прочитает вперёд как кадры NC, так и макрокадры, обрабатывает их, и вставит их в уравнивательный накопитель (буфер). В ходе выполнения программы исполнители, интерполятор и PLC, берут кадры из уравнивательного накопителя. Это необходимо для того, чтобы интерполятор мог непрерывно перемещать оси и не понадобилось ожидать обработку следующего кадра.

В результате обработки кадров вперёд и буферизации исполнитель отстаёт от подготовителя кадров на много сотен кадров. Например, подготовитель кадров обрабатывает уже 1500-й кадр, но исполнитель выполняет лишь 1000-й кадр..

Это является причиной того, что различаем переменные #4001...#4130 (#_BUFx) и #4201...#4330 (#_ACTx). Пока первые дают информацию о кадрах, вставленных в уравнивательный накопитель последними, в то же время последние дают информацию о кадрах, выполняемых в тот момент.

Бывают случаи, когда приходится отложить предварительную обработку кадров и буферизацию кадров, например, если желаем дождаться данную позицию какой-то оси во время выполнения программы.

Команда

G53,

написанная в отдельный кадр, отложит прочтение вперёд кадров. Дождётся, пока буфер кадров опорожняется, и только после этого приступает к прочтению и обработке следующего кадра.

Выполнение макрокадров

Устройство ЧПУ может выполнять макрокадры параллельно с выполнением кадров NC, или вслед за ними. Параметром, регулирующим выполнение кадров NC и макрокадров является N1755 Macro Contr #2 SBM. Если параметр:

- =0: кадры NC и макрокадры выполняются в порядке, описанном в программе,
- =1: во время выполнения кадров NC выполняются макрокоманды.

Пример:

SBM=0

```
%O1000
...
N10 #100=50
N20 #101=100
N30 G1 X#100 Y#101
N40 #100=60 (присвоение значения
после N30)
N50 #101=120 (присвоение значения
после N30)
N60 G1 X#100 Y#101
```

Присвоение значения, описанное в кадрах N40 и N50 выполняется после выполнения кадра N30.

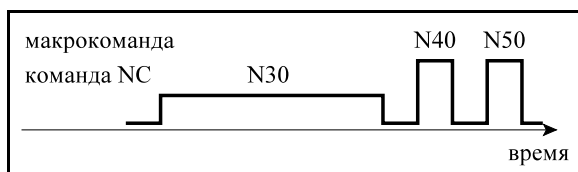


рисунок 23.5-1

SBM=1

```
%O1000
...
N10 #100=50
N20 #101=100
N30 G1 X#100 Y#101
N40 #100=60 (присвоение значения во
время N30)
N50 #101=120 (присвоение значения во
время N30)
N60 G1 X#100 Y#101
```

Присвоение значения, описанное в кадрах N40 и N50 выполняется во время движения в кадре N30.

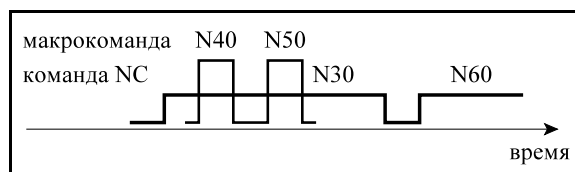


рисунок 23.5-2

☞ Последствия:

- выполнение программы медленнее,
- если прервать выполнение кадра N30, затем снова запускать обработку, продолжение обработки проще, поскольку кадр N40, N50 ещё не изменил переменные кадра N30.

☞ Последствия:

- выполнение программы быстрее,
- если прервать выполнение кадра N30, затем снова запускать обработку, обработку нельзя продолжать, только тогда, если запустить поиск кадра на кадр N30, поскольку кадр N40, N50 уже изменил переменные кадра N30.

23.6 Макроцикл фрезерования полости

Команда

G65 P9999 X Y Z I J K R F D E Q M S T

запускает цикл фрезерования полости.

Перед вызовом цикла надо разместиться над геометрическим центром полости в выбранной плоскости, на безопасное расстояние от поверхности заготовки. В конце цикла инструмент отводится в эту же точку.

Источование адресов кадра:

X: размер полости в направлении X

Y: размер полости в направлении Y

Z: размер полости в направлении Z

Команда G17, G18, G19 решает, что из трёх координат какая будет длиной, шириной или глубиной полости. Например: в случае G17 глубина полости Z, из X и Y длинее координата будет длиной полости, а короче шириной. Эти значения задаются как положительные числа в абсолютном значении.

R: радиус углов полости

По адресу R надо задавать возможные округления углов полости. Если не заполнять адрес R, округление углов полости будет равняться радиусом инструмента.

I: безопасное расстояние в направлении глубины в случае G19

J: безопасное расстояние в направлении глубины в случае G18

K: безопасное расстояние в направлении глубины в случае G17.

В зависимости от выбранной плоскости по адресу I (G19), J (G18), или K (G17) надо задавать в кадре безопасный припуск в направлении инструмента. Устройство ЧПУ предполагает при запуске цикла, что вершина инструмента находится на такое расстояние от поверхности заготовки. А во время профрезерования полости, когда завершилась обработка данного уровня, на это расстояние отводится инструмент, чтобы для обработки следующего уровня стать в начальную точку.

D: адрес ящика, содержащего коррекцию радиуса инструмента

Номер регистра коррекции радиуса инструмента, использованного в программе, обязательно задавать по адресу D. Вообще фрезерование полости надо выполнить в состоянии G40.

E: ширина резания в процентах диаметра фрезы

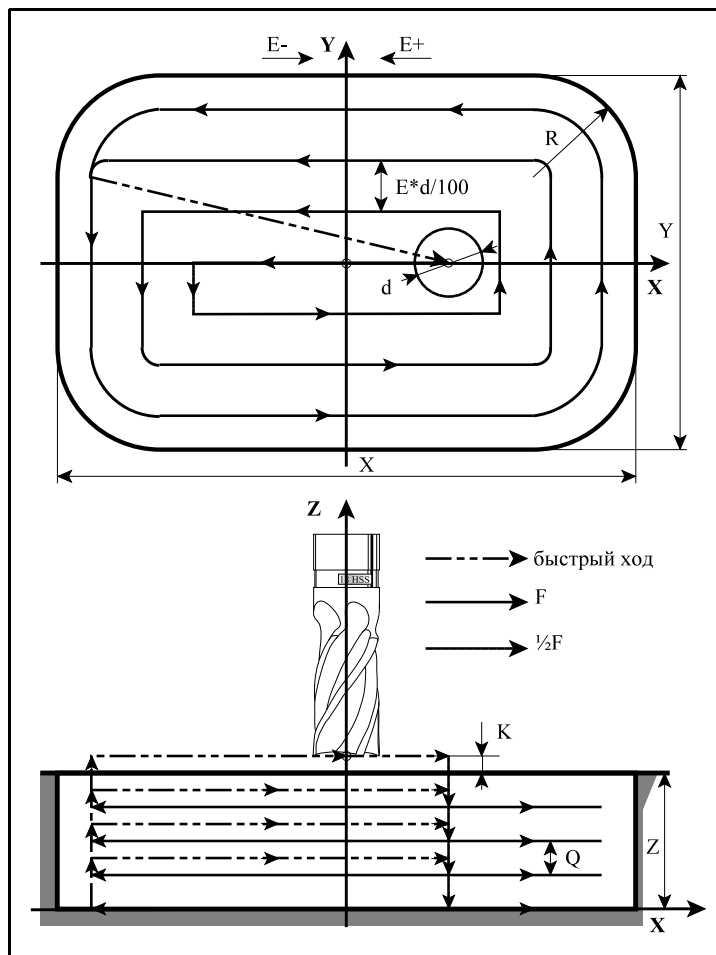


рисунок 23.6-1

со знаком +: обработка против хода часовой стрелки

со знаком -: обработка по ходу часовой стрелки

По адресу E можно сообщить устройству ЧПУ две информации. Значение E задаёт, что какая должна быть ширина резания в процентах диаметра фрезы. Если оно не задано, устройство ЧПУ автоматически предполагает +83%. Устройство ЧПУ изменяет данные, заданные по адресу E в зависимости от ширины полости так, чтобы при профрезеровании одного уровня значение резания было равномерное. Однако изменение может быть только в сторону уменьшения. Знак адреса E подскажет направление фрезерования. Если E+, то есть положительное, обработка совершается против хода часовой стрелки, если E-, то есть отрицательное, обработка совершается по ходу часовой стрелки.

Q: глубина резания

По адресу Q задаётся глубина резания в применённой системе мер, то есть в мм-ах, или в дюймах. Устройство ЧПУ в зависимости от глубины полости может пересматривать запрограммированное значение в интересах равномерного разделения глубины резания. Однако изменение может быть только в сторону уменьшения.

F: подача

По адресу F задаётся величина подачи, применённой в ходе цикла. Если адресу F не задавать значение, принимается во внимание модальное значение F. Принимается 50%-ов значения F в следующих случаях:

- Когда начнётся снятие одного уровня и инструмент просверлит до глубины Q в направлении инструмента,
- При фрезеровании полости в продольном направлении до тех пор, пока инструмент загружен на обеих сторонах.

M S T: функция

В кадре, вызывающего фрезерование полости можно задавать одну функцию M, или S, T, которую устройство ЧПУ выполняет перед началом фрезерования.

Экстремистские случаи фрезерования полости:

Если не задана ширина полости, берётся двойной радиус углов полости и это будет шириной полости.

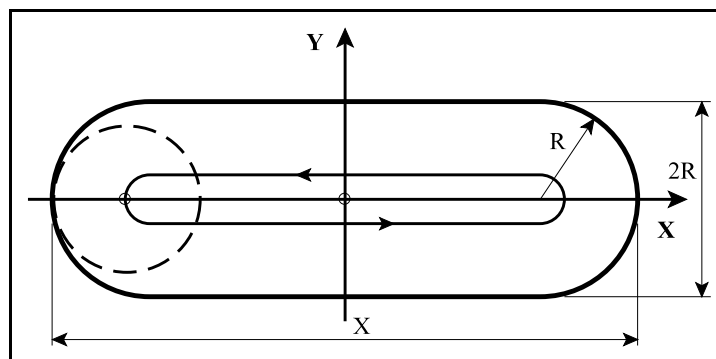


рисунок 23.6-2

Если не задана ни ширина полости, ни радиус округления углов, за шириной полости (паз) берётся диаметр применённого инструмента.

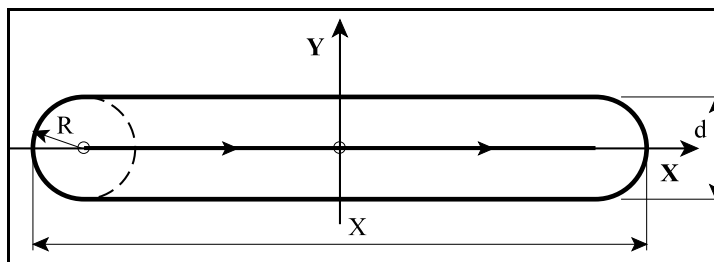


рисунок 23.6-3

Если не задана ни длина, ни ширина полости, только запрограммирован адрес R, тогда снимается круглая полость с радиусом R.

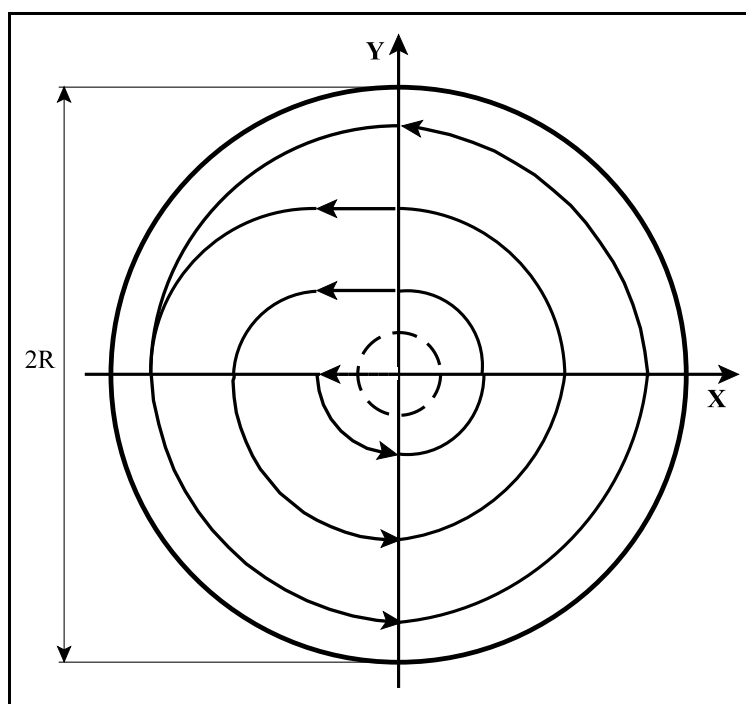


рисунок 23.6-4

Если не задана ни длина, ни ширина, ни радиус полости, тогда цикл превращается в сверление.

Сообщения об ошибке, выводимые в ходе выполнения фрезерования полости:

MACRO ERROR 1: ошибка заполнения кадра. Возможные причины:

- Не задана глубина полости,
- Не задан радиус инструмента,
- не задана глубина резания.

MACRO ERROR 2: ошибка задания размера. Возможные причины:

- Если размер, заданный для длины, или для ширины полости меньше, чем двойной радиус полости,
- Если размер полости по длине, или по ширине меньше, чем вызванный по адресу D диаметр инструмента,

- Если значение, заданное для ширины резания 0, или вызванный диаметр инструмента 0,
- Если значение глубины резания 0, то есть на адрес Q запрограммировано 0.

24 Писание и чтение параметров

С помощью параметров можно установить работу устройства ЧПУ согласно требованиям. Параметры сохраняются в незабывающей памяти устройства ЧПУ. Параметры устройства ЧПУ можно переписать, и прочитать из программы деталей.

Каждый **параметр** имеет одно, не более **четырёхзначное опознавательное число**, которое идентифицирует параметр в накопителе. К этим **опознавательным числам может принадлежать одно** (в случае глобальных параметров), **или несколько** различных (по каналам, по осям, индексированных по шпинделям) **значений**. Параметры можно классифицировать **по их изображению цифер, по их кругу действия и способу их взятия на учёт**.

Классификация параметров по их изображению цифер

Параметры битного типа: их область значений может быть

0, или 1.

Параметры целого типа (DWORD): их область значений может быть

без знака: 0,...4294967295, или

со знаком: -2147483648... +2147483647.

Параметры с плавающей запятой (double): их область значений может быть

в случае отрицательных чисел: $-1.7 \times 10^{308} \dots -5.0 \times 10^{-324}$

в случае положительных чисел: $5.0 \times 10^{-324} \dots 1.7 \times 10^{308}$.

Классификация параметров по их кругу действия

Глобальные параметры: глобальными называем те параметры, которые действительны во всех каналах устройства ЧПУ. Такими параметрами являются например, N2201 Waiting M Codes Min и N2202 Waiting Codes Max, которые назначают группу кодов M, регулирующих доживания между каналами и действительны для всех каналов. В случае глобальных параметров к каждому опознавательному числу принадлежит **одно** значение параметра.

Параметры, задаваемые по каналам: это такие параметры, на которые можно написать разные по каналам значения. Таким параметром является например, группа N1500 Return Val G73, на которой можно устанавливать расстояние отвода в цикле сверления G73, и на которую можно написать разные по каналам значения.

В случае параметров, задаваемые по каналам, к каждому опознавательному числу может принадлежать **не более 8** значений параметра.

Параметры, задаваемые по осям: это такие параметры, на которые можно написать разные по осям значения. Таким параметром является например, бит #0 DIA группы N0106 Axis properties, на котором по осям можно устанавливать, что данную ось желаем программировать в радиусе, или в диаметре.

В случае параметров, задаваемые по осям, к каждому опознавательному числу может принадлежать **не более 32** значений параметра.

Параметры, задаваемые по шпинделям: это такие параметры, на которые можно написать разные по шпинделям значения. Таким параметром является например, группа N0608 Spindle Encoder Counts, на котором по шпинделям можно задавать число импульсов датчика, оборудованного на отдельные шпиндели.

В случае параметров, задаваемые по шпинделям, к каждому опознавательному числу может принадлежать **не более 16** значений параметра.

Классификация параметров по их способу взятия на учёт

Параметры, взятые на учёт во время прогона: Эти параметры после их изменения устройство ЧПУ сразу принимает во внимание.

Параметры, взятые на учёт после перезагрузки: Эти параметры после их изменения устройство ЧПУ принимает во внимание только после перезагрузки (после выключения, затем включения).

Параметры, писаемые в случае аварийного состояния: Изменение этих параметров устройство ЧПУ разрешает только в аварийном состоянии.

Подробное описание отдельных параметров изложены в описании “Устройство ЧПУ NCT3xx инструментальными станками Параметры”.

24.1 Писание параметров из программы деталей (G10 L52)

Команда

G10 L52 (писание параметра вкл.),

написанная в отдельной строке, включает функцию писания параметра. После этого в отдельной строке надо задавать номера и значения отдельных параметров следующим образом:

N_ R_ (писание глобальных параметров)

N_ P_ R_ (писание параметра канала/оси/шпинделя)

...

...

Конец писания параметра закрывается командой

G11 (конец писания параметра)

написанная в отдельной строке.

Истолкование адресов N, P, Q, R:

N: опознавательное число параметра (0-9999). Ведущими нулями можно пренебречь.

☞ **Внимание!** Командой G10 L52 можно изменить только параметр с таким опознавательным числом, для взятия на учёт которого не требуется перезагрузка, или для изменения которого не требуется аварийное состояние!

P: номер канала (1-8), оси (1-32), или шпинделя (1-16). В скобках задаётся, что в отдельных случаях какое значение P можно задавать.

☞ **Внимание!** Если писать параметр, задаваемый по каналам, и не заполнять адрес P, командой изменяется всегда параметр того канала, в котором работает программа..

Q: в случае битного параметра число писаемого бита задано от 0 до 7,

R: значение параметра. Инкрементный оператор I, принятый при значении R, который инкрементирует актуальное значение параметра со значением, заданным по адресу RI. В случае данных с плавающей запятой можно использовать десятичную запятую (.).

Параметры, изменённые командой G10 L52 сохраняются, значит, изменение будет действительное и при следующем включении.

При ошибочном заполнении адресов N, P, Q, R выводится сообщение об ошибке “2002 <N, P, Q, или R> данные вне предела значений”.

На адрес N: если нет параметра с таким опознавательным числом,

На адрес P: если нет канала/оси/шпинделя с таким номером,

На адрес Q: если значение Q меньше, чем 0, или больше, чем 7,

На адрес R: если на параметр с опознавательным числом N написано на R значение вне допускаемого предела значений.

Если какой-нибудь из данных N, P, Q, R отсутствует, выводится сообщение об ошибке “2004 <N, P, Q, R> отсутствуют данные”.

При желании изменить такой параметр, для взятия на учёт которого требуется перезагрузка, или для изменения которого требуется аварийное состояние, тогда выводится сообщение об ошибке “2193 Параметр Nnnnn нельзя изменить командой G10”.

Пример для писания параметра:

```

...
G10 L52                (включение писания параметра)
N107 P4 Q0 R1          (N0107 RollOver Control A4- REN)
N1339 (P1) R0.5        (N1339 Radius Diff)
N1746 (P1) Q1 R1       (N1746 ABCST BM=1)
G11                    (выключение писания параметра)
...

```

24.2 Чтение параметров из программы деталей (PRM)

Командой

#a=PRM[#b,#c]

и командой для присвоения значения

#a=PRM[#b,#c] / [#d]

значение *любого параметра* устройства ЧПУ *можно прочитать без ограничения*.

Значение аргументов:

#a: писаемая макропеременная.

#b: опознавательное число параметра. Можно задавать косвенно на макропеременной, или непосредственно с числовым значением.

#c: При чтении битного параметра это число бит параметра. Можно задавать косвенно на макропеременной, или непосредственно с числовым значением.

#d: номер канала (1-8), оси (1-32), или шпинделя (1-16). В скобках задано, что в отдельных случаях на #d какое значение можно задавать. Можно задавать косвенно на макропеременной, или непосредственно с числовым значением.

☞ **Внимание!**

Если читать параметр, задаваемый по каналам, и пропустить часть / [#d] из команды, команда читает параметр всегда того канала, в котором программа работает.

Если аргументы команды PRM задавать на макропеременных и значение макропеременной #0 (пустое), это имеет такое действие, как будто аргумент не задавали.

Аргументы могут быть и результатами макровыражений.

Если команда PRM стоит не на правой стороне команды для присвоения значения, выво-

дится сообщение об ошибке “2017 Запрещённый адрес PRM”.

Если отсутствует аргумент #b команды PRM, то есть отсутствует номер параметра, выводится сообщение об ошибке “2064 Синтаксическая ошибка”.

Если отсутствует число бита #с команды PRM, или отсутствует аргумент /[#d], выводится сообщение об ошибке “2194 Функция PRM <2., 3.> отсутствует параметр”.

Пример для чтения параметров:

```
...
#101=PRM[107,0]/[4]      (N0107 RollOver Control A4- REN)
#102=PRM[1339] (/ [1]    (N1339 Radius Diff)
#103=PRM[1746,1] (/ [1]) (N1746 ABCST BM=1)
#104=PRM[2201]           (N2201 Waiting M Codes Min)
...
```

25 Обработки по 5-осям

Функции обработки по 5-осям относятся к тем станкам, на которых *главные оси* X, Y, Z образуют *прямоугольную, правокрученную систему координат*, и помимо главных осей имеются и *2 вращающихся осей*.

Стандартное название вращающихся осей видно на приложенном рисунке.

Описания 5-координатных станков, управляемых устройством ЧПУ, изложены в следующих главах.

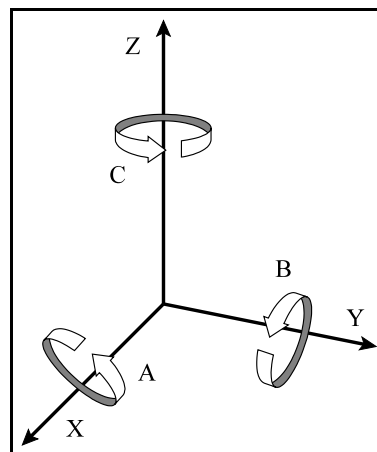


рисунок 25-1

25.1 Построение 5-координатных станков

Тип 5-координатных станков

5-координатные станки, управляемые устройством ЧПУ, причисляются к трём главным группам. Эти следующие:

станки головка-головка: две вращающиеся оси вращают инструмент,

станки стол-стол: две вращающиеся оси вращают заготовку,

станки головка-стол: одна вращающаяся головка вращает инструмент, а другая заготовку.

Тип станка можно установить параметром N3200 Mechanical Type.

Направление инструментальной оси

Следующими важными данными для 5-координатных станков являются, что какой главной оси (X, Y, Z) параллельна *ось вращения инструмента* в основном положении, то есть в станочной позиции 0 градусов двух вращающихся осей. Это можно определить параметром N3201 Tool Axis Direction.

Первая и вторая вращающаяся ось

Из доступных на станке вращающихся осей надо выбирать *две вращающиеся оси*, которые надо использовать в ходе обработки по 5-осям. Из двух вращающихся осей надо выделить, что какая из них будет первой вращающейся осью и какая будет второй вращающейся осью:

первая вращающаяся ось несёт механически вторую вращающуюся ось

вторая вращающаяся ось оборудована на первую вращающуюся ось.

☞ **Замечание:** Правильное определение первой и второй вращающейся оси существенно потому, что этой установкой определяется порядок трансформации вращения. Плохая установка приводит к неправильной работе.

Первую и вторую вращающуюся ось можно определить параметром N3204 No. of the First Rot. Ax. и N3208 No. of the Second Rot. Ax.

Дальнейшем в описании в случае конкретной ссылки на вращающуюся ось, например, в образцовой программе используются адреса A, B, C.

В дальнейшем в описании, если обобщённо ссылаемся на первую и вторую вращающуюся ось

адрес Θ , θ означает ссылку на первую вращающуюся ось, а
адрес Ψ , ψ означает ссылку на вторую вращающуюся ось.

Направление вращающихся осей

Необходимо определить, что вокруг какой оси системы координат $X Y Z$ вращается первая и вторая вращающаяся ось. Направление вращения первой и второй вращающейся оси задают параметры N3205 Direction of the First Rot. Ax. и N3209 Direction of the Second Rot. Ax.

Согласно стандартным названиям, ось A вращается вокруг оси X, ось B вокруг оси Y, ось C вокруг оси Z, однако от этого можно отклоняться.

В дальнейшем в этом описании будем пользоваться стандартными названиями.

Направления осей, если их ось вращения параллельна направлению осей X, Y, Z, устанавливаются следующими значениями параметров:

- =1: вращается вокруг оси X (1-я основная ось),
- =2: вращается вокруг оси Y (2-я основная ось),
- =3: вращается вокруг оси Z (3-я основная ось).

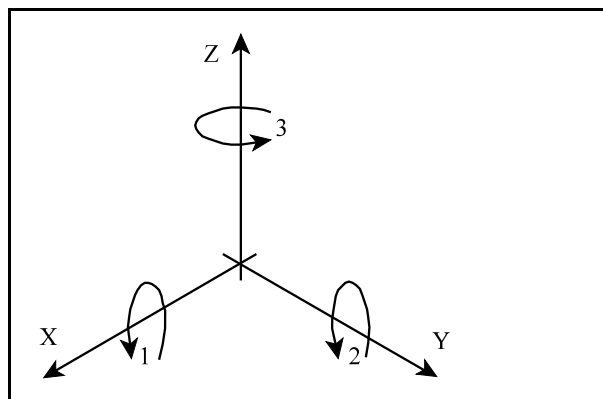


рисунок 25.1-1

В случае таких станков, где ось вращения вращающейся оси не параллельна какой-то линейной оси, а имеется угол между ними, направления осей можно устанавливать следующими значениями параметров:

- =4: в плоскости XY, с креном к оси X
- =5: в плоскости YZ, с креном к оси Y
- =6: а в плоскости ZX, с креном к оси Z.

В этом случае параметром N3206 Inclination Angle of the First Rot. Ax. и N3210 Inclination Angle of the Second Rot. Ax. можно задавать угол наклона, как видно на рисунке.

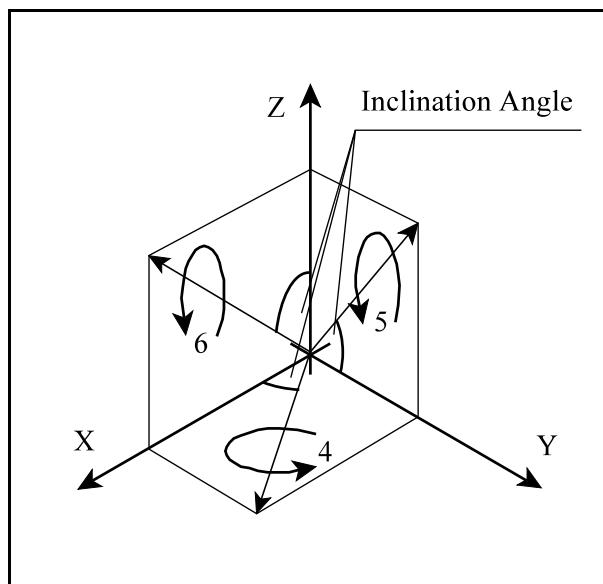


рисунок 25.1-2

Направление трансформации вращения и направление вращения вращающихся осей

Необходимо различать направление трансформации вращения вокруг отдельных главных осей и направление вращения вращающихся осей.

Положительное направление трансформации вращения вокруг главных осей, применённое устройством ЧПУ, **всегда отвечает правилу правокрученности**, как это видно на приложенном рисунке.

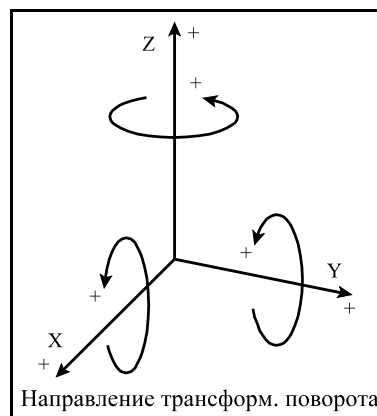


рисунок 25.1-3

Направление вращения вращающихся осей может отличаться от этого.

Пусть ось C вращается вокруг оси Z.

На станке головка-головка положительное направление вращения оси C **отвечает правилу правокрученности**, так как вершина инструмента таким образом вращается в положительном направлении по сравнению с заготовкой.

На станке стол-стол положение часто наоборот. Положительное направление вращения оси C **противоположное направлению правокрученности**, так как вершина инструмента таким образом вращается в положительном направлении по сравнению с заготовкой, поскольку заготовка вращается под инструментом.

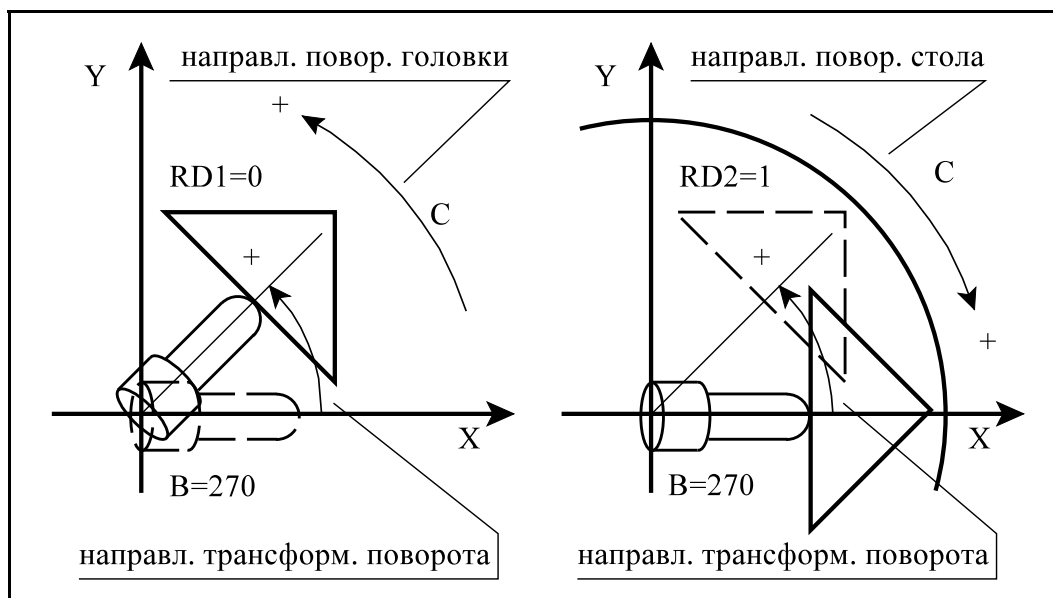


рисунок 25.1-4

Параметром N3212 5D Control можно установить, что направление вращения вращающейся оси, участвующей в обработке по 5-осям, совпадало направлением трансформации

вращения, или было противоположное ему. Если направление вращения первой и второй вращающейся оси совпадает направлением трансформации вращения, значение бита параметра RD1, RD2 равно 0, если значение бита параметра RD1, RD2 равно 1, противоположное ему.

Станки головка-головка

Станком головка-головка называем те станки, на которых обе вращающиеся оси вращают инструмент.

Если ось вращения инструмента параллельна оси Z, эти могут быть следующие:

1-я ось C, 2-я ось A

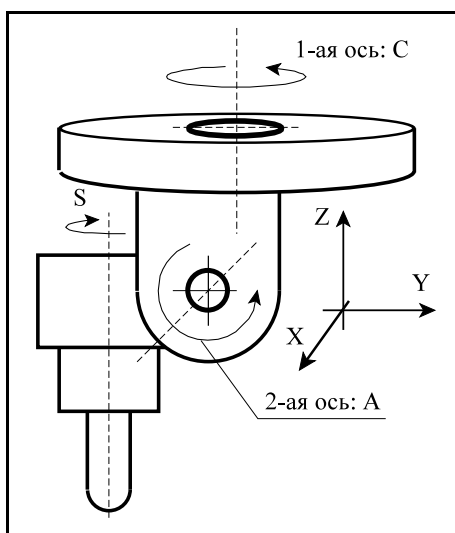


рисунок 25.1-5

Ось C несёт механически ось A.

1-я ось C, 2-я ось B

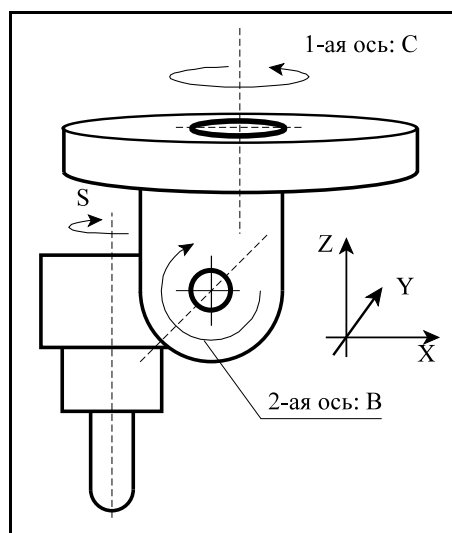


рисунок 25.1-6

Ось C несёт механически ось B.

1-я ось A, 2-я ось B

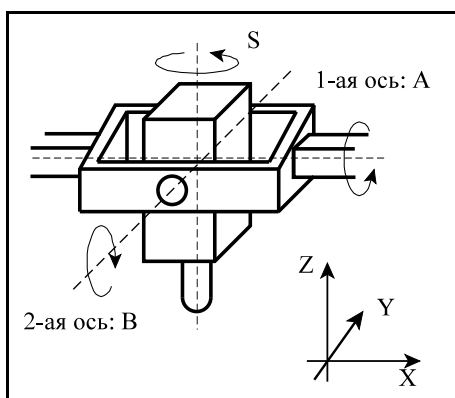


рисунок 25.1-7

Ось A несёт механически ось B.

1-я ось B, 2-я ось A

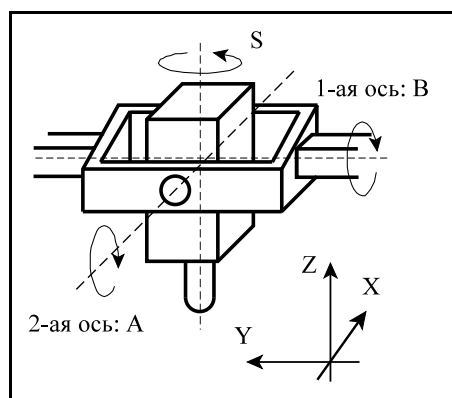


рисунок 25.1-8

Ось B несёт механически ось A.

На приложенном рисунке виден станок типа головка-головка с косой осью вращения.

Ось вращения 1-й вращающейся оси (B) параллельна оси Y, поэтому значение параметра N3205 Direction of the First Rot. Ax. будет 2.

Ось вращения 2-й вращающейся оси (C) в плоскости YZ с креном к оси Y, поэтому значение параметра N3209 Direction of the Second Rot. Ax. будет 5.

Ось вращения оси C образует угол 45 градусов осью Y, поэтому значение параметра N3210 Inclination Angle of the Second Rot. Ax. будет 45.

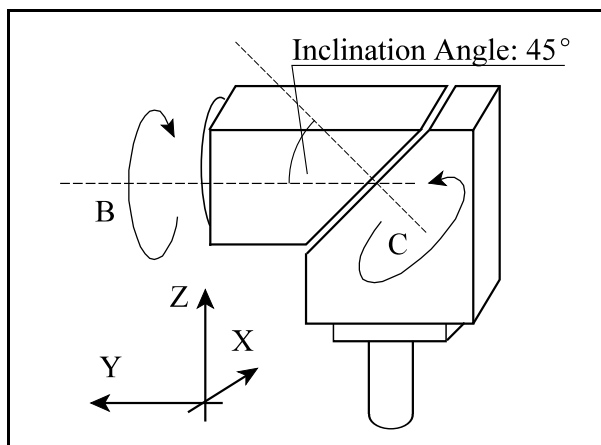


рисунок 25.1-9

Первая и вторая вращающиеся оси не должны пересекать ни друг друга, ни ось вращения инструмента (шпинделя).

Исходя из точки закрепления инструмента, расстояние от оси вращения второй вращающейся оси можно определить с помощью следующих параметров:

N3219 Offs. between Tool Holder and 2nd Rot. Ax. X

N3220 Offs. between Tool Holder and 2nd Rot. Ax. Y

N3221 Offs. between Tool Holder and 2nd Rot. Ax. Z

Расстояние вращающихся осей второй и первой оси вращения определяется следующими параметрами:

N3222 Offs. between the 2nd and 1st Rot. Ax. X

N3223 Offs. between the 2nd and 1st Rot. Ax. Y

N3224 Offs. between the 2nd and 1st Rot. Ax. Z

Указанные выше расстояния замеряются строителем станка.

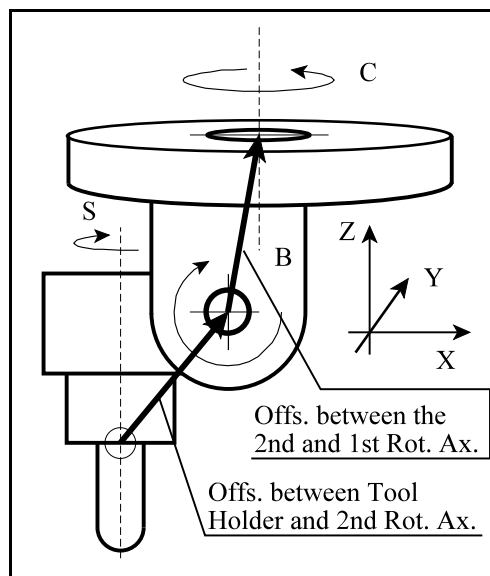


рисунок 25.1-10

Станки стол-стол

Станками стол-стол называем те станки, на которых обе вращающиеся оси вращают заготовку.

Если ось вращения инструмента параллельна оси Z, эти могут быть следующие:

1-я ось A, 2-я ось C

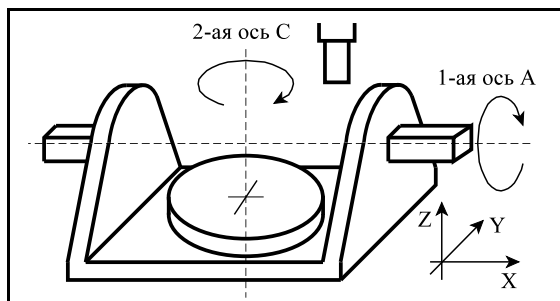


рисунок 25.1-11

Ось A несёт механически ось C

1-я ось B, 2-я ось C

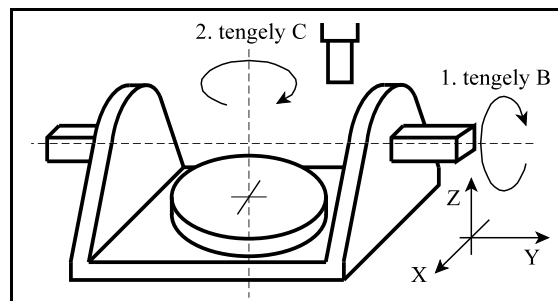


рисунок 25.1-12

Ось B несёт механически ось C.

1-я ось A, 2-я ось B

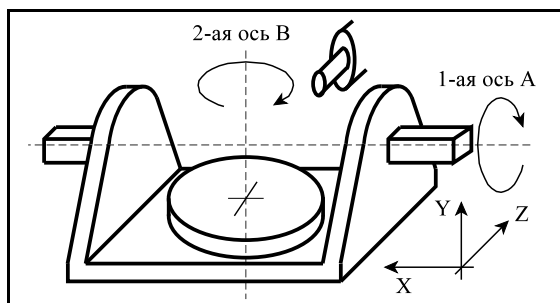


рисунок 25.1-13

Ось A несёт механически ось B.

На приложенном рисунке виден станок типа стол-стол с косой осью вращения.

Ось вращения 1-й вращающейся оси (B) в плоскости YZ с креном к оси Y, поэтому значение параметра N3205 Direction of the First Rot. Ax. будет 5.

Ось вращения 2-й вращающейся оси (C) параллельна оси Z, поэтому значение параметра N3209 Direction of the Second Rot. Ax. будет 3.

Ось вращения оси B образует -45 градусов осью Y, поэтому значение параметра N3206 Inclination Angle of the First Rot. Ax. будет -45 .

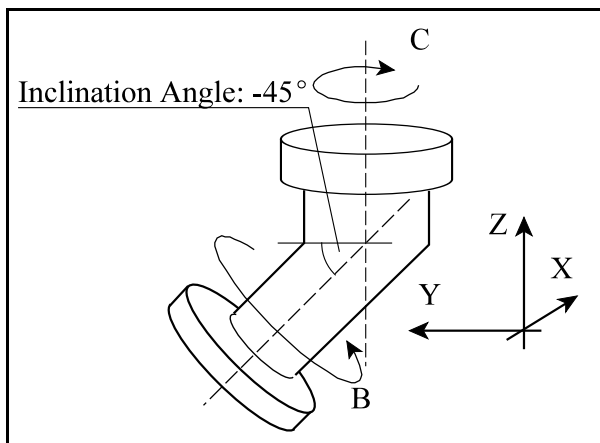


рисунок 25.1-14

Оси вращения первой и второй вращающихся осей не должны пересекать друг друга.

По сравнению начала координат станочной системы координат положение оси вращения первой вращающейся оси определяется следующими параметрами:

N3213 Rotary Table Pos. X

N3214 Rotary Table Pos. Y

N3215 Rotary Table Pos. Z

Расстояние вращающихся осей второй и первой оси вращения определяется следующими параметрами:

N3216 Offset of 2nd Rotary Table X

N3217 Offset of 2nd Rotary Table Y

N3218 Offset of 2nd Rotary Table Z

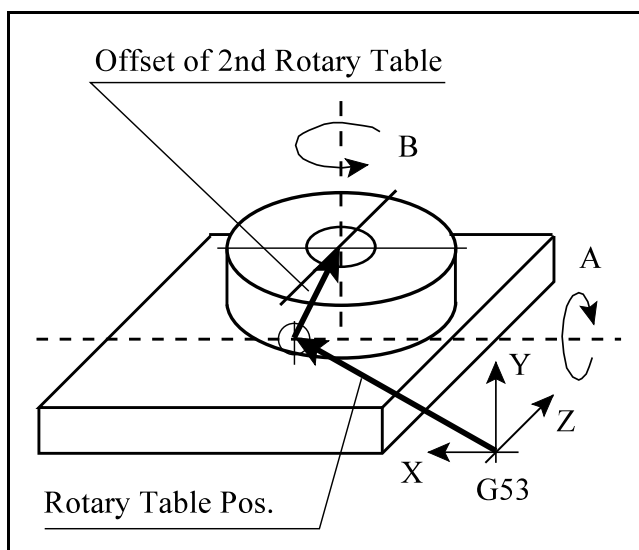


рисунок 25.1-15

Указанные выше расстояния замеряются обычно строителем станка.

Станки головка-стол

Станками головка-стол называем те станки, на которых первая вращающаяся ось вращает инструмент, а вторая - заготовку.

☞ **Внимание!** На станках головка-стол так надо установить параметры, чтобы ось, вращающая инструмент, будет 1-ой вращающейся осью, а ось, вращающая заготовку, будет 2-ой вращающейся осью!

Если ось вращения инструмента параллельна оси Z, эти могут быть следующие:

1-я ось A, 2-я ось C

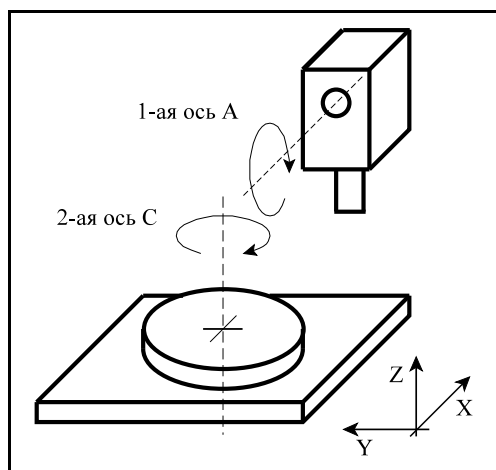


рисунок 25.1-16

1-я ось B, 2-я ось C

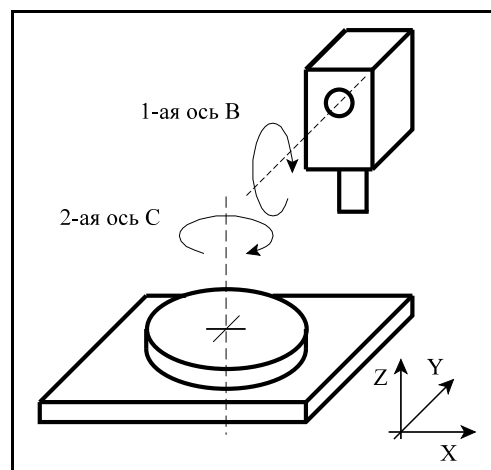


рисунок 25.1-17

Ось A вращает инструмент, C - заготовку.

Ось B вращает инструмент, C - заготовку

1-я ось A, 2-я ось B

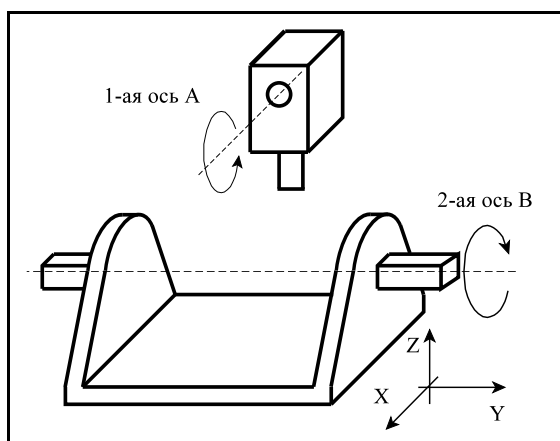


рисунок 25.1-18

1-я ось B, 2-я ось A

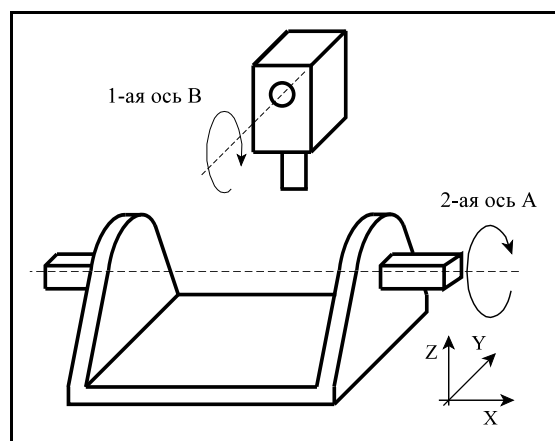


рисунок 25.1-19

Ось A вращает инструмент, B - заготовку.

Ось B вращает инструмент, A - заготовку.

На приложенном рисунке виден станок типа головка-стол с косой осью вращения.

1-я вращающаяся ось, ось вращения головки (B) в плоскости YZ с креном к оси Y, поэтому значение параметра N3205 Direction of the First Rot. Ax. будет 5.

Ось вращения (C) 2-й вращающейся оси параллельна оси Z, поэтому значение параметра N3209 Direction of the Second Rot. Ax. будет 3.

Ось вращения оси B образует 45 градусов осью Y, поэтому значение параметра N3206 Inclination Angle of the First Rot. Ax. будет 45.

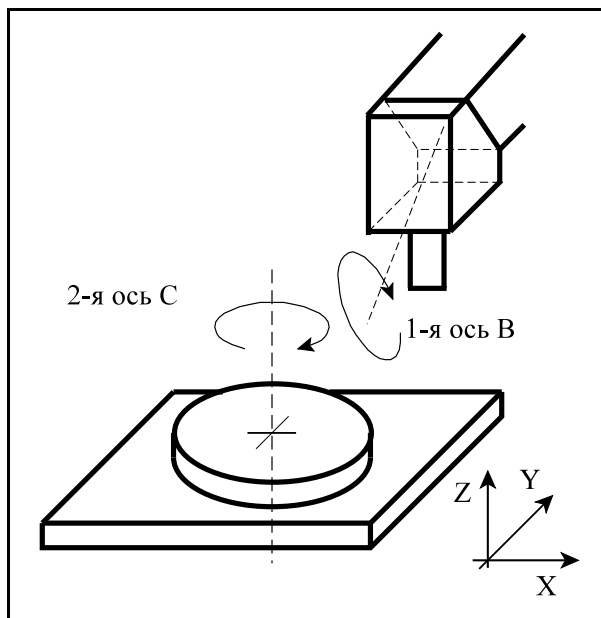


рисунок 25.1-20

На станках головка-стол первая вращающаяся ось вращает инструмент. Исходя *с точки закрепления инструмента, расстояние оси вращения первой вращающейся оси* можно определить с помощью следующих параметров:

N3219 Offs. between Tool Holder and 2nd Rot. Ax. X

N3220 Offs. between Tool Holder and 2nd Rot. Ax. Y

N3221 Offs. between Tool Holder and 2nd Rot. Ax. Z

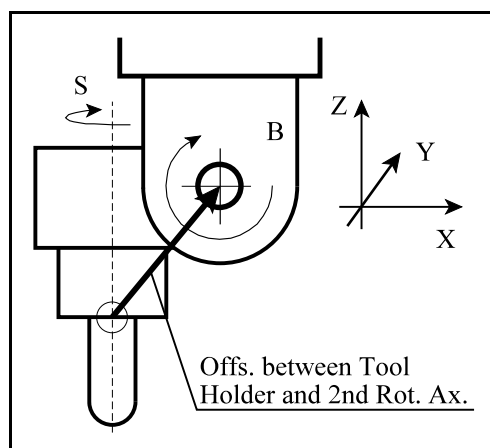


рисунок 25.1-21

На станках головка-стол вторая вращающаяся ось вращает стол. *По сравнению начала координат станочной системы координат положение оси вращения второй вращающейся оси* определяется следующими параметрами:

N3213 Rotary Table Pos. X

N3214 Rotary Table Pos. Y

N3215 Rotary Table Pos. Z

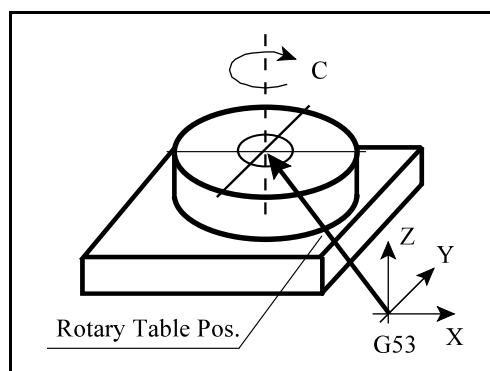


рисунок 25.1-22

Указанные выше расстояния замеряются строителем станка.

25.2 Коррекция по длине в направлении оси инструмента (G43.1)

Если на 5-координатном станке обе вращающиеся оси, или одна из них вращает инструмент, коррекцию по длине надо принимать во внимание в направлении оси инструмента. Такими являются станки головка-головка, или головка-стол.

Если перемещать одну, или обе вращающиеся оси во включенном состоянии этой функции, вершина инструмента перемещается в пространстве X, Y, Z. Поэтому для того, чтобы вершина инструмента попала в одну и ту же позицию в конце поворота, как была в начале его, надо перемещать и ось X, Y, Z.

Команда

G43.1 Hn

включает коррекцию по длине в направлении оси инструмента.

Команда

G49

выключает коррекцию по длине в направлении оси инструмента.

В зависимости от бита N3212 5D Control #7 FOS учёт коррекции по длине вдоль инструмента может производиться двояким образом. Если #7 FOS:

=0: всегда с перемещением, то есть линейные оси перемещаются даже тогда, если запрограммировать перемещение только для вращающихся осей, значит, каждый раз, когда меняется коррекция из-за **изменения направления вектора коррекции (поворот вращающихся осей)**, это всегда **приводит к движению вдоль осей X, Y, Z.**

=1: с трансформацией, то есть если запрограммировано перемещение только для вращающихся осей, **изменение позиций не вращающихся осей приводит к движению вдоль осей X, Y, Z.**

Приведенные выше примеры относятся к такому станку, где в положении 0 градусов 1-й вращающейся оси C к 2-й вращающейся оси A направление инструмента Z. Объяснение предполагает показание параметра #7 FOS=0.

1-й пример:

G54 G49 G0 G90 X0 Y0 Z100 A0 C0

G43.1 Z100 H1 (A=0, C=0: коррекция по длине принимается во внимание вдоль оси Z, конечная позиция X0, Y0, Z100)

A45 (опрокидывание инструмента на 45 градусов, перемещение по оси Y и Z, конечная позиция X0, Y0, Z100, A45, C0)

2-й пример:

G54 G49 G0 G90 X0 Y0 Z100 A0 C0

G43.1 A30 C60 H1 (перемещается и ось X, Y, Z, конечная позиция X0, Y0, Z100, A30, C60)

A45 (опрокидывание инструмента на 45 градусов, перемещение по оси X, Y и Z, конечная позиция X0, Y0, Z100, A45 C60)

3-й пример:

G54 G49 G0 G90 X0 Y0 Z100 A0 C0

G43.1 H1 (A=0, C=0: коррекция по длине принимается во внимание вдоль оси Z, конечная позиция X0, Y0, Z[100-H1], где H1 является значением ячейки коррекции H1)

Если запрограммировать в состоянии G43.1 позиционирование, линейную или круговую интерполяцию, например

G0 G43.1 H X Y Z Θ Ψ

G1 X Y Z Θ Ψ

контрольную точку будет перемещать по соответствующей траектории и не точку центра инструмента.

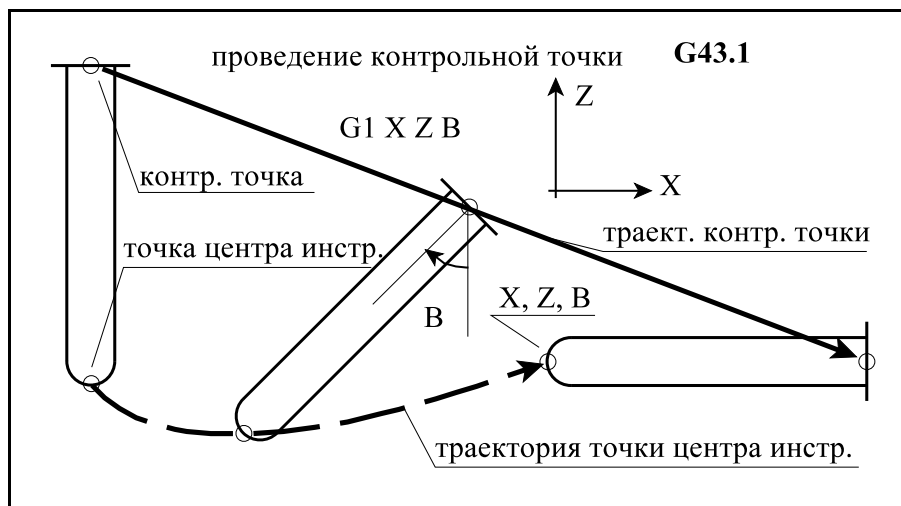


рисунок 25.2-1

На рисунке ниже виден такой станок головка-головка, где первая вращающаяся ось С, вращает инструмент вокруг оси Z, а вторая вращающаяся ось В, опрокидывает инструмент вокруг оси Y.

В станочной позиции 0 градусов осей В и С, которая видна на левой стороне рисунка, вектор коррекции по длине (V) имеет направление Z, и его длина совпадает с расстоянием точки центра инструмента (вершины инструмента) от точки закрепления инструмента. При этом контрольная точка совпадает точкой закрепления инструмента.

Поворачиваем **ось В в станочную позицию 15 градусов**. Это положение видно на правой стороне рисунка ниже. При этом вектор коррекции по длине (V) уже повернулся по сравнению направления Z, его длина изменилась. Контрольная точка и точка закрепления инструмента удалились друг от друга. Мера удаления является функцией расстояния точки закрепления инструмента и второй вращающейся оси, а также функцией значений расстояния второй и первой вращающихся осей, заданных параметром.

К концу движения оси В, позиция точки центра инструмента в системе координат заготовки совпадает позицией оси В до её поворота.

Во время опрокидывания инструмента точка центра инструмента (вершина инструмента) перемещается.

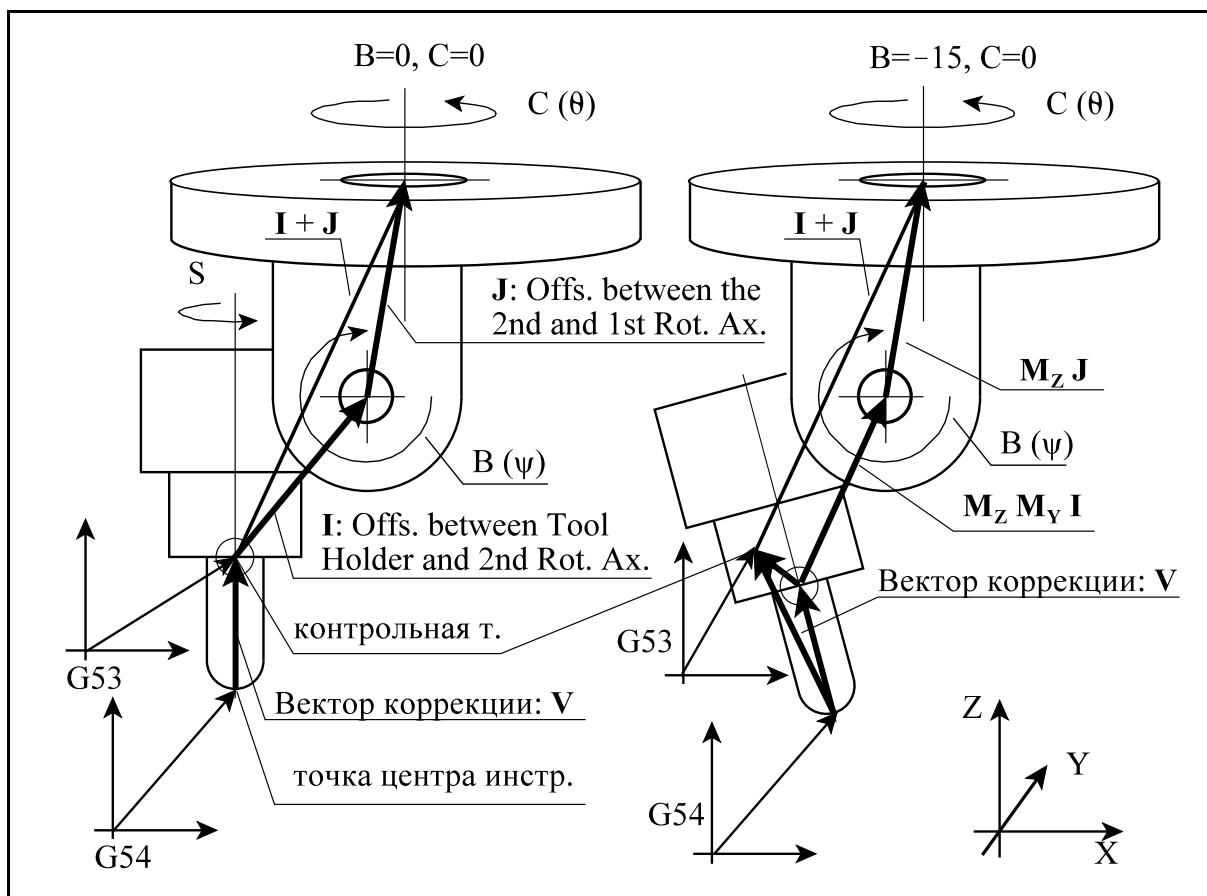


рисунок 25.2-2

Уравнения расчёта коррекции по длинеВектор коррекции V :

$$V = M_1(\theta) M_2(\psi) H + M_1(\theta) M_2(\psi) I + M_1(\theta) J - [I + J]$$

где

 $I=[I_x, I_y, I_z]$: вектор, определённый параметрами N3219...3221 Offs. between Tool Holder and 2nd Rot. Ax., $J=[J_x, J_y, J_z]$: вектор, определённый параметрами N3222...3224 Offs. between the 2nd and 1st Rot. Ax., $H=[0, 0, H_z]$: коррекция, учтённая на основании параметра N3201 Tool Axis Direction из таблицы коррекции, $V=[V_x, V_y, V_z]$: вектор коррекции по длине. θ : угловое положение первой вращающейся оси ψ : угловое положение второй вращающейся оси M_1 : матрица поворота, относящаяся к первой вращающейся оси M_2 : матрица поворота, относящаяся ко второй вращающейся оси M_1 и M_2 матрицы трансформации, в зависимости от того, что вокруг какой продольной оси вращает первая и вторая вращающаяся ось, следующие:

$$M_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad M_y = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad M_z = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

25.3 Трёхмерная трансформация координат (G68.1)

Трёхмерная трансформация координат пригодна к смещению системы координат заготовки и к повороту системы координат вокруг данной оси.

Это необходимо тогда, когда обработка происходит не в плоскости, параллельной какой-то главной плоскостью, а в произвольной пространственной плоскости.

В таком случае напомним программу деталей привычным образом, например, в плоскости XY, затем написанную таким образом программу перемещаем трёхмерной трансформацией и повернём в пространстве.

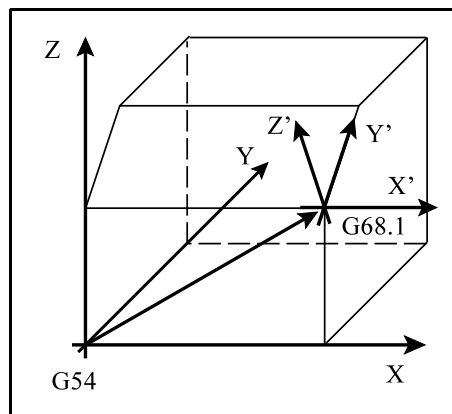


рисунок 25.3-1

Команда

G68.1 X Y Z I J K R

включает трёхмерную трансформацию координат, где

X, Y, Z: координаты смещения системы координат в системе координат заготовки, заданные абсолютными значениями,

I, J, K: выбор оси, вокруг которой желаем поворачивать. Адрес I выделяет поворот вокруг оси X, адрес J вокруг оси Y, а адрес K вокруг оси Z. Из I, J, K только одна может иметь значение 1, остальные 0. Например, если желаем поворачивать вокруг оси Y, то I0 J1 K0.

R: угол поворота, заданный в градусах. Знак поворота надо задавать по правилу правокрученности.

Команда

G69.1

выключает трёхмерную трансформацию координат.

В программе деталей можно задавать *одновременно не более двух трёхмерной трансформации координат*:

```
...
N1 G68.1 Xx1 Yy1 Zz1 Ii1 Jj1 Kk1 Rr1
N2 G68.1 Xx2 Yy2 Zz2 Ii2 Jj2 Kk2 Rr2
...
G69.1
...
```

На приложенном рисунке X, Y, Z означает *систему координат заготовки*.

Заданная в кадре N1 примера выше трансформация смещает нулевую точку на вектор $v_1[x_1, y_1, z_1]$, и поворачивает вдоль оси Z' систему координат на угол r_1 . Так получим *систему координат X', Y', Z'* . Предположим, что в кадре N1 запрограммирован I0 J0 K1.

Если в кадре N1 не запрограммировано смещение по адресу X, Y, Z , начало координат X', Y', Z' совпадает с началом координат X, Y, Z .

Данные кадра N2 действуют уже в трансформированной в кадре N1 системе координат X', Y', Z' .

Заданная в кадре N2 примера выше трансформация смещает нулевую точку системы координат X', Y', Z' на вектор $v_2[x_2, y_2, z_2]$, и поворачивает систему координат вдоль оси Y'' на угол r_2 . Так получим *систему координат X'', Y'', Z''* . Предположим, что в кадре N2 запрограммирован I0 J1 K0.

Если в кадре N2 не запрограммировано смещение по адресу X, Y, Z , начало координат X'', Y'', Z'' совпадает с началом координат X', Y', Z' .

После этого записанные в программу координаты программирования X, Y, Z выполняются уже в системе координат X'', Y'', Z'' .

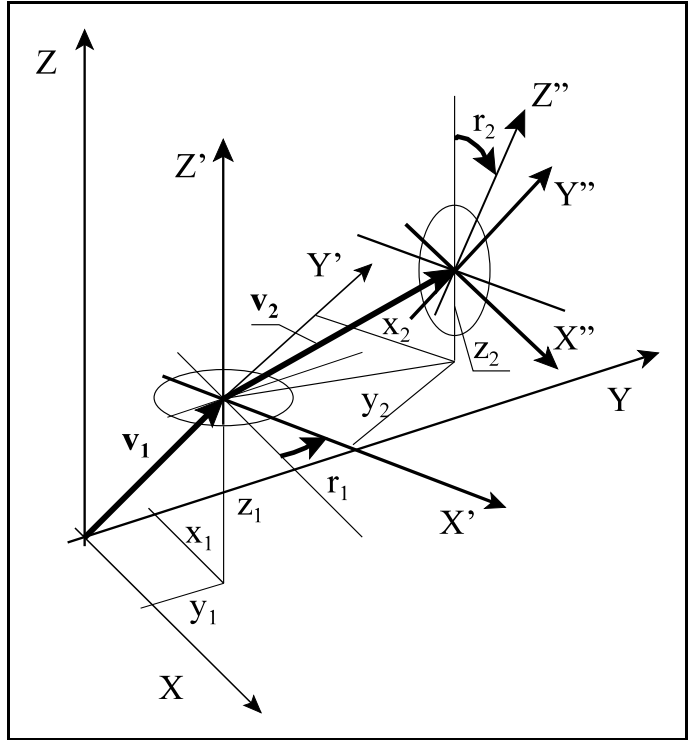


рисунок 25.3-2

Уравнения трёхмерной трансформации координат

В случае одного поворота:

$$V = M_1(\alpha) v + v_1$$

В случае двух поворотов:

$$V = M_1(\alpha) M_2(\beta) v + M_1(\alpha) v_2 + v_1$$

где:

$v[x, y, z]$: позиция, заданная в системе координат программирования,

$v_1[x_1, y_1, z_1]$: координаты смещения, заданные в первом G68.1,

$v_2[x_2, y_2, z_2]$: координаты смещения, заданные во втором G68.1,

α : угол поворота, заданный в первом G68.1,

β : угол поворота, заданный во втором G68.1,

M_1 : матрица поворота, относящаяся к оси, заданной в первом G68.1,

M_2 : матрица поворота, относящаяся к оси, заданной во втором G68.1,

$V[X, Y, Z]$: координаты, полученные в системе координат заготовки после трансформации.

Матрицы поворота:

$$M_X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad M_Y = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad M_Z = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где:

M_X : матрица поворота вокруг оси X (в случае программирования I1 J0 K0),

M_Y : матрица поворота вокруг оси Y (в случае программирования I0 J1 K0),

M_Z : матрица поворота вокруг оси Z (в случае программирования I0 J0 K1),

φ : угол поворота.

Порядок умножения матрицы поворота определяется **порядком задания двух последующих друг за другом поворота G68.1 вокруг разных осей**. Поскольку порядок умножения матриц нельзя переместить (умножение матриц не коммутативное), перемещение в программе порядка приводит к другому результату.

25.4 Динамическое обращение нулевой точкой поворотных столов (G54.2 P)

Если на станке стол-стол, или голова-голова замерили нулевые точки по сравнению к оси поворота стола (столов) для произвольного положения стола (столов), программист в дальнейшем не должен обращать внимание на изменение векторов нулевых точек во время поворота стола (столов), это автоматически рассчитывается устройством ЧПУ. Программист пишет программу всегда вдоль осей, параллельных станочной системой координат. Эта функция называется динамическим обращением нулевыми точками поворотных столов.

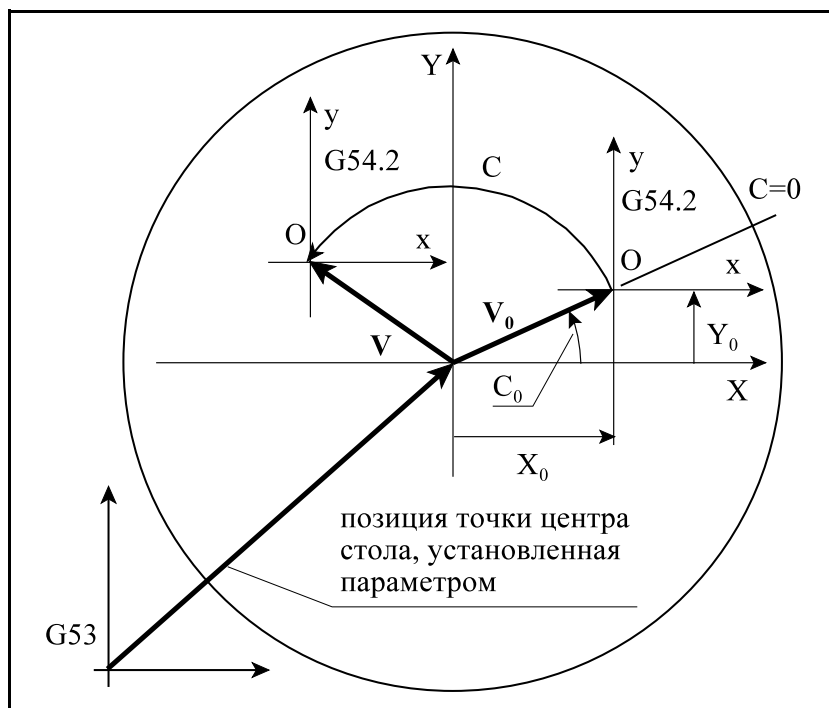


рисунок 25.4-1

Соответствующая динамическая нулевая точка вызывается из программы деталей командой

G54.2 Pp

где:

p=1, ..., 8

Команда заодно включает функцию динамического смещения нулевой точки, которая означает, что *при изменении позиции первой и второй вращающейся оси*, определённой параметром, *пересчитывается* значение *вектора нулевой точки* на главных осях.

Код G54.2 является членом 14-й группы кодов G.

Команда G54.2 используется тогда, далее динамическая таблица нулевых точек будет видна в каком-то канале тогда, если значение параметра N3200 Mechanical Туреравно 2 (для станка стол-стол), или 3 (для станка головка-стол).

Линейными осями, участвующими в динамическом смещении нулевой точки являются линейные основные оси (=1 X, =2 Y, =3 Z), выделённые параметром N0103 Axis to Plane. Если значение параметра N3200 Mechanical Туре равно 2 (для станка стол-стол), то 2 вращающиеся оси участвуют в динамическом смещении нулевой точки, номер которых задаёт-

ся параметром N3204 No. of the First Rot. Ax. и N3208 No. of the Second Rot. Ax.

Если значение параметра N3200 Mechanical Type равно 3 (для станка головка-стол), то 1 вращающаяся ось участвует в динамическом смещении нулевой точки, которая задаётся параметром N3208 No. of the Second Rot. Ax.

На устройстве ЧПУ можно установить 8 разных динамических нулевых точек.

Команда

G54.2 Pp X Y Z Θ Ψ

загружает p-ую динамическую нулевую точку, рассчитывает нулевую точку, принадлежащую к конечной позиции первой и второй вращающейся оси (Θ, Ψ) и позиционирование осей X, Y, Z выполняется уже в пересчитанной системе координат.

При вызове динамического смещения нулевой точки, то есть при программировании G54.2 Pp,

Θ Ψ

G54.2 Pp

и в состоянии G54.2 при перемещении вращающихся осей, участвующих в динамическом смещении нулевой точки,

G54.2 Pp

Θ Ψ

если значение бита #7 FOS параметра N3212 5D Control равно:

=0: **линейные оси**, участвующие в динамическом смещении нулевой точки, **перемещаются** всегда в новую **динамическую позицию, учитывающие положение в конечной точке вращающихся осей**,

=1: **линейные оси**, участвующие в динамическом смещении нулевой точки, **не перемещаются**, команда приводит только к **изменению нулевой точки. Линейные оси примут динамическую позицию только после кадра позиционирования.**

Если параметр установлен на переменную нулевой точки в результате движения и при вызове G54.2 действует не код интерполяции G0, или G1, устройство ЧПУ выполняет временно движение кодом G0.

Если запрограммировать линейную интерполяцию вместе с поворотом стола во включенном состоянии динамического смещения нулевой точки, траектория точки центра инструмента попадает на прямую, прикрепленную к столу только в начале и в конце кадра, во время движения отступает от неё.

Приложенный рисунок показывает горизонт, где в состоянии G54.2 запрограммировано в один кадр движение X Z и B. Поворотом B вращается и прикрепленная к столу заготовка. Интерполяция совершается не в постоянно вращающейся системе координат, прикрепленной к столу, поэтому точка центра инструмента совпадает с прямой только в начале и в конце кадра.

Обращение динамическим смещением нулевой точки отложат следующие коды:

G28, G30, G53

В случае кодов выше перемещение происходит всегда в соответствующую станочную позицию.

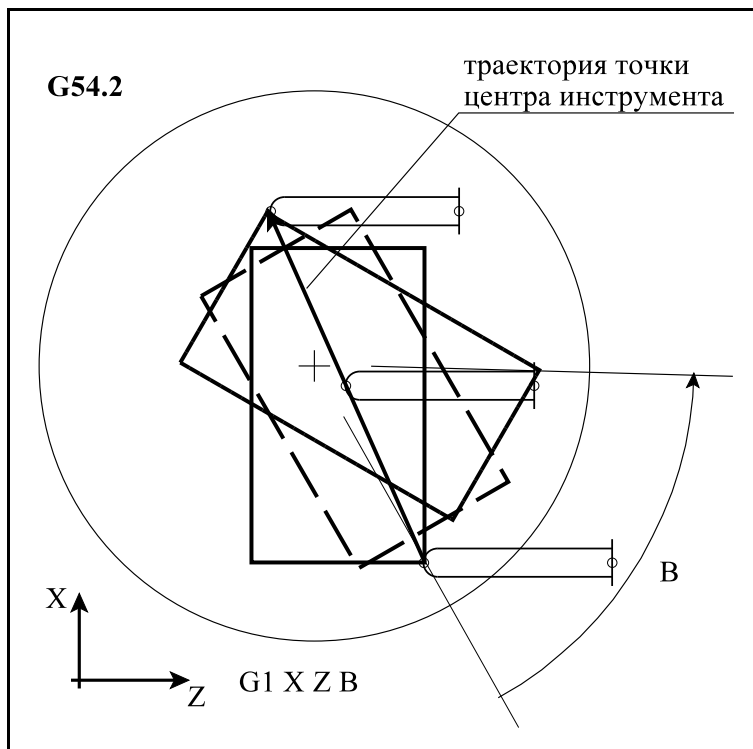


рисунок 25.4-2

Расчёт начала координат динамического смещения нулевой точки

Пусть будет динамическое смещение нулевой точки :

$V_0[X_0, Y_0, Z_0]$: значения динамического смещения нулевой точки на линейные оси,

Θ_0, Ψ_0 : значения динамического смещения нулевой точки на 1-ую и 2-ую вращающуюся ось.

За первый шаг рассчитывается вектор смещения

$V_a[X_a, Y_a, Z_a]$ относящийся к углу со станочной позицией $\Theta_a=0$ и $\Psi_a=0$ из следующего уравнения:

$$V_a = M_2(-\Psi_0) M_1(-\Theta_0) V_0$$

где:

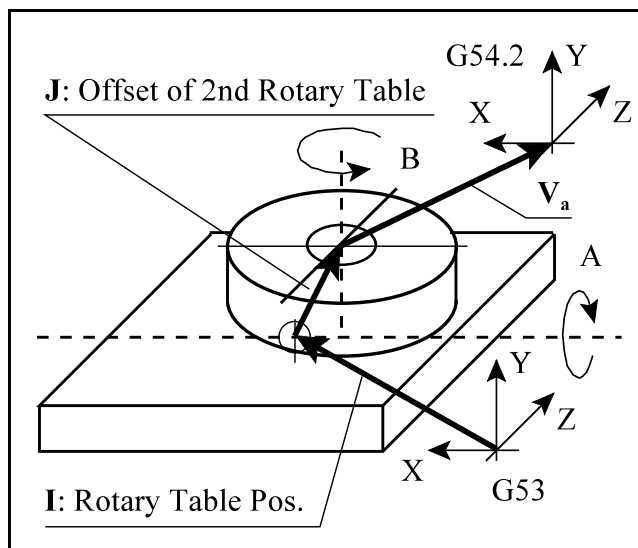


рисунок 25.4-3

$\mathbf{M}_1$: матрица трансформации, относящаяся к 1-ой вращающейся оси

$\mathbf{M}_2$: матрица трансформации, относящаяся ко 2-ой вращающейся оси

За второй шаг рассчитывается вектор смещения $\mathbf{V}$, относящийся к углу θ и ψ , заданному в новой системе координат программирования вращающихся осей. Его значения в станочной системе координат:

$$\mathbf{V} = \mathbf{M}_1(\theta + \Theta_0) \mathbf{M}_2(\psi + \Psi_0) \mathbf{V}_a + \mathbf{M}_1(\theta + \Theta_0) \mathbf{J} + \mathbf{I}$$

где:

$\mathbf{V}[X, Y, Z]$: вектор смещения, относящийся к углу θ и ψ в станочной системе координат

$\mathbf{I}[I_X, I_Y, I_Z]$: значения параметра Rotary Table Pos,

$\mathbf{J}[J_X, J_Y, J_Z]$: значения параметра Offset of 2nd Rotary Table,

$\mathbf{M}_1$: матрица трансформации, относящаяся к 1-ой вращающейся оси ,

$\mathbf{M}_2$: матрица трансформации, относящаяся ко 2-ой вращающейся оси .

Матрицы трансформации $\mathbf{M}_1$ и $\mathbf{M}_2$, в зависимости от того, что вокруг какой продольной оси вращает первая и вторая вращающаяся ось, следующие:

$$\mathbf{M}_X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad \mathbf{M}_Y = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad \mathbf{M}_Z = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Обращение динамическим смещением нулевой точки подобно и на станке головка-стол, с таким отличием, что в образовании нулевых точек участвует только одна вращающаяся ось.

В динамическом обращении нулевой точкой также положительное направление трансформаций поворота отвечает правилу правокрученности. Во многих случаях положительное направление вращения столов противоположно направлению правокручения. **Динамическое обращение нулевой точкой будет правильно работать тогда, если биты RD1 и RD2 контрольного параметра N3212 5D Control установлены согласно направлению вращения столов.** См. главу [25.1](#) Построение 5-координатных станков на странице [364](#).

25.4.1 Установка динамических смещений нулевой точки (G10 L21)

Установка выполняется командой

G10 L21 P v

где

P = 1...8 – выбор динамической системы координат заготовки **G54.2 P1, G54.2 P2, ..., G54.2 P8**

v (X, Y, Z, A ...): значение смещения по осям.

Линейные смещения осей прочитываются всегда как прямоугольные значения.

В состоянии команды абсолютного задания данных **G90** значение, написанное в адреса координат, попадают в соответствующий регистр смещения.

В состоянии команды инкрементного задания данных **G91**, или в случае использования оператора I, написанное в адреса, данные добавляются к содержанию соответствующего регистра смещения.

25.5 Образцовые примеры для применения функций G43.1, G68.1 и G54.2

Пусть обрабатывается три верхние грани тетраэдра с длиной ребер 100 мм. (Тетраэдр представляет собой тело из четырёх равносторонних треугольников.)

Пусть будет нулевая точка заготовки на вершине тетраэдра. Пусть инструмент обходит треугольник, окружность, вписываемую внутрь треугольника, далее просверлит отверстие в середину треугольника.

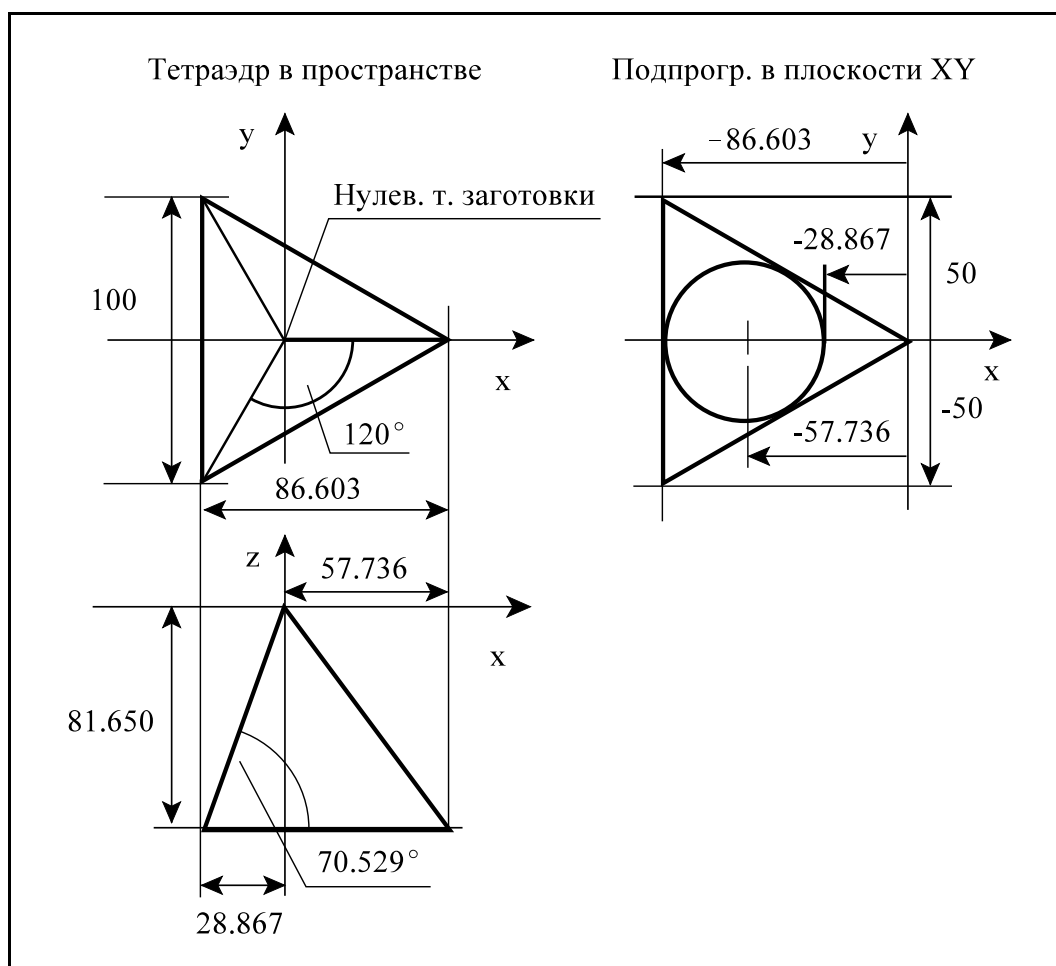


рисунок 25.5-1

Пусть будет программой обработки равностороннего треугольника подпрограмма с номером O1000. Развёртка треугольника в плоскости XY видна на рисунке выше. Подпрограмма с номером O1000 составлена согласно этому рисунку:

```
O1000 (обработка одной стороны тетраэдра)
N10 X20 Y0 Z-5
N20 G42 G1 X0 D1 F600 (обход треугольника)
```

```
N30 X-86.603 Y50
N40 Y-50
N50 X0 Y0
N60 G40 X20
N70 Z-2.5
N80 G42 X-28.867
N90 G3 I-28.867 (вписанная в треугольник окружность)
N100 G40 G0 X20 Z20
N110 G81 X-57.736 Y0 R2 Z-50 (изготовление отверстия)
N120 G80
N130 M99
```

В дальнейшем описывается для всех трёх типов станков, что как надо составить главную программу.

В случае станка голова-голова

Пусть будет первой вращающейся осью станка голова-голова ось С, которая вращает инструмент вокруг оси Z, а второй вращающейся осью - ось В, которая вращает инструмент вокруг оси Y.

Стороны обрабатываются в порядке чисел (1, 2, 3), указанных на рисунке.

Сперва для обработки 1-ой стороны надо наклонять инструмент на -70.529 градусов вокруг оси Y с помощью оси В, чтобы инструмент был перпендикулярный к плоскости 1-ого треугольника.

Для обработки 2-ой и 3-ей стороны инструмент поворачиваем вокруг оси Z с помощью оси С на 120 и 240 градусов.

Поскольку инструмент повернули по сравнению направления Z, этому повороту должен последовать трансформацией G68.1, чтобы написанная в плоскости XY программа попала в пространство.

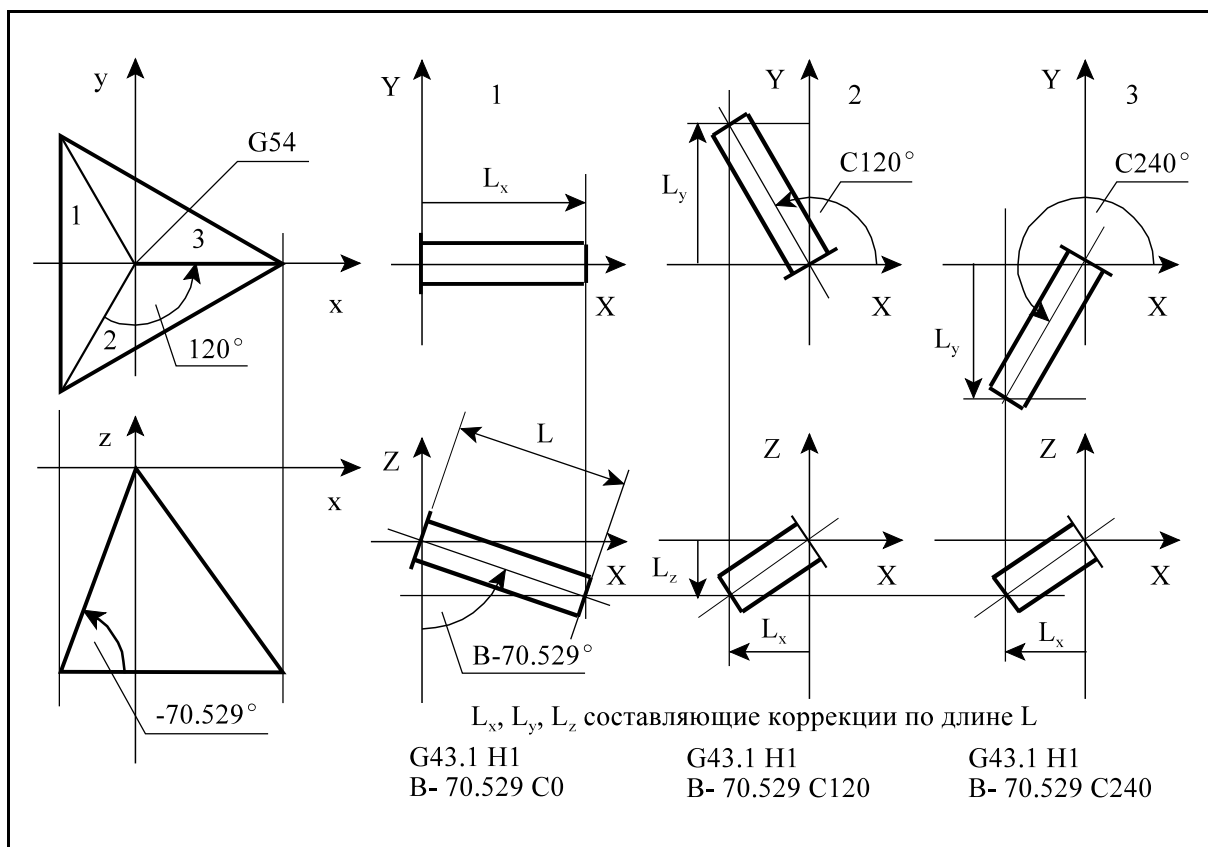


рисунок 25.5-2

Главная программа:

```
(Тетраэдр)
N10 G0 G54 G17 G90 G49 Z100
N20 X0 Y0
N30 B-70.529 C0 (поворот инструмента к 1-ой плоскости)
N40 M3 S1000
N50 G43.1 H1 (коррекция по длине в направлении инструмента
вкл.)
N60 G68.1 X0 Y0 Z0 I0 J1 K0 R-70.529 (поворот вокруг оси Y
на -70.529 градусов)
N70 (обработка 1-го треугольника)
N80 M98 P1000
N90 G69.1 (пространственный поворот выкл.)
N100 Z100
N110 X0 Y0
N120 C120 (поворот инструмента ко 2-ой плоскости)
N130 G68.1 X0 Y0 Z0 I0 J0 K1 R120 (поворот вокруг оси Z на
120 градусов)
N140 G68.1 X0 Y0 Z0 I0 J1 K0 R-70.529 (поворот вокруг оси
Y на -70.529 градусов)
N150 (обработка 2-го треугольника)
N160 M98 P1000
N170 G69.1 (пространственный поворот выкл.)
```

```

N180 Z100
N190 X0 Y0
N200 C240 (поворот инструмента к 3-ей плоскости)
N210 G68.1 X0 Y0 Z0 I0 J0 K1 R240 (поворот вокруг оси Z на
      240 градусов)
N220 G68.1 X0 Y0 Z0 I0 J1 K0 R-70.529 (поворот вокруг оси
      Y на -70.529 градусов)
N230 (обработка 3-го треугольника)
N240 M98 P1000
N250 G69.1 (пространственный поворот выкл.)
N260 Z100
N270 X0 Y0
N280 G49 (коррекция по длине в направлении инструмента
      выкл.)
N290 Z100
N300 X0 Y0
N310 B0 C0
N320 M30

```

В случае станка стол-стол

Пусть будет первой вращающейся осью станка стол-стол ось А, которая вращает заготовку вокруг оси Х, а второй вращающейся осью - ось С, которая вращает заготовку вокруг оси Z. **Положительное направление вращения оси А и С отвечает правилу левоструженности, поэтому надо работать значениями параметров $RD1=RD2=1$.** Стороны обрабатываются в порядке чисел (1, 2, 3), указанных на рисунке.

В основном положении заготовки грань тетраэдра параллельна оси Y (на рисунке обозначена штриховой линией).

Поворачивать можно только вокруг оси Х, поэтому тетраэдр надо повернуть на -90 градусов с помощью С, затем по оси А наклонять на 70.529 градусов, чтобы 1-ая плоскость тетраэдра была перпендикулярна к оси Z (к инструменту).

Линия высоты повернутого таким образом тетраэдра параллельна будет оси Y. Подпрограмма с номером O1000 была написана для такого треугольника, где линия высоты параллельна оси Х. Поэтому надо запрограммировать поворот вокруг оси Z, на 90 градусов с трансформацией G68.1.

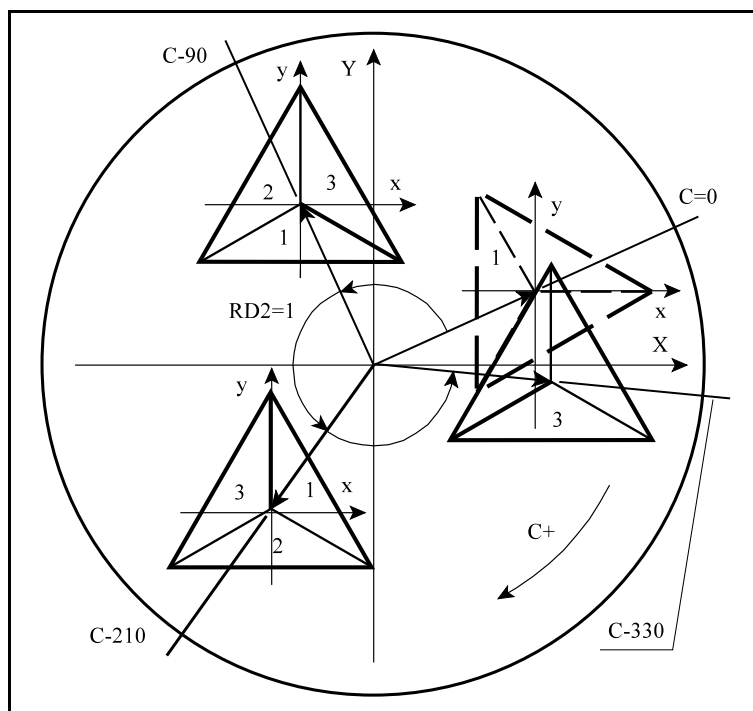


рисунок 25.5-3

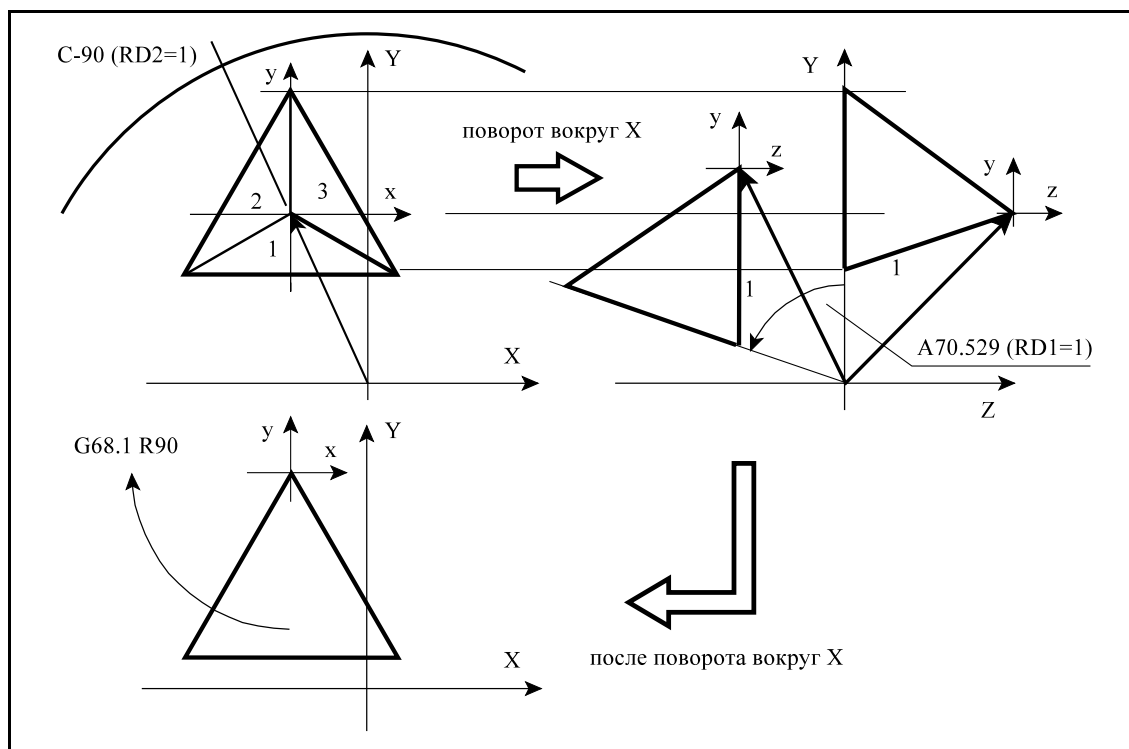


рисунок 25.5-4

Поскольку поворачивали заготовку, поэтому используем динамическую нулевую точку G54.2 для того, чтобы не приходилось заниматься положением вектора нулевой точки, вращающегося вокруг X и Z в пространстве, это пусть рассчитывается устройством ЧПУ автоматически.

Главная программа:

```
(Тетраэдр, RD1=RD2=1)
N10 G0 G54 G17 G90
N20 A0 C0
N30 G49 Z100
N40 T1 M6
N50 G43 Z100 H1 (коррекция по длине вкл.)
N60 X0 Y0
N70 M3 S1000
N80 G54.2 P1 (обращение динамической нулевой точек вкл.)
N90 A70.529 C-90 (наклонение люльки и поворот стола к
    обработке 1-ой плоскости)
N100 G68.1 X0 Y0 Z0 I0 J0 K1 R90 (поворот вокруг Z)
N110 M98 P1000
N120 Z100
N130 X0 Y0
N140 C-210 (поворот стола к обработке 2-ой плоскости)
N150 M98 P1000 (обработка)
N160 Z100
N170 X0 Y0
N180 C-330 (поворот стола к обработке 3-ей плоскости)
```

```

N190 M98 P1000 (обработка)
N200 Z100
N210 X0 Y0
N220 G69.1 (поворот выкл.)
N230 G54 (обращение динамической нулевой точки выкл.)
N240 G49 (коррекция по длине выкл.)
N250 Z100
N260 X-100 Y0
N270 A0 C0
N280 M30
    
```

В случае станка головка-стол

Пусть будет первой вращающейся осью станка головка-стол ось В, которая опрокидывает инструмент вокруг оси Y, а второй вращающейся осью - ось С, которая вокруг оси Z вращает заготовку. **Положительное направление вращения оси С отвечает правилу левострученности, поэтому надо работать значениями параметров RD2=1.** Стороны обрабатываются в порядке чисел (1, 2, 3), указанных на рисунке.

Сперва для обработки 1-ой стороны надо наклонять инструмент на -70.529 вокруг оси Y с помощью оси В, чтобы инструмент был перпендикулярен к 1-ой плоскости треугольника.

К обработке 2-ой и 3-ей стороны поворачиваем заготовку вокруг оси Z с помощью оси С на -120 и -240 градусов.

Поскольку инструмент повернули по сравнению направления Z, этот поворот надо последовать трансформацией G68.1, чтобы программа, написанная в плоскости XY попала в пространство.

Поскольку надо поворачивать и заготовку, чтобы можно было обработать все три стороны, поэтому используем динамическую нулевую точку G54.2 для того, чтобы не надо было

заниматься положением вектора нулевой точки, вращающейся вокруг Z в пространстве, это пусть рассчитывается устройством ЧПУ автоматически.

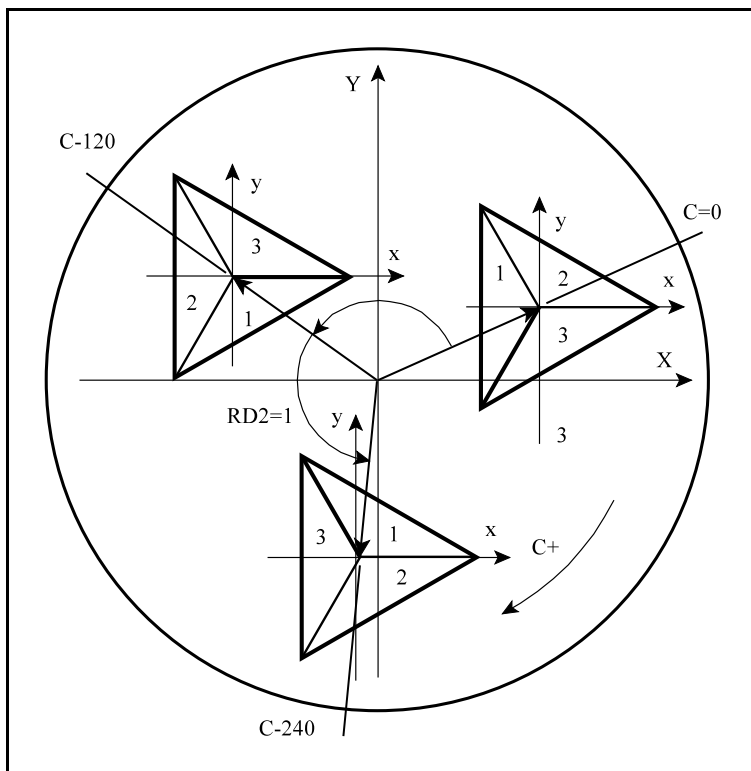
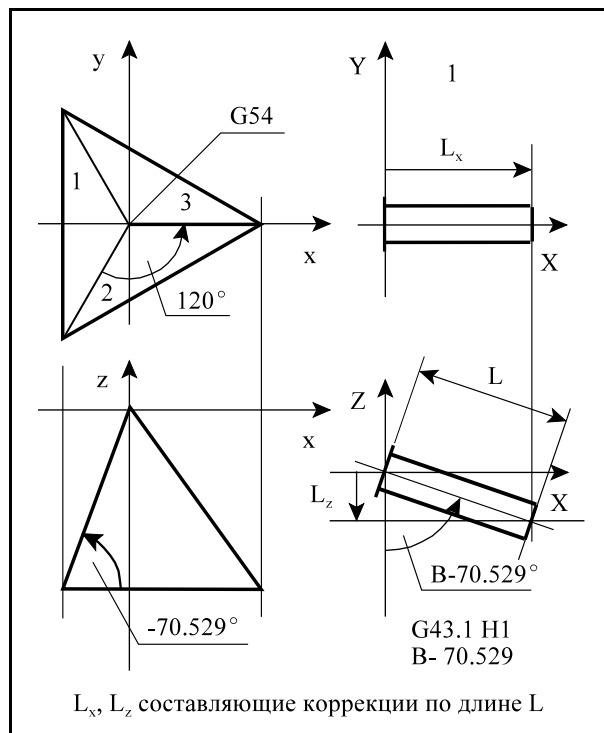


рисунок 25.5-5



Главная программа:

```
(Тетраэдр, RD2=1)
N10 G0 G54 G17 G90 G49 Z100
N20 X0 Y0
N30 B-70.529 (наклонение инструмента к грани тетраэдра)
N40 M3 S1000
N50 G43.1 H1 (коррекция по длине в направлении инструмента вкл.)
N60 G54.2 P1 (обращение динамической нулевой точек вкл.)
N70 C0 (поворот стола к обработке 1-ой плоскости)
N80 G68.1 X0 Y0 Z0 I0 J1 K0 R-70.529 (поворот вокруг Y)
N90 M98 P1000 (обработка)
N100 Z100
N110 X0 Y0
N120 C-120 (поворот стола к обработке 2-ой плоскости)
N130 M98 P1000 (обработка)
N140 Z100
N150 X0 Y0
N160 C-240 (поворот стола к обработке 3-ей плоскости)
N170 M98 P1000 (обработка)
N180 G69.1 (пространственный поворот выкл.)
N190 G54 (обращение динамической нулевой точек выкл.)
N200 G49
N210 Z100
N220 X0 Y0
N230 B0 C0
N240 M30
```

рисунок 25.5-6

25.6 Выделение пространственной плоскости заданием углов Эйлера (G68.2)

С помощью команды можно задавать в системе координат заготовки пространственную плоскость с произвольным наклоном. После этого программу можно написать привычным образом в одной из главных плоскостей, например, в плоскости XY, предполагая, что инструмент в основном положении имеет направление Z.

С помощью команды

G68.2 Xx Yy Zz Ia Jβ Ky

можно выделить плоскость с произвольным наклоном, где

x, y, z: прямоугольные координаты начала системы координат, назначенной к плоскости в актуальной системе координат заготовки,
α, β, γ: углы плоскости Эйлера в градусах.

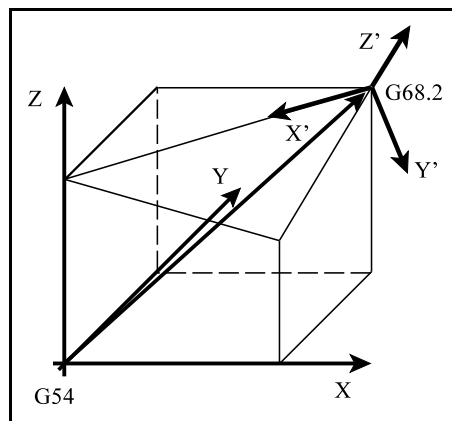


рисунок 25.6-1

Истолкование углов Эйлера:

1-й поворот: повернув первоначальную систему координат X, Y, Z вокруг оси Z на угол, получим систему координат X', Y', Z .

2-й поворот: повернув систему координат X', Y', Z вокруг оси X' на угол β , получим систему координат X', Y'', Z'' .

3-й поворот: повернув систему координат X', Y'', Z'' вокруг оси Z'' на угол γ , получим конечную систему координат X_E, Y_E, Z_E .

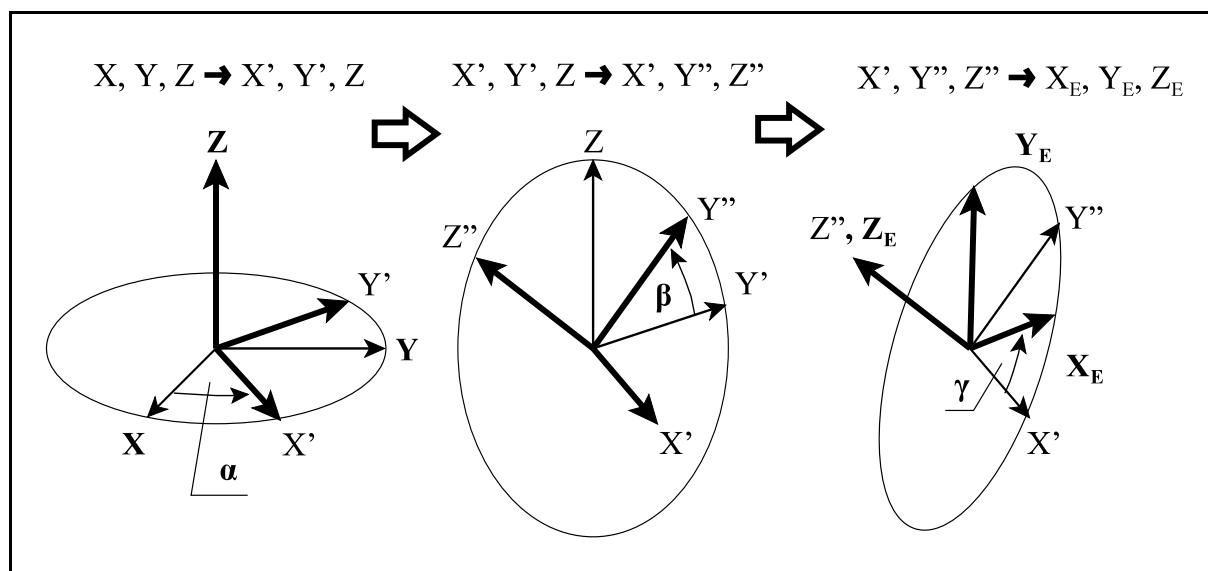


рисунок 25.6-2

Углы Эйлера надо назначить так, чтобы выделённая ими плоскость после поворота была перпендикулярна к оси Z. После этого можно написать программу в плоскости X-Y.

Команда G53.1 автоматически приводит доступные на станке вращающиеся оси в такое положение, чтобы плоскость была перпендикулярна к оси инструмента.

Команда

G69.1

выключает выделение пространственной плоскости.

Уравнения выделения пространственной плоскости углами Эйлера

Команда G68.2 на самом деле представляет собой трёхмерную трансформацию координат, которая создаёт и одну новую систему координат программирования. Уравнение трансформации:

$$\mathbf{V} = \mathbf{M}_Z(\alpha) \mathbf{M}_X(\beta) \mathbf{M}_Z(\gamma) \mathbf{v} + \mathbf{v}_0$$

где:

$\mathbf{v}[x, y, z]$: позиция, заданная в системе координат G68.2,

$\mathbf{v}_0[x_0, y_0, z_0]$: координаты смещения, заданные в команде G68.2,

α : угол поворота вокруг Z, заданного по адресу I,

β : угол поворота вокруг X', заданного по адресу J,

γ : угол поворота вокруг Z'', заданного по адресу K,

$\mathbf{M}_X$: матрица поворота, относящаяся к оси X,

$\mathbf{M}_Z$: матрица поворота, относящаяся к оси Z,

$\mathbf{V}[X, Y, Z]$: координаты, полученные в системе координат заготовки после трансформации.

Матрицы поворота:

$$\mathbf{M}_X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad \mathbf{M}_Z = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Образцовый пример к применению углов Эйлера:

На основании приложенного рисунка определить систему координат X', Y', Z' с заданием углов Эйлера:

Начало координат системы координат X', Y', Z' задавая в системе координат X, Y, Z:

(200; 0; 50)

Угол первого поворота, вокруг оси Z:

90°.

Угол второго поворота, вокруг оси X':

30°.

Угол третьего поворота, вокруг оси Z':

0°

Программа:

```
...
G68.2 X200 Y0 Z50 I90 J30 K0
G53.1 (или G53.6)
...
```

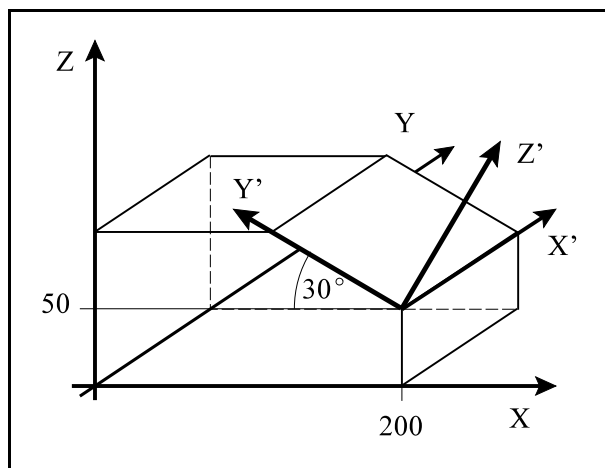


рисунок 25.6-3

25.7 Выделение пространственной плоскости поворотом по осям (G68.2 P1)

Можно задавать пространственную плоскость произвольным наклоном и смещение нулевой точки с помощью команды в системе координат заготовки. После этого программу можно написать обычным образом в одной из главных плоскостей, например, в плоскости XY, предполагая, что инструмент в исходном положении имеет направление Z.

С помощью команды

G68.2 P1 Qq Xx Yy Zz Ia Jβ Ky

можно выделить пространственную плоскость с произвольным наклоном, где

x, y, z: прямоугольные координаты начала координат системы координат, прикреплённой к плоскости в актуальной системе координат заготовки,

α: угол поворота вокруг оси X (roll),

β: угол поворота вокруг оси Y (pitch),

γ: угол поворота вокруг оси Z (yaw) в градусах.

По адресу **Q** можно задавать порядок поворота:

зна- чение Q	ось 1-го поворота	ось 2-го поворота	ось 3-го поворота	Порядок умножения матриц поворотов
123	ось X	ось Y	ось Z	$M_Z(\gamma) M_Y(\beta) M_X(\alpha) v$
132	ось X	ось Z	ось Y	$M_Y(\beta) M_Z(\gamma) M_X(\alpha) v$
213	ось Y	ось X	ось Z	$M_Z(\gamma) M_X(\alpha) M_Y(\beta) v$
231	ось Y	ось Z	ось X	$M_X(\alpha) M_Z(\gamma) M_Y(\beta) v$
312	ось Z	ось X	ось Y	$M_Y(\beta) M_X(\alpha) M_Z(\gamma) v$
321	ось Z	ось Y	ось X	$M_X(\alpha) M_Y(\beta) M_Z(\gamma) v$

Где:

$$M_X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad M_Y = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \quad M_Z = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Если задавать какой-нибудь случай не из 6 случаев по адресу Q, выводится сообщение “2039 Ошибка задания Q”.

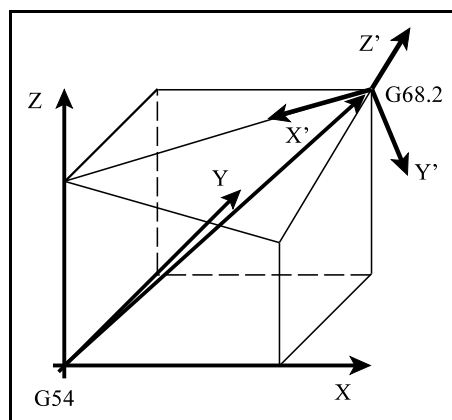


рисунок 25.7-1

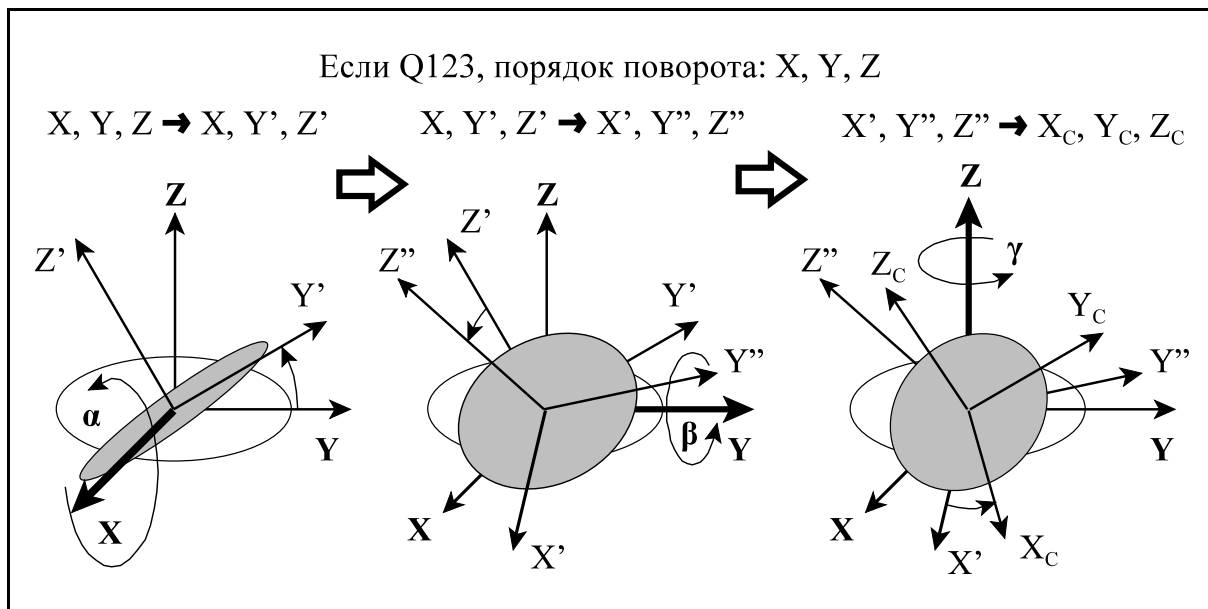


рисунок 25.7-2

Повороты производятся всегда вокруг осей X, Y, Z первоначальной системы координат.

Команда G53.1, или G53.6 автоматически приводит оси, достигаемые на станке, в такую позицию, чтобы плоскость стала перпендикулярна к оси инструмента.

Команда

G69.1

выключает выделение пространственной плоскости.

Образцовый пример к применению поворота по осям:

На основании приложенного рисунка определить систему координат X', Y', Z' поворотом по осям:

Начало координат системы координат X', Y', Z' задавая в системе координат X, Y, Z:
(200; 0; 50)

Пусть будет порядок поворота по осям:

X; Y; Z

Угол первого поворота вокруг оси X:
 30° .

Угол второго поворота вокруг оси Y:
 0°

Угол третьего поворота вокруг оси Z:
 90°

Программа:

```
...
G68.2 P1 Q123 X200 Y0 Z50 I30 J0 K90
G53.1 (или G53.6)
...
```

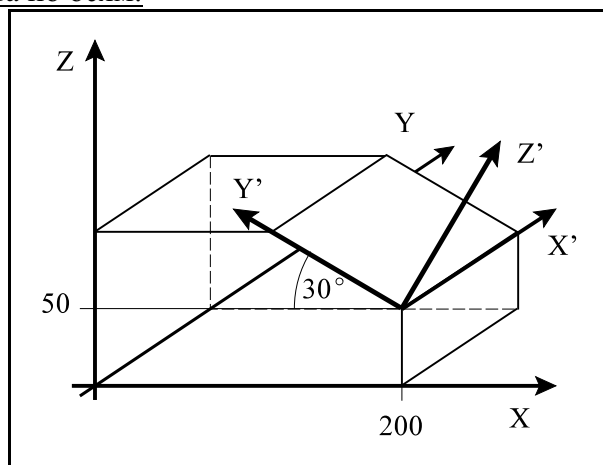


рисунок 25.7-3

25.8 Выделение пространственной плоскости заданием 3-х точек плоскости (G68.2 P2)

Можно задавать пространственную плоскость с произвольным наклоном заданием 3-х точек плоскости в системе координат заготовки. После этого можно написать программу обычным образом в одной из главных плоскостей, например, в плоскости XY, предполагая, что инструмент в исходном положении имеет направление Z.

3 точки плоскости можно задавать следующими 3-мя кадрами:

G68.2 P2 Q1 Xx₁ Yy₁ Zz₁

G68.2 P2 Q2 Xx₂ Yy₂ Zz₂

G68.2 P2 Q3 Xx₃ Yy₃ Zz₃

где:

Q1 Xx₁ Yy₁ Zz₁: точка P1 плоскости, заодно начало координат системы координат X' Y' Z',

Q2 Xx₂ Yy₂ Zz₂: точка P2 плоскости

Q3 Xx₃ Yy₃ Zz₃: точка P3 плоскости

Точки P1, P2, P3 всегда следует задавать адресами Q1, Q2,. *Точки следует задавать всегда в системе координат заготовки XYZ.*

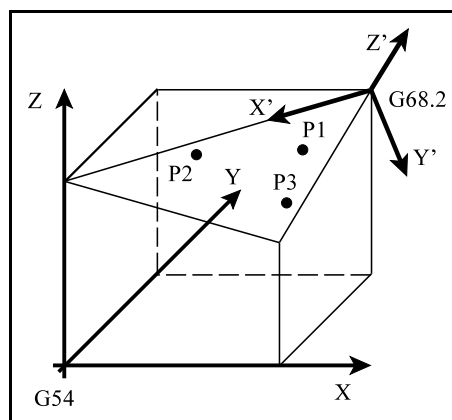


рисунок 25.8-1

Точка P1, заданная в Q1 будет началом координат системы координат X' Y' Z'.

Направление оси X' определяет вектор, показывающий из P1 в P2.

Ось Z' перпендикулярна к плоскости, определённой точками P1, P2, P3 и её направление образуется таким образом, что **вектор P1-P2 по правилу правоскрученности кратчайшим угловым поворотом повернуть на вектор P1-P3.**

Направление оси Y' получим таким образом, что **ось Z' по правилу правоскрученности повернуть на ось X'.**

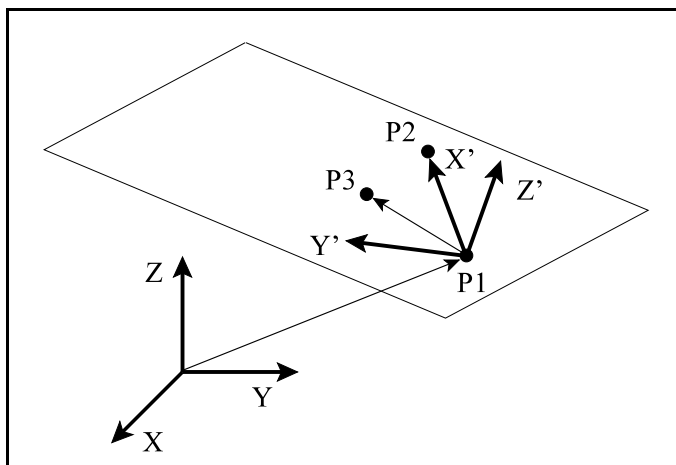


рисунок 25.8-2

Систему координат X' Y' Z' можно опционально переместить, далее можно повернуть вокруг оси Z'' на угол γ:

G68.2 P2 Q0 Xx₀ Yy₀ Zz₀ Rγ

где:

Q0 Xx₀ Yy₀ Zz₀: **смещение, заданное в системе координат X' Y' Z' и**

Rγ: поворот вокруг оси Z'' в градусах.

Точку P0 и угол γ не обязательно задавать адресом Q0.

Начало координат системы координат $X' Y' Z'$ можно переместить на вектор $v_0 (x_0, y_0, z_0)$, заданный в этой же системе координат, затем повернуть на угол γ вокруг оси Z' . После этого напишем программу в системе координат $X'' Y'' Z''$.

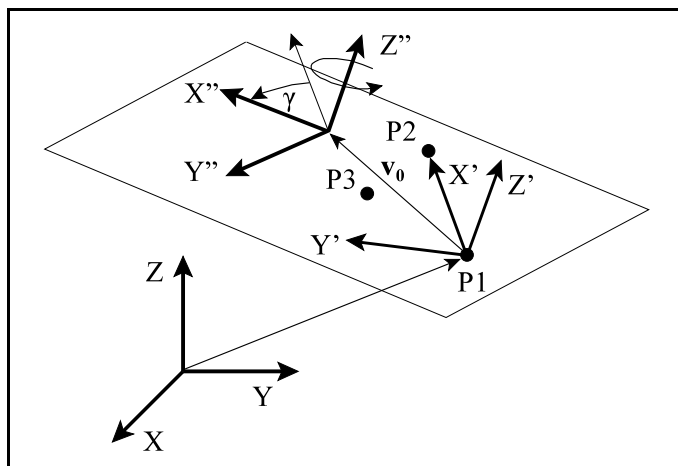


рисунок 25.8-3

Если значение Q не 0, 1, 2, или 3, тогда выводится сообщение “2039 Ошибка задания Q ”.

Если какая-то точка из $P1, P2, P3$ не задана по адресу $Q1, Q2, Q3$, выводится сообщение “2064 Синтаксическая ошибка”.

Если из точек, заданных адресами $Q1, Q2, Q3$, 2, или 3 одинаковы, или заданные точки лежат почти на одной прямой, то есть плоскость задана не однозначно, тогда выводится сообщение “2088 Нелегальный выбор плоскости”.

Команда G53.1, или G53.6 автоматически приводит вращающиеся оси, доступные на станке в такую позицию, чтобы плоскость была перпендикулярна к оси инструмента.

Команда

G69.1

выключает выделение пространственной плоскости.

Пример к применению задания 3-х точек

На основании приложенного рисунка определить систему координат X', Y', Z' заданием 3-х точек плоскости.

Координаты 1-й точки, заодно начало координат системы координат X', Y', Z' , заданное в системе координат X, Y, Z :

(200; 0; 50)

Координаты 2-й точки:

(200; 100; 50)

Координаты 3-й точки:

(113.398; 0; 100)

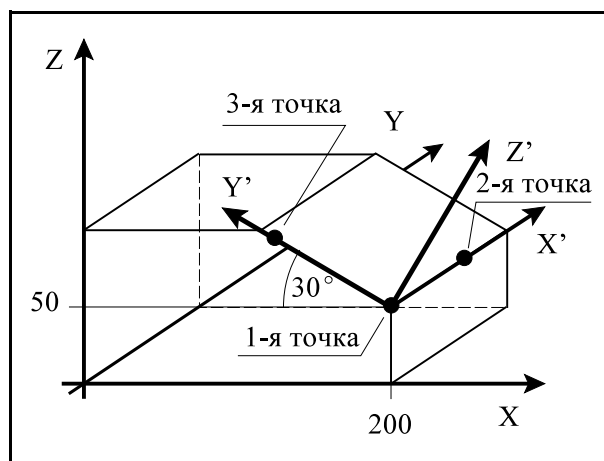


рисунок 25.8-4

Программа:

```
...
G68.2 P2 Q1 X200 Y0 Z50
G68.2 P2 Q2 X200 Y100 Z50
G68.2 P2 Q3 X113.398 Y0 Z100
G53.1 (или G53.6)
...
```

25.9 Выделение пространственной плоскости заданием 2-х векторов (G68.2 P3)

Можно задавать пространственную плоскость с произвольным наклоном заданием двух векторов. Помимо этого, с помощью команды можно переместить и систему координат заготовки.

2 вектора, определяющего плоскость и смещение нулевой точки можно задавать следующими 2-мя кадрами:

G68.2 P3 Q1 Xx Yy Zz Ii₁ Jj₁ Kk₁

G68.2 P3 Q2 Ii₂ Jj₂ Kk₂

где:

Q1 Xx Yy Zz: смещение нулевой точки, начало координат системы координат X' Y' Z', заданное в системе координат заготовки XYZ, его заполнение опциональное,

Q1 Ii₁ Jj₁ Kk₁: вектор V₁, направление выделяемой плоскости X', а

Q2 Ii₂ Jj₂ Kk₂: вектор V₂, направление выделяемой плоскости Z', то есть вектор, лежащий в плоскости Z'X'

Оба вектора следует задавать в системе координат заготовки XYZ.

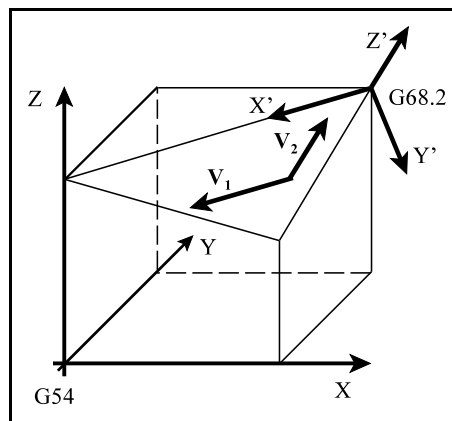


рисунок 25.9-1

Вектор $v(x, y, z)$ перемещает начало координат системы координат XYZ.

Направление оси X' определяет вектор V₁(i₁, j₁, k₁).

Вектор V₂(i₂, j₂, k₂) показывает либо в направление оси Z', либо же является вектором, лежащим в плоскости Z'X'.

Ось Y' перпендикулярна к плоскости, определённой векторами V₁, V₂ и её направление образуем таким образом, что **вектор V₂ по правилу правоскрученности кратчайшим угловым поворотом повернём на вектор V₁**.

Направление оси Z' получим таким образом, что **ось X' по правилу правоскрученности повернём на ось Y'**.

Первый и второй вектор не должны быть перпендикулярны друг к другу. Установление, что вектор V₂ является направлением выделяемой плоскости Z', то есть является вектором, лежащим в плоскости Z'X', изображено на приложенном рисунке.

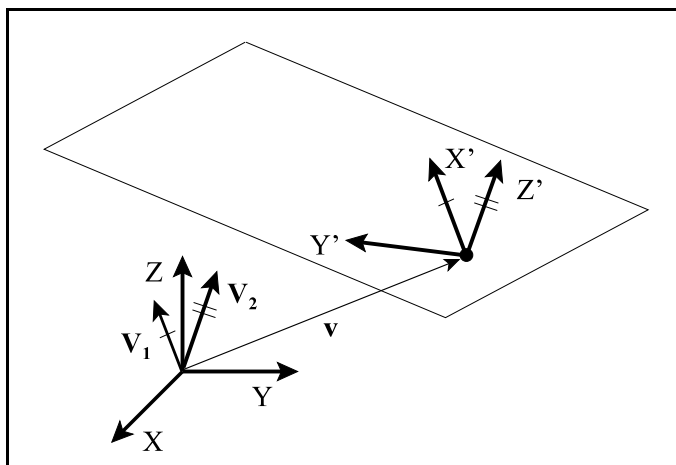


рисунок 25.9-2

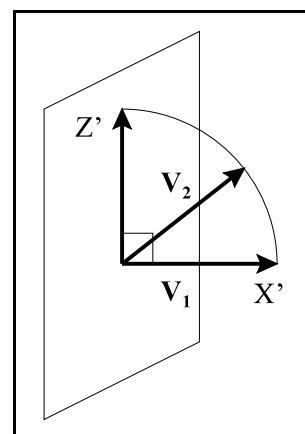


рисунок 25.9-3

Если значение Q не 1, или 2, тогда выводится сообщение “2039 Ошибка задания Q”.

Если какой-нибудь из векторов V_1 , V_2 не задан по адресу Q1, или Q2, выводится сообщение “2064 Синтаксическая ошибка”.

Если векторы V_1 , V_2 , заданные по адресу Q1, Q2, показывают почти в одинаковое направление, то есть угол между двумя векторами небольшой, или длина одного из векторов в близости к 0, плоскость не задана однозначно, и выводится сообщение “2088 Нелегальный выбор плоскости”.

Команда G53.1, или G53.6 автоматически приводит вращающиеся оси, доступные на станке в такую позицию, чтобы плоскость была перпендикулярна к оси инструмента.

Команда

G69.1

выключает выделение пространственной плоскости.

Пример к применению задания 2-х векторов

На основании приложенного рисунка определить систему координат X' , Y' , Z' заданием 2-х векторов:

Начало координат системы координат X' , Y' , Z' , задавая в системе координат X , Y , Z :

(200; 0; 50)

Первый вектор V_1 , заодно направление оси X' :

(0; 100; 0)

Второй вектор V_2 , заодно направление оси Z' :

(50; 0; 86.603)

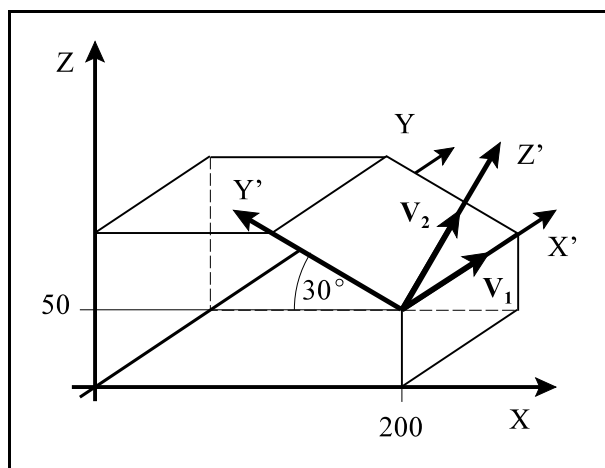


рисунок 25.9-4

Программа:

```
...
G68.2 P3 Q1 X200 Y0 Z50 I0 J100 K0
G68.2 P3 Q2 I50 J0 K86.603
G53.1 (или G53.6)
...
```

25.10 Выделение пространственной плоскости заданием проекционных углов (G68.2 P4)

Можно задавать пространственную плоскость с произвольным наклоном, заданием её проекционных углов.

2 вектора (V_1 и V_2), определяющего плоскость, можно образовать следующим образом:

Вектор с направлением X повернём вокруг оси Y на угол α , получим вектор V_1 .

Вектор с направлением Y повернём вокруг оси X на угол β , получим вектор V_2 .

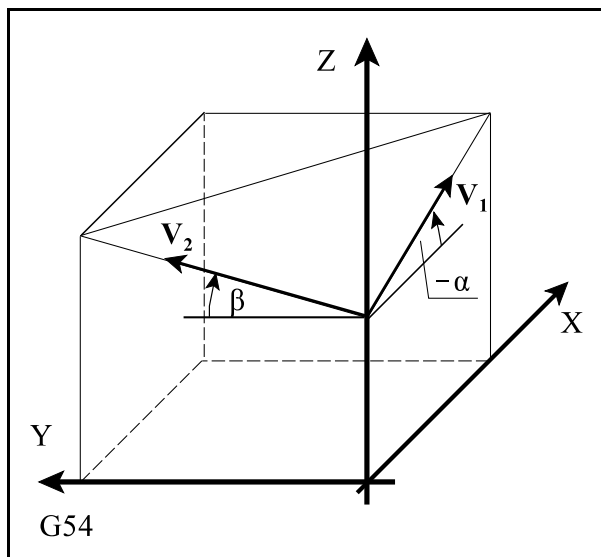


рисунок 25.10-1

Проекционные углы, поворот и смещение нулевой точки, определяющие плоскость, можно задавать следующим кадром:

G68.2 P4 Xx Yy Zz Ia Jb Kγ

где:

Xx Yy Zz: смещение нулевой точки, начало координат системы координат $X' Y' Z'$, заданное в системе координат заготовки XYZ. Его заполнение опциональное,

Ia: это тот угол, на которое повернём вектор с направлением X вокруг оси Y,

Jb: это тот угол, на которое повернём вектор с направлением Y вокруг оси X,

Kγ: это тот угол, на которое повернув вектора V_1 вокруг оси Z' получим направление X'. Его заполнение опциональное.

Вектор $v(x, y, z)$ смещает начало координат системы координат XYZ.

Повернув вектор X вокруг оси Y на угол α получим вектор V_1 .

Повернув вектор Y вокруг оси X на угол β получим вектор V_2 .

Ось Z' перпендикулярна к плоскости, определённой векторами V_1 , V_2 и её направление образуем таким образом, что вектор V_1 по правилу правоскрученности кратчайшим угловым поворотом повернём на вектор V_2 .

Ось X' получим таким образом, что вектор V_1 повернём вокруг оси Z' на угол γ .

Ось Y' перпендикулярна к осям Z', X' и её направление образуем таким образом, что ось Z' по правилу правоскрученности кратчайшим угловым поворотом повернём на век-

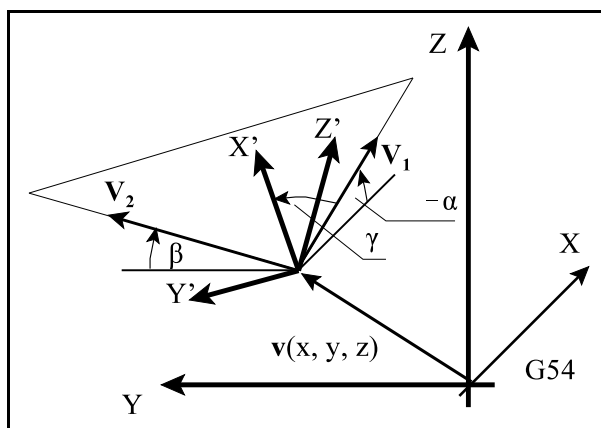


рисунок 25.10-2

тор X' .

Если векторы V_1 , V_2 показывают почти в одинаковое направление, то есть угол между ними небольшой, плоскость не задана однозначно, и выводится сообщение “2088 Нелегальный выбор плоскости”.

Команда G53.1, или G53.6 автоматически приводит вращающиеся оси, доступные на станке в такое положение, чтобы плоскость была перпендикулярна к оси инструмента.

Команда

G69.1

Выключает выделение пространственной плоскости.

Пример на применение задания проекционных углов

На основании приведенного рисунка определить систему координат X' , Y' , Z' заданием проекционных углов:

Начало координат системы координат X' , Y' , Z' задана в системе координат X , Y , Z :

(200; 0; 50)

Первый вектор V_1 получим таким образом, что вектор направления X повернём вокруг оси Y на угол

30° .

Второй вектор V_2 получим таким образом, что вектор направления Y повернём вокруг оси X на угол

0° .

После этого вокруг оси Z' повернуть вектор V_1 , V_2 на угол

90° ,

получим систему координат X' , Y' , Z' .

Программа:

```
...
G68.2 P4 X200 Y0 Z50 I30 J0 K90
G53.1 (или G53.6)
...
```

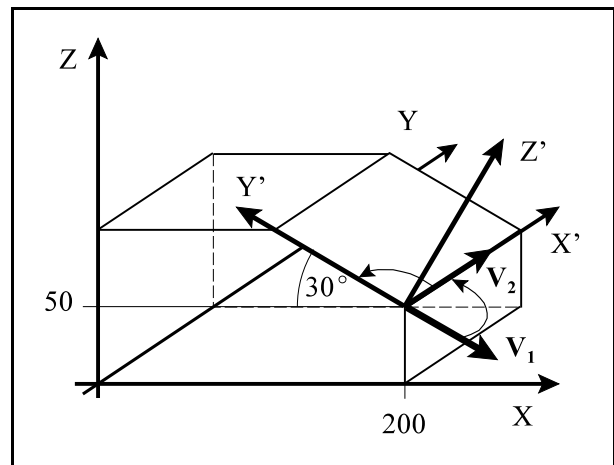


рисунок 25.10-3

25.11 Установка вращающихся осей в направление инструмента (G53.1)

Командой G68.2 можно выделить пространственную плоскость с произвольным наклоном. Устройство ЧПУ может автоматически рассчитывать, что куда надо позиционировать вращающиеся оси, участвующие в обработке по 5-осям, чтобы плоскость, заданная в G68.2 перпендикулярна была к оси инструмента.

Функция выше осуществляется командой

G53.1.

Команду G53.1 должна опередить команда выделения плоскости G68.2.

Команду G53.1 надо выдавать **в отдельном кадре, рядом запрограммировать другой адрес нельзя.**

Команда является **одноразовой**, не модальной. Позиционирование на вращающиеся оси, выделённые для обработки по 5-осям выполняется.

В зависимости от бита N3212 5D Control #7 FOS выполнение команды G53.1 может производиться двояко. Если #7 FOS:

=0: **Параллельно с перемещением вращающихся осей перемещаются и линейные оси (X, Y, Z)**

=1: **перемещаются только вращающиеся оси.**

Нижеследующие относятся только к случаю положения параметров N3212 5D Control #7 FOS=0. **Позиция точки центра инструмента по сравнению заготовки та же самая будет и в начале и в конце перемещения G53.1**, но поскольку перемещение по 5-осям выполняется линейной интерполяцией, **позиция точки центра инструмента по сравнению заготовки изменяется**, как это видно на приведенном рисунке.

Заданная в команде G68.2 система координат считает за направлением инструмента ось Z+.

Командой можно пользоваться для всех трёх типов станков (головка-головка, стол-стол, головка-стол).

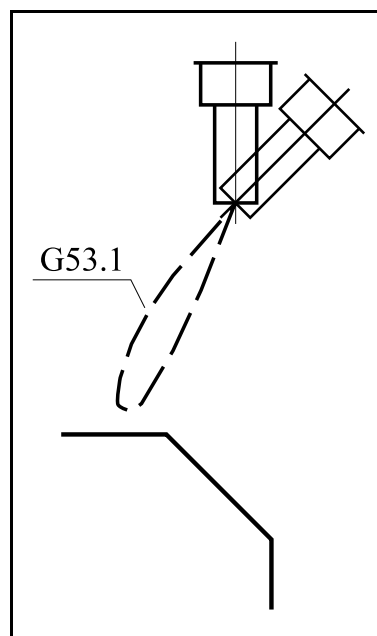


рисунок 25.11-1

На станках головка-головка:

С помощью 2 вращающихся осей, участвующих в обработке по 5-осям, команда G53.1 **установит инструмент в направление Z'+, перпендикулярно к выделённой с помощью G68.2 плоскости.** Вместе с этим **в коррекции инструмента**, загруженного до этого командой G43, **учитывает и опрокидывание инструмента** при следующем позиционировании. Например:

```
N10 G17 G54 G0 X0 Y0
N20 G43 Z0 H1
N30 G68.2 X100 Y100 Z50 I90 J45 K0
```

N40 G53.1

N50 X0 Y0 Z0 (перемещение происходит с учётом изменённой коррекции по длине инструмента)

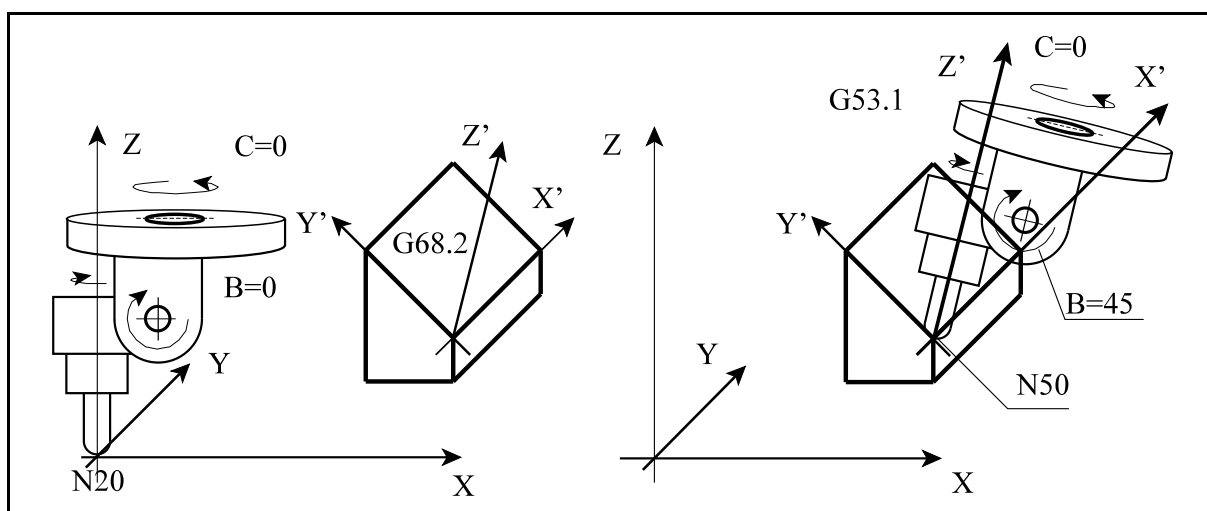


рисунок 25.11-2

На рисунке выше виден такой станок головка-головка, где 1-ой вращающейся осью является C, а 2-ой вращающейся осью - B. На основании заданных углов Эйлера (I90 J45 K0) устройство ЧПУ под действием команды G53.1 поворачивает вращающиеся оси в позицию B45 C0.

На левой стороне рисунка видно положение инструмента в конце *кадра N20*. При этом под действием команды G43 Z0 H1 оно обращается традиционным образом коррекцией по длине.

Под действием команды *N40 G53.1* оно установит в нужную позицию не только вращающиеся оси, но в коррекции по длине учитывает и угол наклона инструмента и параметры, описывающие геометрию вращающихся осей.

Правая сторона рисунка показывает положение инструмента в конце *кадра N50*, где уже учтена и изменённая коррекция по длине.

На станках стол-стол:

С помощью 2-х вращающихся осей, участвующих в обработке по 5-осям, **выделённую с помощью G68.2 плоскость установит вращением заготовки в направление, перпендикулярное оси Z+**. Одновременно **учитывает в смещении нулевой точки и вращение заготовки**, задействованное предварительно командой G54 при следующем позиционировании. Например:

N10 G17 G54 G0 X0 Y0

N20 G43 Z0 H1

N30 G68.2 X100 Y100 Z50 I90 J45 K0

N40 G53.1

N50 X0 Y0 Z0 (перемещение происходит с учётом изменённой нулевой точки)

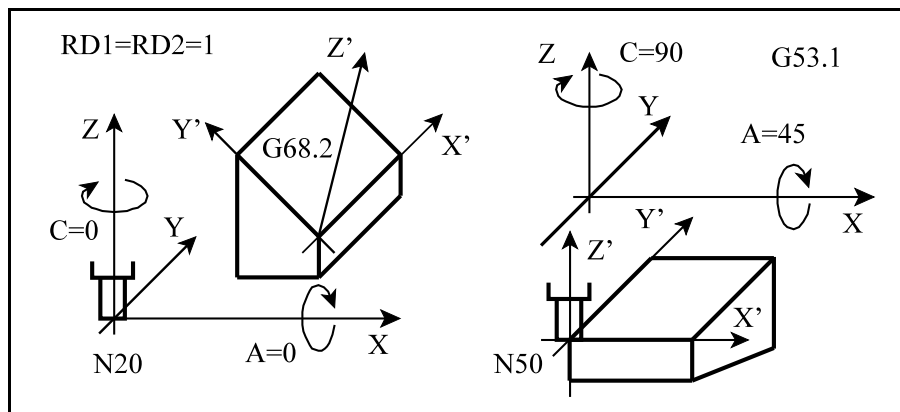


рисунок 25.11-3

На рисунке выше виден такой станок стол-стол, где 1-ой вращающейся осью является А, а 2-ой вращающейся осью - С. На основании заданных углов Эйлера (I90 J45 K0) устройство ЧПУ под действием команды G53.1 поворачивает вращающиеся оси в позицию A45 C90, при положении параметра RD1=RD2=1.

На левой стороне рисунка видно положение инструмента в конце *N20 mondat végén*.

Под действием команды *N40 G53.1* поворачивает заготовку так, чтобы направление Z'+, выделённое с помощью G68.2, было параллельно направлению Z+ системы координат заготовки. Одновременно пересчитывает смещение координат, запрограммированное в G68.2 и положение нулевой точки заготовки, согласно геометрии столов, заданных параметром и согласно расчётного угла поворота.

Правая сторона рисунка показывает положение инструмента в конце *кадра N50*. В ходе позиционирования перемещается в уже пересчитанной системе координат.

На станках головка-стол:

С помощью 2-х вращающихся осей, участвующих в обработке по 5-осям, **вращением заготовки и инструмента установит инструмент в направление Z'+, перпендикулярное выделённой с помощью G68.2 плоскости**. Одновременно **учитывает в смещении нулевой точки и вращение заготовки**, задействованное предварительно командой G54, а также **в коррекции инструмента**, задействованную предварительно командой G43, **учитывает опрокидывание инструмента** при следующем позиционировании.

Например:

```
N10 G17 G54 G0 X0 Y0
N20 G43 Z0 H1
N30 G68.2 X100 Y100 Z50 I0 J45 K0
N40 G53.1
N50 X0 Y0 Z0 (перемещение происходит с учётом изменённой
               нулевой точки и коррекции инструмента)
```

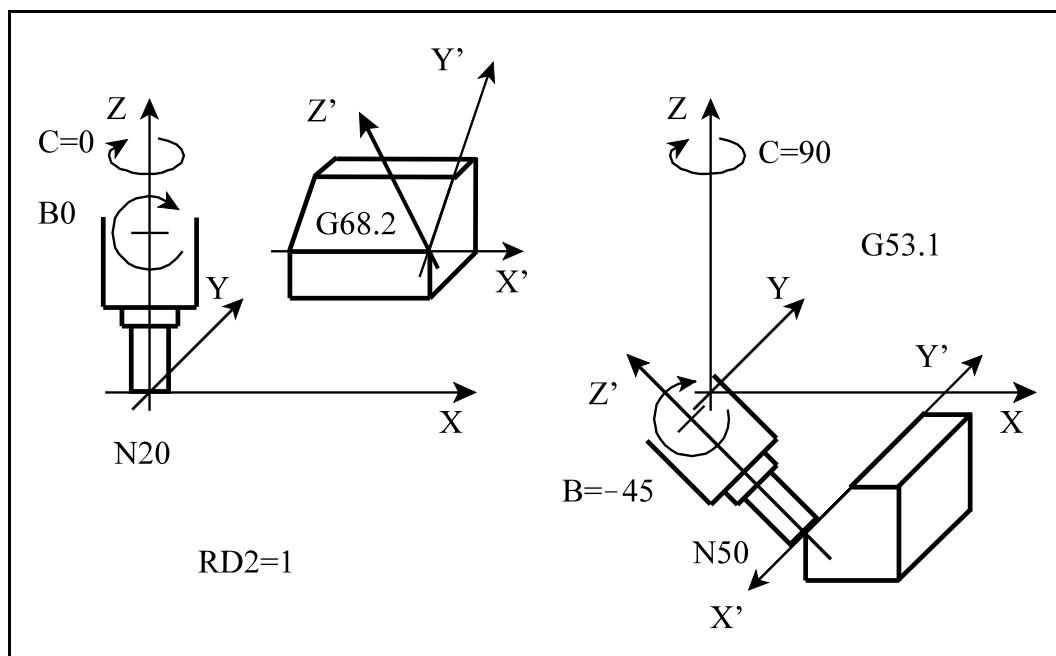


рисунок 25.11-4

На рисунке выше виден такой станок головка-стол, где 1-ой вращающейся осью является В, которая опрокидывает инструмент вокруг оси Y, а 2-ой вращающейся осью является С, которая вращает заготовку вокруг оси Z. На основании заданных углов Эйлера (I0 J45 K0) устройство ЧПУ под действием команды G53.1 поворачивает вращающиеся оси в позицию В-45 С90, при положении параметра RD2=1.

На левой стороне рисунка видно положение инструмента в конце *кадра N20*.

Под действием команды *N40 G53.1* по оси С поворачивает заготовку на 90 градусов, а инструмент В опрокидывает на -45 градусов для того, чтобы инструмент стоял в направлении, параллельно оси Z'. Одновременно пересчитывает нулевую точку и смещение, заданное в команде G68.2, согласно повороту стола. Учитывает также и изменение коррекции по длине, полученное из поворота инструмента. Всё это рассчитывается из параметров, описывающих кинематику станка.

Правая сторона рисунка показывает положение инструмента в конце кадра N50.

В ходе позиционирования, заданного *в кадре N50*, инструмент наводится в заданную позицию с учётом выше изложенного.

Выбор выходящих углов поворота θ , ψ

Команда G53.1 вращает так, чтобы инструмент показывал в направление оси Z+ системы координат, выбранной командой G68.2.

Команда принимает во внимание тип данного станка (головка-головка, стол-стол, головка-стол) и то, что в какое направление могут вращаться вращающиеся оси, стоящие на распоряжение. Из этих данных рассчитывает, что

в какую позицию θ надо поворачивать **1-ую вращающуюся ось**, далее, что

в какую позицию ψ надо поворачивать **2-ую вращающуюся ось**

для того, чтобы инструмент перпендикулярно стоял к выбранной плоскости.

Возможны всегда две пути вращения, то есть решением является две пары углов θ_1 , ψ_1 и θ_2 , ψ_2 .

Для иллюстрации берём для примера станок головка-головка, где инструмент в основном положении имеет направление Z, 1-ой вращающейся осью является C, а 2-ой - B. Установить инструмент в направление Y+.

На основании рисунка ниже первое возможное решение: B90 C-90 создаётся поворотом (то есть $\theta_1 = -90$, $\psi_1 = 90$), а второе решение B-90 C90 (то есть $\theta_2 = 90$, $\psi_2 = -90$).

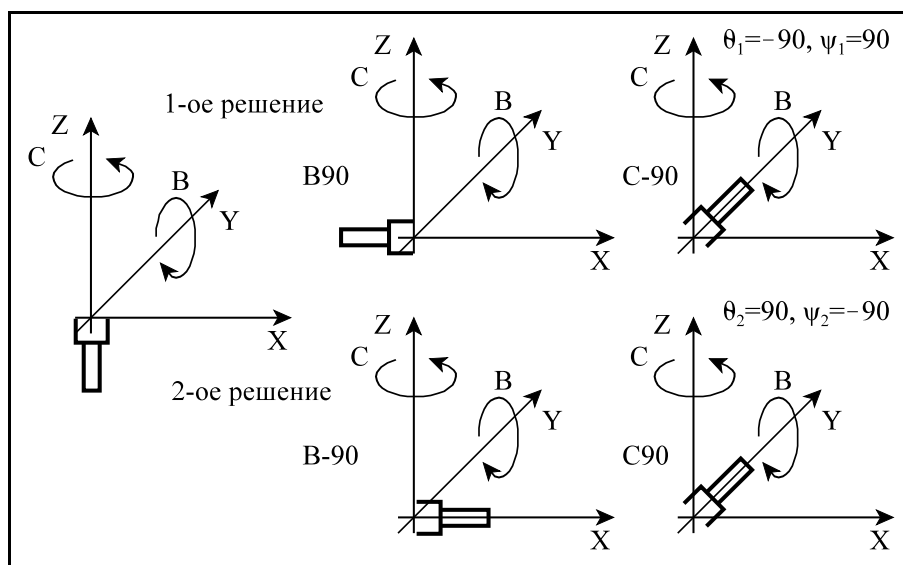


рисунок 25.11-5

Назовём **вводными**, или расчётными углами

пару углов θ_1 , ψ_1 , и θ_2 , ψ_2 , а

выходным углом выбранные углы

θ , ψ .

Из двух возможных поворотов устройство ЧПУ выбирает угол поворота на основании следующей стратегии.

Проверка конечного положения

Устройство ЧПУ проверит, что в одной из пар углов θ_1 , ψ_1 , и θ_2 , ψ_2 не попадает ли одна из осей вне предела конечного положения. Обычно одна, иногда обе вращающиеся оси можно перемещать в ограниченном диапазоне углов. Если одна из них попадает сюда, решением является другая пара углов.

Определение выходного угла в случае станка головка-головка и стол-стол

- 1 Из двух расчётной пары углов та пара будет выходной парой углов, где 1-ой вращающейся оси приходится меньше вращаться по сравнению своей мгновенной позиции.
- 2 Если на 1-ой оси для обоих углов получится то же самое перемещение, выходной парой углов будет та, где 2-ой вращающейся оси приходится меньше вращаться по сравнению своей мгновенной позиции.
- 3 Если и для 2-ой оси получится то же самое перемещение, выходной парой углов будет та, по которой расчётная позиция 1-ой оси ближе будет к 0, или к целому числу, кратному числу 360.
- 4 Если расчётные позиции 1-ой оси находятся на одинаковое расстояние от 0, выходной парой углов будет та, где расчётная позиция 2-ой вращающейся оси попадает ближе к 0, или к целому числу, кратному числу 360.

Определение выходного угла в случае станка головка-стол

- 1 Из двух расчётной пары углов та пара будет выходной парой углов, где 2-ой вращающейся оси (стола) приходится меньше вращаться по сравнению своей мгновенной позиции.
- 2 Если на 2-ой оси для обоих углов получится то же самое перемещение, выходной парой углов будет та, где 1-ой вращающейся оси (инструменту) приходится меньше вращаться по сравнению своей мгновенной позиции.
- 3 Если и для 1-ой оси получится то же самое перемещение, выходной парой углов будет та, по которой расчётная позиция 2-ой оси ближе будет к 0, или к целому числу, кратному числу 360.
- 4 Если расчётные позиции 2-ой оси находятся на одинаковое расстояние от 0, выходной парой углов будет та, где расчётная позиция 1-ой вращающейся оси попадает ближе к 0, или к целому числу, кратному числу 360.

Програмист может повлиять на автоматическое определение выходных углов до выдачи команды G53.1 отправкой вращающихся осей в соответствующую позицию.

25.12 Образцовый пример для применения функций G68.2 и G53.1

Обрабатываем три верхние стороны тетраэдра с длиной грани 100 мм. (Тетраэдр представляет собой тело из четырёх равносторонних треугольников.)

Пусть будет нулевая точка заготовки на вершине тетраэдра. Пусть инструмент обходит треугольник, вписываемую внутрь треугольника окружность, далее просверлит в середину треугольника одно отверстие.

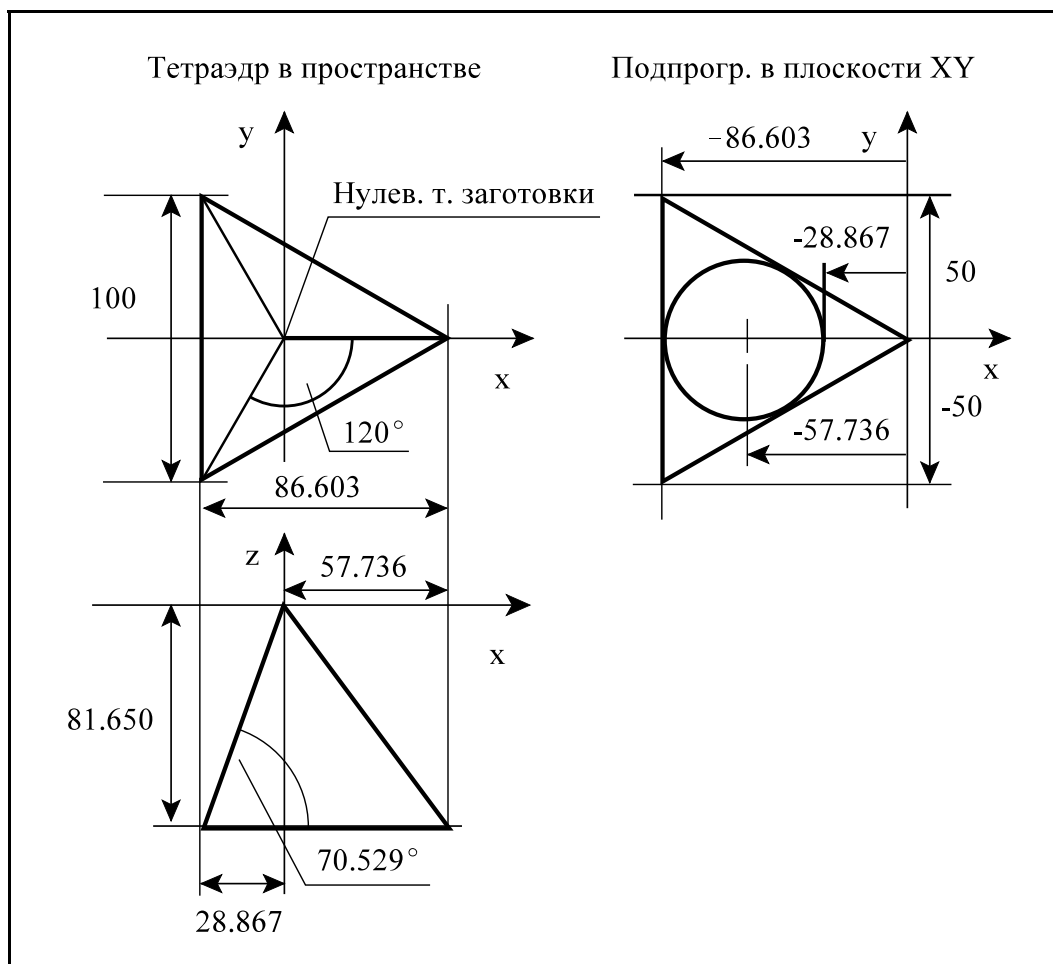


рисунок 25.12-1

Пусть будет программой обработки равностороннего треугольника подпрограмма с номером O1000. Развёртка треугольника в плоскости XY видна на рисунке выше. Подпрограмма с номером O1000 составлена согласно этому рисунку.:

```
O1000 (обработка одной стороны тетраэдра)
N10 X20 Y0 Z-5
N20 G42 G1 X0 D1 F600 (обход треугольника)
N30 X-86.603 Y50
N40 Y-50
N50 X0 Y0
N60 G40 X20
N70 Z-2.5
N80 G42 X-28.867
```

```

N90 G3 I-28.867 (окружность, вписываемая в треугольник)
N100 G40 G0 X20 Z20
N110 G81 X-57.736 Y0 R2 Z-50 (furat készítése)
N120 G80
N130 M99

```

Главная программа использует выделение плоскости G68.2 вместе с командой G53. Нулевая точка заготовки была измерена в системе координат G54, инструмент использует ячейку коррекции по длине H1.

Сперва обрабатывается треугольник, сторона основания которого параллельна оси Y. Первоначальную систему координат X, Y, Z командой

```
N50 G68.2 X0 Y0 Z0 I-90 J70.529 K90
```

поворачиваем на плоскость треугольника.

Первый поворот, поворот вокруг Z (I-90), приводит ось X в направление, параллельное стороне основания треугольника. Таким образом получим систему координат X', Y' Z.

Второй поворот, поворот вокруг X' (J70.529), повернёт ось Y' на сторону треугольника. Таким образом получим систему координат X', Y'', Z''.

Наконец, третий поворот, поворот вокруг Z'' (K90), повернёт ось X' на линию высоты треугольника. Плоскость X_E, Y_E полученной таким образом системы координат X_E, Y_E, Z_E уже соответствует той плоскости, в которой записана подпрограмма с номером O1000.

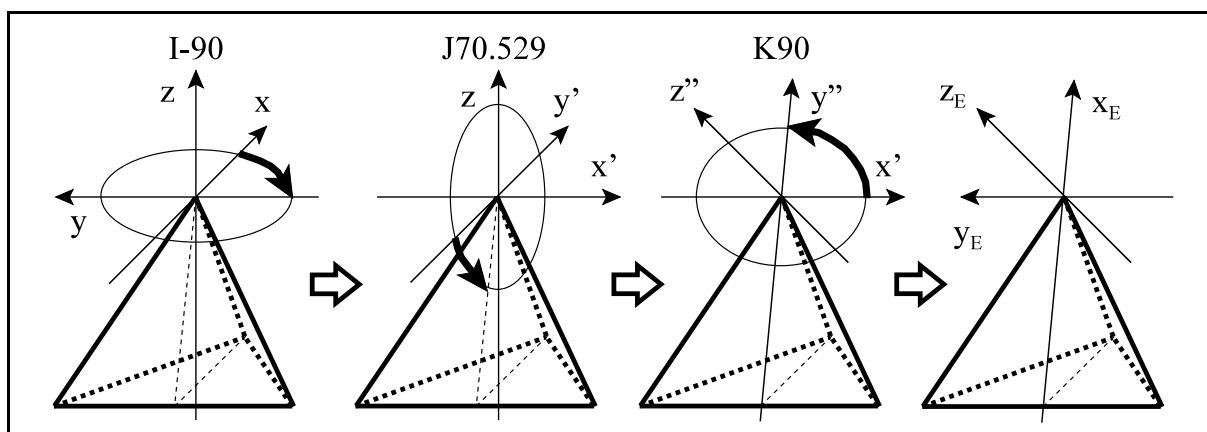


рисунок 25.12-2

Вторым обрабатывается тот треугольник, сторона основания которой лежит на 30 градусов по сравнению с осью X. Первоначальную систему координат X, Y, Z командой

N110 G68.2 X0 Y0 Z0 I30 J70.529 K90

поворачиваем на плоскость треугольника.

Первый поворот, поворот вокруг Z (I30), приводит ось X в направление, параллельное стороне основания треугольника. Таким образом получим систему координат X', Y' Z.

Последующие два поворота совпадают описанными выше.

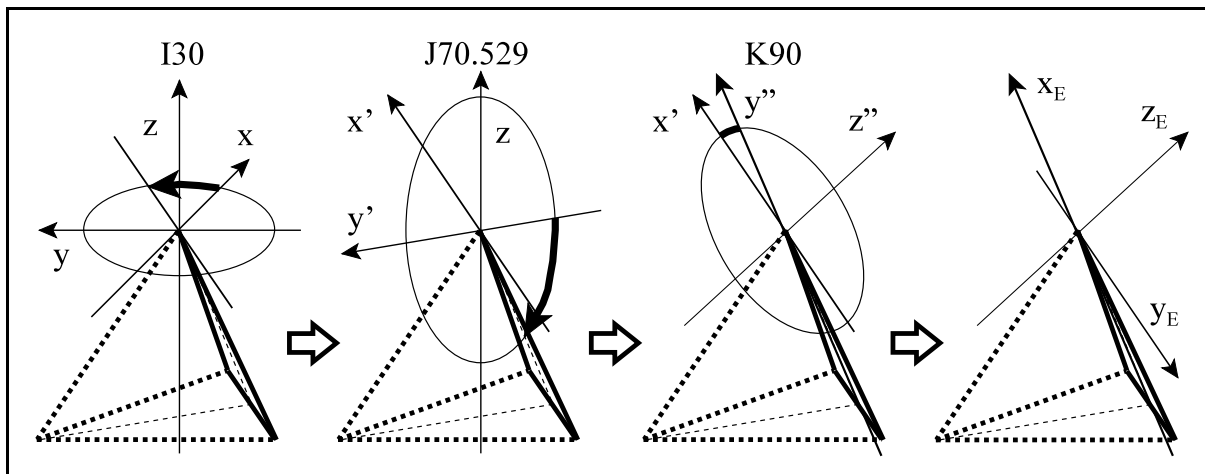


рисунок 25.12-3

Последним обрабатывается тот треугольник, сторона основания которой лежит на 150 градусов по сравнению с осью X. Первоначальную систему координат X, Y, Z командой

N170 G68.2 X0 Y0 Z0 I150 J70.529 K90

поворачиваем на плоскость треугольника.

Первый поворот, поворот вокруг Z (I150), приводит ось X в направление, параллельное стороне основания треугольника. Таким образом получим систему координат X', Y' Z.

Последующие два поворота совпадают описанными выше.

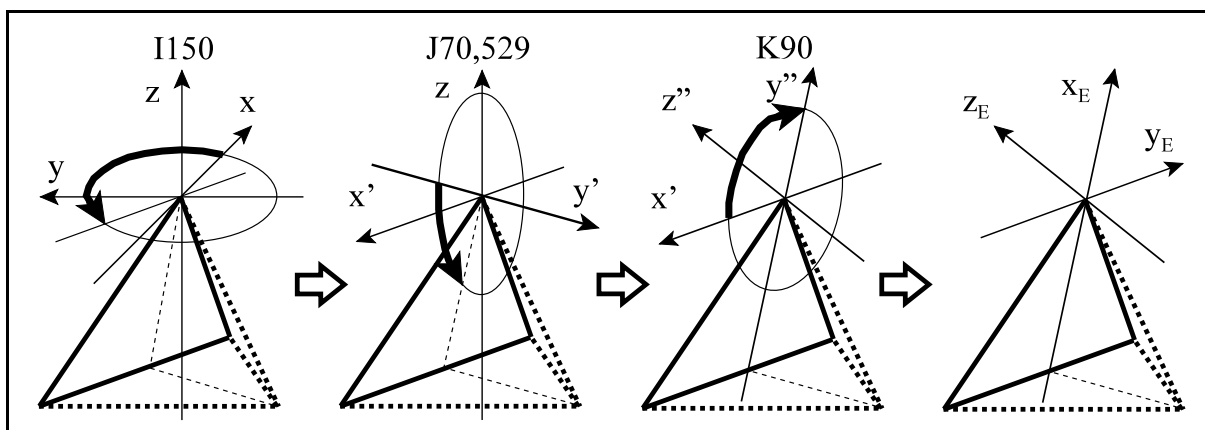


рисунок 25.12-4

Главная программа следующая:

```
(Тетраэдр)
N10 G0 G54 G17 G90 G49 Z50
N20 X0 Y0
N30 M3 S1000
N40 G43 Z50 H1
N50 G68.2 X0 Y0 Z0 I-90 J70.529 K90
N60 G53.1
N70 (обработка 1-ой плоскости)
N80 M98 P1000
N90 Z50
N100 X0 Y0
N110 G68.2 X0 Y0 Z0 I30 J70.529 K90
N120 G53.1
N130 (обработка 2-ой плоскости)
N140 M98 P1000
N150 Z50
N160 X0 Y0
N170 G68.2 X0 Y0 Z0 I150 J70.529 K90
N180 G53.1
N190 (обработка 3-ей плоскости)
N200 M98 P1000
N210 Z50
N220 X0 Y0
N230 G69.1 G49 (коррекция по длине по направлению
инструмента выкл.)
N240 Z50
N250 X0 Y0
N260 M30
```

Из главной программы выше видно, что с использованием пары команды G68.2, G53.1 можно написать такую общую программу, в которой ни где не учитывается тип 5-координатного станка, ни то, что какова адреса вращающихся осей, ни то, что вокруг каких осей вращаются. Устройство ЧПУ всё рассчитывает из параметров, относящихся к обработке по 5-осям.

С использованием пары команды G68.2, G53.1 можно написать программы, переносимые между 5-координатными станками.

25.13 Обращение прочими трансформациями после G68.2

После команды G68.2 можно использовать следующие трансформации:

- G52 создание локальной системы координат
- G92 создание новой системы координат заготовки
- G51 масштабирование
- G51.1 отражение
- G68 вращение

Трансформации выше выполняются всегда на запрограммированных координатах, и только после этого трансформацию G68.2, а также основной поворот:

- запрограммированная координата – <трансформации выше> – основной поворот G68.2 –

Если запрограммировали несколько особых трансформаций (G51, G51.1, G68) во главе “[16.4](#) Правила программирования особых трансформаций” то действительно изложенные на странице [211](#).

25.14 Проведение точки центра инструмента (G43.4, G43.5)

Проведение точки центра инструмента (TCP: Tool Centre Point control) означает, что *устройство ЧПУ проведёт точку центра инструмента по запрограммированной траектории*, даже в случае перемещения вращающихся осей.

В том случае, если вращающиеся оси опрокидывают инструмент, устройство ЧПУ во время интерполяции с минуты на минуту пересчитывает значение коррекции по длине в зависимости от угла опрокидывания инструмента и с учётом этого непрерывно поправляет траекторию контрольной точки.

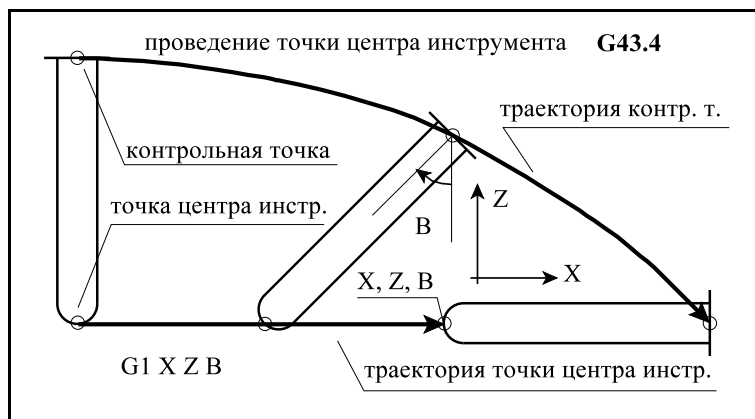


рисунок 25.14-1

В том случае, если вращающиеся оси вращают заготовку, устройство ЧПУ во время интерполяции с минуты на минуту пересчитывает положение точки в зависимости от угла поворота заготовки, и с учётом этого непрерывно поправляет траекторию контрольной точки.

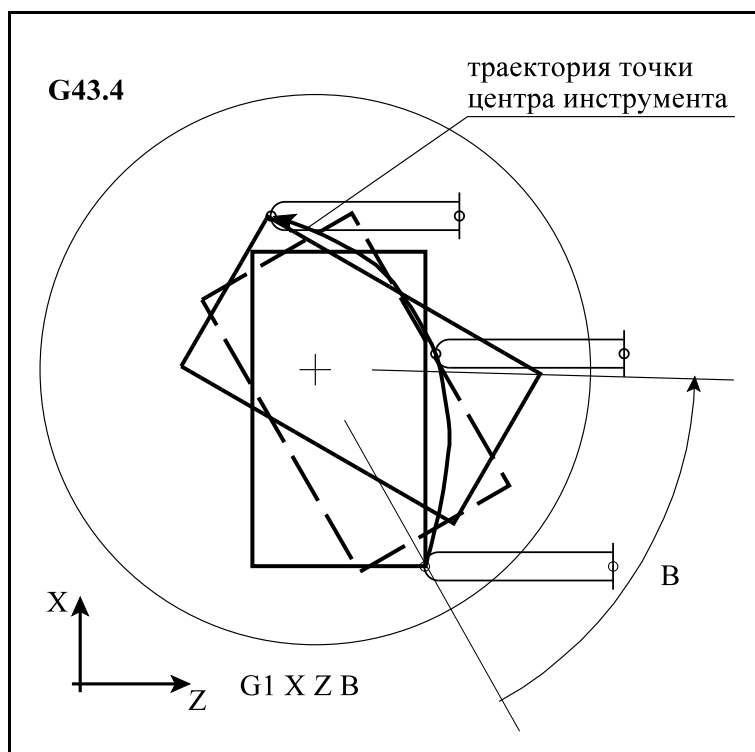


рисунок 25.14-2

В случае проведения точки центра инструмента углы двух вращающихся осей изменяются пропорционально совершённому ходу:

Если длина совершаемого в данном кадре хода L и перемещение двух вращающихся осей Θ и Ψ , тогда положение вращающихся осей на участке L изменяется пропорционально совершаемому ходу:

$$l = \lambda L$$

$$\theta = \lambda \Theta$$

$$\psi = \lambda \Psi$$

где: l : длина совершенного хода,
 θ, ψ : совершённый угол поворота на 1-ой и 2-ой вращающихся осях,
 $\lambda = 0 \dots 1$ пропорция совершенного хода.

Проведение точки центра инструмента 1-го типа (G43.4)

Команда

G43.4 X Y Z Θ Ψ H

включает проведение точки центра инструмента 1-го типа. Команду G43.4 можно выдавать только в состоянии G0, или G1.

X, Y, Z: позиция в конце кадра линейных главных осей в случае абсолютного задания данных, а также перемещение при инкрементном программировании.

Θ, Ψ : позиция в конце кадра 1-ой и 2-ой вращающихся осей, участвующих в 5-координатных станках в случае абсолютного задания данных, а также перемещение при инкрементном программировании.

H: число учитываемых коррекций по длине

В кадре G43.4 устройство ЧПУ уже с проведением точки центра инструмента позиционирует и задействует коррекцию по длине.

В состоянии G43.4 можно запрограммировать движения G0, G1, G2 и G3.

Позиционирование и линейная интерполяция в состоянии G43.4

В кадрах **G0** и **G1**, последующих *после G43.4*:

G0 (G1)

X Y Z Θ Ψ

X Y Z Θ Ψ

...

X Y Z Θ Ψ

устройство ЧПУ уже так обращается контрольной точкой, чтобы точка центра инструмента перемещалась по прямой траектории по сравнению к заготовке, хоть инструмент вращается, хоть заготовка.

Круговая интерполяция в состоянии G43.4

В кадрах **G2** и **G3**, последующих *после G43.4*:

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_Y_Z_ \Theta_ \Psi_ - \left\{ \begin{matrix} R_ \\ I_J_ \end{matrix} \right\} F_ -$$

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_Z_Y_ \Theta_ \Psi_ - \left\{ \begin{matrix} R_ \\ I_K_ \end{matrix} \right\} F_ -$$

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} Y_Z_X_ \Theta_ \Psi_ - \left\{ \begin{matrix} R_ \\ J_K_ \end{matrix} \right\} F_ -$$

устройство ЧПУ уже так обращается контрольной точкой, чтобы точка центра инструмента перемещалась по круговой траектории по сравнению к заготовке, хоть инструмент опроки-

дывается, хоть заготовка.

Проведение точки центра инструмента 2-го типа (G43.5)

Команда

G43.5 X Y Z I J K N

включает проведение точки центра инструмента 2-го типа. Команду G43.5 можно выдавать только в состоянии G0, или G1.

X, Y, Z: позиция в конце кадра линейных главных осей в случае абсолютного задания данных, а также перемещение при инкрементном программировании.

I, J, K: составляющие вектора инструмента в направлении X, Y, Z в конечной точке кадра по сравнению к заготовке.

N: число учитываемых коррекций по длине

Направление инструмента по сравнению к заготовке определяется не угловым положением вращающихся осей, доступных на станке, как в случае G43.4, а вектором, заданным по адресу I, J, K.

Составляющие векторов, заданные по адресу I, J, K не должны образовать единичный вектор. Для более точного расчёта угла целесообразно задавать составляющие как можно большим цифром.

В кадре G43.5 устройство ЧПУ уже с проведением точки центра инструмента позиционирует и задействует коррекцию по длине.

В состоянии G43.5 можно запрограммировать движения G0, G1, G2 и G3.

В состоянии G43.5 нельзя ссылаться на адреса 1-ой и 2-ой вращающихся осей, ссылка на это приводит к сообщению об ошибке “Ошибка задания G43.5”.

Позиционирование и линейная интерполяция в состоянии G43.5

В кадрах **G0** и **G1**, последующих *после G43.5*:

G0 (G1)

X Y Z I J K

X Y Z I J K

...

X Y Z I J K

устройство ЧПУ уже так обращается контрольной точкой, чтобы точка центра инструмента перемещалась по прямой траектории по сравнению к заготовке, хоть инструмент вращается, хоть заготовка.

Круговая интерполяция в состоянии G43.5

В состоянии G43.5 круговую интерполяцию **можно запрограммировать только заданием радиуса окружности**, так как адреса I, J, K служат для установки направления инструмента.

В кадрах **G2** и **G3**, последующих *после G43.5*

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_Y_Z_R_I_J_K_F_$$

$$G18 \begin{Bmatrix} G2 \\ G3 \end{Bmatrix} X_Z_Y_R_I_J_K_F_$$

$$G19 \begin{Bmatrix} G2 \\ G3 \end{Bmatrix} Y_Z_X_R_I_J_K_F_$$

устройство ЧПУ уже так обращается контрольной точкой, чтобы точка центра инструмента перемещалась по круговой траектории по сравнению к заготовке, хоть инструмент опрокидывается, хоть заготовка.

Выходная пара углов θ , ψ , рассчитанных из вектора со составляющими I, J, K

Каждое направление вектора можно представить двумя разными вращениями. То, что какое будет выбирать устройство ЧПУ из двух возможных вращений в случае программирования G43.5, совпадает изложенными у функции G53.1 во главе Выбор выходных углов вращения θ , ψ на странице [404](#)..

Координаты программирования, учитываемые при проведении точки центра инструмента

Если одна из осей, или обе оси является стол, то есть запрограммированные Θ , Ψ , или позиция θ , ψ , рассчитанная из I, J, K вращает заготовку, *координаты программирования истолкуются в системе координат, привязанной к вращающейся заготовке*, и с вращением заготовки и нулевая точка системы координат программирования и её оси динамично вращаются вместе с заготовкой.

Иными словами, при знании кинематических параметров станка устройство ЧПУ автоматически принимает во внимание изменение нулевой точки системы координат программирования и изменение её поворота.

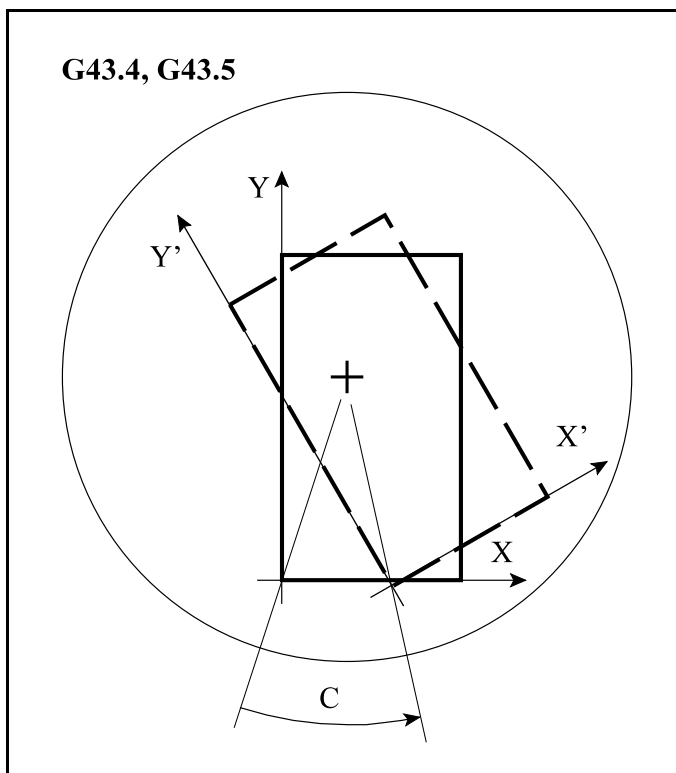


рисунок [25.14-3](#)

Истолкование подачи F в случае проведении точки центра инструмента

Запрограммированная подача F представляет собой всегда скорость точки центра инструмента по сравнению к заготовке, то есть подача действует вдоль осей X, Y, Z, вдоль Θ , Ψ получится:

$$\Delta t = \frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}}{F}$$

$$F_{\theta\psi} = \frac{\sqrt{\Delta \theta^2 + \Delta \psi^2}}{\Delta t} = \frac{\sqrt{\Delta \theta^2 + \Delta \psi^2}}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}} F$$

Выключение проведения точки центра инструмента (G49)

Команда

G49

выключает проведение точки центра инструмента .

Вместе с кодом G49 можно программировать только позиционирование (G0), или линейную интерполяцию (G1):

G49 G0 (G1) X Y Z Θ Ψ Образцовый пример для проведения точки центра инструмента

Пусть будет в основном положении на нашем станке направление инструмента Z.

Проходим с проведением точки центра инструмента по верхним граням призмы с квадратичным основанием таким образом, чтобы угол наклона инструмента по сравнению к оси Z увеличим от 30° до 45°, затем на следующей стороне уменьшаем от 45° до 30°, и так далее.

После этого проходим вокруг края цилиндра, имеющегося на призме с квадратичным основанием таким образом, чтобы инструмент наклонять на 30° по сравнению к оси Z до конца вдоль окружности.

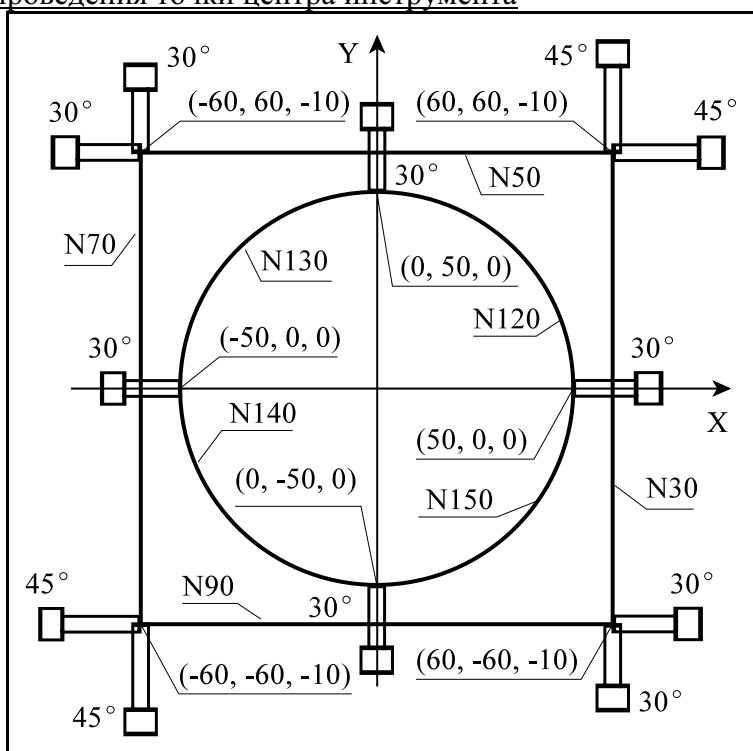


рисунок 25.14-4

Образцовый пример для применения G43.5

Программу сперва напишем с проведением точки центра инструмента 2-го типа, с помощью G43.5.

В случае G43.5 направление инструмента по сравнению к заготовке надо задавать составляющими вектора I, J, K.

Программа следующая:

```

N10 G54 G0 X0 Y0 Z100 S500 M3
N20 G43.5 X60 Y-60 Z-10 I500 J0 K866.025 H1
N30 G1 Y60 I707.107 J0 K707.107 F1200
N40 I0 J707.107 K707.107

```

```

N50 X-60 I0 J500 K866.025
N60 I-500 J0 K866.025
N70 Y-60 I-707.107 J0 K707.107
N80 I0 J-707.107 K707.107
N90 X60 I0 J-500 K866.025
N100 G49 G0 Z100
N110 G43.5 X50 Y0 Z0 I500 J0 K866.025 H1
N120 G3 X0 Y50 R50 I0 J500 K866.025
N130 X-50 Y0 R50 I-500 J0 K866.025
N140 X0 Y-50 R50 I-0 J-500 K866.025
N150 X50 Y0 R50 I500 J0 K866.025
N160 G49 G0 Z100
N170 X0 Y0
N180 M30
    
```

На рисунке ниже видны значения направлений I, J, K в разных кадрах и их истолкование.

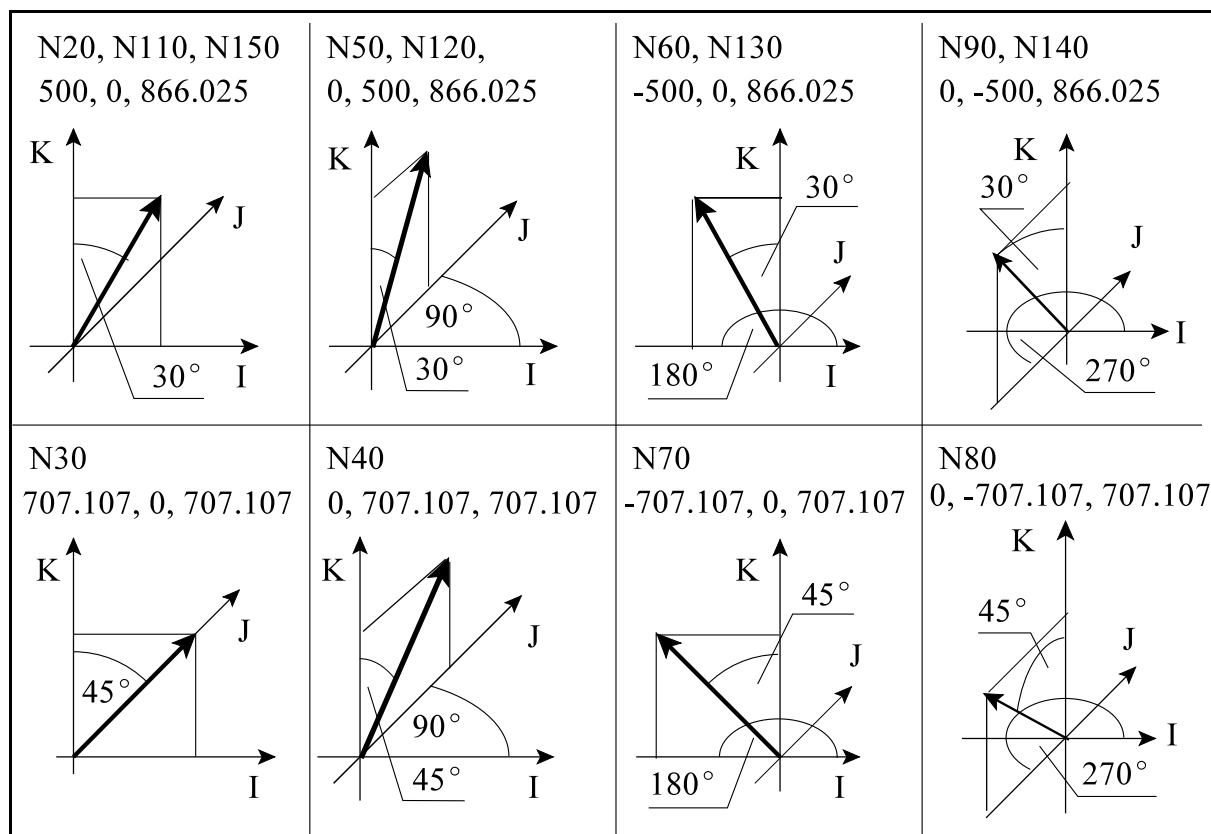


рисунок 25.14-5

Прогон программы выше возможен на станке произвольного типа (головка-головка, стол-стол, или головка-стол), а также при наличии произвольных вращающихся осей, предполагая, что направление инструмента в основном положении является Z.

Выполнение программы выше происходит по разному на разных типах станков. Работа программы выше и программы, написанной с помощью G43.4, эквивалентной с работой программы выше, изложены в следующих главах.

Образцовый пример для применения G43.4 на станке головка-головка

Напишем образцовый пример на станок головка-головка, заданием G43.4.

Пусть будет на станке головка-головка первой вращающейся осью С, которая вращается вокруг оси Z, а второй вращающейся осью В, которая вращается вокруг оси Y. В основном положении направлением инструмента является ось Z.

В случае G43.4 надо задавать направление инструмента всегда для вращающихся осей, стоящих на распорядке на станке.

Программа следующая:

```

N10 G54 G0 X0 Y0 Z100 B0 C0 S500 M3
N20 G43.4 X60 Y-60 Z-10 B30 H1
N30 G1 Y60 B45 F1200
N40 C90
N50 X-60 B30
N60 C180
N70 Y-60 B45
N80 C270
N90 X60 B30
N100 G49 G0 Z100
N110 G43.4 X50 Y0 Z0 C0 H1
N120 G3 X0 Y50 R50 C90
N130 X-50 Y0 R50 C180
N140 X0 Y-50 R50 C270
N150 X50 Y0 R50 C360
N160 G49 G0 Z100
N170 X0 Y0
N180 M30

```

На приложенном рисунке показывается движение инструмента в кадре N30. Кадр отправляется с точки с координатой X60 Y-60 Z-10, где инструмент наклонен на 30° по сравнению к оси Z. В процессе движения, при чём точка центра инструмента остаётся всегда на прямой, инструмент постепенно наклоняется, на полпути будет $B37.5^\circ$, пока в конечной точке примет позицию под $B45^\circ$. Значит, в зависимости от наклона инструмента непрерывно меняются составляющие коррекции инструмента, отраженные на оси.

Запрограммированная подача F1200 истолкуется вдоль оси Y.

Движение подобное и вдоль остальных прямых (N50, N70, N90).

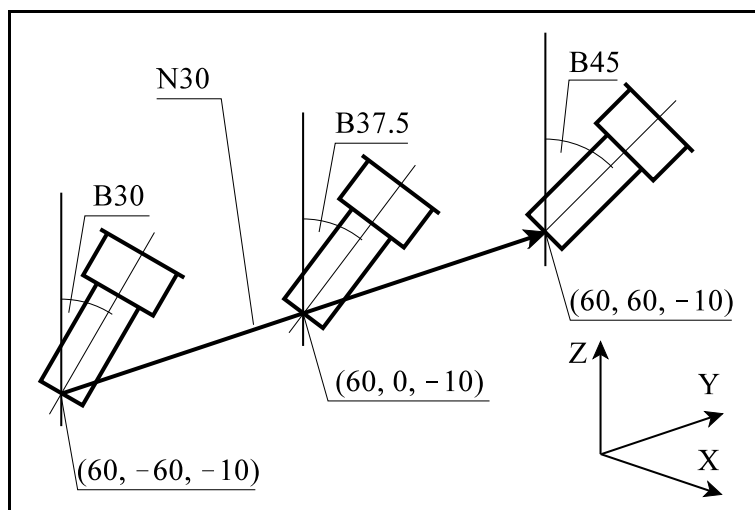


рисунок 25.14-6

В кадре N40 запрограммировано движение по оси С под 90° , чтобы инструмент повернулся на прямую по направлению X, запрограммированную в кадре N50. Во время вращения точка центра инструмента остаётся до конца в точке с координатой X60 Y60 Z-10. Угол оси В не меняется.

Движение подобное и в кадрах N60, N80.

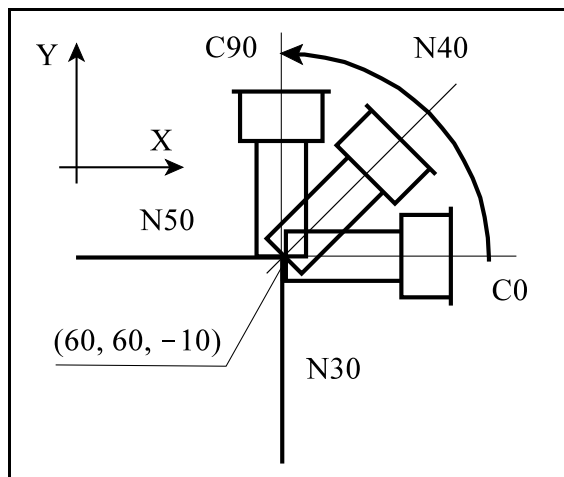


рисунок 25.14-7

В кадре N120 во время круговой интерполяции инструмент непрерывно вращается с позиции начала кадра C0 до позиции конца кадра C90, для того, чтобы проекция инструмента, попадающая в плоскость XY была всегда перпендикулярна к траектории. Ось В не перемещается, остаётся наклонена на 30° по сравнению к оси Z.

Движение подобное и в кадрах N130, N140, N150.

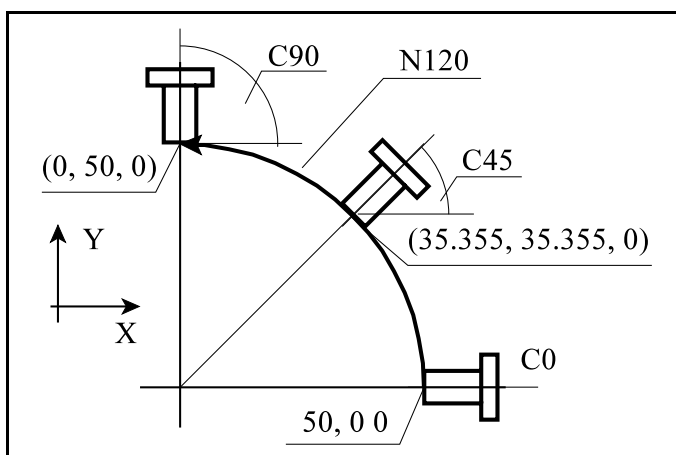


рисунок 25.14-8

Перемещение осей одно и то же в обоих случаях, хоть запрограммировали траекторию с G43.4 (пример выше), хоть с G43.5 (Образцовый пример для применения G43.5).

Прежнее утверждение точно верно тогда, если написанную с G43.5 программу запускаем с позиции B0 C0. Если нет, из-за правила выбора пары углов траектория может отличаться.

Образцовый пример для применения G43.4 на станке стол-стол

Напишем образцовый пример на станок стол-стол, заданием G43.4.

Пусть будет на станке стол-стол первой вращающейся осью "А", которая вращается вокруг оси X, а второй вращающейся осью С, которая вращается вокруг оси Z. В основном положении направлением инструмента является ось Z.

Записанные в программу значения А и С задавались таким образом, что положительное направление обеих осей действует по правилу левокрученности, поэтому для параметра N3212 5D Control надо применить установку $RD1=RD2=1$.

Устройство ЧПУ автоматически вращает систему координат программирования с заготовкой, поэтому программу надо написать так, как будто не вращалась заготовка. Нулевую точку заготовки надо замерить в позиции 0° вращающихся осей.

В случае G43.4 надо задавать направление инструмента всегда для вращающихся осей, стоящих на распоряжение на станке.

Программа следующая:

```

N10 G54 G0 X0 Y0 Z100 A0 C0 S500 M3
N20 G43.4 X60 Y-60 Z-10 A-30 C-90 H1
N30 G1 Y60 A-45 F1200
N40 C0
N50 X-60 A-30
N60 C90
N70 Y-60 A-45
N80 C180
N90 X60 A-30
N100 G49 G0 Z100
N110 G43.4 X50 Y0 Z0 A-30 C-90 H1
N120 G3 X0 Y50 R50 C0
N130 X-50 Y0 R50 C90
N140 X0 Y-50 R50 C180
N150 X50 Y0 R50 C270
N160 G49 G0 Z100
N170 X0 Y0
N180 M30

```

В кадре N20 позиционирования стол надо поворачивать в позицию A-30, C-90, чтобы в начальной точке кадра N30 хвостовик инструмента наклонился на 30° по сравнению к оси Z системы координат, прикреплённой к заготовке.

Обратите внимание на рисунке на то, что из-за поворота стола вращается и система координат программирования, прикреплённая к заготовке.

Обозначим станочную систему координат с G53 (привязанную к осям станка), на которую естественно не влияют повороты стола.

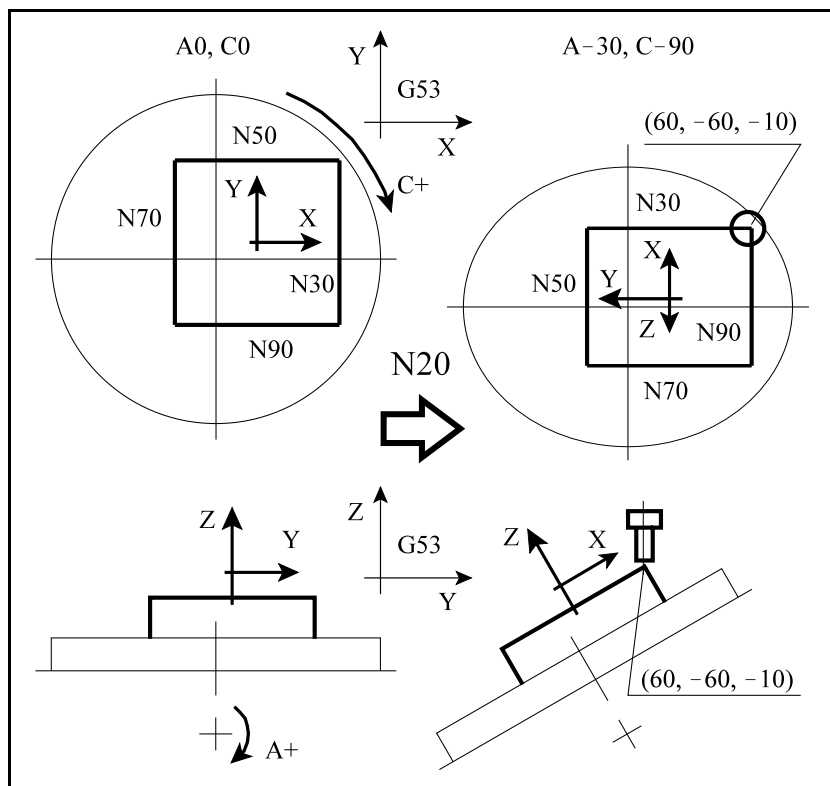


рисунок 25.14-9

В кадре N30 точка центра инструмента проходит вдоль оси Y системы координат, привязанной к заготовке, причём наклон стола по оси "А" увеличивается с -30° до -45° . В станочной системе координат все три линейных осей перемещаются из-за непрерывного наклона стола.

Положение подобное в ходе выполнения кадров N50, N70, N90.

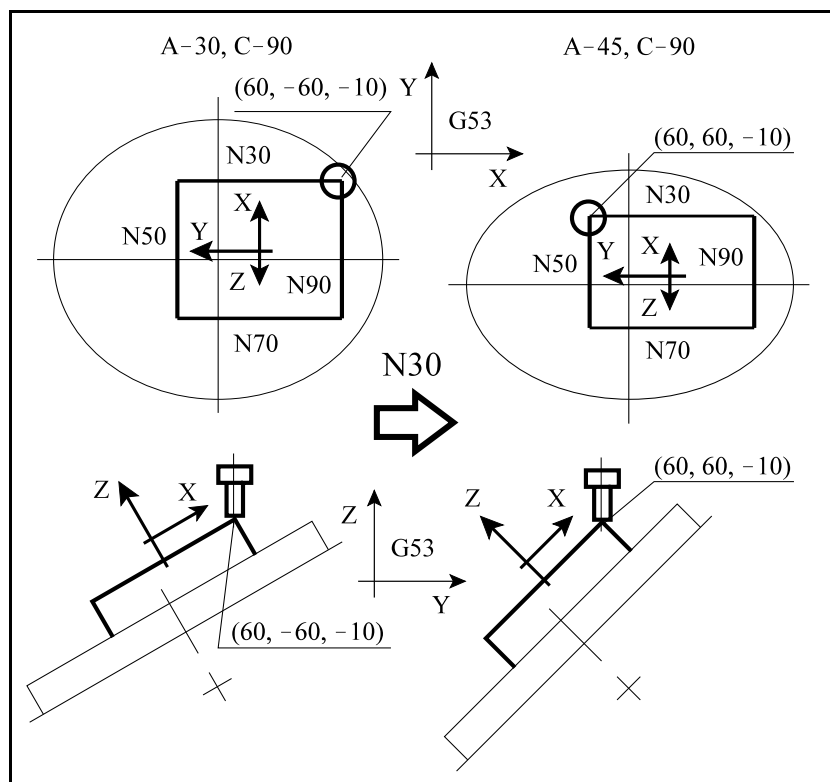


рисунок 25.14-10

В кадре N40 по оси С запрограммировано перемещение на 90° , чтобы инструмент повернулся в направлении X на прямую, запрограммированную в кадре N50. Во время поворота точка центра инструмента остаётся до конца в точке с координатой X60 Y60 Z-10 по сравнению к заготовке. Угол оси "А" не меняется. Из-за поворота стола, то есть заготовки, не меняется относительная позиция инструмента по отношению к заготовке, при чём из-за вращения оси С все три линейные оси перемещаются (X, Y, Z), чтобы удовлетворить условия выше.

Перемещение подобное и в кадрах N60, N80.

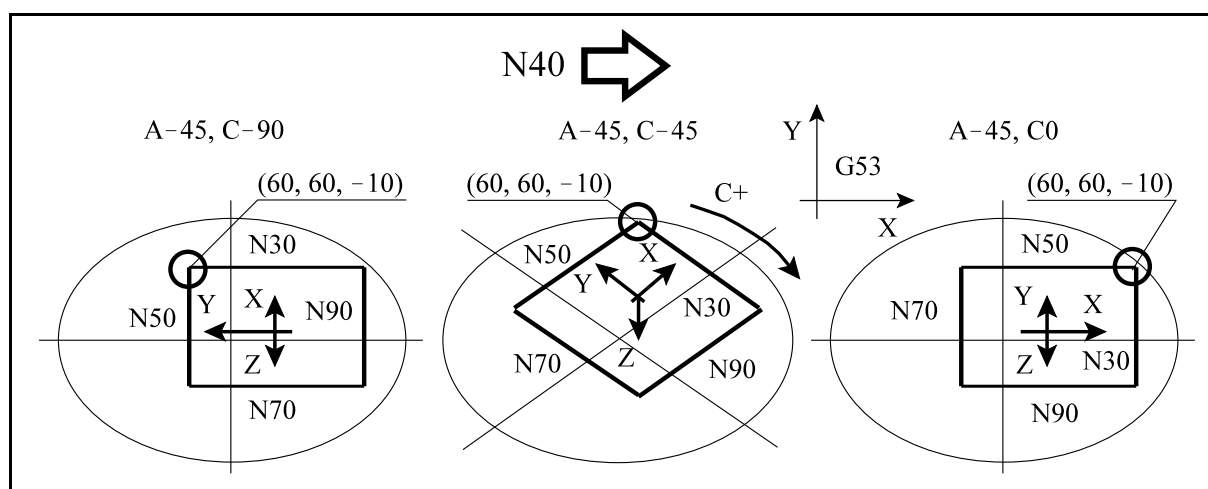


рисунок 25.14-11

В кадре N120 во время круговой интерполяции стол непрерывно перемещается из позиции начала кадра C-90 до позиции конца кадра C0, для того, чтобы проекция инструмента на плоскость заготовки XY была всегда перпендикулярна к траектории. Ось "A" не перемещается, остаётся наклонена на -30° по сравнению к оси Z системы координат, прикрепленной к заготовке.

Перемещение подобное и в кадрах N130, N140, N150.

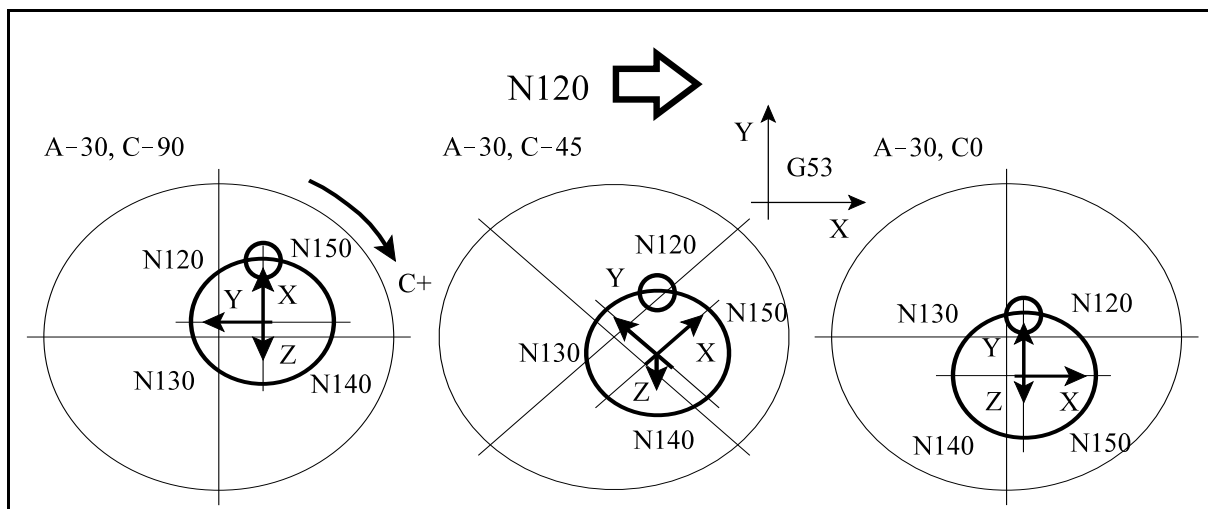


рисунок 25.14-12

Перемещение осей одно и то же в обоих случаях, запрограммировать траекторию хоть с G43.4 (пример выше), хоть с G43.5 (Образцовый пример для применения G43.5).

Прежнее утверждение точно верно тогда, если написанную с G43.5 программу запускаем с позиции A0 C0. Если нет, из-за правила выбора пары углов траектория может отличаться.

Образцовый пример для применения G43.4 на станке головка-стол

Напишем образцовый пример на станок головка-стол, заданием G43.4.

Пусть будет на станке головка-стол первой вращающейся осью ось B, которая вращает инструмент вокруг оси Y, а второй вращающейся осью ось C, которая вращает заготовку вокруг оси Z. В основном положении направлением инструмента является ось Z.

Записанные в программу значения C задавались таким образом, что положительное направление оси C действует по правилу левоструженности, поэтому для параметра N3212 5D Control надо применить установку RD2=1.

Устройство ЧПУ автоматически вращает систему координат программирования с заготовкой, поэтому программу надо написать так, как будто не вращалась заготовка. Нулевую точку заготовки надо замерить в позиции 0° вращающихся осей.

В случае G43.4 надо задавать направление инструмента всегда для вращающихся осей, стоящих на распоряжение на станке.

Программа следующая:

```
N10 G54 G0 X0 Y0 Z100 B0 C0 S500 M3
N20 G43.4 X60 Y-60 Z-10 B30 H1
N30 G1 Y60 B45 F1200
N40 C90
N50 X-60 B30
```

```

N60 C180
N70 Y-60 B45
N80 C270
N90 X60 B30
N100 G49 G0 Z100
N110 G43.4 X50 Y0 Z0 C0 H1
N120 G3 X0 Y50 R50 C90
N130 X-50 Y0 R50 C180
N140 X0 Y-50 R50 C270
N150 X50 Y0 R50 C360
N160 G49 G0 Z100
N170 X0 Y0
N180 M30
    
```

Приложенный рисунок показывает перемещение инструмента в кадре N30. Кадр запускается с точки с координатой X60 Y-60 Z-10, где инструмент наклонен на 30° по сравнению к оси Z. В процессе перемещения, при чём точка центра инструмента остаётся всегда на прямой, инструмент постепенно наклоняется, по полпути будет $B37.5^\circ$, пока в конечной точке примет позицию $B45^\circ$. Значит, в зависимости от наклонения инструмента непрерывно меняются составляющие, попадающие на оси коррекции инструмента.

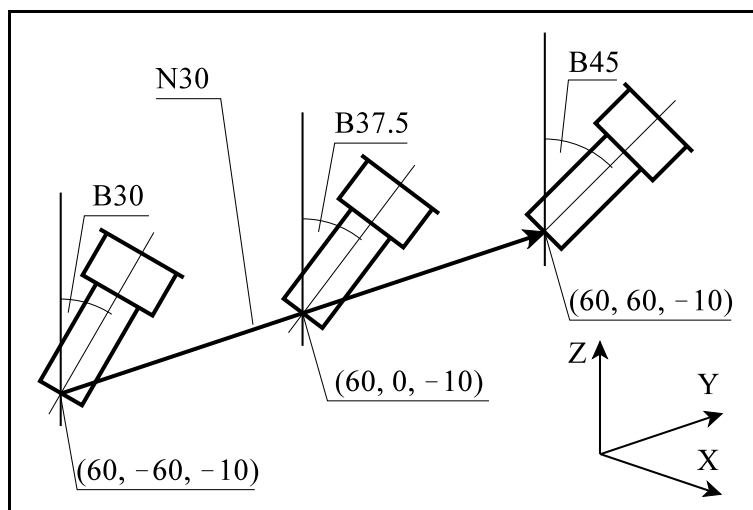


рисунок 25.14-13

Запрограммированная подача F1200 понимается вдоль оси Y. Перемещение подобное и вдоль остальных прямых (N50, N70, N90).

В кадре N40 запрограммировано на оси С перемещение на 90° , чтобы инструмент повернулся в направлении X на прямую, запрограммированную в кадре N50. В процессе поворота точка центра инструмента остаётся до конца в точке с координатой X60 Y60 Z-10 по сравнению к заготовке. Угол оси “В” не меняется. Из-за поворота стола, то есть заготовки, не меняется относительная позиция инструмента по отношению к заготовке, при чём из-за вращения оси С линейные оси перемещаются в плоскости XY.

Перемещение подобное и в кадрах N60, N80.

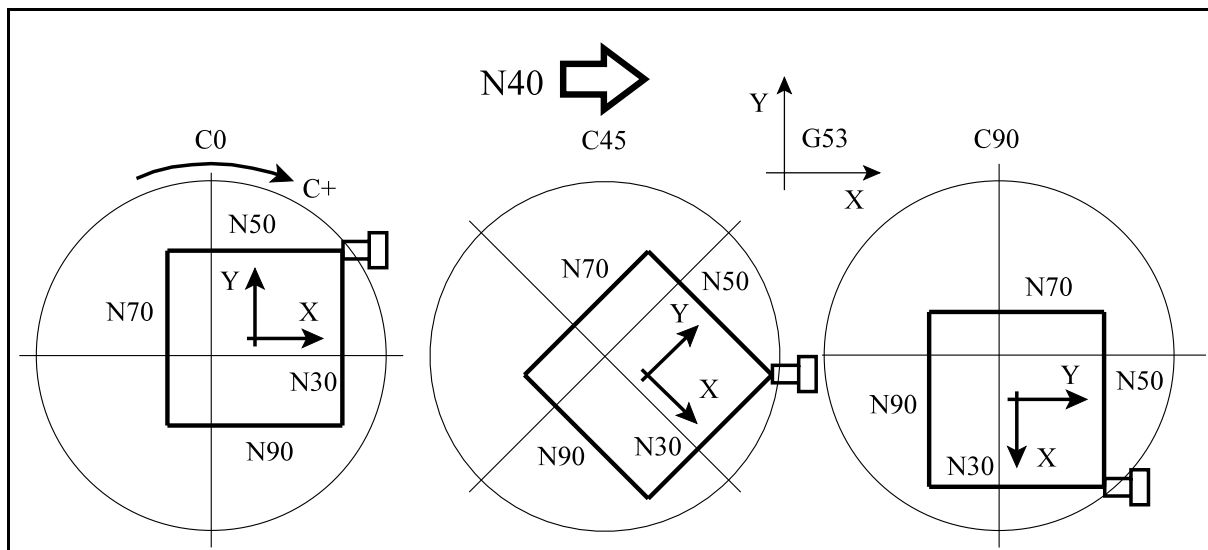


рисунок 25.14-14

В кадре N120 во время круговой интерполяции стол непрерывно вращается из позиции начала кадра C0 до позиции конца кадра C90, для того, чтобы проекция инструмента на плоскость заготовки XY была всегда перпендикулярна к траектории. Ось “В” не перемещается, остаётся наклонена на -30° по сравнению к оси Z системы координат, прикреплённой к заготовке..

Перемещение подобное и в кадрах N130, N140, N150.

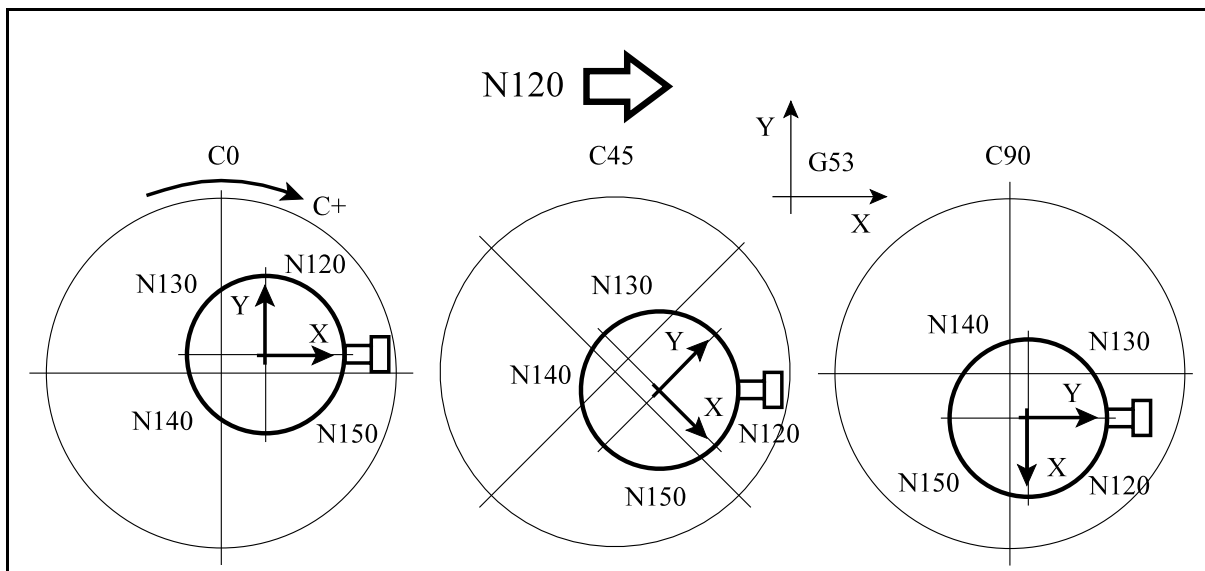


рисунок 25.14-15

Перемещение осей одно и то же в обоих случаях, запрограммировать траекторию хоть с G43.4 (пример выше), хоть с G43.5 (Образцовый пример для применения G43.5).

Прежнее утверждение точно верно тогда, если написанную с G43.5 программу запускаем с позиции B0 C0. Если нет, из-за правила выбора пары углов траектория может отличаться.

25.15 Установка вращающихся осей в направление инструмента с проведением точки центра инструмента (G53.6)

Командой G68.2 можно выделить пространственную плоскость с произвольным наклоном. Устройство ЧПУ может автоматически рассчитать, что куда надо позиционировать вращающиеся оси, участвующие в обработке по 5- осям для того, чтобы заданная в G68.2-е плоскость была перпендикулярна к оси инструмента. В это время оси можно перемещать с проведением точки центра инструмента с использованием команды G53.6.

Указанная выше функция осуществляется командой

G53.6 X Y Z R H,

где

X, Y, Z: конечная позиция, истолкованная в системе координат, заданной командой G68.2. Её задание не обязательно.

R: Расстояние между точкой центра инструмента и точкой центра вращения. Его задание не обязательно. Если оно не задано, устройство ЧПУ принимает во внимание R0.

H: номер ячейки коррекции по длине. Его надо задавать, если не имеется наследованной (модальной) ячейки коррекции по длине.

Команду G53.6 должна опережать команда G68.2, выделяющая плоскость. В противном случае выводится сообщение об ошибке “2019 Запрограммирована G53.6 в состоянии G69.1”. Если не задан адрес H, и нет наследованное значение, отличающееся от H0, выводится сообщение об ошибке “2003 H>0 не запрограммировано”.

Команду G53.6 надо задавать *в отдельном кадре*, и программировать можно только указанные выше адреса.

Команда является *одноразовой*, наследственно не передаётся (не модальная). Перемещение осуществляется модальным кодом интерполяции, в случае G1, G2, G3 с подачей, в случае G0 с быстрым ходом.

Функция с ожиданием, с разгрузкой буфера.

В G53.6-е нет смысла вместе задавать R и X, Y, Z. В противном случае выводится сообщение об ошибке “2042 R нельзя программировать вместе с позиционированием”.

Направлением инструмента считается ось Z+ системы координат, заданная в команде G68.2.

Команду можно использовать для всех трёх типов станка (головка-головка, стол-стол, головка-стол).

Если G53.6 стоит сам по себе, или задан только H:

Берём следующий образцовый пример:

```
...  
G0 B0 C0  
G68.2 X0 Y0 Z0 I90 J45 K0  
G53.6 (H1)  
...
```

Приложенный рисунок показывает перемещение инструмента для станка **СВ головка-головка**.

Позиция точки центра инструмента остаётся неизменной по сравнению к заготовке даже во время вращения инструмента, а в то же время поворачивает инструмент в направлении, перпендикулярное к заданной поверхности.

X и Z показывает первоначальные направления системы координат заготовки, а в то же время Y' и Z' показывает направления координат, заданные командой G68.2.

Программа выполняется в системе координат Y' Z'.

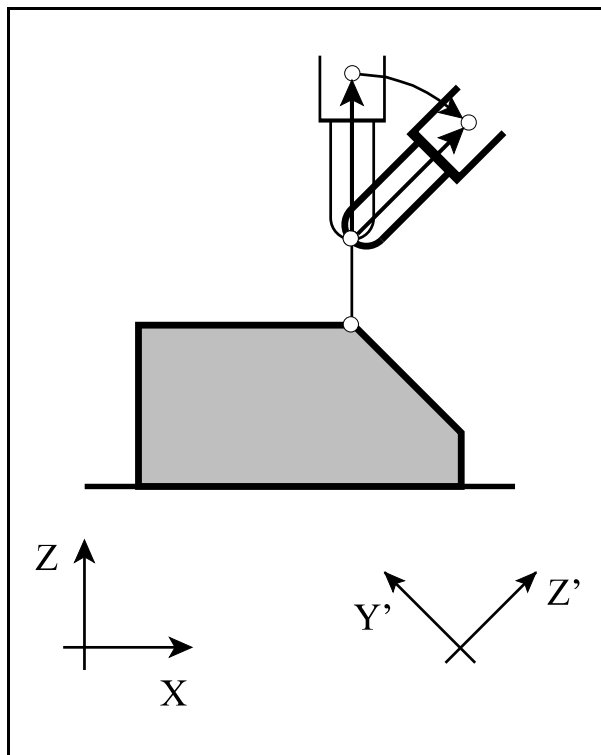


рисунок [25.15-1](#)

Приложенный рисунок показывает перемещение инструмента для станка *BC стол-стол*.

Позиция точки центра инструмента остаётся неизменной по сравнению к заготовке даже во время вращения инструмента, а в то же время поворачивает инструмент в направление, перпендикулярное к заданной поверхности.

X и Z показывает первоначальные направления системы координат заготовки, а в то же время Y' и Z' показывает направления координат, заданные командой G68.2.

После G53.6 программа выполняется в системе координат Y'', Z'', полученной после вращения заготовки.

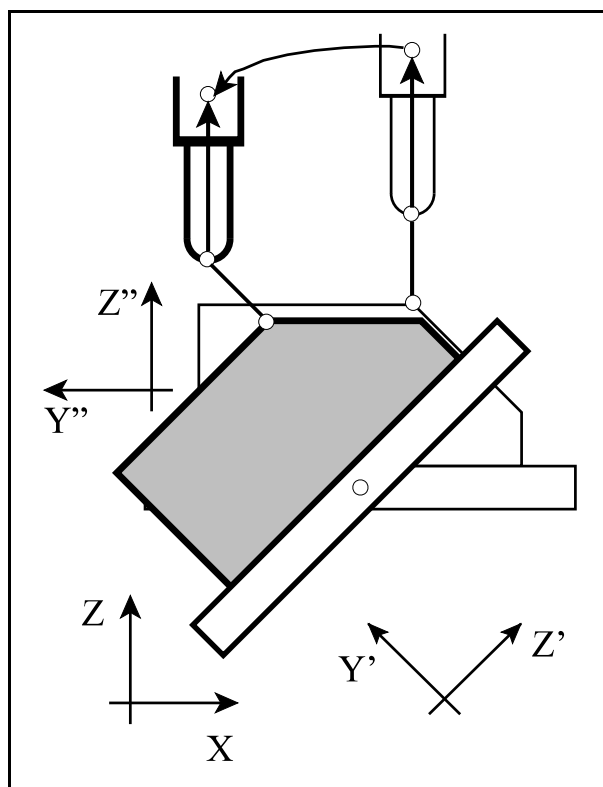


рисунок [25.15-2](#)

Если в G53.6-е задан R (H):

Берём следующий образцовый пример:

```
...  
G0 B0 C0  
G68.2 X0 Y0 Z0 I90 J45 K0  
G53.6 (H1) R100  
...
```

Приложенный рисунок показывает перемещение инструмента для станка **СВ головка-головка**.

В случае задания R держится в неизменной позиции по сравнению заготовки не точка центра инструмента, а её продолжение, заданное по адресу R даже во время вращения инструмента, а в то же время поворачивает инструмент в направление, перпендикулярное к заданной поверхности.

X и Z показывает первоначальные направления системы координат заготовки, а в то же время Y' и Z' показывает направления координат, заданные командой G68.2.

Программа выполняется в системе координат Y' Z'.

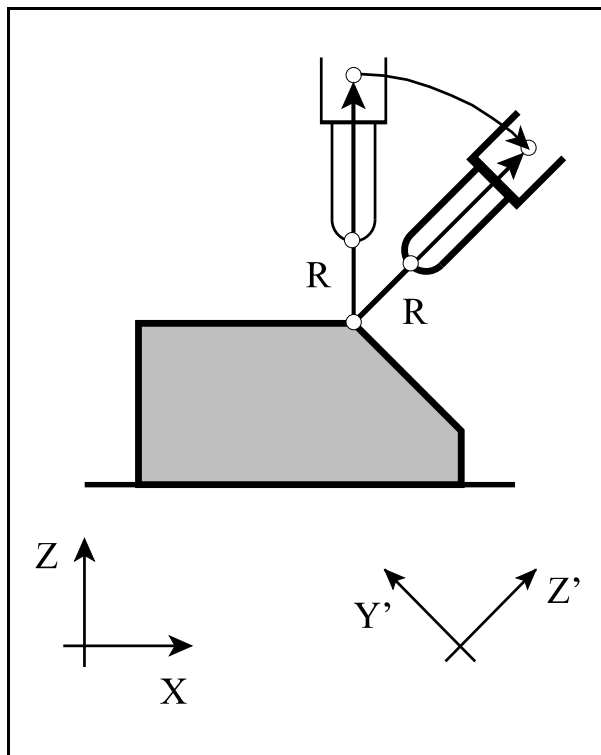


рисунок [25.15-3](#)

Приложенный рисунок показывает перемещение инструмента для станка *BC стол-стол*.

В случае задания R держится в неизменной позиции по сравнению заготовки не точка центра инструмента, а её продолжение, заданное по адресу R даже во время вращения инструмента, а в то же время поворачивает инструмент в направлении, перпендикулярное к заданной поверхности.

X и Z показывает первоначальные направления системы координат заготовки, а в то же время Y' и Z' показывает направления координат, заданные командой G68.2.

После G53.6 программа выполняется в системе координат Y'', Z'', полученной после вращения заготовки.

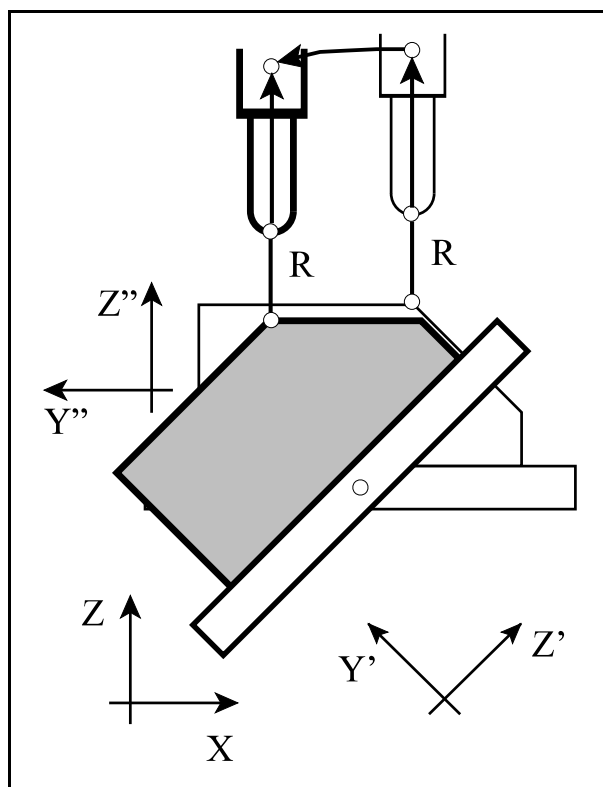


рисунок [25.15](#)-4

Если в G53.6-е задан X Y Z (H):

Берём следующий образцовый пример:

```
...  
G0 B0 C0  
G68.2 X0 Y0 Z0 I90 J45 K0  
G53.6 (H1) X0 Y-100 Z30  
...
```

Приложенный рисунок показывает перемещение инструмента для станка **СВ головка-головка**.

В случае задания X, Y, Z точка центра инструмента перемещается вдоль прямой траектории до целевой позиции, истолкованной в системе координат Y' Z', заданной в G68.2-е, а в то же время инструмент непрерывно наклоняется.

X и Z показывает первоначальные направления системы координат заготовки, а в то же время Y' и Z' показывает направления координат, заданные командой G68.2.

Программа выполняется в системе координат Y' Z'.

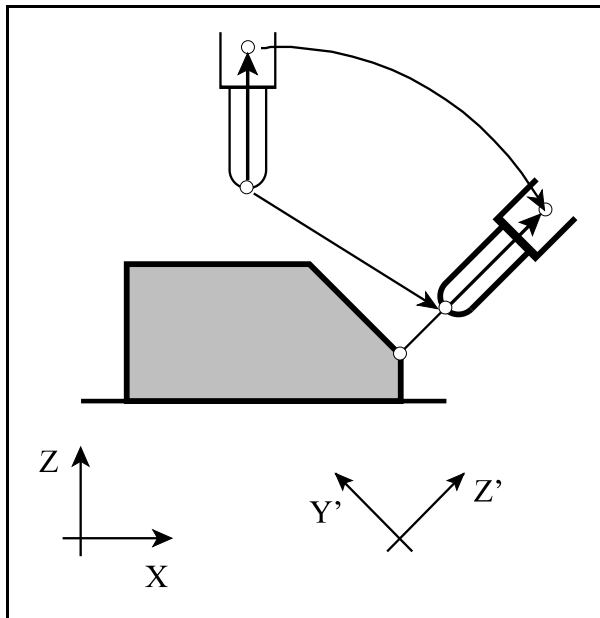


рисунок [25.15-5](#)

Приложенный рисунок показывает перемещение инструмента для станка **ВС стол-стол**.

В случае задания X, Y, Z точка центра инструмента перемещается вдоль прямой траектории по сравнению вращающейся заготовке до целевой позиции, истолкованной в системе координат в системе координат Y' Z', заданной в G68.2-е.

X и Z показывает первоначальные направления системы координат заготовки, а в то же время Y' и Z' показывает направления координат, заданные командой G68.2.

После G53.6 программа выполняется в системе координат Y'', Z'', полученной после вращения заготовки.

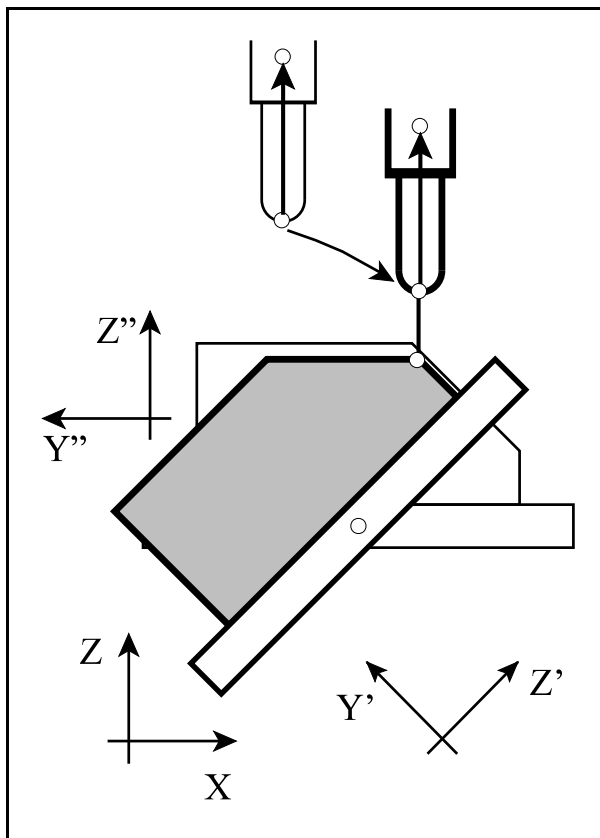


рисунок [25.15-6](#)

25.16 Проведение хвостовика инструмента (G43.4 P1, G43.5 P1)

В случае проведения точки центра инструмента устройство ЧПУ проводит точку центра по запрограммированной траектории таким образом, чтобы точка центра инструмента перемещалась по запрограммированной траектории и входе перемещения вращающихся осей. В этом случае перемещение двух вращающихся осей выполняется независимо от позиции другой оси, итак **направление хвостовика инструмента не контролировано**.

Углы меняются согласно пропорции совершённых ходов:

Если в данном кадре длина совершаемого хода L и перемещение двух вращающихся осей Θ и Ψ , тогда положение вращающихся осей на участке L изменяется пропорционально к совершённым ходам:

$$l = \lambda L$$

$$\theta = \lambda \Theta$$

$$\psi = \lambda \Psi$$

где: l : длина совершённого хода,

θ, ψ : совершённый угловой поворот на 1-ой и 2-ой вращающихся осях,

$\lambda = 0 \dots 1$ пропорция совершённых ходов.

В случае проведения хвостовика инструмента (TPC: Tool Posture Control) устройство ЧПУ перемещает инструмент так, что **во время линейной интерполяции проводит** не только **точку центра инструмента** по прямой траектории, но и удерживает **хвостовик инструмента** в плоскости, определённой позициями вращающейся оси в начальной и конечной точках. Таким образом возможно фрезеровать произвольную пространственную плоскость и цилиндрической стороной инструмента.

Направление инструмента по сравнению к заготовке в начальной точке линейного кадра показывает вектор v_1 , а в конечной точке - вектор v_2 . Если в начальной точке кадра **вектор с направлением v_1** , а в конечной точке **вектор с направлением v_2 лежат в одной плоскости с запрограммированной прямой**, проведением хвостовика инструмента **можно обработать плоскость, определённую векторами с направлением v_1 и v_2 , цилиндрической стороной инструмента**.

При этом устройство ЧПУ непрерывно изменяет угол между двумя векторами, пропорционально совершённому ходу по прямой траектории:

$$l = \lambda L$$

$$\phi = \lambda \Phi$$

где: L : длина прямой

l : длина совершённого хода,

Φ угол между векторами v_1, v_2 ,

$\lambda = 0 \dots 1$ пропорция совершённого хода

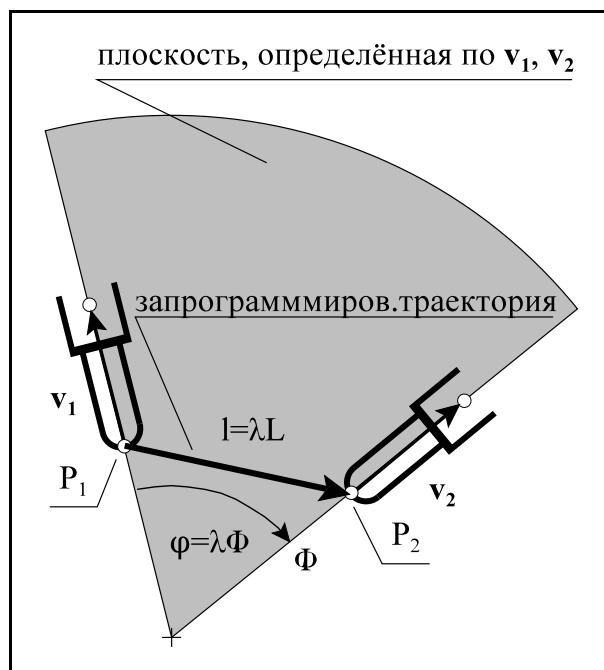


рисунок 25.16-1

Во время круговой интерполяции в начальной точке периода направление инструмента по сравнению к заготовке в начальной точке показывает вектор v_1 , а в конечной точке - вектор v_2 . Если в начальной точке периода **вектор с направлением v_1** , а в конечной точке **вектор с направлением v_2 показывает в вершину конуса**, перпендикулярного к точке центра окружности, проведением хвостовика инструмента **можно обработать образующую конуса цилиндрической стороной инструмента**.

При этом устройство ЧПУ непрерывно изменяет угол между составляющими двух векторов, лежащих в плоскости окружности пропорционально совершённому ходу по прямой траектории

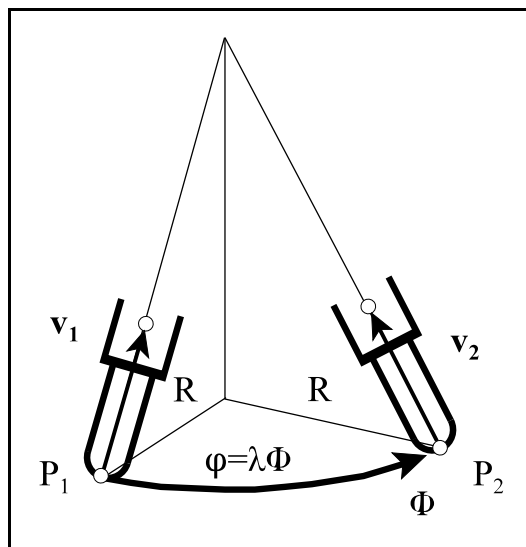


рисунок 25.16-2

Проведение хвостовика инструмента 1-го типа (G43.4 P1)

Команда

G43.4 P1 X Y Z Θ Ψ Н

включает проведение хвостовика инструмента 1-го типа. Команду G43.4 можно выдавать только в состоянии G0, или G1.

P=1: проведение хвостовика инструмента с проведением точки центра инструмента

P=0: только проведение точки центра инструмента

X, Y, Z: конечная позиция кадра линейных шпинделей в случае абсолютного задания данных, далее его смещение при инкрементном программировании.

Θ, Ψ: конечная позиция кадра 1-ой и 2-ой вращающихся осей, участвующих в обработке по 5-осям в случае абсолютного задания данных, далее его смещение при инкрементном программировании.

Н: число коррекций по длине, принимаемых во внимание

В кадре G43.4 устройство ЧПУ загружает коррекцию по длине.

В состоянии G43.4 можно программировать перемещения G0, G1, G2 и G3.

Позиционирование и линейная интерполяция в состоянии G43.4 P1

В кадрах **G0** и **G1**, последующих **после G43.4 P1**:

G0 (G1)

X Y Z Θ Ψ

X Y Z Θ Ψ

...

X Y Z Θ Ψ

устройство ЧПУ обращается контрольной точкой с помощью проведения хвостовика и точки центра инструмента, хоть инструмент, хоть заготовка опрокидывается.

В состоянии круговой интерполяции G43.4 P1

В кадрах **G2** и **G3**, последующих *после G43.4 P1*:

$$G17 \begin{Bmatrix} G2 \\ G3 \end{Bmatrix} X_Y_Z_ \Theta_ \Psi_ \begin{Bmatrix} R_ \\ I_J_ \end{Bmatrix} F_ -$$

$$G18 \begin{Bmatrix} G2 \\ G3 \end{Bmatrix} X_Z_Y_ \Theta_ \Psi_ \begin{Bmatrix} R_ \\ I_K_ \end{Bmatrix} F_ -$$

$$G19 \begin{Bmatrix} G2 \\ G3 \end{Bmatrix} Y_Z_X_ \Theta_ \Psi_ \begin{Bmatrix} R_ \\ J_K_ \end{Bmatrix} F_ -$$

устройство ЧПУ обращается контрольной точкой с помощью проведения хвостовика и точки центра инструмента, хоть инструмент, хоть заготовка опрокидывается.

Проведение хвостовика инструмента 2-го типа (G43.5 P1)

Команда

G43.5 P1 X Y Z I J K H

включает проведение хвостовика инструмента 2-го типа. Команду G43.5 можно выдавать только в состоянии G0, или G1.

P=1: проведение хвостовика с проведением точки центра инструмента

P=0: только проведение точки центра инструмента

X, Y, Z: конечная позиция кадра линейных шпинделей в случае абсолютного задания данных, далее его смещение при инкрементном программировании.

I, J, K: составляющие вектора в направлении X, Y, Z в направлении инструмента в конечной точке кадра по сравнению к заготовке.

H: число учитываемых коррекций по длине

Направление инструмента по сравнению к заготовке определяется не угловой позицией доступных на станке вращающихся осей, как в случае G43.4, а вектором, заданным по адресу I, J, K.

Составляющие вектора, заданные по адресу I, J, K не должны образовать единичный вектор. Для более точного расчёта угла целесообразно задавать составляющие как можно большими цифрами.

В кадре G43.5 устройство ЧПУ загружает коррекцию по длине.

В состоянии G43.5 можно программировать перемещения G0, G1, G2 и G3.

В состоянии G43.5 нельзя ссылаться на адрес 1-й и 2-й вращающихся осей, При ссылке на это выводится сообщение “Ошибка задания G43.5”.

Позиционирование и линейная интерполяция в состоянии G43.5 P1

В кадрах **G0** и **G1**, последующих *после G43.5 P1*:

G0 (G1)

X Y Z I J K

X Y Z I J K

...

X Y Z I J K

устройство обращается контрольной точкой с помощью проведения хвостовика и проведе-

ния точки центра инструмента, опрокидывается хоть инструмент, хоть заготовка.

Круговая интерполяция в состоянии G43.5 P1

В состоянии G43.5 круговую интерполяцию **можно программировать только заданием радиуса окружности**, так как адреса I, J, K служат для установки направления инструмента.

В кадрах **G2** и **G3**, последующих **после G43.5**

$$\begin{aligned} & G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_Y_Z_R_I_J_K_F_ \\ & \theta, \psi \\ & G18 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_Z_Y_R_I_J_K_F_ \\ & G19 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} Y_Z_X_R_I_J_K_F_ \end{aligned}$$

устройство обращается контрольной точкой уже для проведения хвостовика и проведения точки центра инструмента, опрокидывается хоть инструмент, хоть заготовка.

Выходящая пара углов θ, ψ , рассчитываемая из вектора со составляющими I, J, K

Каждое направление вектора можно образовать двумя разными вращениями. В отличие от проведения точки центра инструмента, пара выходящих углов выбирается никогда не по изложенным во главе "Выбор выходящих углов вращения θ, ψ " на странице 404. **Выходящая пара углов выбирается всегда так, чтобы хвостовик инструмента осталась вне желаемой поверхности (плоскости, конуса).**

Координаты программиста, принимаемые во внимание при проведении хвостовика инструмента

Совпадает изложенными при проведении точки центра инструмента, то есть оси следует программировать всегда в системе координат, привязанной к заготовке даже тогда, если заготовка вращается.

Истолкование подачи F при проведении хвостовика инструмента

Совпадает изложенными при проведении точки центра инструмента, то есть запрограммированная подача F всегда равна скорости точки центра инструмента по сравнению к заготовке.

Выключение проведения хвостовика инструмента(G49)

Команда

G49

выключает проведение хвостовика инструмента.

Вместе с кодом G49 можно программировать только позиционирование (G0), или линейную интерполяцию (G1):

G49 G0 (G1) X Y Z Θ Ψ

Внимание!

Если **прямые, наложенные на направления инструмента, заданные начальной и конечной точками кадра прямой, не лежат в одной плоскости с запрограммированной прямой**, даже в этом случае **непрерывно меняется угол между векторами начальной и конечной точками**, однако хвостовик инструмента **будет обработать не плоскость**.

Если **направление инструмента показывает в начальной и конечной точках кадра не в точку вершины конуса** (в данную точку, лежащей на прямой, перпендикулярной к точке центра окружности), хвостовик инструмента **будет обработать не конус**.

Ошибка задания данных в случае проведения хвостовика инструмента

В случае проведения хвостовика инструмента 1-го типа, когда направление инструмента в конце кадра задаётся угловой позицией вращающихся осей, устройством ЧПУ выводится сообщение об ошибке, если заданными данными не возможно проведение хвостовика инструмента.

Предположим, что наш станок является станком типа головка-головка, на котором 1-я вращающаяся ось С вращается вокруг оси Z, а 2-я вращающаяся ось В - вокруг оси Y. На этом станке желаем фрезеровать в плоскости XY цилиндрической стороной инструмента. Программу напишем функцией G43.4 P1.

Пусть будет угловая позиция инструмента в начале кадра N60 параллельная оси X и позиции вращающихся осей:

B90, C0,

что видно на приложенном рисунке. Пусть будет инструмент в конечной точке интерполяции параллельно оси Y. Эту позицию можно достигать двумя различными вращениями:

1-й случай: B90, C90

2-й случай: B-90, C-90

Поскольку во 2-ом случае для оси В получится поворот на 180 градусов и в следствие этого хвостовик инструмента выходит из плоскости XY, устройство ЧПУ выводит сообщение об ошибке:

“2192 Недопустимый угол наклона в ТРС: -90”.

Приведенные фрагменты программы показывают правильный и ошибочный случай задания:

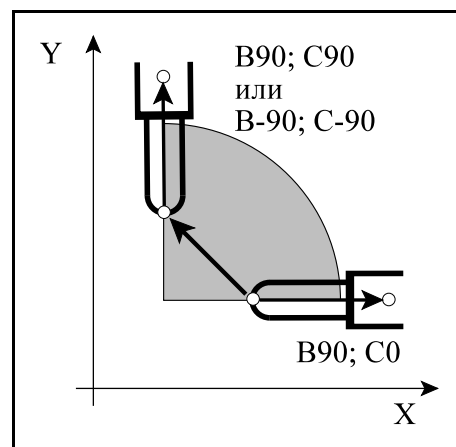


рисунок 25.16-3

Правильное задание:

```
...
G43.4 P1 H1 ...
...
N50 X_ Y_ Z_ B90 C0
N60 X_ Y_ B90 C90
...
```

Ошибочное задание:

```
...
G43.4 P1 H1 ...
...
N50 X_ Y_ Z_ B90 C0
N60 X_ Y_ B-90 C-90
...
```

В случае проведения хвостовика инструмента 2-го типа, если действующее направление инструмента в начале кадра, далее направление инструмента, заданное для конца кадра сильно отличаются, также выводится сообщение об ошибке:

```

...
G43.5 P1 H1 ..
...
G1 X100 Y100 I-20 J-20 K40
Y-100 I20 J20 K-40 (ОШИБКА!!!)
...

```

Образцовый пример для фрезерования плоскости проведением хвостовика инструмента

Следующая программа служит для обхода боковых поверхностей усеченной пирамиды проведением хвостовика инструмента. Резание выполняется цилиндрической стороной инструмента.

Истолкование, запрограммированное в кадре N40

```
I20 J-20 K40
```

видно на приложенном рисунке. Указаны также движения инструмента в кадре N70.

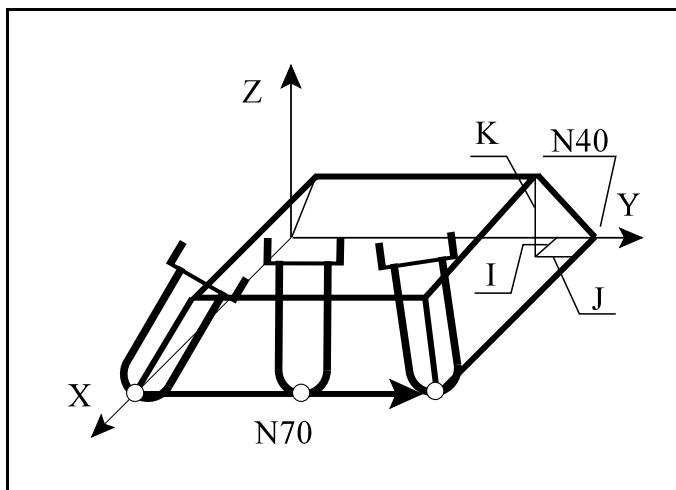


рисунок 25.16-4

```

N10 G54 G0 X150 Y150 Z100
N20 G43.5 P1 H1 Z0 I-20 J-20 K40 M3 S1000
N30 G1 X100 Y100 F1000
N40 X0 I20 J-20 K40
N50 Y0 I20 J20 K40
N60 X100 I-20 J20 K40
N70 Y100 I-20 J-20 K40
N80 G0 X150 Y150
N90 G49 Z100
...

```

Образцовый пример для фрезерования конуса проведением хвостовика инструмента

Следующая программа служит для фрезерования сегмента под углом 90 градусов усеченного конуса проведением хвостовика инструмента. Резание выполняется цилиндрической стороной инструмента.

Истолкование, запрограммированное в кадре N50

```
I0 J-20 K40
```

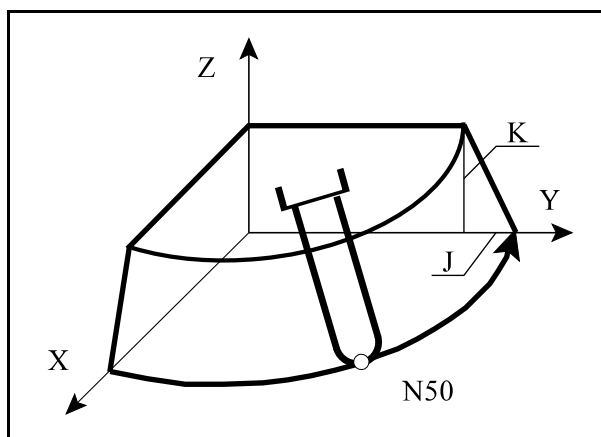


рисунок 25.16-5

видно на приложенном рисунке. Указаны также движения инструмента в кадре N50.

```

N10 G17 G54 G49 X-50 Y-50 Z100
N20 G43.5 P1 H1 X0 Y0 I0 J0 K40 S1000 M3
N30 G1 Z0
N40 X100 I-20 J0 K40
N50 G3 X0 Y100 R100 I0 J-20 K40
N60 G1 Y0 I0 J0 K40
N70 G0 X-50 Y-50
N80 G49 Z100
...

```

25.17 Проведение точки точения (G43.8, G43.9)

В случае проведения точки точения (CPC: Cutting Point Control) устройство ЧПУ с проведением точки центра инструмента, или хвостовиком инструмента перемещает инструмент так, чтобы учитывается не только длина инструмента, но и форму инструмента, то есть и радиус инструмента (R) искругление углов (r). При этом в конечной точке кадра необходимо задавать направление инструмента (на рисунке вектор v_1) и нормаль (направление, перпендикулярное к поверхности) поверхности, относящуюся к точке точения (на рисунке вектор v_2). После этого устройство ЧПУ автоматически рассчитывает из данных длины, радиуса и скругления, далее из двух направлений (v_1 , v_2), как можно достичь точку точения, то есть запрограммированную точку.

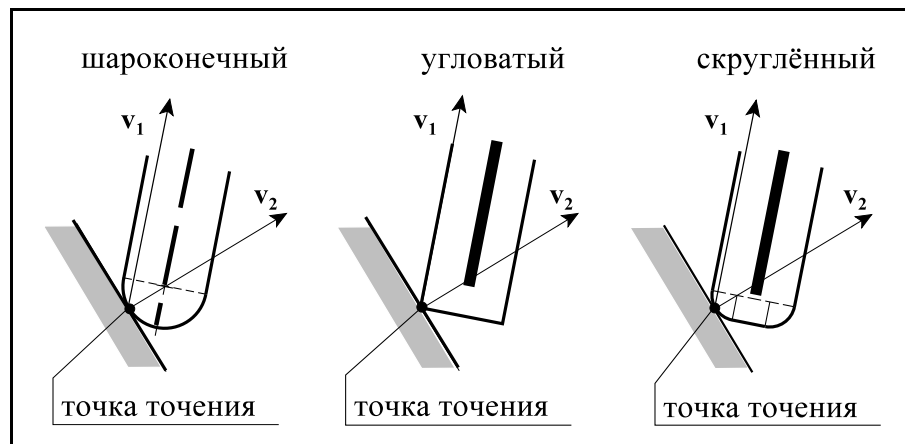


рисунок 25.17-1

В таблице коррекции инструмента имеется два новых столбца: “r геометрический” и “r износа”, где можно задавать скругление инструмента. На скругление инструмента можно ссылаться по адресу D, которое вызывает заодно и радиус инструмента R и скругление инструмента r.

	Коррекция по длине L: код H		Коррекция радиуса R и скругления r: код D				Пози- ция ин- стру- мента: Q
Число коррек- ции	L геометри- ческая	L износа	R геомет- ричес- кий	R износа	r геомет- ричес- кий	r износа	
1	350.000	-0.130	5.000	-0.012	5.000	-0.010	0
2	830.000	-0.102	10.000	-0.008	6.000	-0.006	0
3	400.000	.	30.000	-0.160	0.000	0.000	0
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

На приложенном рисунке видно истолкование указанных выше коррекций.

В том случае, если

$r=0$: конец инструмента угловатый, и его радиус R.

Если

$r < R$: инструмент скруглён радиусом r, и его радиус R.

Если

$r=R$: инструмент с радиусом R, шаро-
конечная пальцевая фреза.

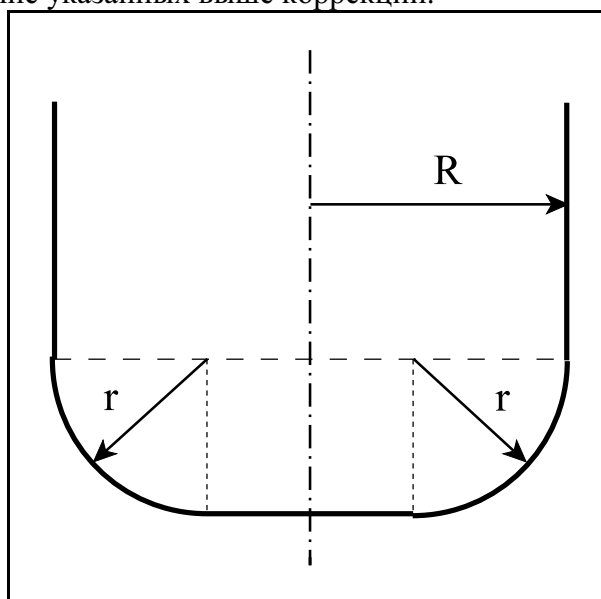


рисунок 25.17-2

Проведение точки точения 1-го типа (G43.8)

Команда

G43.8 (P1) X Y Z Θ Ψ H D , L2 I J K

включает проведение точки точения 1-го типа, далее *вызывает коррекцию по длине, коррекцию радиуса*, а также значение *радиуса скругления* инструмента. Команду G43.8 можно выдавать только в состоянии G0, или G1.

Если

$P=0$, или адрес P не заполнен: *проведение точки точения с проведением точки центра инструмента*,

$P=1$: *проведение точки точения с проведением хвостовика инструмента*

X, Y, Z: позиция конца кадра линейных шпинделей в случае абсолютного задания данных, далее сдвиг при инкрементном программировании.

- Θ, Ψ: углы, определяющие направление инструмента (v_1), позиция конца кадра 1-й и 2-й вращающихся осей, участвующих в обработке по 5-осям в случае абсолютного задания данных, далее сдвиг при инкрементном программировании.
- H: число учитываемых коррекций по длине
- D: число учитываемых коррекций радиуса и заодно радиус скругления инструмента
- I, J, K *после адреса ,L2*:

направление (v_2), перпендикулярное к поверхности в конечной точке кадра по отношению системы координат, фиксированной к столу.

Составляющие векторов, заданных по адресу I, J, K не должны образовать единичный вектор. Для более точного расчёта углов, целесообразно задавать составляющие как можно большим числом цифр.

В состоянии G43.8 можно программировать перемещения G0, G1, G2 и G3.

Позиционирование и линейная интерполяция в состоянии G43.8

В кадрах **G0** и **G1**, следующих *после G43.8*:

G0 (G1)
 X Y Z Θ Ψ ,L2 I J K
 X Y Z Θ Ψ ,L2 I J K
 ...
 X Y Z Θ Ψ ,L2 I J K

устройство ЧПУ обращается запрограммированной точкой уже с проведением точки точения, учитывая длину, радиус инструмента, и радиус скругления, опрокидывается хоть инструмент, хоть заготовка.

В состоянии круговой интерполяции G43.8

В кадрах **G2** и **G3**, следующих *после G43.8*:

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_Y_Z_ \Theta_ \Psi_ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ I_ J_ \end{matrix} \right\}, L2_I_J_K_F_$$

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_Z_Y_ \Theta_ \Psi_ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ I_ K_ \end{matrix} \right\}, L2_I_J_K_F_$$

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} Y_Z_X_ \Theta_ \Psi_ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ J_ K_ \end{matrix} \right\}, L2_I_J_K_F_$$

устройство ЧПУ обращается запрограммированной точкой уже с проведением точки точения, опрокидывается хоть инструмент, хоть заготовка.

Проведение точки точения 2-го типа (G43.9)

Команда

G43.9 (P1) X Y Z I J K H D ,L2 I J K

включает проведение точки точения 2-го типа, далее **вызывает коррекцию по длине, коррекцию радиуса**, а также значение **радиуса скругления** инструмента. Команду G43.9 можно выдавать только в состоянии G0, или G1.

Если адрес

P=0, или P не заполнен: **проведение точки точения с проведением точки центра инструмента**,

P=1: **проведение точки точения с проведением хвостовика инструмента**.

X, Y, Z: в случае абсолютного задания данных позиции конца кадров линейных шпинделей, далее их смещений при инкрементном программировании.

I, J, K: составляющие вектора (v_1) по направлению инструмента по направлениям X, Y, Z в конечной точке кадра по сравнению к заготовке.

H: число учитываемых коррекций по длине

D: число учитываемых коррекций радиуса и заодно радиус скругления инструмента

I, J, K, **после адреса L2:**

перпендикулярное к поверхности направления (v_2) в конечной точке кадра, смотря со стороны системы координат, фиксированной к столу.

Составляющие векторов, заданных по адресу I, J, K не обязательно образуют единичный вектор. Для более точного расчёта углов целесообразно задавать составляющие как можно большим числом цифер.

В состоянии G43.9 можно программировать движения G0, G1, G2 и G3.

В состоянии G43.9 нельзя ссылаться по адресу 1-й и 2-й вращающихся осей, ссылка по этому приводит к сообщению об ошибке “Ошибка задания G43.9”.

Позиционирование и линейная интерполяция в состоянии G43.9

В кадрах **G0** и **G1**, **последующих после G43.9:**

G0 (G1)

X Y Z I J K ,L2 I J K

X Y Z I J K ,L2 I J K

...

X Y Z I J K ,L2 I J K

устройство ЧПУ обращается запрограммированной точкой уже с проведением точки точения, учитывая длину, радиус и радиус скругления инструмента, опрокидывается хоть инструмент, хоть заготовка.

Круговая интерполяция в состоянии G43.9

В состоянии G43.9 круговую интерполяцию **можно программировать только заданием радиуса окружности**, так как адреса I, J, K служат для установки направления инструмента, далее для установки нормального направления поверхности.

В кадрах **G2** и **G3**, **последующих после G43.9:**

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G2 \\ G3 \end{matrix} \right\} X_Y_Z_I_J_K_R_ ,L2_I_J_K_F_$$

$$G18 \begin{Bmatrix} G2 \\ G3 \end{Bmatrix} X_Z_Y_I_J_K_R_ , L2_I_J_K_F_$$

$$G19 \begin{Bmatrix} G2 \\ G3 \end{Bmatrix} Y_Z_X_I_J_K_R_ , L2_I_J_K_F_$$

устройство ЧПУ обращается запрограммированной точкой уже с проведением точки точения, опрокидывается хоть инструмент, хоть заготовка.

Выходная пара углов θ , ψ , рассчитанных из вектора со составляющими I, J, K

В случае G43.9 P0 действуют изложенные при проведении точки центра инструмента (G43.5), а в случае G43.9 P1 действуют правила, заданные при проведении хвостовика инструмента (G43.5 P1).

Координаты программиста, учитываемых при проведении точки точения

Совпадает изложенными при проведении точки центра инструмента, то есть оси должны быть запрограммированы в системе координат, привязанной к заготовке, даже тогда, если вращается заготовка.

Истолкование подачи F в случае проведения хвостовика инструмента

Совпадает изложенными при проведении точки центра инструмента, то есть запрограммированная подача F всегда равняется скорости точки центра инструмента относительно к заготовке.

Ошибка задания данных при проведении точки точения, заданном проведением хвостовика инструмента

В случае программирования G43.8 P1 и G43.9 P1, если кадр нельзя выполнить направлениями инструмента начала и конца кадра, выводится сообщение об ошибке

“2192 Не разрешённый угол наклона в TRC: xx”.

Смотри проведение хвостовика инструмента.

Если угол между направлением инструмента и направлением перпендикуляра к поверхности больше, чем 90°

Угол между направлением запрограммированного инструмента (на рисунке вектор v_1) и нормалей, принадлежащей к точке точения (направление, перпендикулярное к поверхности) может быть и угол, больше 90 градусов. Это предполагает форму инструмента и отгибающуюся поверхность, как это видно на рисунке.

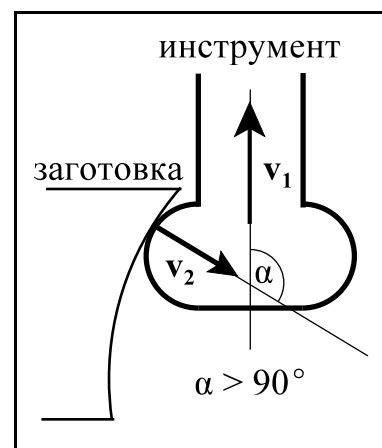


рисунок 25.17-3

Выключение проведения точки точения (G49)

Команда

G49

выключает проведение точки точения.

Вместе с кодом G49 можно программировать только позиционирование (G0), или линейную интерполяцию (G1):

G49 G0 (G1) X Y Z Θ Ψ

Образцовый пример для проведения точки точения

Приложенный образцовый пример под действием команды G43.9 обходит заготовку с проведением точки точения и хвостовика инструмента.

Движение запускается в направление X обработкой (N40) и боковую поверхность пирамиды.

Направление начальной точки инструмента (v_1) задаётся в кадре N20 данными I20 J20 K40, а направление, перпендикулярное к боку пирамиды (v_2), составляющие вектора L2 I0 J-40 K20.

В конце кадра N40 направление инструмента (v_1) I-20 J20 K40, направление, перпендикулярное к поверхности (v_2) - неизменное.

В кадре N60 должны перемещать инструмент по образующей конуса. Для этого в кадре N50 направление инструмента (v_1) устанавливается в направление образующей конуса I-20 J0 K40, а направление, перпендикулярное к образующей (v_2) устанавливается с рядом данных L2 I40 J0 K20.

В конечной точке кадра N60 образующая конуса, то есть инструмент имеет направление (v_1) I0 J-20 K40, а направление, перпендикулярное к поверхности (v_2), L2 I0 J40 K20.

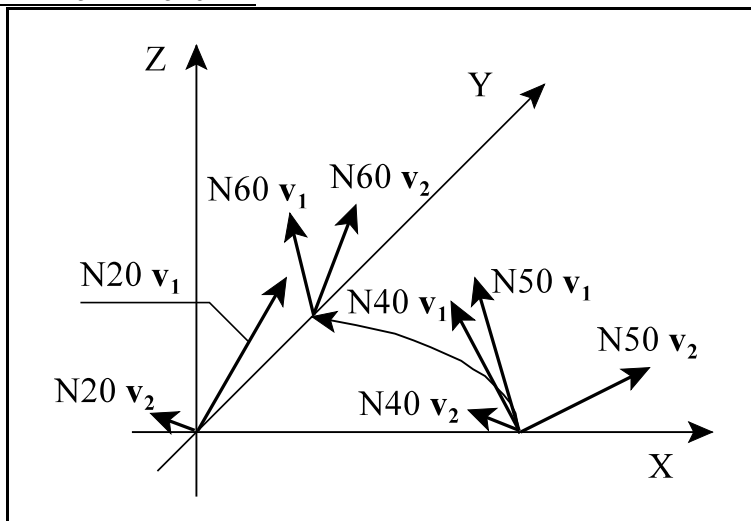


рисунок 25.17-4

```

...
N10 G17 G54 G49 G0 X-50 Y-50 Z100 S1000 M3
N20 G43.9 P1 H1 D1 X0 Y0 I20 J20 K40 ,L2 I0 J-40 K20
N30 G1 Z0 F1500
N40 X100 I-20 J20 K40
N50 I-20 J0 K40 ,L2 I40 J0 K20
N60 G3 X0 Y100 R100 I0 J-20 K40 ,L2 I0 J40 K20
N70 I20 J-20 K40 ,L2 I-40 J0 K20
N80 G1 Y0 I20 J20 K40
N90 G0 X-50 Y-50 I0 J0 K40
N100 G49 Z100
...

```

25.18 Гладкая интерполяция в случае проведения точки центра инструмента

При обработки 5D, можно включить гладкую интерполяцию и в ходе проведения точки центра инструмента (G43.4, G43.5). В таких случаях надо применить всегда тонкое сглаживание (G5.1 Q3).

В ходе гладкого сглаживания траектории, заданной на координатах X, Y, Z, надо обращаться согласно изложенным при тонком сглаживании. Смотри главу “4.7.1 Тонкое сглаживание (G5.1 Q3)” на странице 58.

В таком случае помимо координат X, Y, Z надо сглаживать перемещение и первой и второй вращающейся оси, чтобы перемещение вращающихся осей была более равномерным, а также для уменьшения времени обработки.

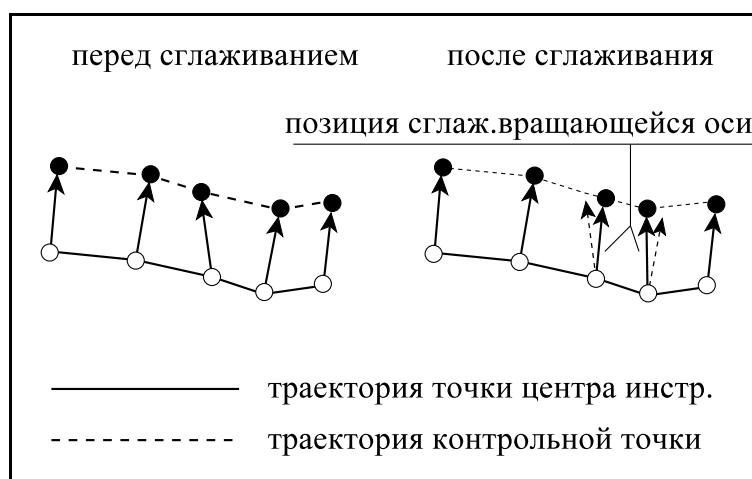


рисунок 25.18-1

Изменением позиций вращающихся осей изменяется только позиция контрольных точек, траектория точки центра инструмента остаётся неизменной, как это показывает и рисунок выше. Позиция вращающихся осей может измениться только в пределах области, определённой параметром.

Команда

G5.1 Q3 X0 Y0 Z0 Θ0 Ψ0 сглаживание по 5D вкл.

включает сглаживание по 5D, где

Θ: имя первой вращающейся оси

Ψ: имя второй вращающейся оси

команда заодно включает и многократную предварительную обработку кадров и режим высокоскоростной высокоточной обработки (BCBT).

Команда

G5.1 Q0 сглаживание по 5D и NSNP выключено

команда заодно выключает сглаживание по 5D и режим высокоскоростной высокоточной обработки.

Команда

G5.1 Q1 сглаживание по 5D выкл.

команда выключает сглаживание по 5D, но оставляет включенным режим высокоскоростной высокоточной обработки.

Устройство ЧПУ после включения, конца программы, или после reset всегда **выключает**

сглаживание по 5D.

Во включенном состоянии сглаживания по 5D выключить, или включить коррекцию по длине запрещено. В противном случае устройство ЧПУ выводит сообщение “2188 G<код> не разрешается при тонком сглаживании”.

Правильное

```

...
G43.4 X Y Z B C
G5.1 Q3 X0 Y0 Z0 B0 C0 (сгла-
живание по 5D вкл.)
G1 X Y Z B C
....
....
G5.1 Q0 (сглаживание по 5D
выкл.)
G49
...

```

Ошибочное

```

...
G5.1 Q3 X0 Y0 Z0 B0 C0 (сгла-
живание по 5D вкл.)
G43.4 X Y Z B C
G1 X Y Z B C
....
....
G49
G5.1 Q0 (сглаживание по 5D
выкл.)
...

```

Во время сглаживания по 5D в режиме по кадрам остановится всегда в корригированной точке, и не в запрограммированной.

Параметры

N3100 Max. Distance of a Block

N3101 Min. Distance of a Block

N3102 Angle Cancelling Smooth

N3103 Accuracy

N3106 Tolerance of Smooth2

N3107 Dist. Cancelling of Angular Calc. in Smooth2

согласно описанным при тонком сглаживании (G5.1 Q3) **действительны и для сглаживания по 5D**. Смотри главу “4.7.1 Тонкое сглаживание (G5.1 Q3)” на странице 58..

В случае сглаживания по 5D устройство ЧПУ использует ещё и следующие параметры:

N3108 Tolerance of Rot. Ax. in Smooth2

Это параметр, ограничивающий в случае сглаживания по 5D изменение запрограммированных позиций вращающихся осей, то есть это максимальное отклонение сглаженной позиции от запрограммированной позиции. Его можно задавать в градусах для обеих вращающихся осей, участвующих в обработке по 5D.

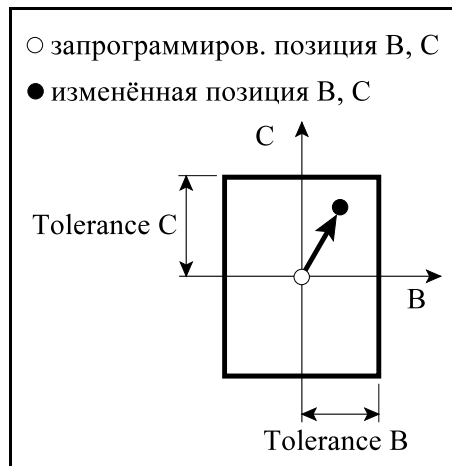


рисунок 25.18-2

25.19 Информации о позиции макроязыка в случае обработки по 5D

Информации о позиции

Следующими информацией о позиции можно пользоваться и в случае обработки по 5D:

Мгновенная позиция осей в системе координат заготовки:

#5041...#5060, #100101...#100150, #_ABSOT[n]

Позиция на ощупь осей в системе координат заготовки:

#5061...#5080, #100151...#100200, #_ABSKP[n]

Если какое-нибудь из вращений по 3D (G68.1, G68.2) включено, установкой параметров можно влиять на истолкование мгновенных позиций, вычитаемых из перечисленных выше макропеременных и позиций на ощупь.

Если бит **#5 PCS параметра N1755 Macro Contr**

=0: информации перечитываются в системе координат заготовки,

=1: информации перечитываются в системе координат программиста после их обратного вращения. При этом и коррекция по длине принимается во внимание после их обратного вращения, если TLC=0.

Помимо этого, установкой параметров можно влиять на то, что перечисленные выше информации о позиции содержат ли коррекцию по длине, или нет.

Если бит **#6 TLC параметра N1755 Macro Contr**

=0: информации о позиции содержат коррекцию по длине (это есть основным случаем прочтения информации о позиции),

=1: из информации о позиции вычитаются компоненты коррекции по длине.

Номер	Информация о позиции			
	PCS=0 TLC=0	PCS=1 TLC=0	PCS=0 TLC=1	PCS=1 TLC=1
#5041...#5060 #5061...#5080	координаты заготовки, с коррекцией по длине	координаты программиста, с коррекцией по длине	координаты заготовки, без коррекции по длине	координаты программиста, без коррекции по длине
#100101...#100050 #100151...#100200				
#_ABSOT[n] #_ABSKP[n]				

Прочтение информации о позиции, принимая во внимание коррекций по длине:

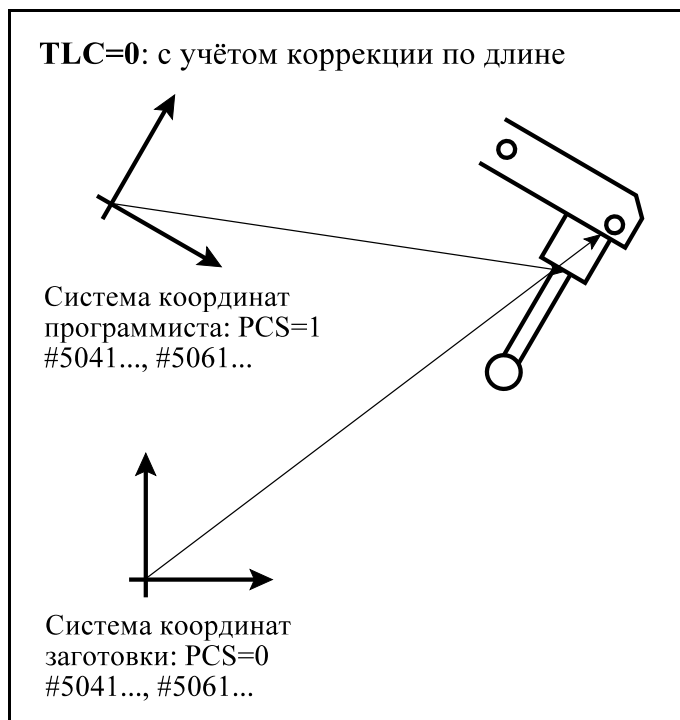


рисунок [25.19-1](#)

Прочтение информации о позиции, не принимая во внимание коррекций по длине:

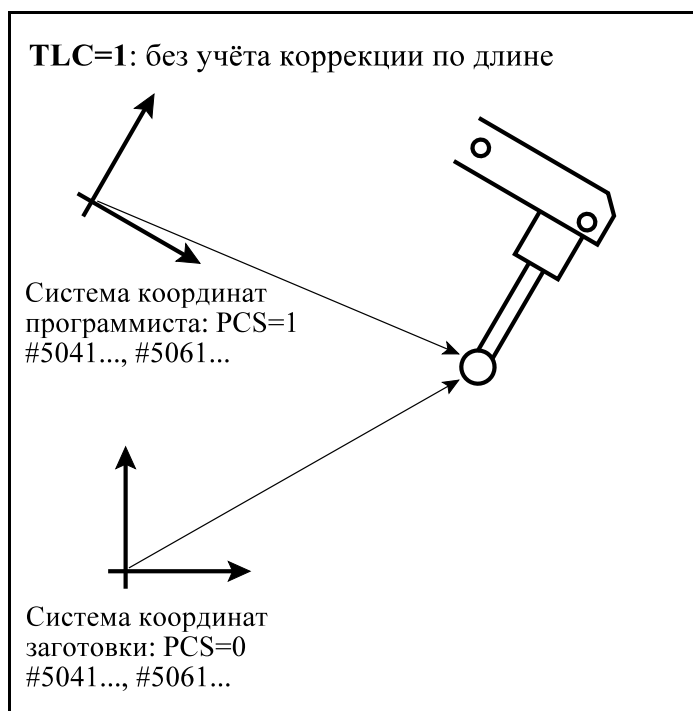


рисунок [25.19-2](#)

Новые позиции на ощупь

Были введены две новые позиции на ощупь:

#151001...#151050, которые возвращают или позиции системы координат заготовки, или позиции системы координат программиста, и с точки зрения параметра PCS ведут себя противоположно переменным #5061...#5080, #100151...#100200. Параметр TLC оказывает одинаковое влияние на обоих.

#151101...#151150, которые возвращают позиции всегда в станочную систему координат, но принимая во внимание параметр TLC, то есть содержат коррекцию по длине, или нет.

Номер	Возвращённая позиция на ощупь			
	PCS=0 TLC=0	PCS=1 TLC=0	PCS=0 TLC=1	PCS=1 TLC=1
#5061...#5080	координаты заготовки с коррекцией по длине	координаты программиста с коррекцией по длине	координаты заготовки без коррекции по длине	координаты программиста без коррекции по длине
#100151...#100200				
#151001...#151050	координаты программиста с коррекцией по длине	координаты заготовки с коррекцией по длине	координаты программиста без коррекции по длине	координаты заготовки без коррекции по длине
#151101...#151150	Стан. коорд., с корр. по длине		Стан. коорд., без корр. по длине	

Позиции на ощупь, принимая во внимание коррекции по длине:

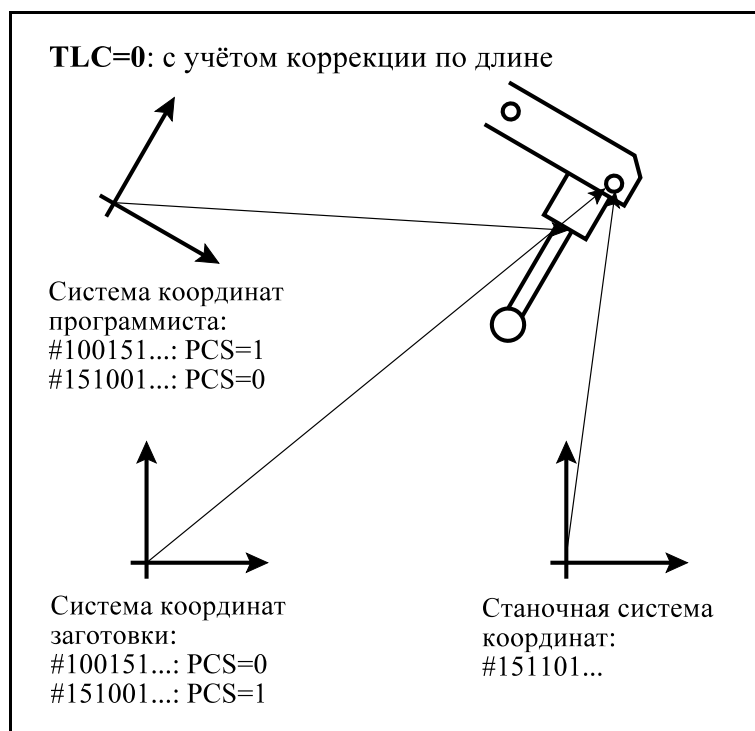


рисунок [25.19-3](#)

Позиции на ощупь, не принимая во внимание коррекции по длине:

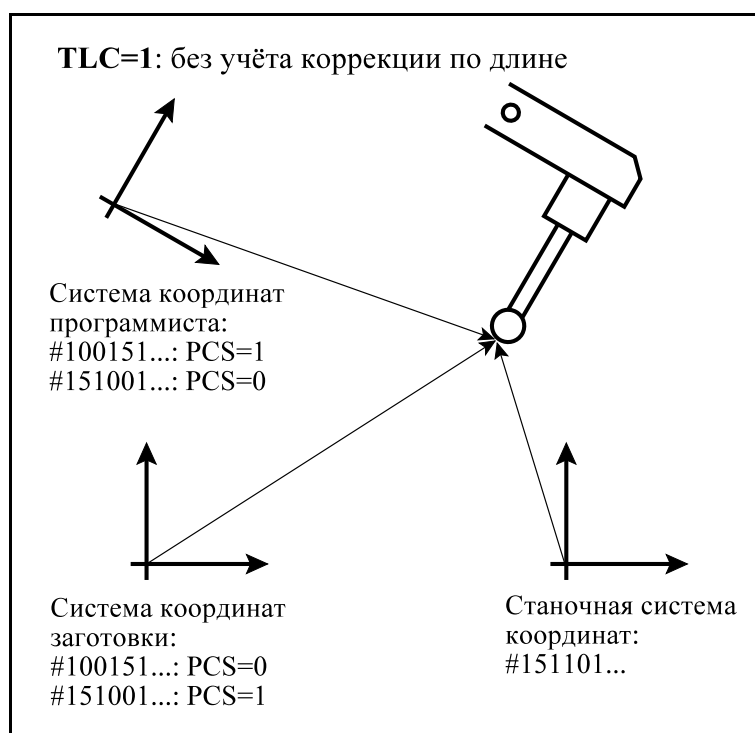


рисунок [25.19-4](#)

25.20 Компенсация углового положения заготовки на пятиосевых станках

Разрешение основного поворота на пятиосевых станках для вращающихся осей

На пятиосевых станках, поскольку оба вращающиеся осей непрерывно перемещаемы, для вращающихся осей можно принимать во внимание основной поворот.

Для вращающихся осей с диском Hirth, когда вращающиеся оси могут перемещаться только в дискретную позицию, нельзя учесть основной поворот на вращающиеся оси.

Истолкование #4 **BSE** на параметре N3212 5D Control следующее:

Если значение параметра:

=0: для вращающихся осей не принимаем во внимание основной поворот

=1: для вращающихся осей принимаем во внимание основной поворот.

*Если значение бита параметра **BSE** равно 0, основной поворот и для пятиосевых станков работает согласно изложенных для трёхосевых станков.*

*Если значение параметра **BSE** равно=1, основной поворот и для двух вращающихся осей действует в функциях с 5D.*

В том случае, если основной поворот совершается вокруг оси инструмента (на рисунке ниже вокруг оси Z):

- Операции, выполненные на боку заготовки, например направление отверстия будет перпендикулярно к боковой плоскости заготовки,

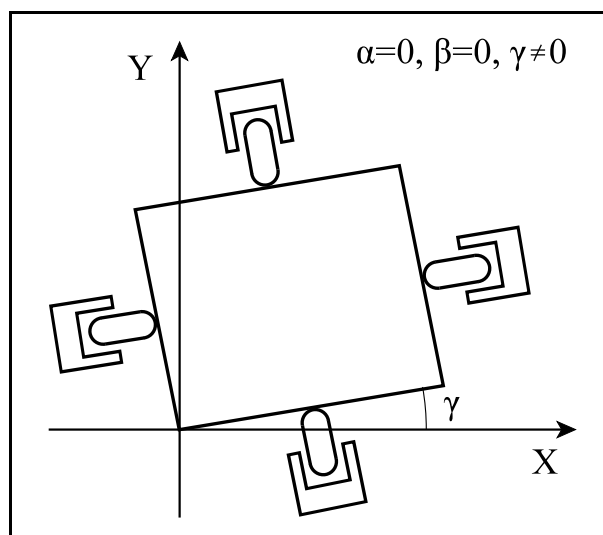


рисунок 25.20-1

В том случае, если основной поворот совершается вокруг оси, перпендикулярной к инструменту (на рисунке ниже вокруг оси Y):

- Позиция конечной точки инструмента и направление инструмента правильное, то есть оно будет перпендикулярно к верхней плоскости заготовки,
- При фрезеровании одной стороны инструмент фрезерует сторону, перпендикулярную к верхней плоскости инструмента.

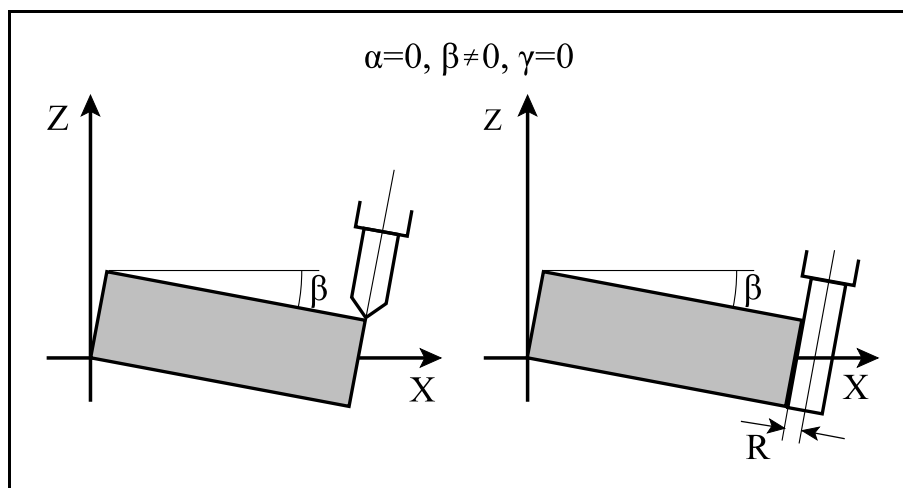


рисунок 25.20-2

При положении параметра BSE=1 на пятиосевых станках в компенсации углового положения заготовки следующие шпинделя участвуют :

X, Y, Z: 3 шпинделя,

Θ, Ψ: вращающиеся оси 1 и 2 (если имеются), участвующие в перемещениях с 5 осью,

α, β, γ: углы основного поворота, α в плоскости G19, β в плоскости G18, γ в плоскости G17.

	X	Y	Z	Θ	Ψ	G17(γ)	G18(β)	G19(α)
G54								
...								
G54.1 P								
...								
G54.2 P								
...								

Трансформации основного поворота, используемые для продольных осей, совпадают изложенными во главе “[10.2.3 Компенсация углового положения заготовки](#)” на странице [98](#).

Компенсации основного поворота **принимается во внимание всегда в актуальной системе координат заготовки, в случае команд перемещения.**

Никогда не относится к командам перемещения на станочные позиции (G53, G28, G30).

В случае ручного перемещения принимается во внимание включатель “По основному

поороту” (указатель CP_WMCAXF PLC), то есть применяется поворот вокруг всех трёх шпинделей.

Замечание: *На вращающихся осях смещения нулевых точек принимаются во внимание управлением всегда линейно в функциях 3D, то есть станочная позиция – это смещение нулевой точки, однако смещением нулевой точки в функциях 5D через трансформации обращается.*

Применение компенсации заготовки на 5-осевом станке непрерывного режима
головка-головка

На станках головка-головка в функция 5D на 1-й и 2-й вращающихся осях смещение нулевой точки (Θ_0 , Ψ_0) управлением не принимается во внимание.

Корректировку позиции заготовки необходимо выполнять всегда основным поворотом, то есть заданием α , β , γ , поскольку это принимается во внимание подготовителем кадра в ходе запрограммированных перемещениях X, Y, Z, Θ , Ψ .

Запрограммированные углы вращающихся осей может изменить только основной поворот.

На вращающихся осях основной поворот включают на станках головка-головка следующие функции:

G43.1: коррекция по длине в направлении оси инструмента

G43.4, G43.5: проведение точки центра инструмента

G43.4 P, G43.5 P1: проведение стержня инструмента

G43.8, G43.9: проведение точки точения

G53.1, G53.6: установка вращающихся осей в направление инструмента **после G68.2**

 **Внимание!**

После задания G43.1, G43.4, G43.8 на обеих вращающихся осях необходимо выполнить абсолютную индексацию, чтобы основной поворот действовал!

После задания G43.5 и G43.9 всегда надо задавать направление инструмента по адресу I, J, K.

ПРАВИЛЬНО

G54 X100 Y20 Z600
G43.1 H1 A30 C60
X50 Y-20 Z10

или

G54 X100 Y20 Z600
G43.1 H1
A30 C60
X50 Y-20 Z10

НЕПРАВИЛЬНО

G54 X100 Y20 Z600 A30 C60
G43.1 H1
X50 Y-20 Z10

или

G54 X100 Y20 Z600
A30 C60
G43.1 H1
X50 Y-20 Z10

Применение компенсации заготовки на 5-осевом станке непрерывного режима
СТОЛ-СТОЛ

На станках стол-стол функция 5D на 1-й и 2-й вращающихся осях смещение нулевой точки управлением принимается во внимание

☞ **Внимание** Если на вращающихся осях применяется смещение нулевой точки и основной поворот, для данной заготовки, сперва необходимо всегда выполнить замер, смещение нулевой точки вращающихся осей и после этого в позиции 0 градусов нулевой точки заготовки вращающихся осей надо задавать углы основного поворота.

Помимо этого, подготовителем кадра входе запрограммированных перемещений X, Y, Z, Θ, Ψ принимается во внимание и установленные углы основного поворота.

Первым шагом запрограммированные углы вращающихся осей меняется основной поворот, затем- смещение нулевой точки.

На вращающихся осях на станках стол-стол основной поворот включается следующей функцией:

G43.4, G43.5: проведение точки центра инструмента

G43.4 P, G43.5 P1: проведение стержня инструмента

G43.8, G43.9: проведение точки точения

G53.1, G53.6: установка вращающихся осей в направление инструмента **после G68.2**

G54.2: динамическое обращение нулевой точкой поворотных столов

☞ **Внимание!**

После задания G43.4, G43.8 на обеих вращающихся осях необходимо выполнить абсолютную индексацию, чтобы основной поворот действовал!

После задания G43.5 и G43.9 всегда надо задавать направление инструмента по адресу I, J, K.

После задания G54.2 на обеих вращающихся осях необходимо выполнить абсолютную индексацию, чтобы основной поворот действовал!

ПРАВИЛЬНО

G54 X100 Y20 Z600
G54.2 P1 A30 C60
X50 Y-20 Z10

или

G54 X100 Y20 Z600
G54.2 P1
A30 C60
X50 Y-20 Z10

НЕПРАВИЛЬНО

G54 X100 Y20 Z600 A30 C60
G54.2 P1 H1
X50 Y-20 Z10

или

G54 X100 Y20 Z600
A30 C60
G54.2 P1
X50 Y-20 Z10

Применение компенсации заготовки на 5-осевом станке непрерывного режима
головка-стол

На станках головка-головка в функциях 5D только на стали, то есть на 2-ой вращающейся оси принимается во внимание смещение нулевой точки управлением.

☞ **Внимание:** Если для данной заготовки используется смещением нулевой точки стола и основной поворот, для данной заготовки, сперва необходимо всегда выполнить замер, смещение нулевой точки стола и потом надо задавать углы основного поворота в нулевой точки позиции заготовки при позиции 0 градусов вращающихся осей.

Помимо этого, подготовителем кадра принимается во внимание установленные углы основного поворота в ходе запрограммированных перемещений X, Y, Z, Θ, Ψ.

Запрограммированные углы стола может изменить сперва основной поворот, потом смещение нулевой точки. Запрограммированный угол головки может изменить только основной поворот.

На вращающихся осях на станке головка-стол основной поворот включается следующими функциями:

G43.1: коррекция по длине в направление оси инструмента

G43.4, G43.5: проведение точки центра инструмента

G43.4 P, G43.5 P1: проведение стержня инструмента

G43.8, G43.9: проведение точки точения

G53.1, G53.6: установка вращающихся осей в направление инструмента **после G68.2**

G54.2: динамическое обращение нулевой точкой поворотных столов

☞ **Внимание!**

После задания G43.1, G43.4, G43.8 на обеих вращающихся осях необходимо выполнить абсолютную индексацию, чтобы основной поворот действовал!

После задания G43.5 и G43.9 всегда надо задавать направление инструмента по адресу I, J, K.

После задания G54.2 на обеих вращающихся осях необходимо выполнить абсолютную индексацию, чтобы основной поворот действовал!

ПРАВИЛЬНО

G54 X100 Y20 Z600
G43.1 H1
G54.2 P1 A30 C60
X50 Y-20 Z10

или

G54 X100 Y20 Z600
G43.1 H1 A30 C60
G54.2 P1
X50 Y-20 Z10

или

G54 X100 Y20 Z600
G43.1 H1
G54.2 P1 A30 C60
X50 Y-20 Z10

НЕПРАВИЛЬНО

G54 X100 Y20 Z600 A30 C60
G43.1 H1
G54.2 P1 H1
X50 Y-20 Z10

или

G54 X100 Y20 Z600
A30 C60
G43.1 H1
G54.2 P1
X50 Y-20 Z10

Записы

