

Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.

Методика программирования станков с ЧПУ на наиболее полном полигоне вспомогательных G-функций.

Глава 1. Базовые понятия	4
Глава 2. Координатные оси и координатные системы	6
Глава 3. G-инструкции	18
1. Линейная интерполяция при ускоренном перемещении, - G00.	18
2. Линейная интерполяция на ускоренном перемещении без замедления до V=0, - G200.	19
3. Линейная интерполяция с предусмотренной скоростью подачи, - G01.	19
4. Круговая интерполяция, - G02, G03.	20
4.1 Программирование окружности при помощи радиуса.	20
4.2 Программирование окружности при помощи координат ее центра.	22
5. Винтовая N-интерполяция, - G202, G203.	24
6. Выдержка времени, - G04.	25
7. Круговая (винтовая) интерполяция с выходом на круговую траекторию по касательной, - G05.	25
8. Программирование ускорения, - G06, G07, G206.	26
9. Управление скоростью подачи в «точках перегиба» траектории, - G08, G09.	27
10. Управление скоростью подачи в точках перегиба с учетом функции "look-ahead", - G108.	28
11. Переходы от кадра к кадру без торможения, - G228.	29
12. Формирование «гладкого» ускорения при движении от точки к точке, - G408.	29
13. Формирование «гладкого» ускорения при движении от точки к точке для каждой оси в отдельности, - G608.	31
14. Программирование в полярных координатах, - от G10 до G13.	31
15. Инструкции программирования коэффициента KV усиления по скорости следящего привода подачи, - G14, G15.	33
16. Программирование без указания плоскости, - G16.	34
17. Выбор плоскости, - G17 (плоскость X_Y), G18 (плоскость Z_X), G19 (плоскость Y_Z).	34
18. Свободный выбор плоскости интерполяции для двух осей, назначение полюса для программирования в полярных координатах, - G20.	35
19. Программирование классификации осей, - G21.	36
20. Активизация таблиц, - G22.	36
21. Программирование переходов: безусловного перехода G24 <номер кадра>; условного перехода G23 <интерфейсный сигнал>; перехода назад GOTOB; перехода вперед GOTOF.	37
22. Нарезание резьбы без компенсирующего патрона, - G32.	37
23. Сглаживание сопряжения кадров, - G34, G35, G36, G134.	38
24. Зеркальное отображение, масштабирование, поворот, - G37, G38, G39.	39
24.1. Зеркальное отображение, - G37, G38, G39.	39
24.2. Масштабирование, - G38, G39.	41
24.3. Поворот, - G37, G38, G39.	44
24.4. Совместное использование зеркального отображения, масштабирования и поворота.	45
24.5. Отношения между инструкциями G37/G38, с одной стороны, и инструкциями G60 или G54, G259, - с другой стороны.	46
25. Эквидистантная коррекция, - G40, G41, G42.	47
25.1. Отмена коррекции, - G40.	48
25.2. Эквидистантная коррекция, - G41.	48
25.3. Эквидистантная коррекция, - G42.	49
26. Смещение нуля (ZS), - отмена смещения G53; инициация смещения G54-G59; отмена первого аддитивного смещения G153; инициация первого аддитивного смещения G154-G159; отмена второго аддитивного смещения G253; инициация второго аддитивного смещения G254-G259.	49
27. Программное смещение контура, - G60, G67.	51
28. Точное позиционирование, - G61, G62, G163.	52
29. Работа с потенциометром «проценты от скорости», - G63, G66.	53
30. Привязывание скорости подачи, - к точке контакта фрезы и детали, - G64; к центру фрезы, - G65.	53
31. Сопряжение эквидистант на стыке кадров, - по дуге, - G68; по траектории пересечения эквидистант, - G69.	54
32. Программирование в дюймах, - G70.	56
33. Метрическое программирование, - G71.	56
34. Линейная интерполяция с точным позиционированием, - G73.	56
35. Выход в начало координат, - G74.	57
36. Работа с датчиком касания, - G75.	57
37. Переключение кадров высокоскоростным внешним сигналом, (HS, High Speed), - G575.	57
37.1. Сохранение координат точки завершения перемещения, - G575 HS<x>=<y>.	58
37.2. Игнорирование остатка неотработанного кадра, - G575 HS<x>=<y> HSSTOP=<z>.	60
38. Перемещение в точку с абсолютными координатами в системе координат станка, - G76.	60
39. Управление сверлильными осями, - G78, G79.	61
40. Стандартные сверлильные циклы, - G80-G86, G184.	62
40.1. Цикл сверления, - G81.	64

40.2. Цикл сверления, - G82.	64
40.3. Цикл глубокого сверления, - G83.	64
40.4. Нарезание резьбы с компенсирующим патроном, - G84.	65
40.5. Нарезание резьбы без компенсирующего патрона, - G184.	65
40.6. Рассверливание, - G85.	66
40.7. Рассверливание с выводом инструмента со скоростью рабочей подачи, - G86.	67
40.8. Примеры программирования стандартных циклов.	67
41. Программирование в абсолютных координатах, - G90. Программирование в относительных координатах, - G91. Программирование в абсолютных координатах для «бесконечных осей», - G189.	68
42. Установка значений координат, - G92.	69
43. Программирование времени, - G93.	70
44. Программирование подачи в мм/мин, - G94.	71
45. Программирование скорости (подачи, частоты вращения) с адаптацией ускорения, - G194.	71
46. Программирование скорости подачи в мм/об, - G95.	72
47. Программирование скорости резания, - G97. Поддержание постоянной скорости резания, - G196.	72
48. Установка нуля для «модульных» (modulo) осей, т.е. линейных «бесконечных осей», - G105.	72
49. Опережающее управление торможением на участке перегиба контура, - G112, G113.	73
50. Опережающее управление скоростью подачи, - G114, G115.	73
51. Компенсация положения заготовки, - G138, G139.	74
52. Внешняя коррекция инструмента, - G145, G146, G245- G845.	76
53. Внешняя коррекция инструмента с помощью второй «компенсационной группы», - G147, G148, G247- G847.	76
54. Внешнее смещение нуля, - G160..G360, G167.	79
55. Точное позиционирование при ускоренном перемещении, - G161, G162.	79
56. Опции точного позиционирования, - G164, G165, G166.	80
57. Смещение координатной системы управляющей программы, - G168, G169. Дополнительное (аддитивное) смещение управляющей программы, - G268, G269.	81
58. Смешенное программирование, абсолютное с относительным, - G190. Смешанное программирование, относительное с абсолютным, - G191.	83
59. Ограничения частоты вращения, - G192, G292.	84
60. Осциллирующее движение, - G301, G350.	84
61. Управление коллизиями, - G543, G544. Функция опережающего просмотра Look-ahead для управления коллизиями, - G500.	86
62. Группирование координатных осей, - G581, G580.	86
Глава 4. Управление шпинделем	89
1. Функции шпинделя.	89
2. Ориентированная остановка шпинделя (шпиндельной группы).	90
3. Использование шпиндельной бабки с зубчатыми передачами.	90
4. Программирование частоты вращения.	91
Глава 5. Вспомогательные и специальные функции	92
1. Функция подачи с адресом F.	92
2. Функция подачи асинхронной оси с адресом FA.	92
3. Функция частоты вращения с адресом S (см. раздел, посвященный программированию частоты вращения шпинделя).	93
4. Вспомогательные M-функции.	93
4.1. Вызов подпрограмм.	93
4.2. Функции останова, - M00, M01, M02, M30.	93
4.3. Вспомогательные функции, используемые при управлении шпинделем (см. раздел, посвященный программированию частоты вращения шпинделя).	94
4.4. Вспомогательная функция, используемая для смены инструмента, - M06.	94
5. Функция выбора инструмента с адресом T.	94
Глава 6. Компенсация (коррекция) инструмента.	95
1. Предусловия.	95
2. Компенсация длины инструмента.	95
3. Компенсация радиуса.	96
4. Вход в эквидистантную траекторию и выход из нее.	96
5. Примеры.	98
Глава 7. Приложение	99

Глава 1. Базовые понятия

Кадры программы. Система ЧПУ исполняет кадры программы последовательно, один за другим. Каждый кадр состоит из некоторой совокупности слов, которые, в свою очередь, содержат адресную часть и цепочку цифр. К примеру, кадр может состоять из девяти слов с адресами N_G_X_Y_Z_F_S_T_M. Последовательность полноформатных слов выглядит, например, так: G00 X-23450 Y40 M03 S250.

Незначащие нули цифровой части слова пропускают. Числа типа **real** записывают с десятичной точкой; причем, незначащие нули в дробной части также опускают.

Например, X100.500 соответствует X100.5. Число слов в кадре переменное. Слова, описывающие перемещения, могут иметь знак (+/-). При отсутствии знака перемещение полагается положительным.

Модальный эффект. Большинство слов модальны. Это означает, что они остаются в силе на протяжении нескольких кадров, пока значение слова не изменится, или пока функция, представленная словом, не будет выключена. Пусть, например, с помощью функции G1 запрограммирована линейная интерполяция с некоторой скоростью подачи. В последующих кадрах эта функция сохранит свою активность, пока интерполяция не изменится на круговую (функция G2) или линейную с ускоренной подачей (функция G0). Слова, которые действуют только в своем кадре, - немодальны.

Слова имеют смысл **инструкций** (например, при задании типа перемещений вдоль координатных осей X, Y, Z, C) или **специальный функций** (например, при назначении подачи, частоты вращения и др.).

G-адреса. G-адреса используют, например, для программирования типа перемещения (с линейной или круговой интерполяцией, и др.). Слова с G-адресами относятся к числу инструкций, которые называют подготовительными функциями. Подготовительные функции разбиты на группы; причем функции из разных групп взаимно независимы. С другой стороны, G-функции одной и той же группы взаимно модальны, т.е. действуют до отмены или замены G-функцией из той же группы. В кадре может быть представлена только одна G-функция из своей группы.

Адреса X, Y, Z, C и др. Эти адреса используют для обозначения координатных осей, вдоль которых осуществляются перемещения. Пример:

N G60 X10 Y10 B135; где X, Y – координатные оси подачи; B1 – ось вспомогательных перемещений.

Специальные функции. Примерами адресов специальных функций могут послужить: F (подача), S (частота вращения шпинделя), M (вспомогательная функция; связанная, например, с управлением электроавтоматикой), T (выбор инструмента). В примере показан кадр, в котором присутствуют позиционная информация и специальные функции: G01 X40 Y50 F250 S500 T05 M03. Здесь задано перемещение X40 Y55 (траекторная информация); а также и специальные функции: подачи F250, частоты вращения шпинделя по часовой стрелке S500; функции инструмента T05б обеспечивающей его доступность в инструментальном магазине.

Номера кадров. Именем кадра, открывающим кадр слева в строке, служит его номер. Имя состоит из адреса N и собственно номера (например, N10). Нумерация облегчает чтение программы. Принято нумеровать кадры последовательно, по возрастающей степени, с приращением 10 (например, N10 N20 N30 и т.д.). При этом возникает возможность включать дополнительные кадры при редактировании программы. При ветвлениях и переходах программы номера кадров служат метками. Номера кадров используют также и в циклах, и в подпрограммах.

Комментарии. Комментарии служат для пояснений и документирования. Хорошо комментированная программа служит прообразом для других программистов при любых изменениях программы. Однако каждый символ комментария увеличивает длину файла управляющей программы на один байт. Комментарии указывают в скобках или предваряют кавычками. Комментарии в скобках игнорируются системой ЧПУ, а предваряемые кавычками – визуализируются на экране монитора.

Работа управляющей программы. При отсутствии инструкций, управляющих потоком кадров, кадры отрабатываются последовательно один за другим. Эта последовательность может быть нарушена инструкциями: пропуска кадров, вызова подпрограмм, перехода к другим кадрам.

Если кадры программы помечены соответствующим образом (/), то система управления проигнорирует их, если активен сигнал Skip.

Подпрограммы. Если какая то часть технологического процесса повторяется, ее целесообразно оформить в виде подпрограммы, которая вызывается по мере надобности. Существуют два способа вызова подпрограммы: с P адресом или без него. Синтаксис вызова подпрограммы с P-адресом выглядит так: P<имя_подпрогр>DIN; где DIN означает, что все кадры подпрограммы написаны в коде DIN66025 (ISO6983), т.е. в коде ISO-7bit.

Все перемещения, заданные в том же кадре, будут выполнены до вызова подпрограммы. Подпрограмма может иметь свои подпрограммы путем вложения (см. рис.1).

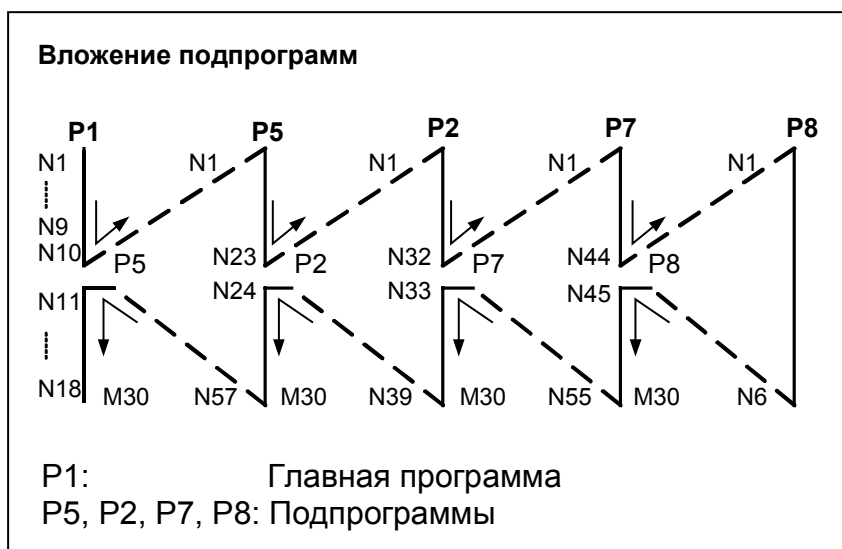


Рис.1. Вложение подпрограмм

Подпрограммы могут быть также вызваны под G и M адресами (об этом далее). Подпрограммы можно вызывать и без P-адреса: в этом случае достаточно указать имя подпрограммы. Кроме того, 16 G-функций зарезервированы для вызова подпрограмм. Как правило, основная программа, кадры подпрограммы и циклы исполняются в том порядке, в каком они запрограммированы. Порядок может быть нарушен переходами, условными и безусловными. Инструкции перехода зависят от конкретной системы ЧПУ и выходят за рамки стандарта DIN 66025 (ISO 6983).

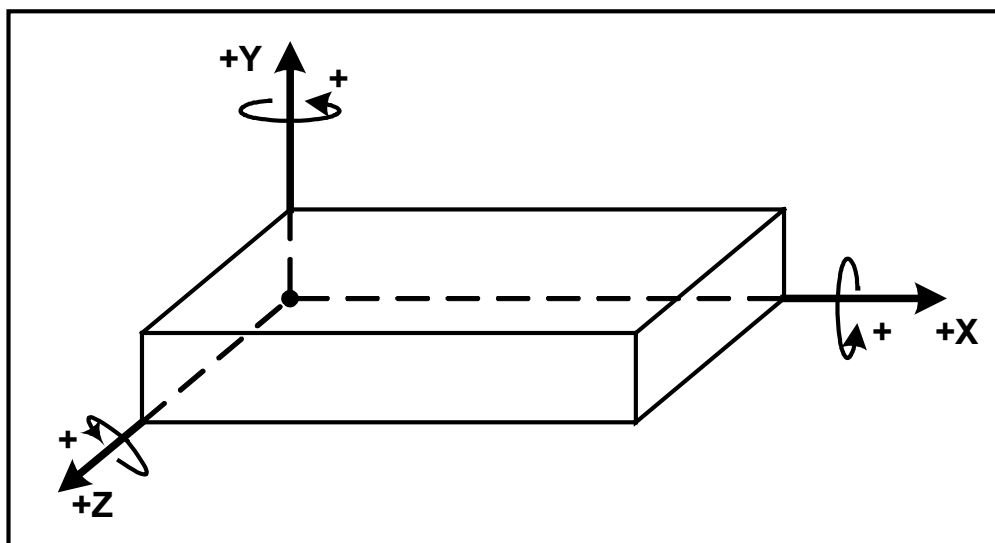
Глава 2. Координатные оси и координатные системы.

Физические и логические оси. Приводы станка относятся к приводам подачи и главного движения. Приводы подачи определяют положение в рабочем пространстве станка. Различают физические и логические координатные оси. Физические оси называют также системными. Они группируются по каналам ЧПУ; причем в рамках канала координатные оси находятся в единообразном технологическом отношении друг к другу. Таким образом, группы осей могут работать (выполнять технологические операции) независимо и параллельно. Физические оси, не привязанные к каналу, называют асинхронными, или вспомогательными. Вспомогательные оси служат, к примеру, для организации перемещений в механизмах смены инструмента.

Отдельные оси внутри группы канала ЧПУ называют логическими. Они объединены интерполяционными алгоритмами, и в этой связи их называют также синхронными осями. Логические оси канала имеют индексы. Связывание физических и логических осей осуществляют при помощи так называемых «машинных параметров» станка.

Координатная система.

Используют вправо-ориентированную координатную систему, в которой предусмотрены линейные перемещения вдоль координат X , Y и Z ; каждая из которых может быть связана с круговыми вращениями поворотных осей A , B и C .



Система координат и рабочее пространство станка

Рис. 2.

Если станок имеет единственный шпиндель, то Z -ось параллельна оси шпинделя; в противном случае она перпендикулярна плоскости зажима детали. Положительные направления осей соответствуют относительному движению инструмента и заготовки. X -ось расположена в горизонтальной плоскости соответственно плоскости зажима заготовки. Соответственно определяется Y -ось. Оси X , Y и Z являются главными. Кроме того, возможны параллельные управляемые оси, которым придают адреса U , V , W . Поворотные движения, привязанные к базовым координатам, имеют адреса A , B и C .

Положительное направление поворотных осей соответствует движению против часовой стрелки, если смотреть со стороны положительного направления соответствующей прямолинейной оси.

Оси, параллельные основным X, Y, Z имеют адреса U, V и W; а если существуют дополнительные параллельные координатные системы, то они имеют адреса P, Q и R.

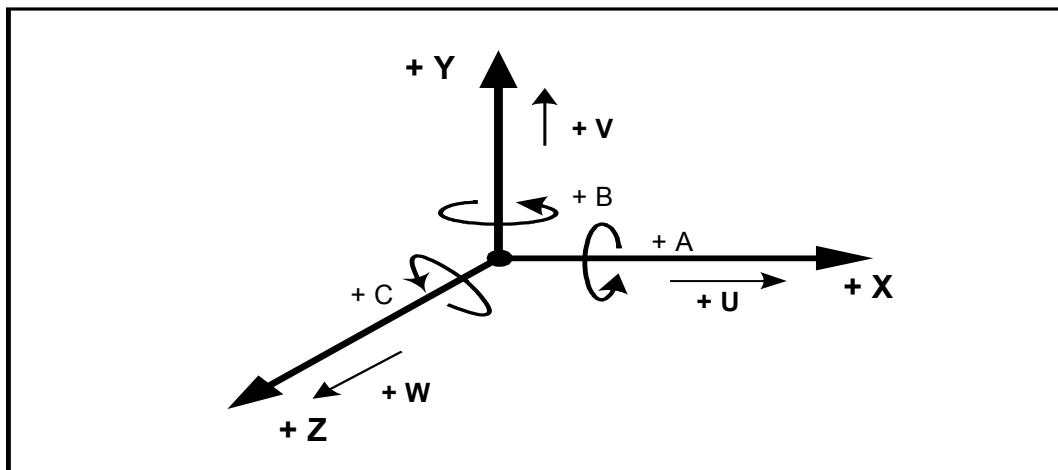


Рис.3.

Координатные системы.

Для того, чтобы исполнять управляющую программу без всяких изменений по отношению к чертежу, приходится определить несколько координатных систем. Некоторые из них машинно-независимы, другие же определяются свободно. Переход от одной координатной системы к другой называется координатным переходом.

Осевая координатная система ACS.

Совокупность осей любого канала образует «осевую координатную систему» ACS (Axes Coordinate System). Заданное движение вдоль координаты осевой координатной системы воспроизводится путем движения привода одной физической оси.

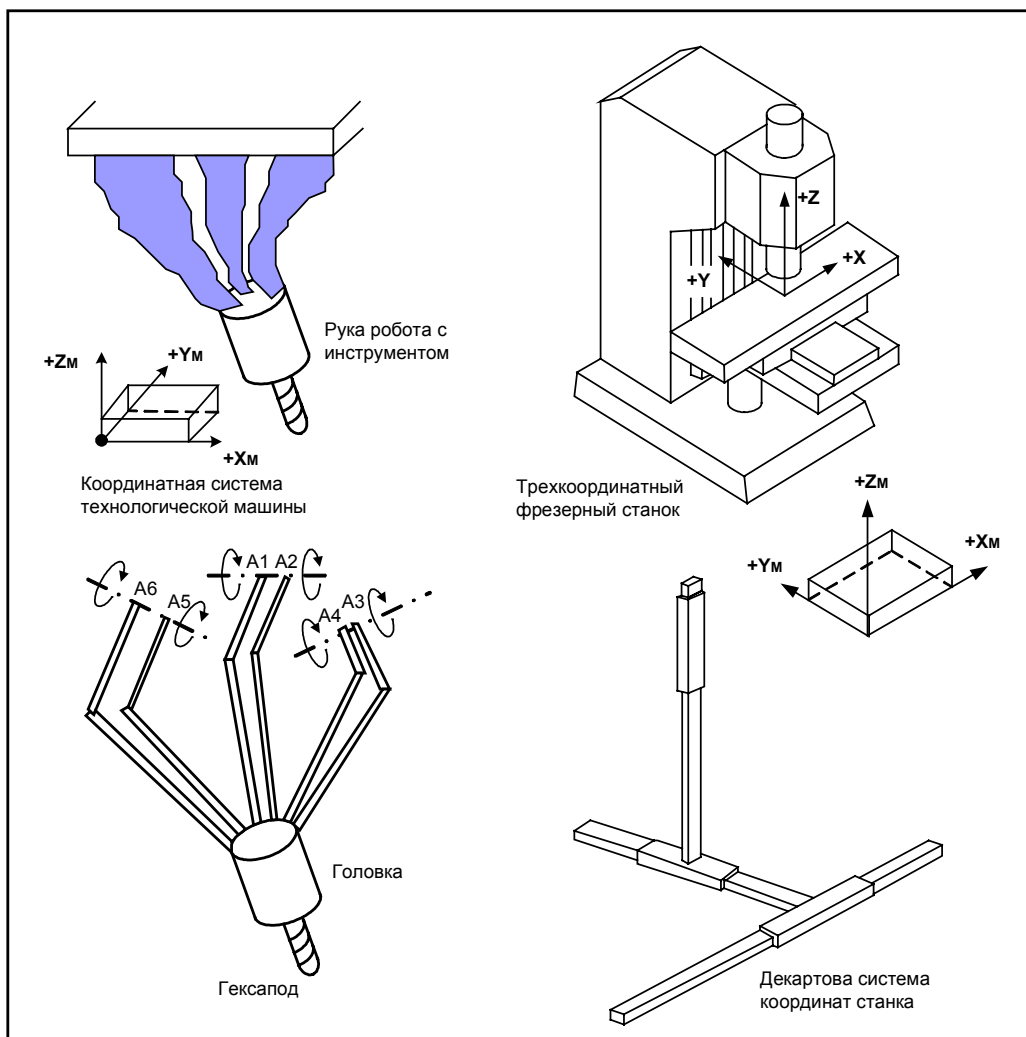
Машинная координатная система MCS.

Осевая координатная система зависит от типа и кинематики технологической машины, а потому имеет небольшое значение при спецификации движений, связанных с обработкой деталей. По этой причине, используют так называемую MCS (Machine Coordinate System), привязанную к каналу. Как правило, эта система – Декартова; а, следовательно, не зависит от кинематики технологической машины. У каждого канала может быть своя машинная координатная система. Ее нулевую точку **M** называют

машинной и обозначают



Отношение между осями машинной и осевой координатных систем называется осевой (или «обратной») трансформацией. На рис.4 представлены примеры подобных отношений.



Координатная система технологической машины и координатные системы осей

Рис.4.

Относительную нулевую точку называют **R** и обозначают \odot . Она служит для установления связи между нулем машинной координатной системы и точкой автоматического выхода в нуль следящих приводов подачи в том случае, если датчики обратной связи по положению следящих приводов работают по приращению (т.е. в относительной системе измерения). Приводы должны быть выведены в относительную точку при включении и выключении питания на станке. В этом нет необходимости, если приводы подачи располагают абсолютной измерительной системой.

Координатная система детали WCS.

Координатную систему детали WCS (Workpiece Coordinate System) назначают свободно в зоне машинной координатной системы. Нулевую точку координатной системы детали называют **W** и обозначают символом \odot . Возможно определить несколько аддитивно связанных между собой координатных систем деталей.

Координатная система управляющей программы PCS.

Координатной системой управляющей программы PCS (Program Coordinate System) называют такую координатную систему детали WCS, индекс которой имеет максимальное значение: W_i , где $i=\max$. Нулевую точку координатной системы PCS называют P и обозначают символом \oplus . Все запрограммированные координаты управляющей программы соотносятся с нулевой точкой P. Координатную систему PCS, как и WCS, можно свободно назначать и поворачивать в зоне машинной координатной системы WCS.

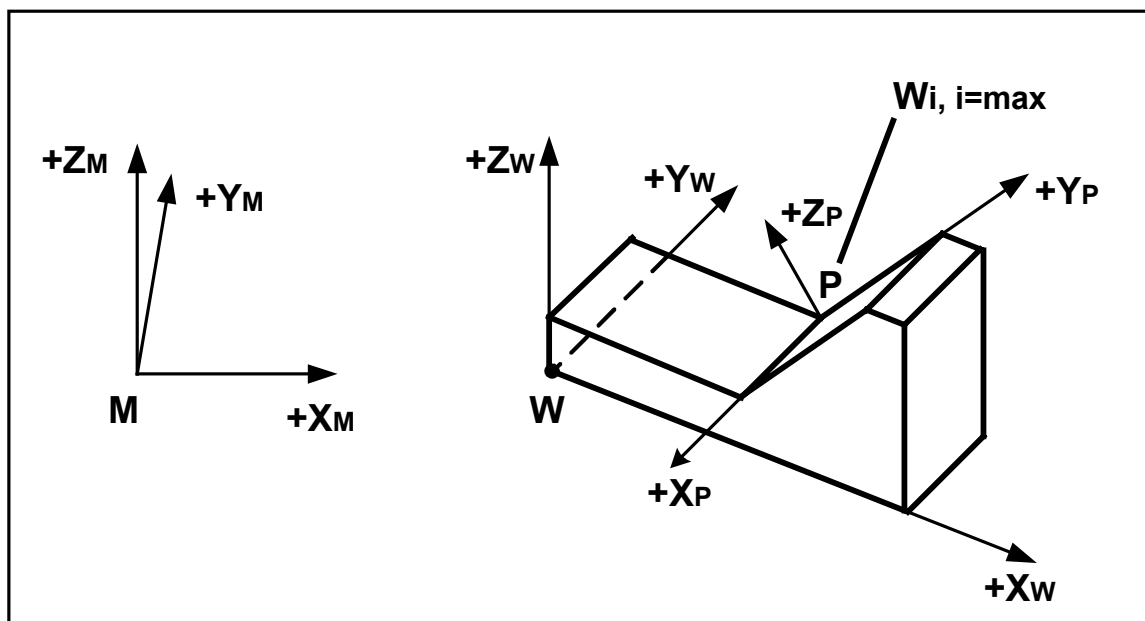


Рис.5.

Координатная система инструмента TCS.

Координатная система инструмента TCS (Tool Coordinate System) определяет положение и ориентацию инструмента в машинной координатной системе. Нулевую точку координатной системы называют T. Размеры инструмента (для трехкоординатного станка) задают по отношению к фиксированной точке, определяющей зажим инструмента.

В разных случаях, показанных на рис.6, точка T может совпадать с точками N или E.

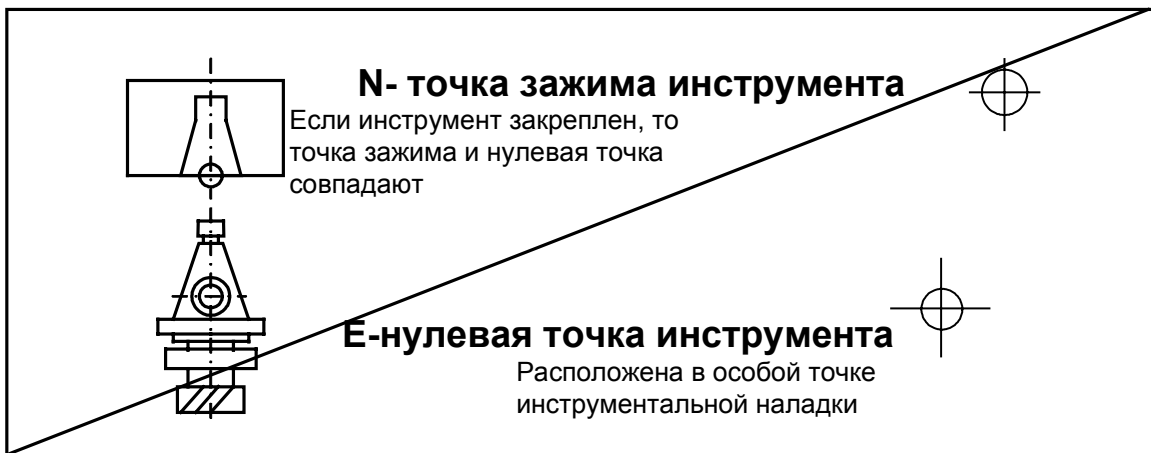


Рис.6.

Трансформация координат: машинные координаты, координаты детали и координаты управляющей программы.

Абсолютные значения координат обычно определены в машинной системе координат по отношению к нулевой точке **M**. Из практических соображений, все размеры и перемещения, указанные в управляющей программе, заданы по отношению к нулевым точкам **P** или **W**. При этом управляющие программы развязаны с машинными координатами. Благодаря программным смещениям, можно выполнять управляющую программу в любой зоне машинной системы координат без изменения размеров, указанных в управляющей программе. Если программные смещения отсутствуют, то все координаты управляющей программы интерпретируются как машинные.

Для программного смещения нуля детали предусмотрены следующие инструкции.

- G53, G54... G59. Смещение нуля ZS (Zero Shift).
- G153, G154...G159. Первое аддитивное смещение нуля ZS.
- G253, G254...G259. Второе аддитивное смещение нуля ZS.
- G160, G260, G360, G167. Смещение нуля по внешней команде.

Положение детали может быть скорректировано путем смещения нуля ее координатной системы в плоскостях (X/Y , X/Z , Y/Z) и путем поворота в плоскости (X/Y) с помощью следующих инструкций.

- G138, G139. Коррекция (компенсация) положения детали.

Для коррекции положения детали путем смещения нуля ее координатной системы и поворотов в плоскостях (X/Y , X/Z , Y/Z) используют такие инструкции.

- G353, G354, G359. Наклон плоскости.
- G453, G454, G459. Первый аддитивный наклон.
- G553, G554, G559. Второй аддитивный наклон.

Как уже отмечалось, последняя координатная система, из серии координатных систем детали, называется координатной системой управляющей программы. При смещении ее нуля по отношению к координатной системе детали используют следующие инструкции.

- G169, G168. Смещение нуля координатной системы управляющей программы.
- G269, G268. Аддитивное смещение нуля.

Иллюстрация к применению отдельных инструкций представлена на рис. 7

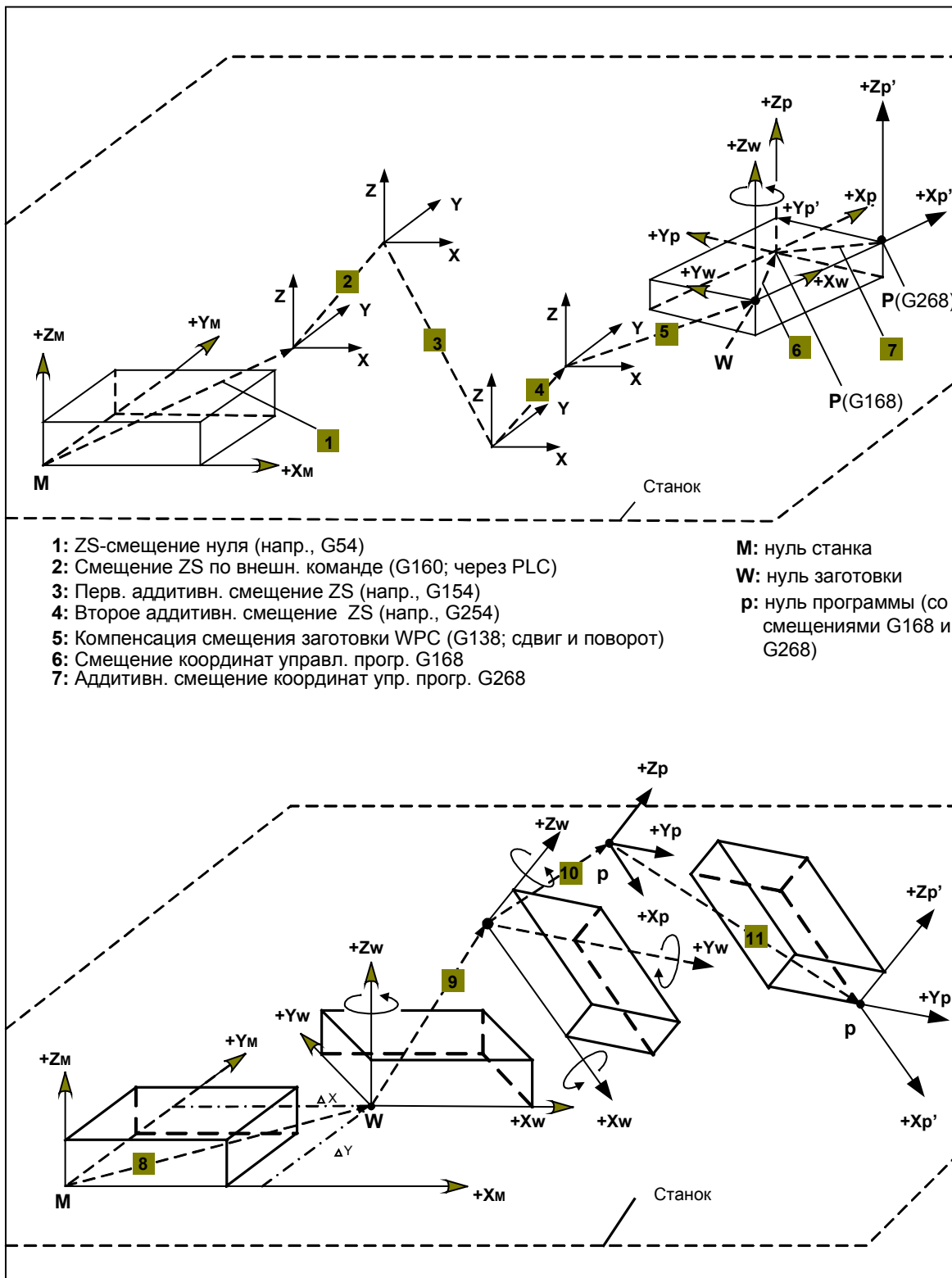


Рис.7.

Активизация смещений.

Активизация смещений зависит от тех или иных G-функций; она возможна при помощи «таблиц смещения нуля», при помощи первого и второго аддитивных смещений нуля ZS. Таблицы смещения нуля используют для хранения смещений между нулевой точкой **M**, с одной стороны, и нулевыми точками **P** или **W**. Если соответствующее значения смещения активизировано, то это значение автоматически добавляется

системой ЧПУ к каждому абсолютному значению координаты в управляющей программе. Таблицы смещения нуля представлены в файловой системе системы ЧПУ в форме ASCII файлов. Функция G22 активизирует эти таблицы в каждом канале.

Работа всех остальных G-функций рассмотрена в разделе программирования G-функций. Смещение нуля по внешней команде инициируется программируемым контроллером.

Процедура определения и сохранения смещений продемонстрирована на рис.8. Сохранение осуществляется путем записи смещений в таблицу.

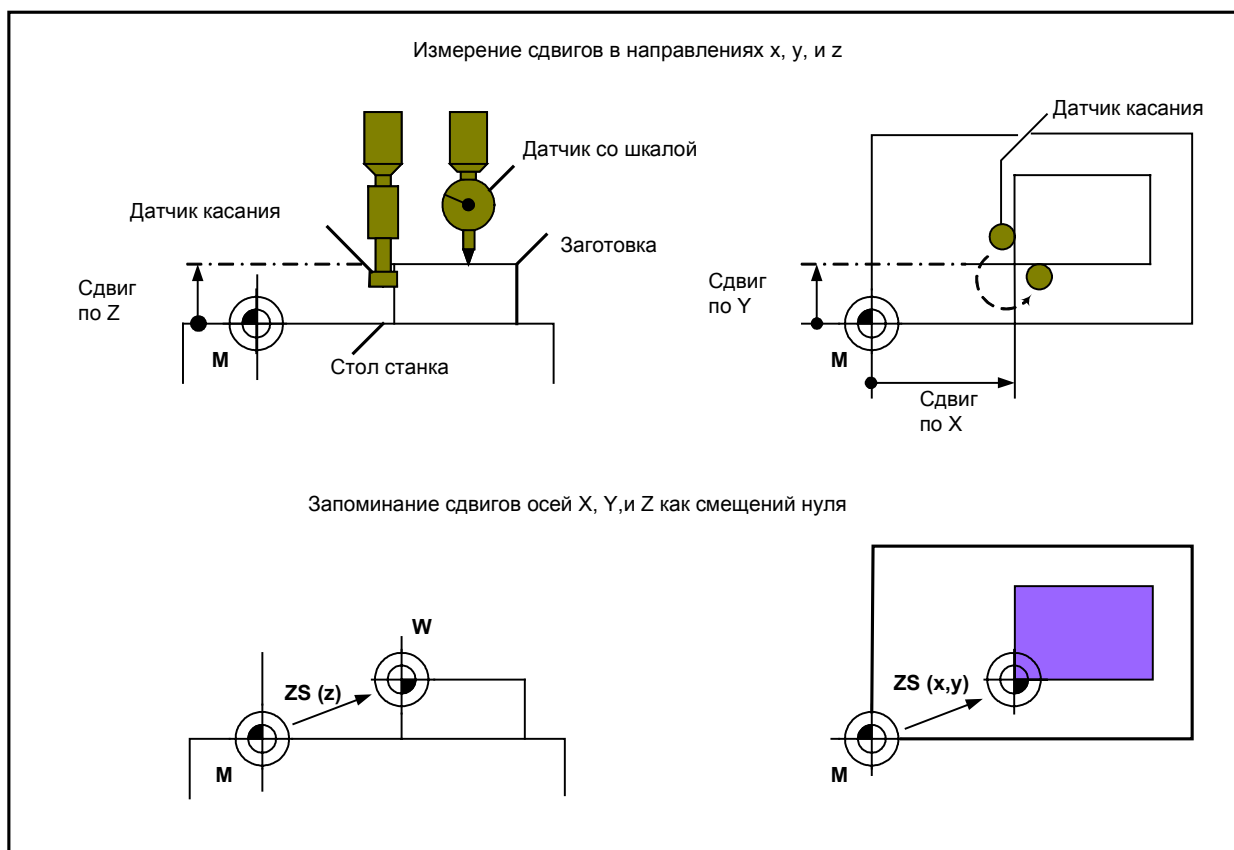


Рис.8.

Функции манипулирования запрограммированным контуром.

Возможны следующие функции манипулирования контуром:

- смещение (G60 – программирование смещения);
- зеркальное отображение, масштабирование; поворот вокруг оси, параллельной координатной оси (функции G37, G38).

Функции проиллюстрированы на рис.9.

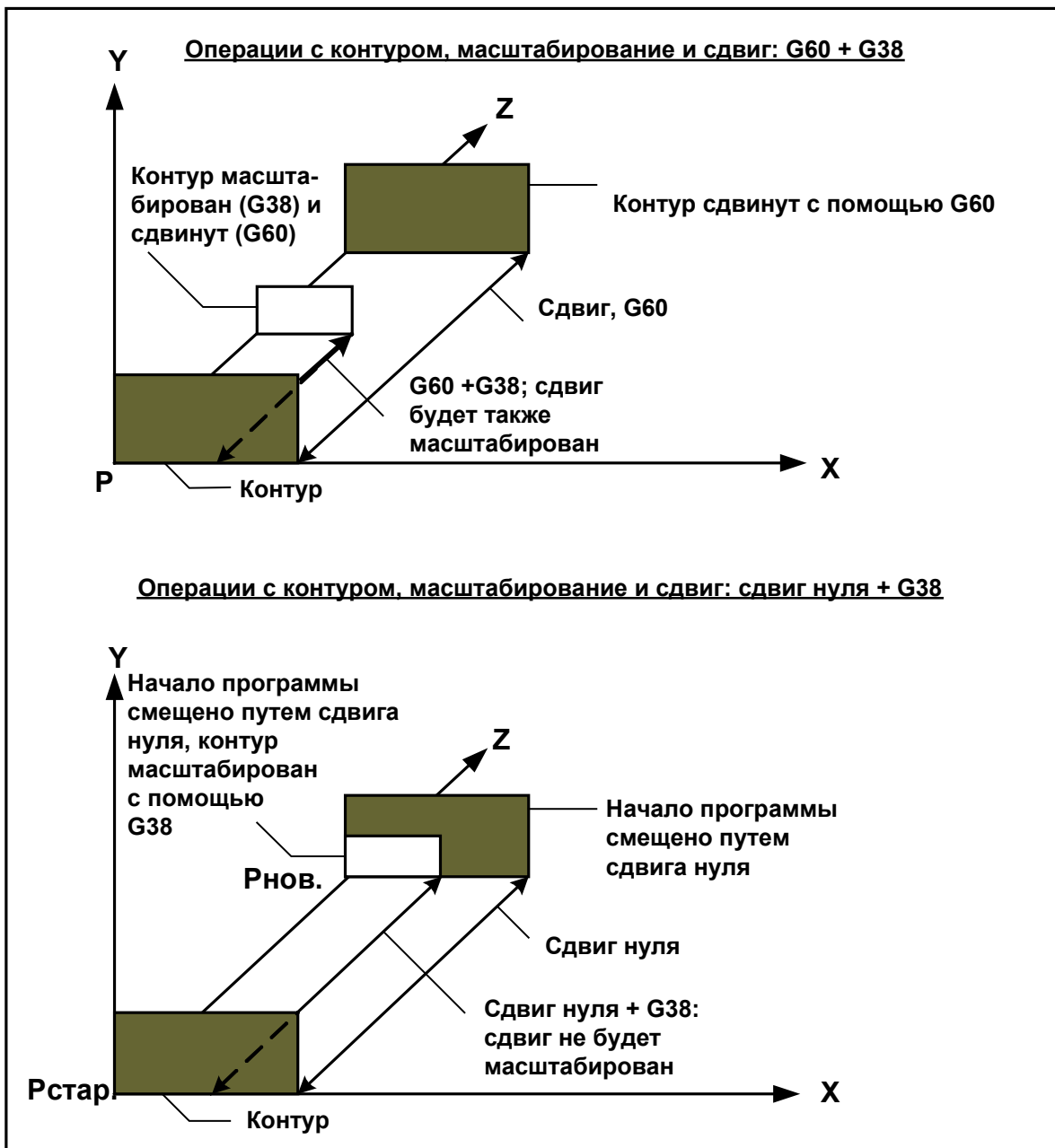


Рис.9.

Функции компенсации инструмента.

Функцию инструмента обозначают адресом **T** некоторым числом (например, слово T9 представляет собой инструмент номера 9). Инструментальный комплект состоит из инструмента и инструментальной державки.

В процессе обработки режущая кромка инструмента должна точно следовать вдоль запрограммированной траектории. В силу различия используемых инструментов, их размеры должны быть учтены и введены в систему управления перед началом воспроизведения программы. Только в этом случае траектория может быть рассчитана безотносительно к параметрам используемых инструментов. После того, как инструмент установлен в шпиндель и активизирована соответствующая коррекция

(компенсация его размеров), система ЧПУ автоматически принимает в расчет эту коррекцию.

Функции D и H компенсации инструмента.

Функция H осуществляет компенсацию длины, а функция D – компенсацию радиуса (см. рис.10).

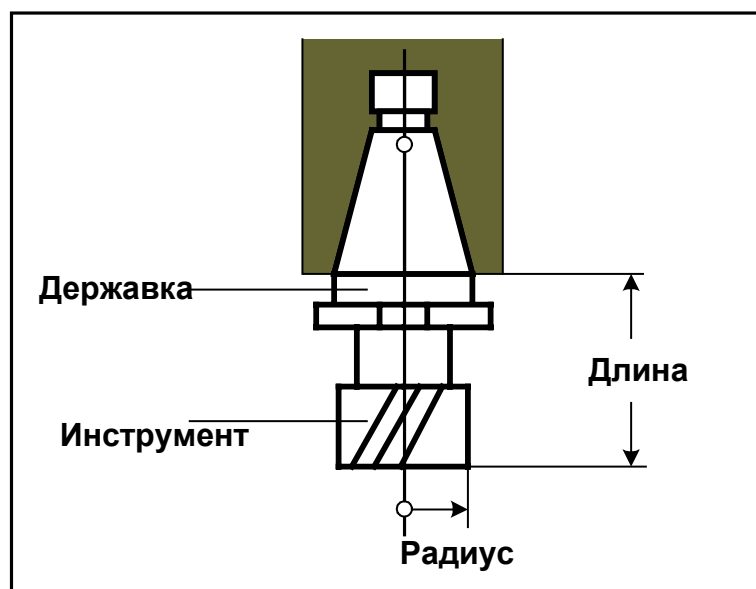


Рис.10.

Компенсация длины возможна двумя способами: по отношению к передней плоскости шпинделя (см. рис.11) и по отношению к «нулевому инструменту» (см. рис.12).

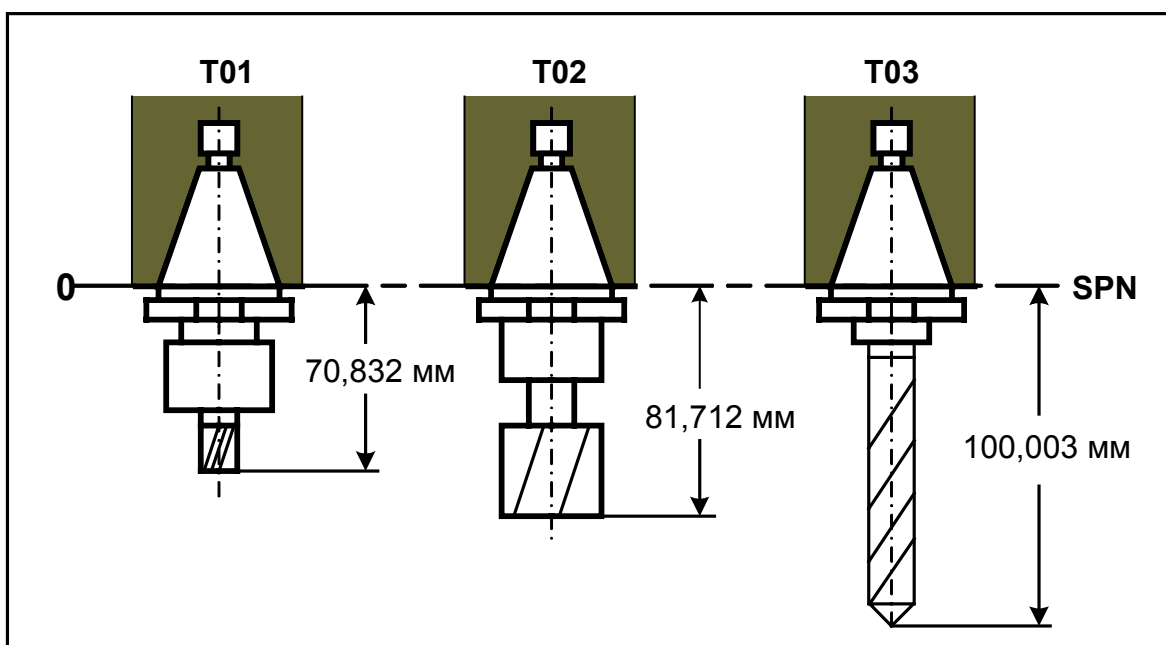


Рис. 11.

В обоих случаях величины компенсации сохраняются в соответствующей таблице. На рис. 11 для T01, - $H_1 = 70.8320$; для T02, - $H_2 = 81.7120$; для T03, - $H_3 = 100.0030$. Как видим, знак компенсации здесь может быть только положительным.

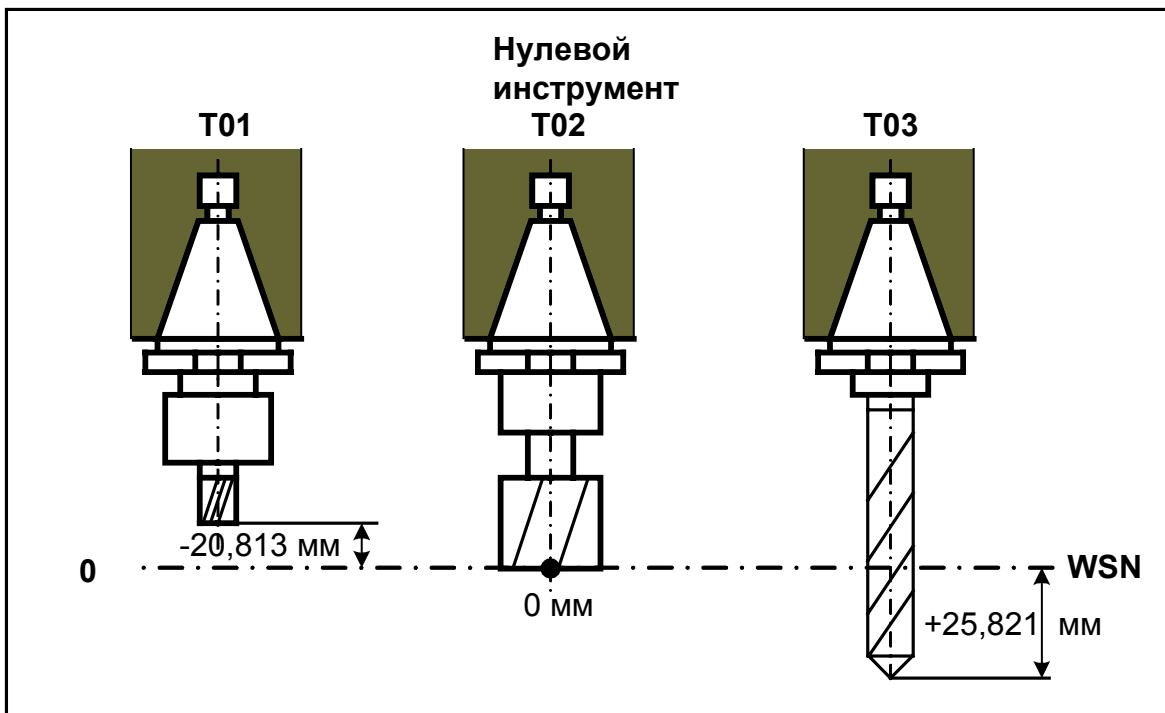


Рис.12.

Во втором случае выбирают «нулевой инструмент», торцевая плоскость которого WSN (Workplane for Setting Null) служит для настройки и определения компенсации для всех остальных инструментов. «Нулевой инструмент» (T02 на рис.12) имеет нулевое значение компенсации. Знак компенсации может быть положительным или отрицательным. Например: для T01, - $H1 = -20.813$; для T02, - $H2 = 0$; для T03, - $H3 = 25.821$.

Центр фрезы движется по эквидистантной траектории, параллельной контуру детали, отстоящей от нее на величину, равную радиусу фрезы. Эквидистантную траекторию называют также траекторией центра фрезы. Значения компенсации для различных инструментов вносят в таблицу; например: для T01, - $D1 = 14$ (при диаметре фрезы 28 мм); для T02, - $D2 = 22$ (при диаметре фрезы 44 мм). Детали эквидистантной коррекции (компенсации) будут рассмотрены при анализе G-инструкций G40, G41 и G42.

Внешняя компенсация инициируется программируемым контроллером с помощью G-инструкций G145 и G845.

Так называемая «комплексная компенсация» представляет собой набор компенсационных данных для 3D-коррекции инструмента; или, например, для компенсации на длину в операциях с несколькими сверлами. Этот вид компенсации активизируется G-инструкциями G147 и G847. Комплексная компенсация может включать коррекцию на расположение режущей кромки.

Траектории движения (типы интерполяции).

Линейная интерполяция предполагает движение по прямой линии в трех-координатном пространстве. Перед началом интерполяционных расчетов система ЧПУ определяет длину пути на основе запрограммированных координат. В процессе движения осуществляется контроль контурной подачи так, чтобы ее величина не превышала допустимых значений. Движение по всем координатам должно завершиться одновременно.

При круговой интерполяции движение осуществляется по окружности в заданной рабочей плоскости. Параметры окружности (например, координаты конечной точки и ее центра) определяются до начала движения на основе запрограммированных координат. В процессе движения осуществляется контроль контурной подачи так, чтобы ее величина не превышала допустимых значений. Движение по всем координатам должно завершиться одновременно.

Винтовая интерполяция представляет собой комбинацию круговой и линейной.

В процесс интерполяции вовлекаются синхронные координатные оси; например, X, Y и Z. Вспомогательные (асинхронные) координатные оси в процесс интерполяции не вовлекаются. Примером движения вдоль асинхронной оси может служить позиционирование инструментального магазина. Axes used as auxiliary axes (positioning of the tool magazine, e.g.) are called "asynchronous axes". При задании скорости подачи асинхронной оси используют адрес **FA**.

Глава 3. G-инструкции.

1. Линейная интерполяция при ускоренном перемещении, - G00. Эффект состоит в том, что запрограммированное перемещение интерполируется, а движение к конечной точке осуществляется по прямой линии с максимальной подачей. Скорость и ускорение подачи, по крайней мере, одной оси максимальны. Скорость подачи других осей контролируется таким образом, чтобы движение всех осей завершилось в конечной точке одновременно. При активной инструкции G00 движение замедляется до нуля в каждом кадре. При этом выполнение «точного позиционирования» зависит от инструкций G161, G162. Если же в замедлении скорости подачи до нуля в каждом кадре необходимости нет, то вместо G00 используют G200. Значение максимальной скорости подачи не программируется, но задается так называемыми «машинными параметрами» в памяти системы ЧПУ. Инструкция G00 является модальной, и ее появление деактивирует G-инструкции той же группы: G01, G02, G03, G05, G10-G13, G73, G200.

2. Линейная интерполяция на ускоренном перемещении без замедления до V=0, - G200. Эффект состоит в том, что отсутствует замедление скорости подачи до нуля в конце каждого кадра; т.е. нет торможения на стыке соседних кадров, и процесс интерполяции продолжается. При этом должны соблюдаться предусловия: инструкции G61 и G163 пассивны.

Если, тем не менее, инструкция G61 активна, то, несмотря на G200, торможение до нуля будет осуществляться в каждом кадре. Если же активна инструкция G163, то характер движения будет определяться функциями точного позиционирования (см. инструкции G164 - G166).

Значение максимальной скорости подачи не программируют, но задают «машинными параметрами» в памяти системы ЧПУ. Инструкция G200 является модальной, и ее появление деактивирует G-инструкции той же группы: G00, G01, G02, G03, G05, G10-G13, G73.

3. Линейная интерполяция с предусмотренной скоростью подачи, - G01.

Перемещение с заданной скоростью подачи (в F-слове) к конечной точке кадра осуществляется по прямой линии. Все координатные оси завершают движение одновременно. Скорость подачи в конце кадра снижается до нуля, но только если инструкция G08 пассивна. Запрограммированная скорость подачи является контурной, т. е. значения подачи для каждой отдельной координатной оси будут меньше. Значение скорости подачи обычно ограничивают настройкой «машинных параметров». Вариант комбинации слов с инструкцией G01 в кадре: G01_ X_ Y_ Z_F_. Особенности использования инструкции G01:

- в любом кадре инструкция G01 может быть представлена вместе с позиционными данными или без них;
- в любом кадре инструкция G01 сопровождается F-словом, если до этого подача не была назначена;
- назначенная подача остается активной, пока ее значение не будет переопределено.
- инструкция G01 является модальной, и ее появление деактивирует G-инструкции той же группы: G00, G02, G03, G05, G10-G13, G73, G200.

Фрагмент программы:

X100 Y100	/Начальное положение.
G01 X500 Y300 F100	/Движение к конечной точке.

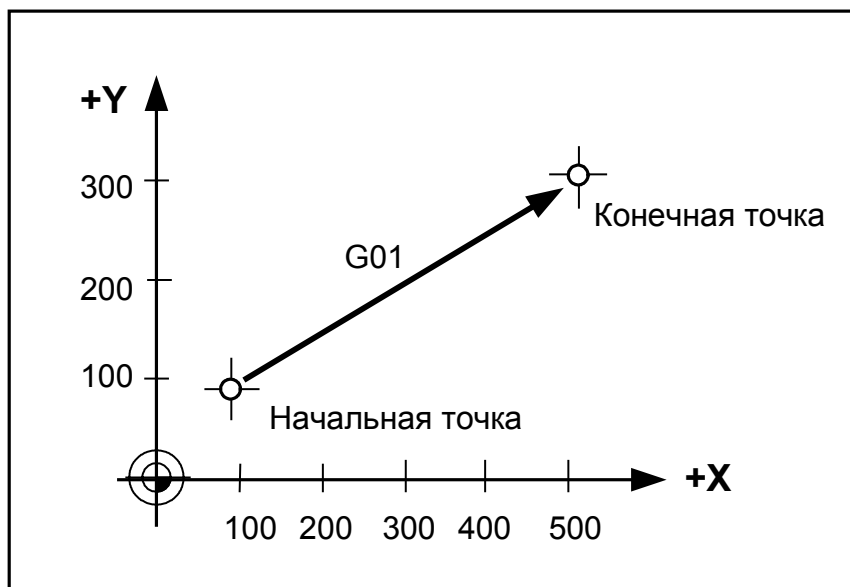


Рис.13

4. Круговая интерполяция, - G02, G03. Перемещение в кадре осуществляется по окружности с контурной скоростью, заданной в активном F-слове. Движение по всем координатным осям завершается в кадре одновременно; также и в том случае, когда одна из осей не принадлежит плоскости круговой интерполяции. Вдоль этой оси движение будет линейно интерполируемым, а общая траектория станет винтовой линией. Инструкции G02 и G03 модальны и деактивируют другие G-инструкции той же группы. Приводы подачи задают перемещение по окружности с запрограммированной подачей в выбранной плоскости интерполяции; при этом G02 определяет движение по часовой стрелке, а G03 - против часовой стрелки. Выбор двух синхронных координатных осей осуществляется свободно путем выбора плоскости интерполяции.

При программировании окружность задают с помощью ее радиуса или координат ее центра. Дополнительная опция программирования окружности определяется инструкцией G05: круговая интерполяция с выходом на траекторию по касательной (см. далее).

4.1 Программирование окружности при помощи радиуса. Радиус всегда задают в относительных координатах; в отличие от конечной точки дуги, которая может быть задана как в относительных, так и в абсолютных координатах.

Используя положение начальной и конечной точек, а также и значение радиуса, система ЧПУ прежде всего определяет координаты центра окружности. Результатом расчета могут стать координаты двух точек, ML MR (см. рис.14), расположенных соответственно слева и справа от прямой, соединяющей начальную и конечную точки.

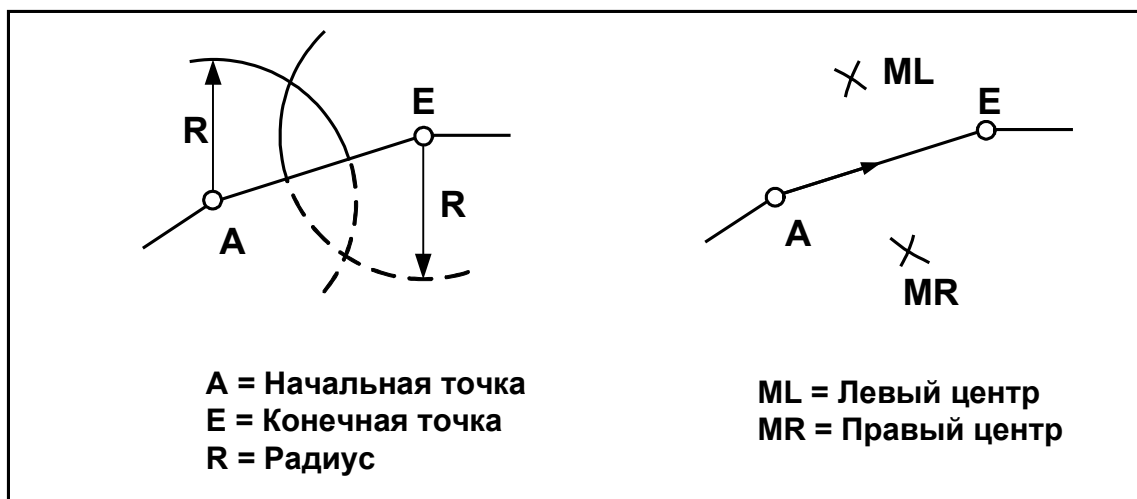


Рис.14

Расположение центра окружности зависит от знака радиуса; при положительном радиусе центр будет находиться слева, а при отрицательном радиусе – справа. Расположение центра определяется также инструкциями G02 или G03 (см. рис.15).

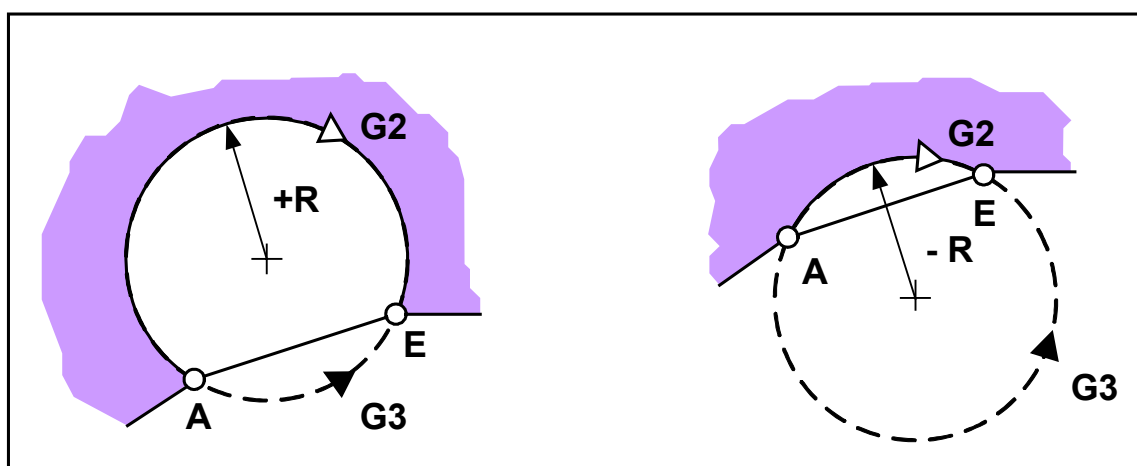


Рис.15.

Как это видно из рис.15, величина радиуса должна быть, по крайней мере, вдвое большей, чем длина отрезка, соединяющего начальную и конечную точки дуги окружности. Особым случаем является равенство отрезка удвоенному значению радиуса. Этот случай соответствует заданию полуокружности. Знак радиуса при этом значения не имеет. Программирование полной окружности через задание радиуса недопустимо. Вариант комбинации слов с инструкцией G03 в кадре: N_G17_G03_X_Y_R±_F_S_M. Здесь: инструкция G17 означает выбор круговой интерполяции в плоскости X/Y; инструкция G03 определяет круговую интерполяцию в направлении против часовой стрелки; X_Y_ представляют собой координаты конечной точки дуги окружности; R - радиус окружности.

4.2. Программирование окружности при помощи координат ее центра. Текущее положение используется в качестве начальной точки. Окружность, заданная

координатами центра, проходит через начальную и конечную ее точки. Координатные оси, вовлеченные в процесс круговой интерполяции, имеют параметры I, J и K, приданные осям соответственно. Параметры устанавливают расстояние между начальной точкой и центром M дуги окружности в направлении, параллельном осям. Знак определяется направлением вектора от A к M. Стандартное определение параметров указано на рис.16.

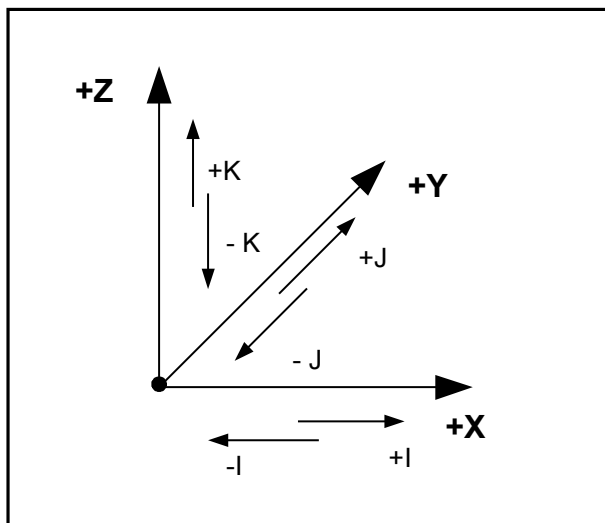


Рис.16.

На рис.16: $I=M(X)-A(X)$; $J =M(Y)-A(Y)$; $K=M(Z)-A(Z)$; I, J, K – параметры интерполяции; X, Y, Z – координатные оси, которым параметры I, J, K приданы соответственно; M – центр окружности, заданный относительно начальной точки дуги окружности.

На рис. 17-21 рассмотрены различные примеры программирования окружности.

Пример 1:

```
N...G90 G17 G02 X350 Y250 I200 J-50 F...S...M...
```

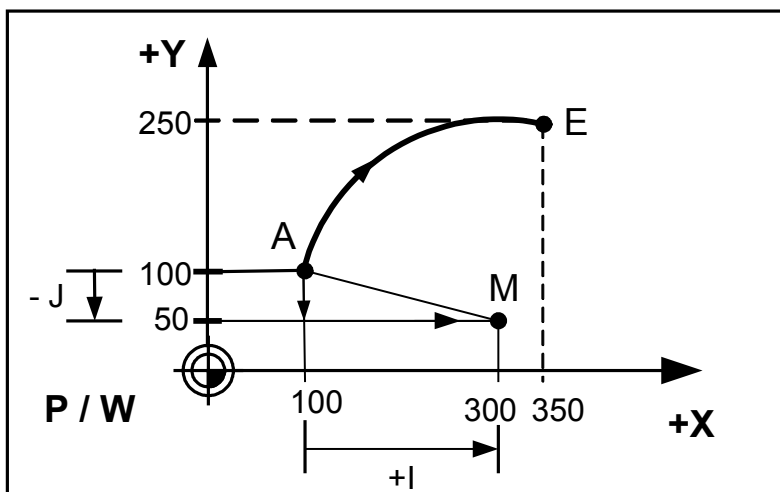


Рис.17.

Пример 2:

N...G90 G17 G03 X350 Y200 I-50 J200 F...S...M...

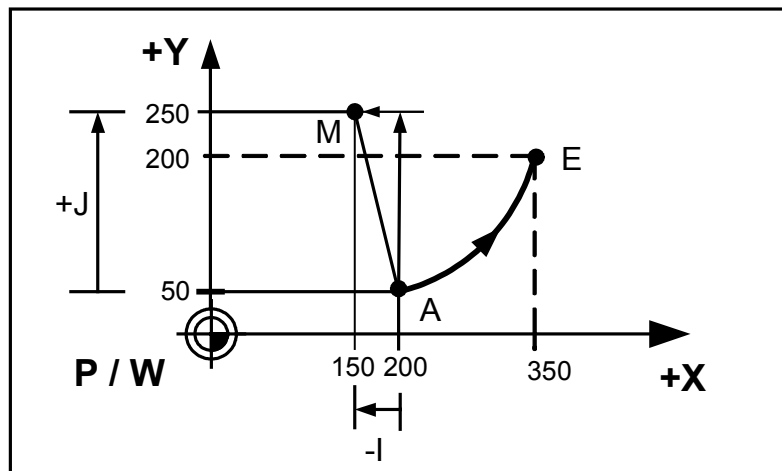


Рис.18.

Пример 3 (программирование четверти окружности):

N...G17 G02 X...Y...J-...F...S...M...

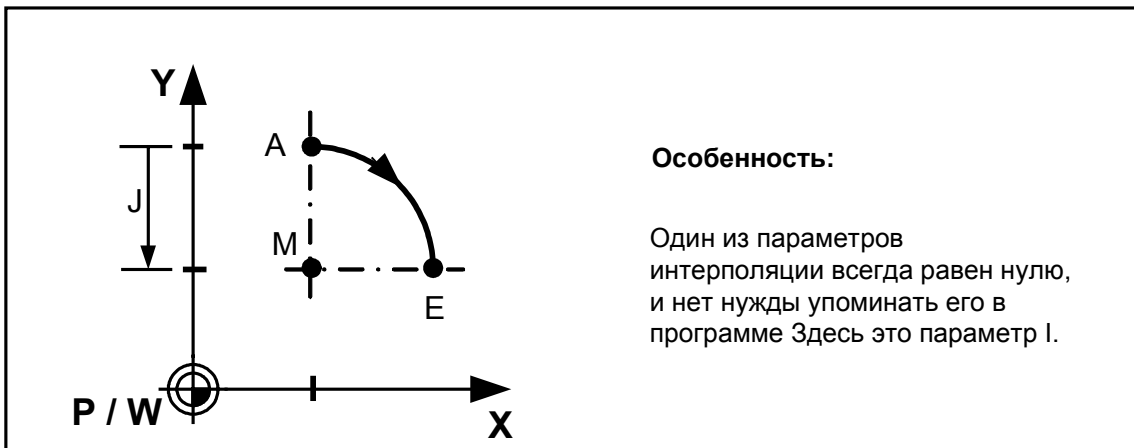


Рис.19

Пример 4 (программирование полуокружности):

N...G17 G03 X...I...F...S...M...

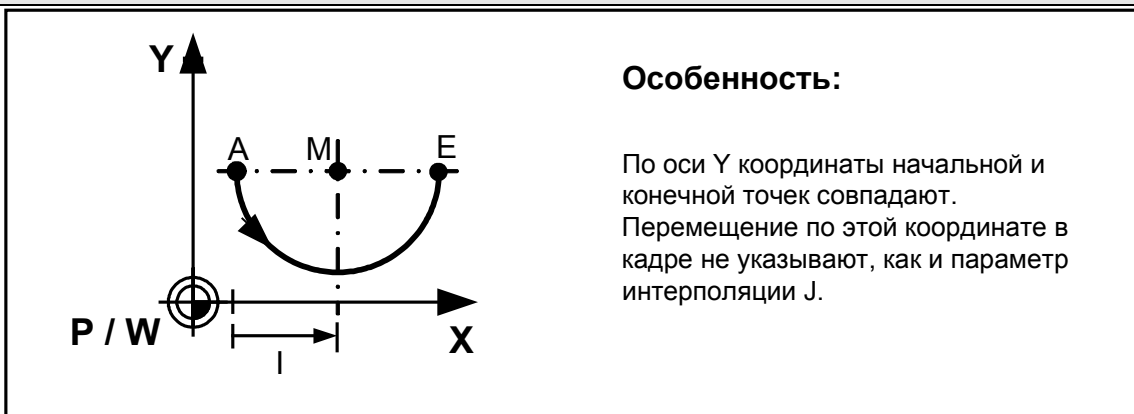


Рис.20

Пример 5 (программирование полной окружности):

```
N...G17...G02 I...F...S...M...
```



Рис.21.

5. Винтовая N-интерполяция, - G202, G203. В процессе винтовой N-интерполяции осуществляется круговая интерполяция в выбранной плоскости и линейная интерполяция для остальных синхронных координатных осей, общим числом до шести круговых или линейных осей. Это связано с тем, что общее число синхронных осей в одном канале не превышает восьми. Движение по всем координатам завершается одновременно. Винтовая N-интерполяция является обобщением простой винтовой, при которой линейная интерполяция осуществляется только для одной оси, перпендикулярной выбранной плоскости круговой интерполяции.

Плоскость круговой интерполяции определяется инструкциями G17, G18, G19, G20. В одном кадре может быть запрограммирована только одна полная окружность. Скорость подачи является контурной; однако есть некоторые особенности для линейно интерполируемых осей, связанные с использованием инструкций G594 и G595.

Движение по окружности по часовой стрелке осуществляется соответственно инструкции G202; движение по окружности против часовой стрелки осуществляется соответственно инструкции circular G203. Программирование окружности возможно с использованием радиуса и координат центра окружности.

Инструкция винтовой интерполяции является модальной и принадлежит второй группе модальных G-инструкций.

Пример простой винтовой интерполяции показан на рис. 22:

```
N...G91 G17 G03 X...Y...Z...I...J...F...S...M...
```

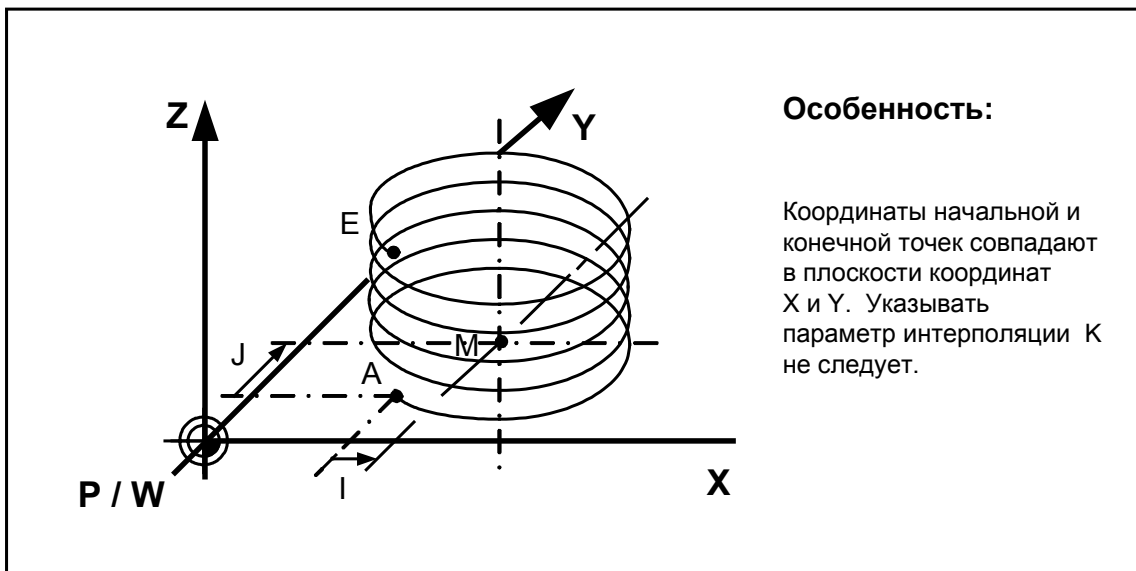



Рис.22.

6. Выдержка времени, - G04. Инструкция G04 указывает на сам факт выдержки времени, а в слове F задают величину этой выдержки в секундах. Действие инструкции распространяется только на один кадр. В этом же кадре можно программировать вспомогательные функции (например, смену инструмента), но не перемещения. Движение приводов подачи останавливается, а вращение шпинделя не выключается. Пример программирования выдержки времени:

N... G04 F... /Выдержка времени в секундах.

Повторную выдержку времени следует программировать в очередном кадре.

7. Круговая (винтовая) интерполяция с выходом на круговую траекторию по касательной, - G05. Система ЧПУ использует инструкцию G05 для расчета такого кругового участка, выход на который из предыдущего кадра (с линейной или круговой интерполяцией) осуществляется по касательной. Параметры формируемой дуги определяются автоматически; т.е. программируется только ее конечная точка, а радиус не задается: G5 X...Y... Различные примеры программирования с инструкцией G05 показаны на рис.23.

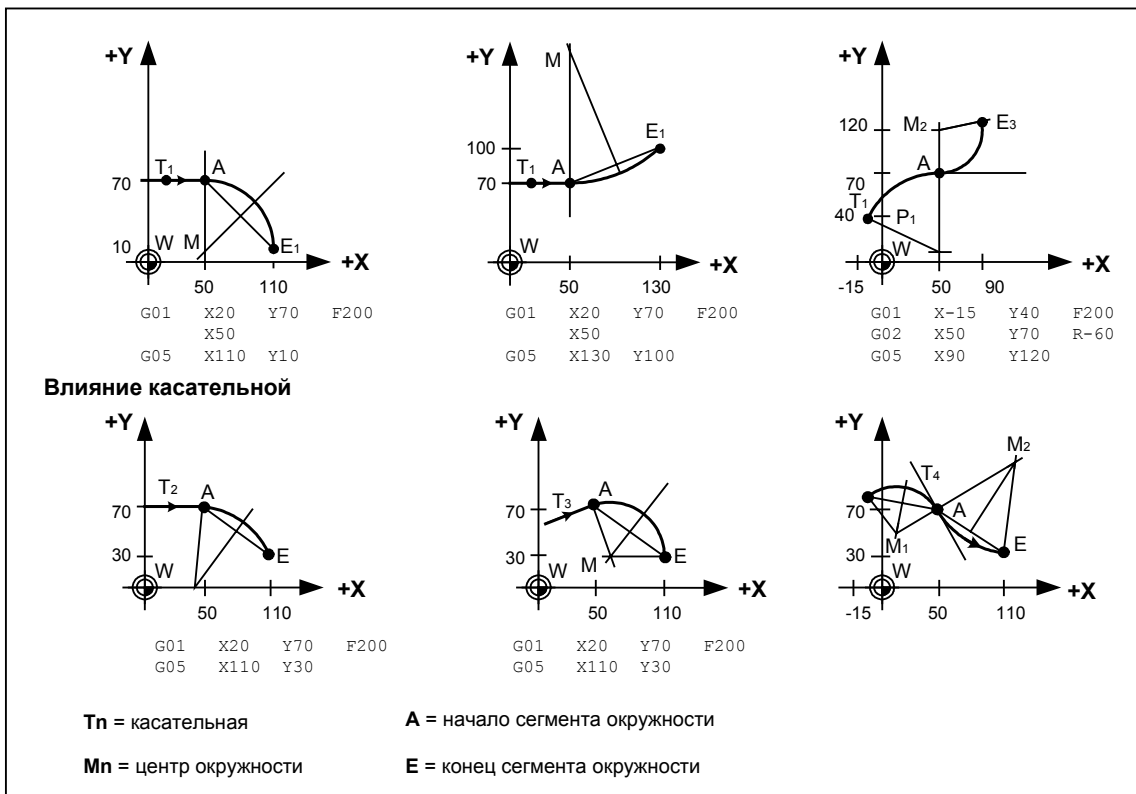


Рис.23.

8. Программирование ускорения, - G06, G07, G206. Максимальные значения ускорения по каждой координатной оси устанавливаются в «машинных параметрах». Временно эти значения могут быть снижены инструкцией G06.

Инструкция G06, сопровождаемая адресами осей, заменяет для этих осей максимальные значения ускорения на те, которые указаны в функциях осей. Эти значения интерпретируются системой управления как «тысячи Дюймов/Сек²» или как «М/Сек²», в зависимости от выбора единиц измерения инструкциями G71, G70 соответственно. Желательно программировать инструкцию G06 в отдельном кадре.

Инструкция G07 отменяет введенные изменения для всех осей сразу, т.е. значения соответствующих «машинных параметров» восстанавливаются. Инструкцию G07 можно применять одновременно с программированием перемещений.

Инструкцией G206 сохраняются во внутренней памяти системы ЧПУ действующие максимальные значения ускорения для всех координатных осей.

Инструкция G06, не сопровождаемая адресами осей, вновь активизирует максимальные значения ускорения, сохраненные во внутренней памяти системы ЧПУ.

Использование инструкций поясняется двумя примерами.

Пример 1:

G06 X2 Y2 / Максимальное значение ускорения для осей X и Y равно /2М/Сек².

Пример 2: первоначально максимальное ускорение 8М/Сек^2 задано в машинных параметрах для всех координатных осей.

G06 X1.0 Z2.1	/Максимальное ускорение для оси X равно 1.0 М/Сек^2 ;
...	/максимальное ускорение для оси Y равно 8.0 М/Сек^2 ;
	/максимальное ускорение для оси Z равно 2.1 М/Сек^2 .
G206	/Запоминание текущих максимальных значений ускорения.
...	
G07	/Активизация значений, сохраненных в машинных параметрах:
...	/максимальное ускорение для оси X равно 8.0 М/Сек^2 ;
	/максимальное ускорение для оси Y равно 8.0 М/Сек^2 ;
	/максимальное ускорение для оси Z равно 8.0 М/Сек^2 .
G06 Y5	/Максимальное ускорение для оси X равно 8.0 М/Сек^2 ;
...	/максимальное ускорение для оси Y равно 5.0 М/Сек^2 ;
	/максимальное ускорение для оси Z равно 8.0 М/Сек^2 .
G06	/Максимальное ускорение для оси X равно 1.0 М/Сек^2 ;
...	/максимальное ускорение для оси Y равно 8.0 М/Сек^2 ;
	/максимальное ускорение для оси Z равно 2.1 М/Сек^2 .

9. Управление скоростью подачи в «точках перегиба» траектории, - G08, G09.

Указанные инструкции поддерживают контурную скорость подачи вдоль сложной траектории настолько постоянной, насколько это возможно. Если подобное управление выключено, то скорость подачи снижается до нуля в конце каждого кадра и возрастает до запрограммированного значения в начале каждого кадра. Если подобное управление включено, то скорость подачи будет снижаться до необходимого уровня в точках перегиба контура (за исключением начала и конца процесса обработки), см. рис.24.

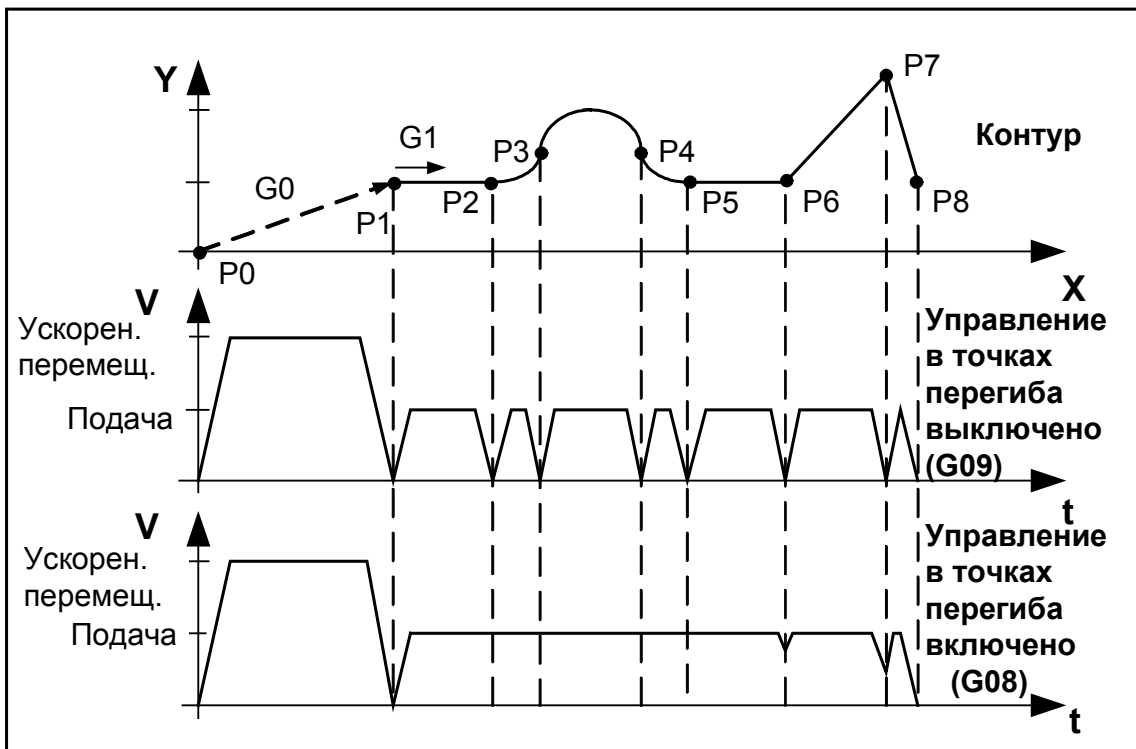


Рис.24.

При активной инструкции G08 (управление в точках перегиба включено) конечная точка P8 будет достигнута за более короткое время, чем при активной инструкции G09 (управление в точках перегиба выключено). Обе инструкции модальны.

Пример.

N...G08	/Управление в точках перегиба включено.
N...G00 X100 Y50	/Ускоренное перемещение к точке P1.
N... G01 X150 F5000	/Продолжение движения со скоростью подачи.
N...	

10. Управление скоростью подачи в точках перегиба с учетом функции “look-ahead”, - G108. Функция “look-ahead” работает в диапазоне числа кадров, установленных в машинных параметрах. Завершение диапазона для инструкции G08 выглядит так же, как и завершение процесса обработки. В этом случае произойдет неоправданное снижение скорости, как это было показано на рис. 24. Инструкция G108 позволяет избежать подобного снижения скорости подачи.

Пример.

G08
...

N998 X1000

N999 G00 X5000 G108 /В конце кадра скорость подачи снизится лишь
/до необходимого уровня.

N1000 X5001

M30

11. Переходы от кадра к кадру без торможения, - G228. Алгоритм управления скоростью подачи в точках перегиба на стыке кадров принимает во внимание величину скорости подачи, максимально допустимый скачок скорости и допустимую длину участка торможения. При этом торможение может произойти даже при незначительных изменениях угла наклона контура, т.е. при квази-гладкой траектории. Инструкция G228 позволяет установить угол излома контура, в пределах которого торможение не происходит. Инструкция программируется следующим образом: G228 {K<угол излома контура>}; где K - адрес функции, в которой указывают максимальный угол в пределах от 0 до 50 градусов.

12. Формирование «гладкого» ускорения при движении от точки к точке, - G408. Цель состоит в растягивании процедуры ускорения на величину нескольких интерполяционных циклов без скачков скорости подачи. В качестве закона изменения скорости подачи принимают, например, функцию \sin^2 .

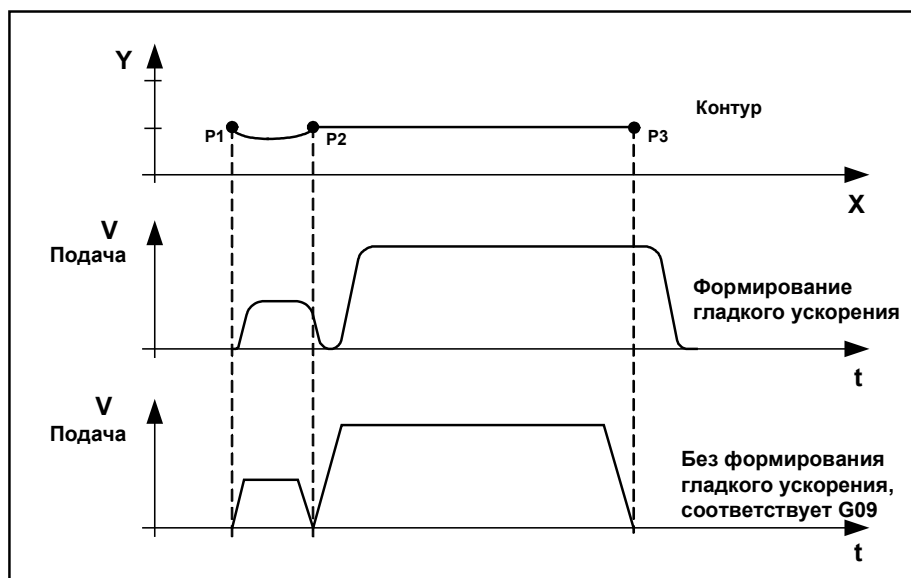


Рис.25.

Параметрами инструкции служат LIN и SIN. Параметр LIN <число> служит признаком линейного изменения ускорения; причем <число> означает количество интерполяционных циклов (от 2 до 40), между которыми распределяется линейное изменение ускорения. Параметр SIN <числовое значение> служит признаком

изменения ускорения соответственно функции \sin^2 ; а <числовое значение> является вариантом использования инструкции G408 (см. рис.26):

- SIN 0, формирование ускорения отменяется (эквивалентно G09);
- SIN 3, изменение ускорение охватывает три интерполяционных цикла в отношении 25% - 50% - 25%;
- SIN 4, изменение ускорение охватывает четыре интерполяционных цикла в отношении 12.5% - 37.5% - 37.5% - 12.5%;
- SIN 5, изменение ускорение охватывает пять интерполяционных циклов;
- SIN 10, изменение ускорение охватывает 10 интерполяционных циклов;
- SIN 15, изменение ускорение охватывает 15 интерполяционных циклов;
- SIN 20, изменение ускорение охватывает 20 интерполяционных циклов;
- SIN 40, изменение ускорение охватывает 40 интерполяционных циклов;

Параметр SIN имеет более высокий приоритет, чем параметр LIN.

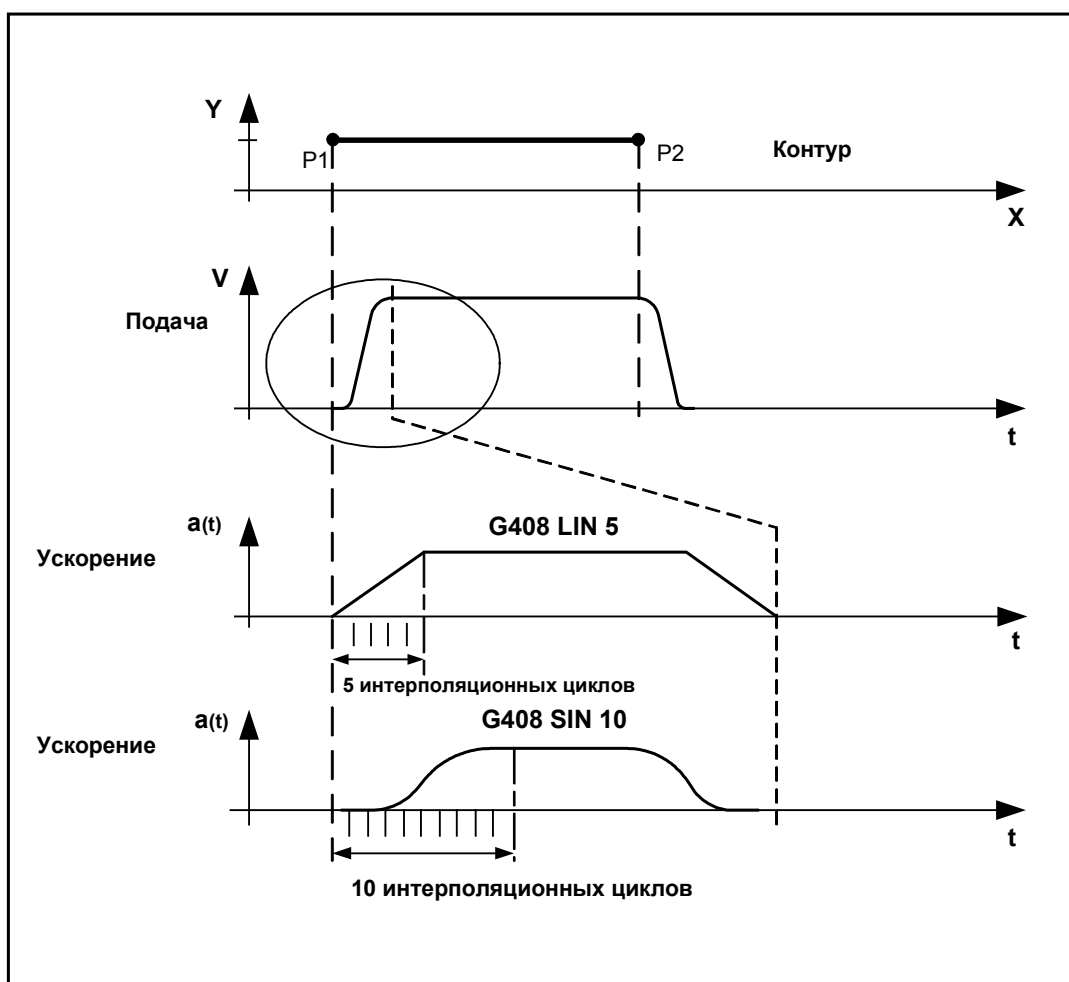


Рис.26.

Примеры корректного использования инструкции G408:

- G408; по умолчанию используется G408 LIN 2.
- G408 SIN 3 LIN 5; изменение ускорения соответствует SIN 3;

- G408 LIN 5; изменение ускорения соответствует LIN 5;
- G408 LIN 2; изменение ускорения соответствует LIN 2.

Инструкция G408 модальная (принадлежит группе инструкций G08, G09, G108, G608).

13. Формирование «гладкого» ускорения при движении от точки к точке для каждой оси в отдельности, - G608. Ускорение формируется для каждой синхронной оси независимо. В процессе интерполяции система управления автоматически определяет общую функцию формирования ускорения.

Синтаксис инструкции: G608 <ось i> < число интерполяционных циклов для формирования ускорения оси i>...<ось n> <число интерполяционных циклов для формирования ускорения оси n>.

Пример.

N...G608 X4 Y6 Z10 /Число интерполяционных циклов для оси X
/равно 4, для оси Y равно 6, для оси Z равно 10.

Примечание:

- инструкции G608, G08 G09 G408 являются модальными и прекращают действие других из той же группы;
- число интерполяционных циклов может быть назначено от 1 до 20;
- для неупомянутых осей принимается число интерполяционных циклов, заданное в машинных параметрах;
- если инструкция G608 не сопровождается перечислением осей, то для них всех принимается число интерполяционных циклов, заданное в машинных параметрах;
- инструкция G608 предполагает торможение до нуля и в этой связи используется при позиционировании.
- при инициализации системы активна инструкция G09.

14. Программирование в полярных координатах, - от G10 до G13. При программировании в полярных координатах положение точки определяется через радиус и углом. Полюс и плоскость координат задают с помощью инструкции G20.

Пример:

G20 X100 Z100 /Программирование осуществляется в плоскости
/X_Z, а декартовы координаты полюса равны X =
/100, Z = 100.

Примечание.

- Если координаты полюса не указаны, то полюс совпадает с началом декартовых координат.
- Положение точки задают начальным положением радиуса (совпадающим с одной из двух осей, определяющих плоскость полярных координат), величинами радиуса и угла. Угол отсчитывается по отношению к начальному радиусу. Функция A может иметь различный синтаксис, который устанавливается машинными параметрами.

Пример 1 (см. Рис.27).

```
N150 G20 Z25 X10 /Задание положения полюса.  
N160 G10 Z20 A70 /Задание начального положения радиуса,  
/величин радиуса и угла.
```

Пример 2 (см. Рис.27).

```
N150 G20 Z30 X20 /Задание положения полюса.  
N160 G10 X20 A70 /Задание начального положения радиуса,  
/величин радиуса и угла.
```

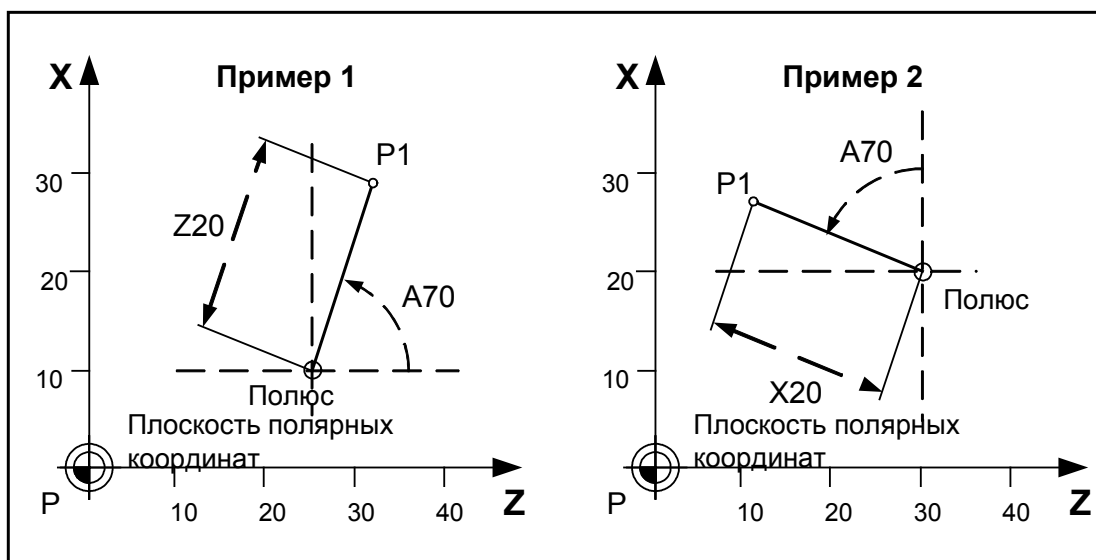


Рис.27.

Инструкции программирования:

G10, - ускоренное перемещение в полярных координатах (по типу G00).

G11, - линейная интерполяция в полярных координатах (по типу G01).

G12, - круговая интерполяция по часовой стрелке в полярных координатах (по типу G02).

G13, - круговая интерполяция против часовой стрелки в полярных координатах (по типу G03).

Инструкции G00, G01, G02, G03, G05, G10-G13 являются модальными и отменяют одна другую.

15. Инструкции программирования коэффициента KV усиления по скорости следящего привода подачи, - G14, G15. Инструкции позволяют программно изменять коэффициент KV для каждой отдельной координатной оси. Обычно этим пользуются для кратковременного повышения «жесткости» следящего привода в пределах некоторых технологических операций. В остальных случаях значение коэффициента устанавливается в машинных параметрах. В тех кадрах, которые предшествуют программному изменению значения коэффициента, должно осуществляться торможение до нулевой скорости подачи; поскольку изменять коэффициент можно лишь в статическом состоянии привода. Область использования – кратковременное изменение жесткости привода.

Значение коэффициента: $KV = V/S$; где V М/Мин - есть скорость подачи, а S – есть ошибка следящего привода по скорости. Инструкция G14 открывает возможность программирования коэффициента KV; а инструкция G15 закрывает такую возможность.

Пример:

G14 X1.20 Y1.20 Z1.20	/Значение KV устанавливается равным 1.2 /для осей X, Y и Z .
G14 Z1.4	/Значение KV устанавливается равным 1.4 /для оси Z .
G15 X200 Y300 Z-150	/Возвращается то значение KV, которое /было установлено машинными /параметрами.

Максимальное значение коэффициента KV равно 655. 35. Инструкцию G15 можно использовать без позиционной информации в кадре.

16. Программирование без указания плоскости, - G16. Инструкция G16 используется в следующих случаях.

- Если одна из осей, образующих заданную ранее плоскость, удаляется из канала; то инструкция G16 активизируется автоматически. Круговая интерполяция невозможна вплоть до выбора новой плоскости интерполяции.
- Если ни одна из инструкций выбора плоскости (G17, G18, G19, G20) не действует по умолчанию после инициализации системы, то инструкция G16 активизируется автоматически.
- Если ни в круговой, ни в винтовой интерполяции нет необходимости (например, если каналу приписана только одна координатная ось).

Инструкция G16 деактивирует выбор плоскости. Эта инструкция является модальной и действует в той же группе, что и G17, G18, G19, G20.

17. Выбор плоскости, - G17 (плоскость X_Y), G18 (плоскость Z_X), G19 (плоскость Y_Z). Инструкции определяют выбор рабочей плоскости в системе координат детали или программы. Работа инструкций G02 G03 G05 непосредственно связана с этим выбором; так же, как и программирование в полярных координатах; так же, как и эквидистантная коррекция (см. рис.28).

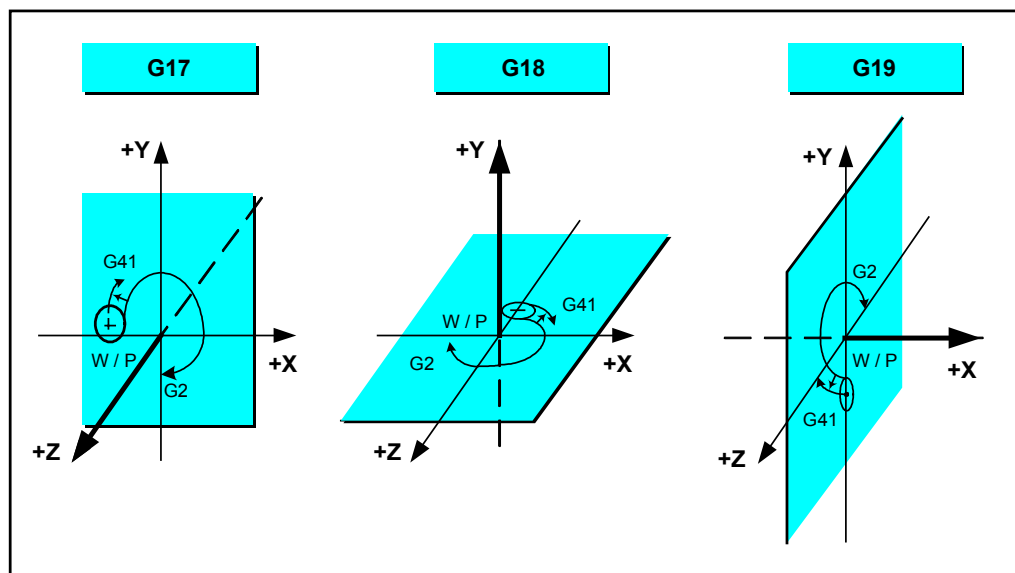


Рис.28.

В современных системах ЧПУ наименование осей может быть иным, нежели X, Y и Z. В этом случае выбор плоскости и назначение параметров интерполяции осуществляют в соответствии с классификацией осей (зафиксированной в машинных параметрах) согласно следующей схеме:

	Классификационный номер	Классификационный номер

	главной оси и приданный ей параметр интерполяции	вторичной оси и приданный ей параметр интерполяции
G17	1 (I)	2 (J)
G18	3 (K)	1 (I)
G19	2 (J)	3 (K)

18. Свободный выбор плоскости интерполяции для двух осей, назначение полюса для программирования в полярных координатах, - G20. В кадре с инструкцией G20 задают координатные оси, определяющие плоскость интерполяции и коррекции на радиус фрезы. Если адреса осей сопровождаются числовой информацией, то система управления интерпретирует эту информацию как координаты полюса полярной системы координат (см. G10-G13).

Пример:

N...G20 XO YO	/ Выбор плоскости X_Y в качестве плоскости /интерполяции. Координаты полюса: X=0,Y=0).
N...G20 Y100 Z200	/ Выбор плоскости X_Y в качестве плоскости /интерполяции. Координаты полюса: Y=100, Z=200.

19. Программирование классификации осей, - G21. Классификация устанавливает:

- выбор осей, соответствующих инструкциям G17, G18 и G19; а также выбор признаков главной и вторичной осей;
- выбор признаков главной и вторичной осей в кадре с инструкцией G20;
- связывание параметров интерполяции I, J и K с осями в соответствии с установленной классификацией.

Пример:

N100 G17 XO YO ZO	/Классификация осей по умолчанию: X=1; Y=2; Z=3.
N200 G512 (Y)	/Y удаляется из составленной группы /осей. Подразумевается переключение на G16. /Круговая интерполяция становится невозможной.
N210 G511 (YA)	/Ось YA входит в группу осей без /классификационного номера.

N220 G21 YA2	/YA получает классификационный номер 2.
N230 G17	/Активизация плоскости X_YA.
N240 G2 X YA	/Круговая интерполяция вновь возможна.

20. Активизация таблиц, - G22.

Инструкцию G22 используют для активизации:

- таблиц смещения нуля;
- таблиц коррекции инструмента;
- таблиц, определяющих положение наклонных плоскостей.

Таблицы сохраняются в виде ASCII-файлов в файловой системе. Число таблиц ограничено объемом памяти файловой системы.

Программирование:

N...G22 V {<путь>}<имя файла>	/ Активизация таблицы смещения нуля.
N...G22 K {<путь>}<имя файла>	/ Активизация таблицы коррекции / инструмента.
N...G22 ID {<путь>}<имя файла>	/ Активизация таблицы, определяющей / положение наклонной плоскости.

Здесь: <имя файла> - свободно выбираемое имя файла; <путь> - путь доступа к файлу.

21. Программирование переходов: безусловного перехода G24 <номер кадра>; условного перехода G23 <интерфейсный сигнал>; перехода назад GOTOB; перехода вперед GOTOF.

Обычно кадры программ, подпрограмм и циклов выполняются в той же последовательности, в какой они запрограммированы. Однако эта последовательность может быть изменена при помощи переходов. Возможны различные варианты таких переходов.

22. Нарезание резьбы без компенсирующего патрона, - G32.

Система ЧПУ осуществляет линейную интерполяцию между перемещением вдоль оси нарезания резьбы и вращением шпинделя, т.е. синхронизирует эти движения. При этом отпадает необходимость в компенсирующем патроне, сглаживающим

несоответствие между указанными перемещениями (при нарезании резьбы метчиком). Синтаксис инструкции выглядит следующим образом: G32 <ось нарезания резьбы> F<подача> M<3|4> S <частота вращения шпинделя> | H < шаг резьбы >. Задание частоты вращения шпинделя альтернативно заданию шага резьбы. (M3/M4) – признак прямого или реверсивного движения.

Пример 1:

N10 G00 X20 Y15 Z10 F1000 S5000	/Позиционирование вдоль оси.
N20 G32 Z-20 F1000 M3 S1000	/Нарезание резьбы вдоль оси Z.
N30 G32 Z5 F1000 M4 S1000	/Реверсивное движение вдоль оси Z.

Пример 2:

N10 GO X30 Y5 ZO F1500	/Позиционирование вдоль оси.
N20 G32 Z-20 M3 H. 75	/Нарезание резьбы вдоль оси Z.
N30 G32 ZO M4 H. 75	/Реверсивное движение вдоль оси Z.

Нарезание резьбы и реверсивное движение должны осуществляться во втором примере с одним и тем же шагом.

23. Сглаживание сопряжения кадров, - G34, G35, G36, G134.

Инструкции G34 и G134 задают скругление на стыке двух кадров с прямолинейными участками, а инструкция G134 выполняет ту же функцию на стыке кадров с круговыми или винтовыми траекториями. В результате выравнивается скорость подачи, и соблюдаются ограничения на ускорение. С другой же стороны, в процессе интерполяции поддерживается минимальное отклонение от запрограммированного и скорректированного контуров. Параметры отклонения устанавливаются в машинных параметрах, но могут и быть изменены в управляющей программе.

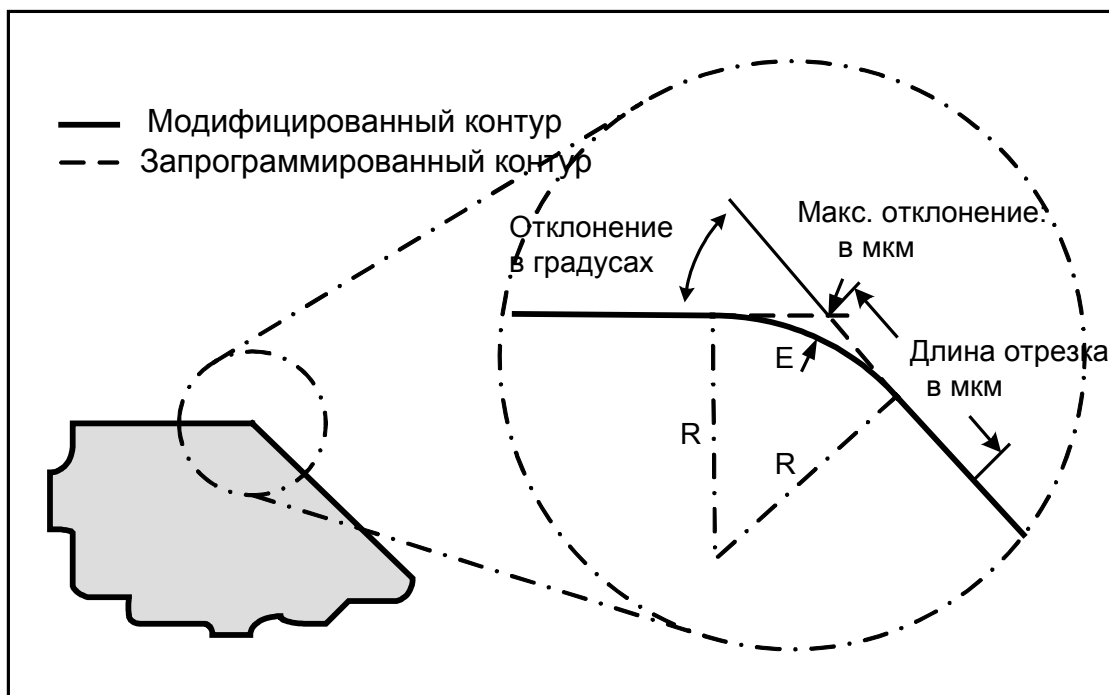


Рис.29.

Инструкция G34 включает функцию скругления для двух линейных участков, а инструкция G35 выключает эту функцию. Для программирования отклонения скорректированного контура используют E-слово; это возможно только при активной инструкции G34. Инструкция G36 восстанавливает параметры отклонения, установленные в машинных параметрах. Инструкция G134 включает функцию скругления для двух круговых или винтовых участков. Для программирования радиуса скругления используют модальное R-слово. Задание радиуса возможно лишь при активной инструкции G134.

24. Зеркальное отображение, масштабирование, поворот, - G37, G38, G39. При зеркальном отображении, масштабировании и повороте отсутствует необходимость в изменении контура в исходной управляющей программе.

Можно использовать любую комбинацию этих функций (см. рис. 30).

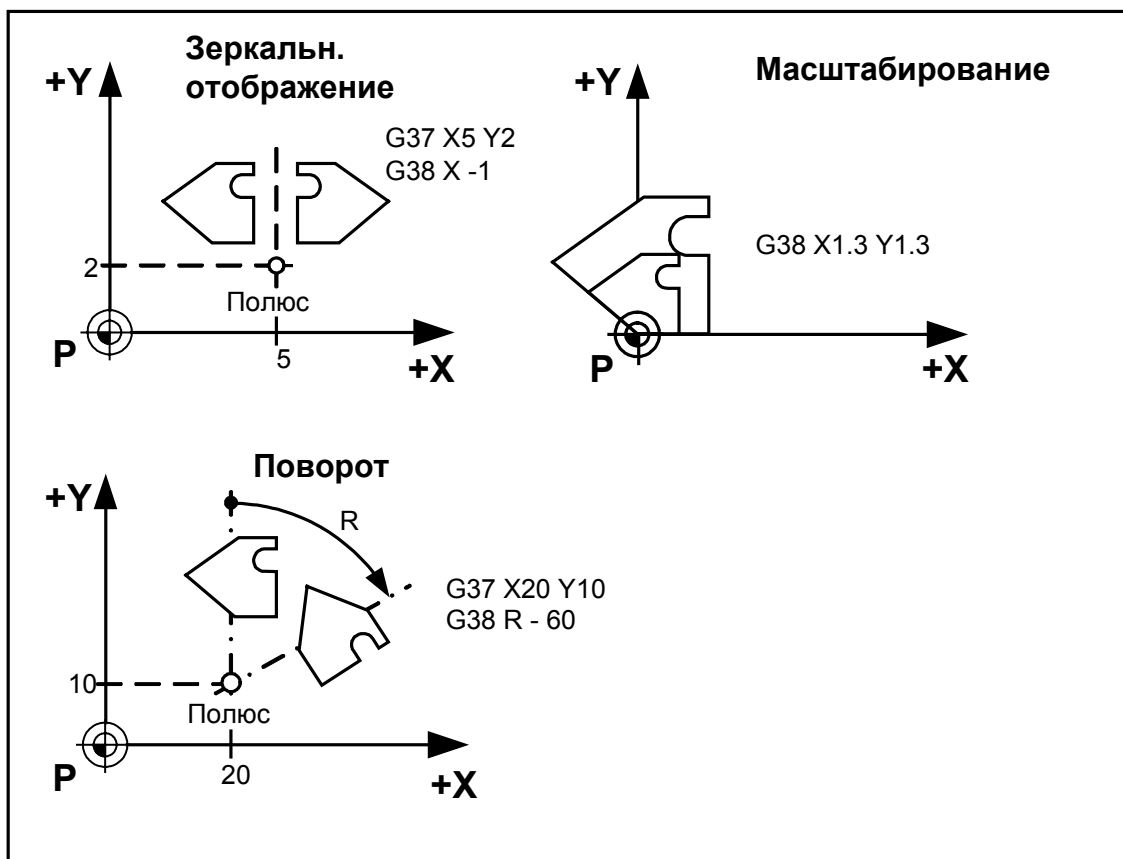
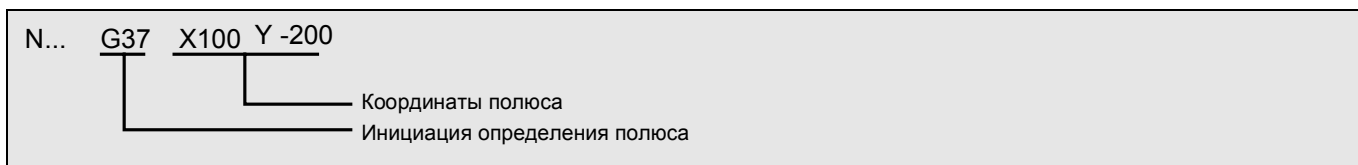


Рис.30.

С помощью инструкции G37 задают координаты точки, относительно которой осуществляется зеркальное отображение или поворот. С помощью инструкции G38 активизируют функции зеркального отображения, поворота, масштабирования. С помощью инструкции G39 активизируют функции зеркального отображения, поворота, масштабирования.

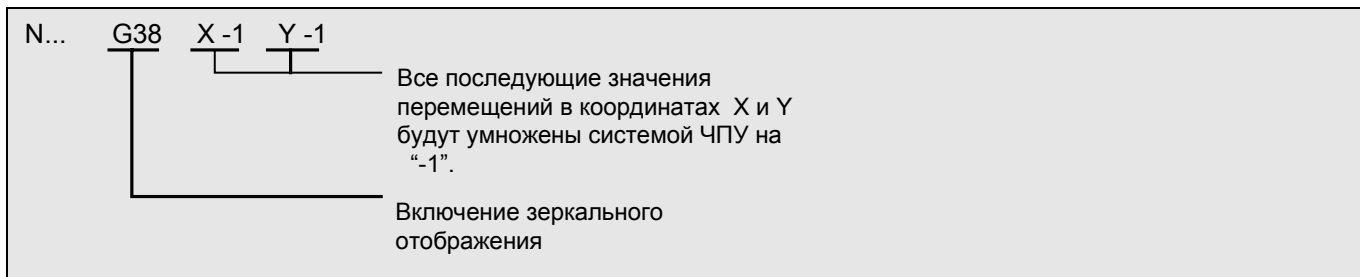
24.1. Зеркальное отображение, - G37, G38, G39. Модальная инструкция G37 сопровождается заданием абсолютных координат полюса (точки зеркального отображения) относительно нуля управляющей программы. Инструкцию можно использовать только в комбинации с G38.

Пример:



Модальная инструкция G38 включения зеркального отображения сопровождается адресом координатной оси и значением "-1". При этом вся позиционная информация для этой оси приобретает противоположный знак. При любом ином значении, отличающемся от единицы, будет осуществлено масштабирование.

Пример:



Модальная инструкция G39 выключает функцию зеркального отображения, уничтожая все оси такого отображения. Инструкция прекращает действие инструкций G37 и G38; и сбрасывает координаты полюса в нуль.

Примеры зеркального отображения представлены на рис.31.

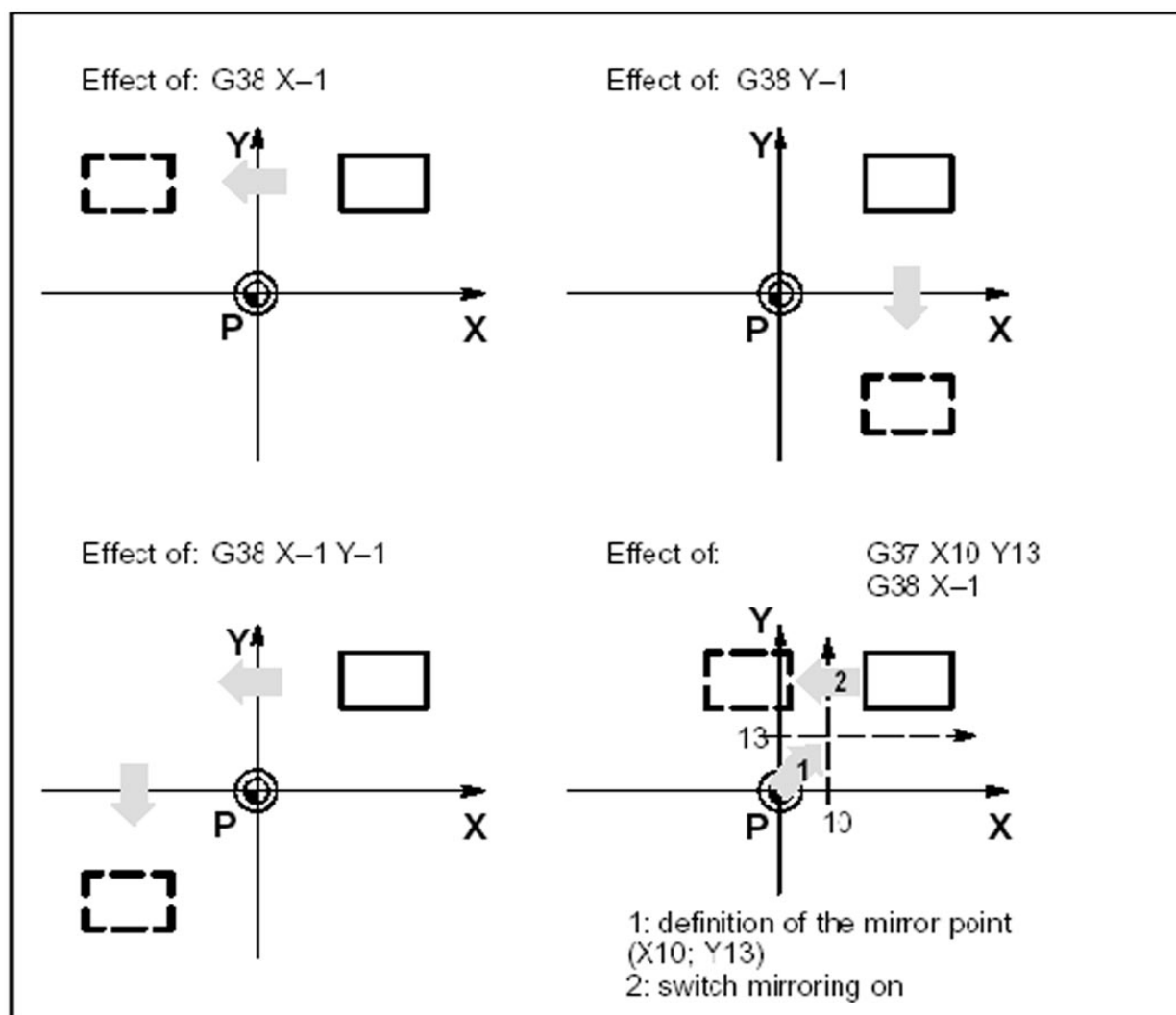


Рис.31.

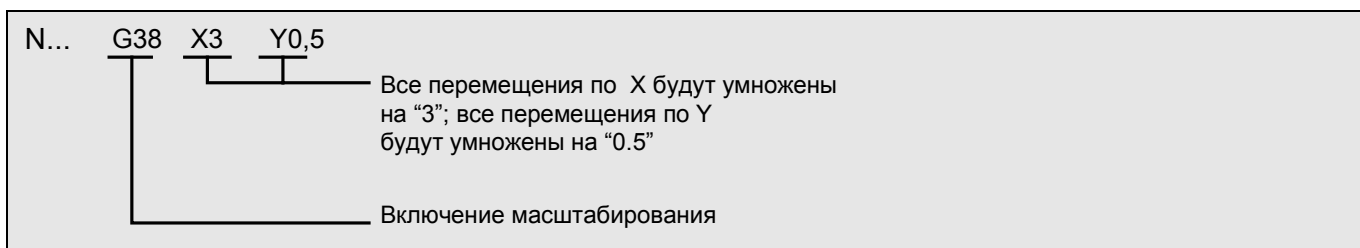
24.2. Масштабирование, - G38, G39. При масштабировании эталонный контур увеличивают или уменьшают. В особенности это удобно при использовании

подпрограмм, когда перед их вызовом в основную программу вносят, если это нужно, коэффициент масштабирования. Это позволяет оставлять основную программу неизменной. Масштабирование не изменяет скорости подачи, а вспомогательные функции M02 и M30 в подпрограммах не выключают функции масштабирования. Коэффициент масштабирования устанавливают независимо для всех координатных осей; однако при круговой и винтовой интерполяции этот коэффициент должен быть для всех осей одинаковым. Коэффициент масштабирования изменяет параметры интерполяции I, J, K, R.

Инструкция масштабирования может работать вместе с инструкциями G00, G01, G02, G03, G05, G10, G11, G12, G13, G20, G73, G90, G91, G190, G191, G200. Для инструкции G37 координаты полюса не меняются. Инструкция масштабирования не оказывает влияния на параметры коррекции инструмента, т.е. на инструкции G40, G41, G42, G43, G44. Инструкция масштабирования не оказывает влияния на координаты смещения нуля, т.е. на инструкции G54-G59, G154-G159, G254-G259. Программируемые смещения контура в соответствии с инструкцией G60 и компенсации в соответствии с инструкцией G92 не масштабируются. Масштабирование не связано с измерениями для инструкций G70, G71. Инструкция масштабирования становится пассивной при активных инструкциях G74, G76. Если фактор масштабирования оказывает влияние на координаты начальной точки контура, следует соответствующим образом запрограммировать нуль координатной системы детали.

Модальная инструкция G38 (см. рис.32) включает масштабирование для тех осей, которые указаны в кадре с положительным коэффициентом масштабирования. При этом все запрограммированные размеры для этой оси будут умножены на коэффициент масштабирования. Т.е. при любом коэффициенте масштабирования, отличающемся от единицы, параметры контура изменятся: в большую сторону при значении коэффициента > 1 , в меньшую сторону при значении коэффициента < 1 . Если значение коэффициента указано со знаком минус, то к масштабированию добавляется зеркальное отображение.

Пример:



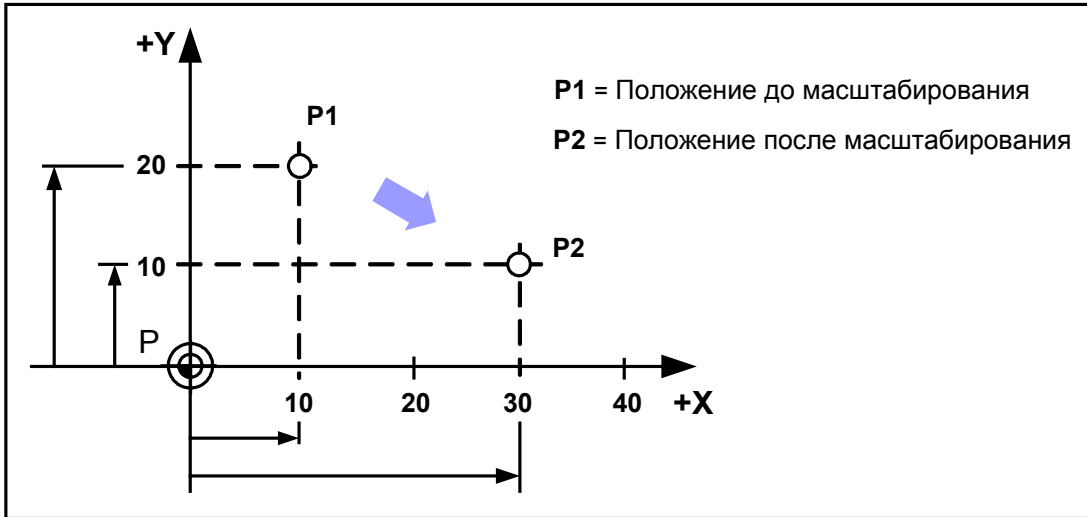


Рис.32.

Инструкция G39 выключает зеркальное отображение, масштабирование и поворот. Примеры масштабирования представлены на рис.33.

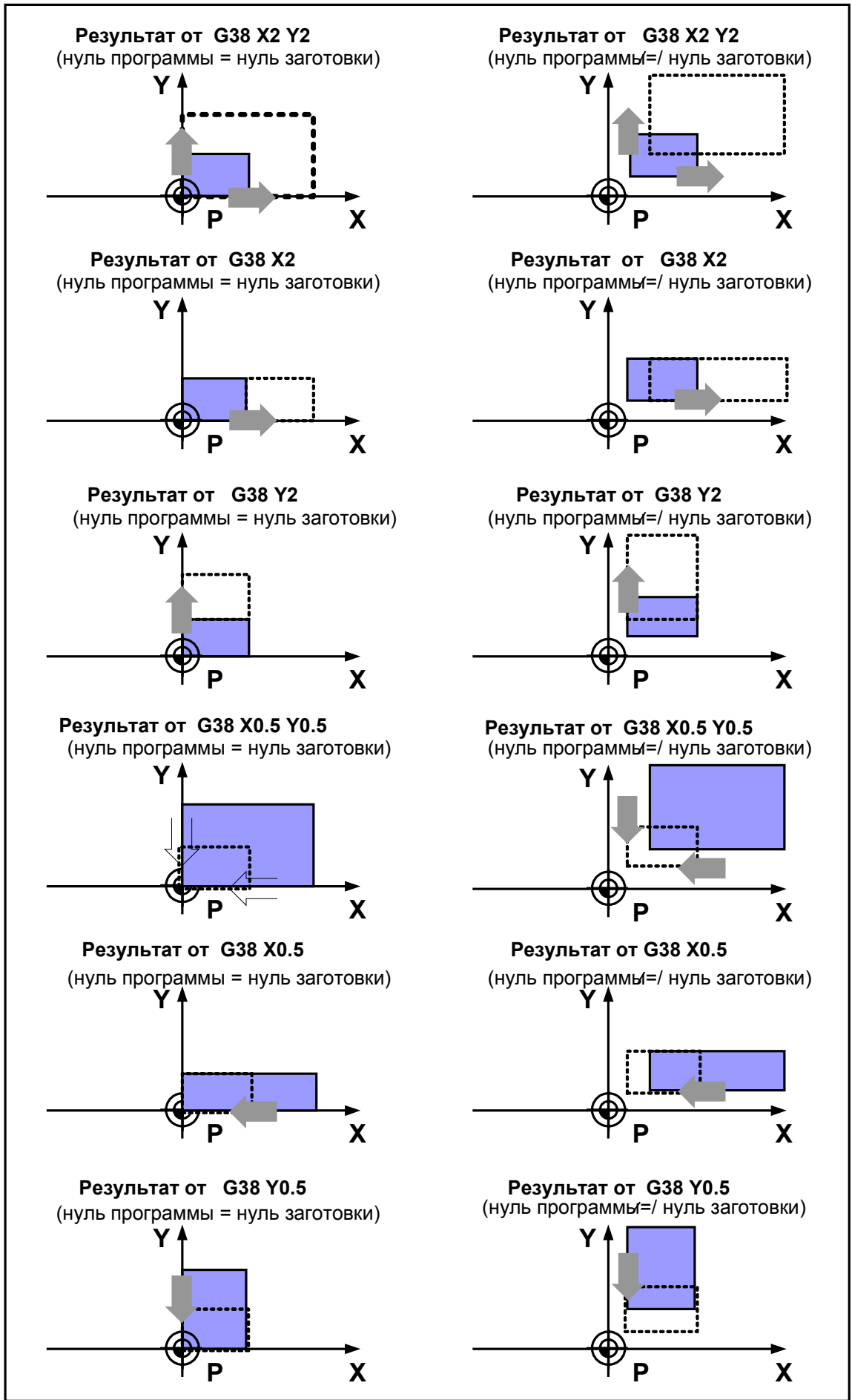


Рис.33.

24.3. Поворот, - G37, G38, G39. Поворот осуществляется в активной плоскости соответственно инструкциям G17, G18, G19, G20.

Модальная инструкция G37 служит для задания полюса поворота в абсолютных координатах относительно нуля управляющей программы. Если поворот осуществляется относительно этого нуля, то инструкция G37 не требуется. Действие инструкции отменяется инструкциями G39 или G37 (с другими координатами полюса).

Пример:

N...G17 G37 X200 Y100	
	Координаты полюса
	Инициация определения полюса
	Выбор координатной плоскости (может быть опущен, если в активной плоскости предполагается поворот)

Модальная инструкция G38 активизирует поворот; при этом должен быть запрограммирован угол поворота радиуса. Положительные значения угла поворота радиуса указывают на вращение против часовой стрелки; отрицательные значения угла поворота радиуса указывают на вращение по часовой стрелке. Программное смещение G60 будет учтено при повороте для расчета координат.

Пример:

N... G38 R + 30	
	Угол поворота
	Включение поворота

Пример поворота проиллюстрирован на рис.34.

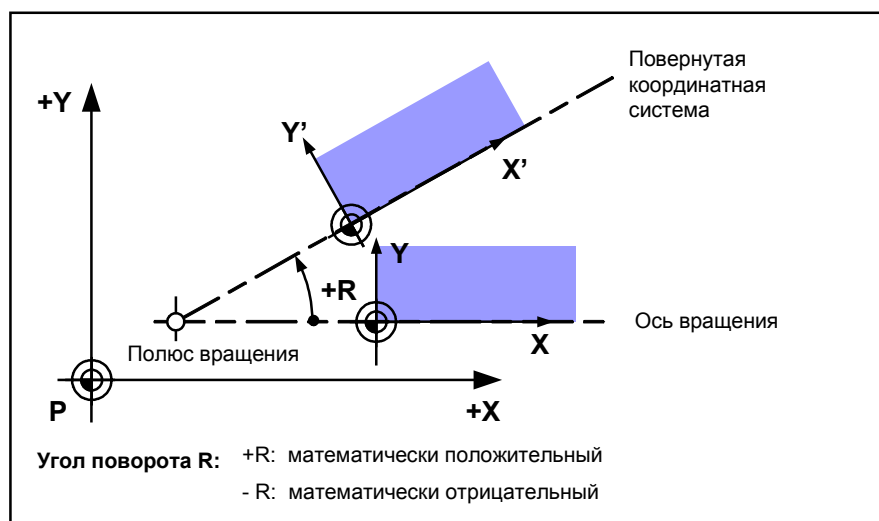


Рис.34.

Модальная инструкция G39 деактивирует зеркальное отображение, масштабирование и поворот.

Примеры использования инструкций поворота показаны на рис.35.

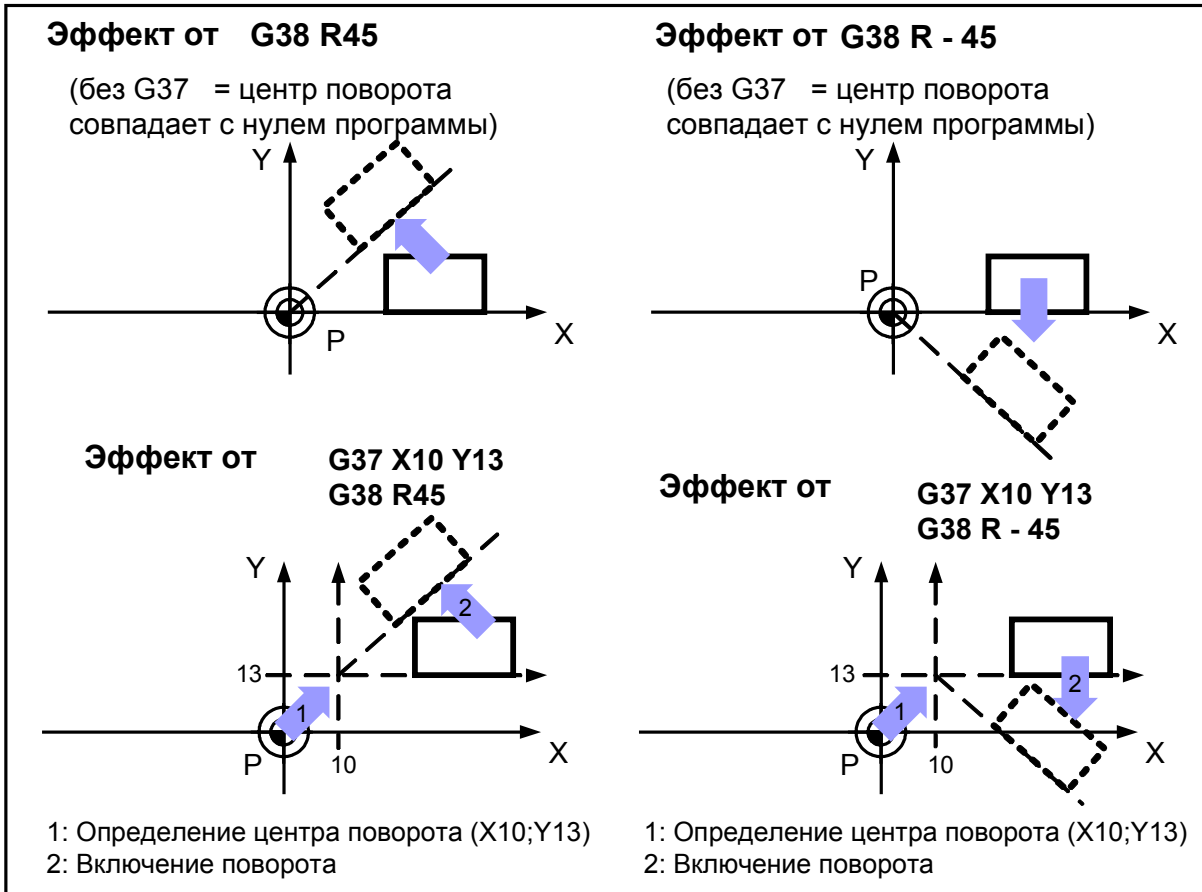


Рис.35.

24.4. Совместное использование зеркального отображения, масштабирования и поворота. При совместном использовании, первым выполняется поворот, а затем зеркальное отображение и масштабирование.

Пример:

N...G37 X100 Y-200	/Определение полюса вращения и зеркального отображения
N...G38 X-3 Y-2 R115	/Угол поворота против часовой стрелки на 115 градусов. /Зеркальное отображение задано знаками минус. /Коэффициент масштабирования по осям X и Y равен соответственно трем и двум.
N...G39	/Все три функции деактивируются.

24.5. Отношения между инструкциями G37/G38, с одной стороны, и инструкциями G60 или G54, G259, - с другой стороны. В пределах координатной системы

управляющей программы инструкция G60 оказывает влияние на инструкции G37/G38, см. рис.36.

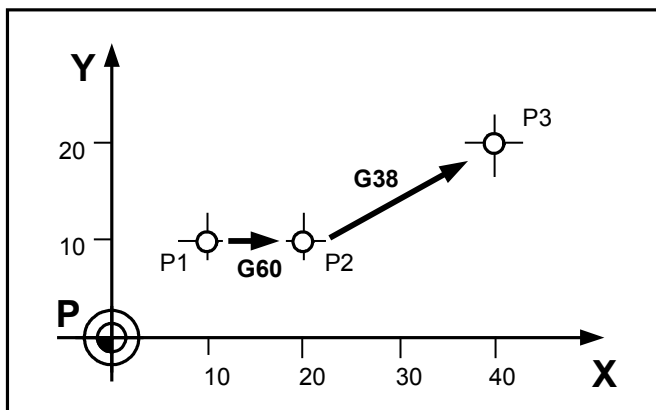


Рис.36.

Рисунок можно проиллюстрировать фрагментом программы.

```

N05... /Точка P1: исходное положение.
N10 G60 /Точка P2: смещение G60 точки P1.
N20 G38 X2 Y2 /Активизация масштабирования.
N30 G01 X10 Y10 /Точка P3: масштабное отображение положения P2.
    
```

Инструкции G54, G259 инициируют смещение начала координатной системы управляющей программы по отношению к началу координатной системы станка. По этой причине эти инструкции не оказывают влияния на операции, предусмотренные инструкциями G37/G38 или G60, см. рис.37.

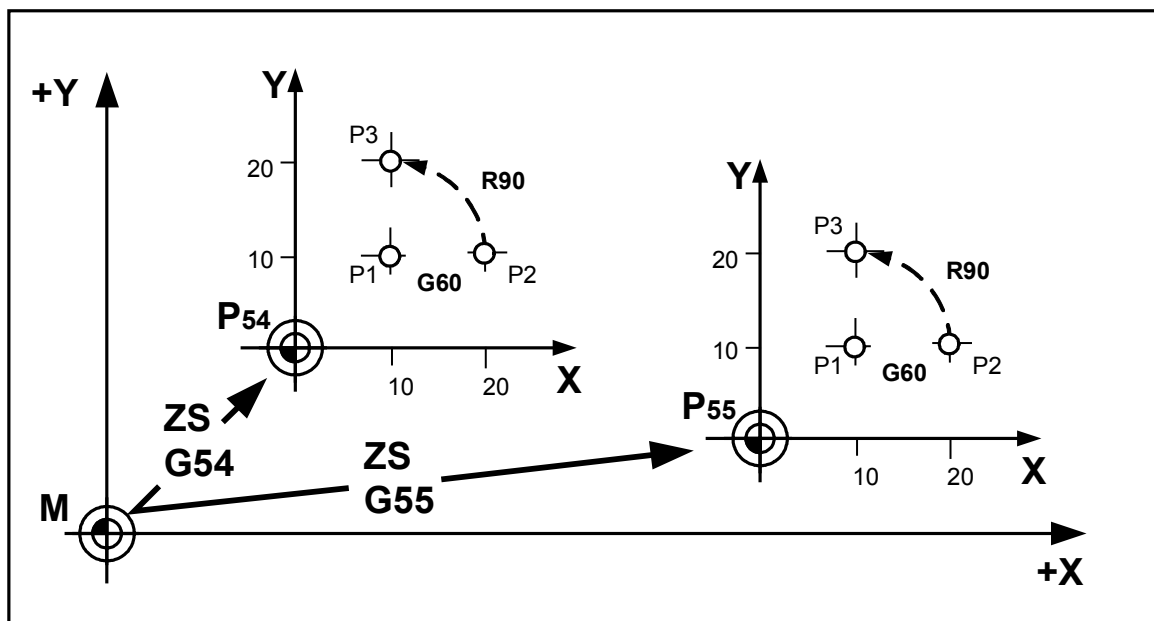


Рис.37.

На рис. 37 показаны такие примеры:

Пример для G54	Пример для G55	Комментарий
----------------	----------------	-------------

N10 G54	N110 G55	Вызов функции
N20 G37 X10 Y10	N120 G37 X10 Y10	Точка P1 есть полюс с координатами X10 Y10
N30 G60 X10	N130 G60 X10	Точка P2 есть смещение G60 точки P1
N40 G38 R90	N140 G38 R90	Точка P3 есть результат поворота P2
N50 G01 X10 Y10	N150 G01 X10 Y10	

25. Эквидистантная коррекция, - G40, G41, G42. В результате коррекции инструмент перемещается по траектории, параллельной исходному контуру. Принцип эквидистантной коррекции проиллюстрирован на рис.38.

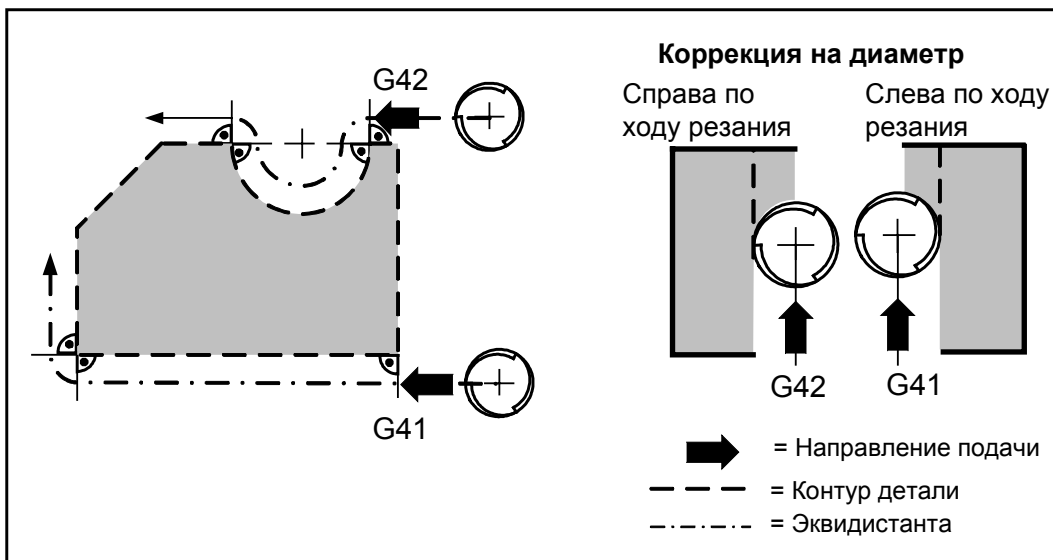


Рис.38.

Вдоль контура и тех сопряжений кадров, для которых угол наклона касательной остается неизменным, эквидистанта однозначно определяется параметрами контура, см. рис.39.

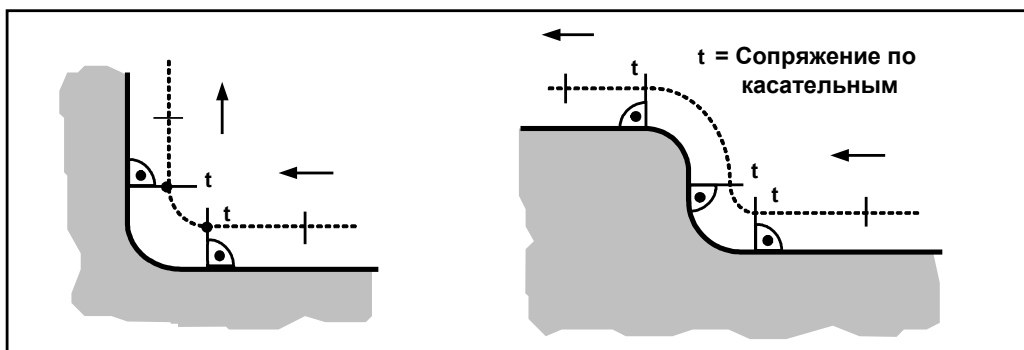


Рис.39.

В других же нерегулярных случаях внешних сопряжений кадров система ЧПУ рассчитывает сопряжения отрезков эквидистант соответственно инструкциям G68 или G69, см. рис.40.

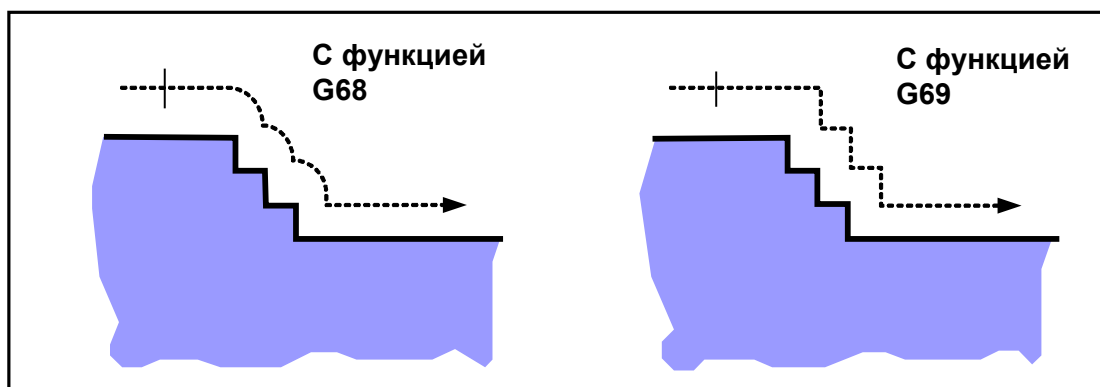


Рис.40.

В случае нерегулярных сопряжений внутренних контуров система ЧПУ рассчитывает пересечения эквидистант для определения нужной траектории, см. рис.41. В некоторых случаях это может привести к полному искажению контура. Чтобы избежать этого, некоторые системы ЧПУ располагают функцией «контроля коллизий»

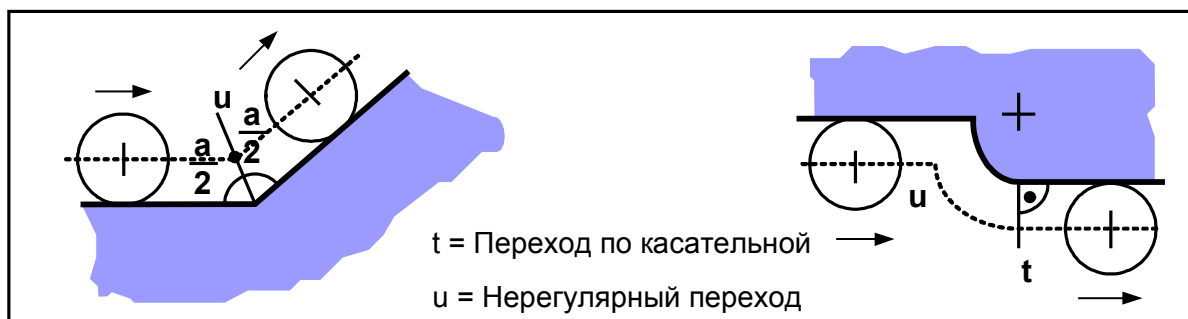


Рис.41.

25.1. Отмена коррекции, - G40. Отмена коррекции G40 может сопровождаться прямолинейным движением в активной плоскости. В этом случае выход из эквидистантной траектории осуществляется «по пути» к конечной точке кадра. Если активны функции круговой интерполяции, то действие инструкции G40 не должно сопровождаться перемещением.

25.2. Эквидистантная коррекция, - G41. Инструкция G41 инициирует положительную эквидистантную коррекцию слева от заготовки, если смотреть в направлении подачи. Для реализации коррекции радиус фрезы программируют в D-слове, а номер инструмента в T-слове. Вместе с инструкцией G41 можно программировать линейные

перемещения; тогда активизация эквидистантной коррекции произойдет «по пути» движения к конечной точке кадра.

Пример:

```
N60 G41 X...Y...Z...D...  
или  
N60 T123 M06  
N65 G41 X...Y...Z...
```

25.3. Эквидистантная коррекция, - G42. Инструкция G42 инициирует эквидистантную коррекцию справа от заготовки, если смотреть в направлении подачи. Все остальное – идентично инструкции G41.

Пример:

```
N60 G42 X...Y...Z...D...  
или  
N60 T123 M06  
N65 G42 X...Y...Z...
```

26. Смещение нуля (ZS), - отмена смещения G53; инициация смещения G54-G59; отмена первого аддитивного смещения G153; инициация первого аддитивного смещения G154-G159; отмена второго аддитивного смещения G253; инициация второго аддитивного смещения G254-G259. Инструкция смещения нуля позволяет сместить начало координат управляющей программы по отношению к началу координат станка. Значения смещений сохраняются в таблицах. Каждая таблица может содержать до трех групп из шести смещений нуля соответственно инструкциям G54, G59, G154, G159, G254, G259. Для активизации смещения нуля необходимо выбрать желаемую таблицу (см. G22), а далее просто упомянуть соответствующую G-инструкцию, без какой либо дополнительной позиционной информации. Все смещения нуля действуют аддитивно: G54+G156+G259. Смещения нуля внутри группы обновляют друг друга.

Пример

```
N...G22 V1 /Инициация таблицы V1 смещений нуля.  
N... G54 /Смещение нуля активизировано, без функции перемещения.  
или  
N...G54 X...Y...Z... /Смещение нуля связано с приведенной здесь позиционной  
/информацией.
```

N...	
N...G154 X...Y... Z...	/Первое аддитивное смещение нуля связано с приведенной /здесь позиционной информацией.
N...	
N...G254 X...Y...Z...	/Второе аддитивное смещение нуля связано с приведенной /здесь позиционной информацией.
N...	
N...G253	/Отменяется второе аддитивное смещение нуля.
N...	
N...G53	/Отменяются все активные смещения нуля.

Инструкции от G54 до G59 являются модальными и взаимно деактивируют друг друга. Инструкция G53 отменяет смещения нуля, объявленные инструкциями этой группы и инструкциями групп первого и второго аддитивного смещения. Инструкция G53 не оказывает влияния на программное смещение контура, заданное инструкцией G60. Инструкции от G154 до G159 являются модальными и взаимно деактивируют друг друга. Их действие прекращается инструкциями G153 или G53. Инструкции от G254 до G259 являются модальными и взаимно деактивируют друг друга. Их действие прекращается инструкциями G253 или G53.

Принцип программирования смещения нуля проиллюстрирован на рис. 42.

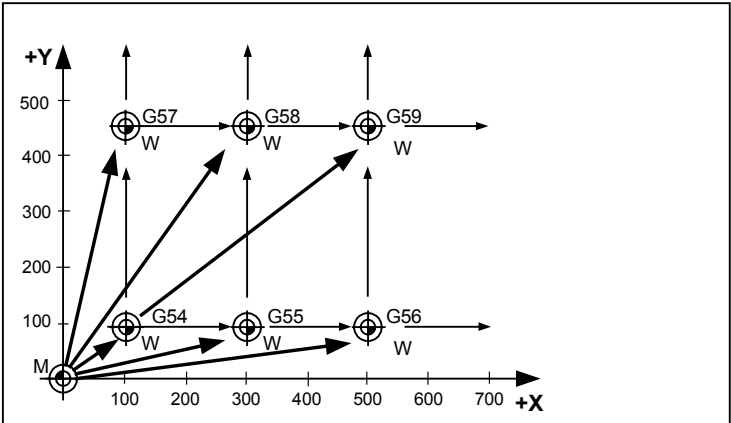


Рис.42.

27. Программное смещение контура, - G60, G67. Инструкция G60 не меняет положения координатной системы управляющей программы относительно координатной системы станка, но лишь осуществляет смещение контура в пределах координатной системы управляющей программы. Инструкция G60 не инициирует никаких перемещений.

Инструкция G60 включает программное смещение контура, а инструкция G67 –

выключает это смещение.

Пример:

N10 G60 X10 Y10 Z50 /Новая нулевая точка программы имеет координаты X10,
/Y10, Z50. Перемещения в кадре отсутствуют.

N...

N100 G01 X...Y...Z... /Перемещения с учетом программного смещения нуля.

N...

N210 G67 X...Y...Z... /Перемещения без учета программного смещения нуля.

N...

Или:

N210 G67 /Сброс G60

При использовании инструкции G60, те координаты, которые не перепрограммируются, сохраняют прежние значения программного смещения.

Пример:

N10 G60 X10 Y10 Z50 /Новый старт программы в точке с координатами X10,
/Y10, Z50. Перемещения в кадре отсутствуют.

N...

N100 G01 X...Y...Z... /Перемещения с учетом программного смещения.

N...

N110 G60 X20 Y20 / Новый старт программы в точке с координатами X20,
/Y20, Z50. **Смещение по Z остается таким же, как и при**
/предыдущем использовании инструкции G60!
/Перемещения в кадре отсутствуют.

N120 G01 X...Y... Z.../Перемещение с учетом программного смещения.

N...

N210 G67 /Сброс G60.

28. Точное позиционирование, - G61, G62, G163.

Влияние динамики исполнительных органов станка таково, что образуется временное рассогласование между запрограммированными и фактическими координатами. Величина рассогласования для каждой оси зависит от скорости подачи и коэффициента «KV» усиления следящего привода по скорости. При неплавном переходе на стыке кадров (в уголках) рассогласование приводит к искажению контура.

Инструкция G61 позволяет избежать этого. Три опции точного позиционирования могут быть заданы инструкциями от G164 до G166.

Инструкция G61 работает только при движении со скоростью подачи. Точное позиционирование при ускоренном перемещении осуществляют с помощью инструкций G161/G162. Влияние инструкции G163 является превалирующим: она заменяет G161/G162 и работает при ускоренном движении и движении со скоростью подачи.

Таким образом, инструкция G61 включает точное позиционирование при движении со скоростью подачи; инструкция G62 выключает точное позиционирование (см. рис.43); инструкция G163 включает точное позиционирование при ускоренном движении и движении со скоростью подачи. Инструкции G61, G62 и G163 являются модалными.

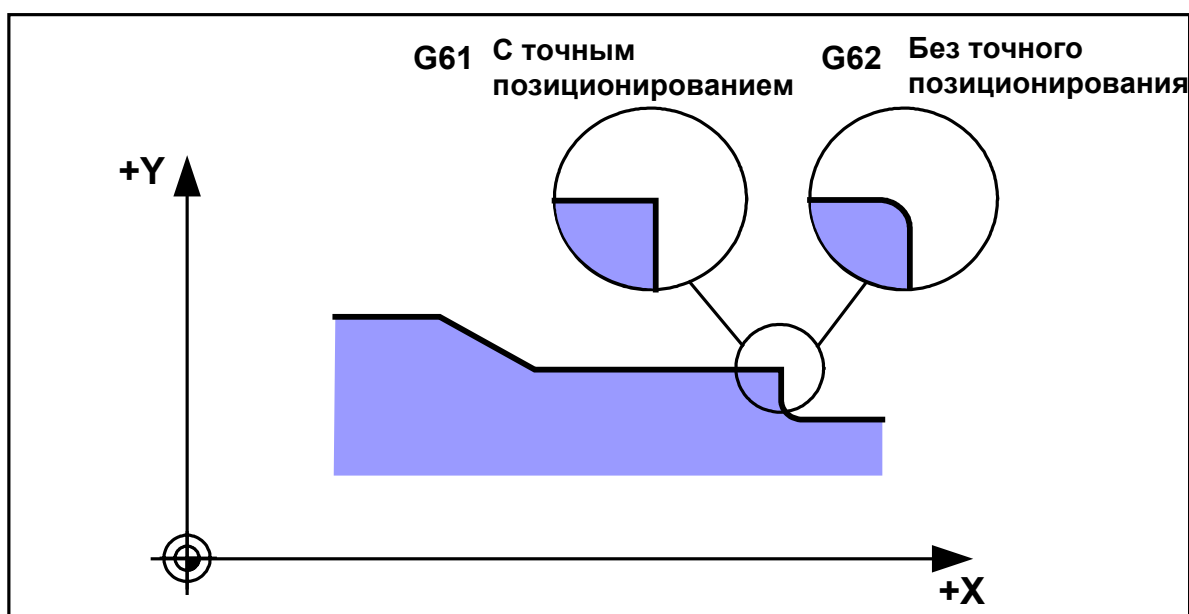


Рис.43.

Пример:

N10 G61	/Включение точного позиционирования. Перемещений нет.
N11 G01 Y200	/Линейная интерполяция с точным позиционированием.
Или:	
N10 G62	/Выключение точного позиционирования.
N11 G01 Y200	/Линейная интерполяция без точного позиционирования.
N50 G61 X200	/Линейная интерполяция с точным позиционированием уже /в этом кадре.

29. Работа с потенциометром «проценты от скорости», - G63, G66. Инструкции используют для программного влияния на потенциометры процентов от скорости

подачи и ускоренного перемещения, потенциометр частоты вращения шпинделя. Обе инструкции работают в автоматическом режиме и режиме ручного управления.

Инструкция G63 включает 100% от запрограммированного значения скорости, независимо от фактического положения потенциометра, т.е. потенциометр деактивируется. Инструкция G66 активизирует значение скорости, заданное потенциометром. Обе инструкции модальны и взаимно исключают одна другую.

Пример включения 100% от запрограммированной скорости:

```
N ...G63 G01 X120.675 Y34.896 Z-34.765 F200 S1000 M04
```

30. Привязывание скорости подачи, - к точке контакта фрезы и детали, - G64; к центру фрезы, - G65. Скорость подачи поддерживается постоянной либо в точке контакта инструмента, либо в центре фрезы, см. рис.44.

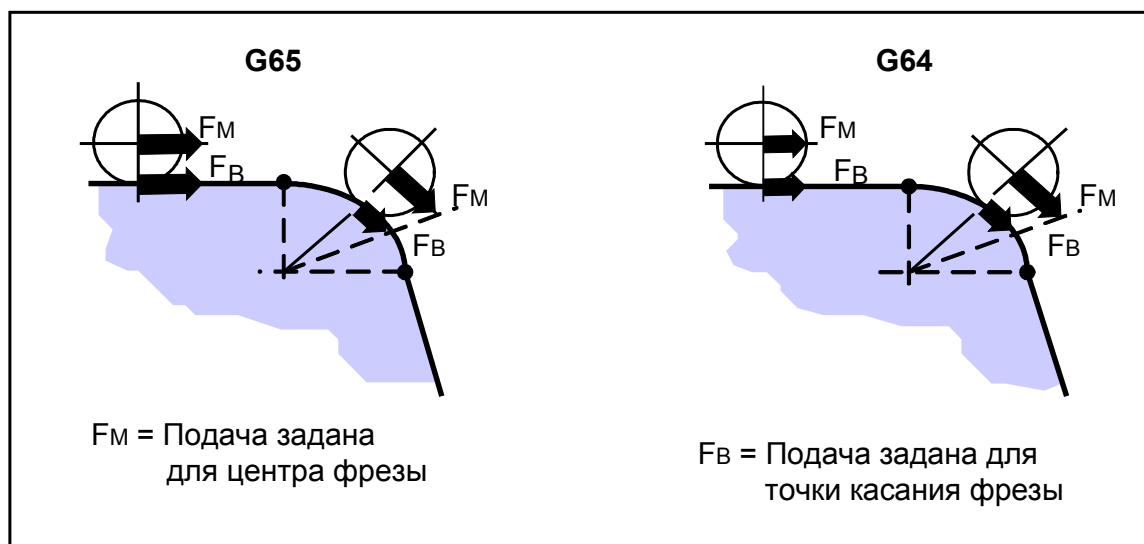


Рис.44.

Применять инструкцию G64 можно только в том случае, если активны инструкции эквидистантной коррекции G41/G42 и используется круговая интерполяция G2/03/05. Инструкции G64 и G65 модальны и взаимно исключают одна другую.

В зоне так называемых «компенсирующих дуг» (например при обходе угла, см. рис.45) фактическое значение скорости подачи зависит от того, в каком кадре F-слово запрограммировано, см. примеры.

Пример 1:

```
N10 G64 X100 F100
```

```
N20 Y100 F200
```

/Подача в зоне компенсирующей дуги равна F100.

Пример 2:

N10 G64 X100 F100

N20 F200

N30 Y100

/Подача в зоне компенсирующей дуги равна F200.

Пример 3:

N10 G64 X100 F100

N20 Z50

N30 Y100 F200

/Подача в зоне компенсирующей дуги равна F100.

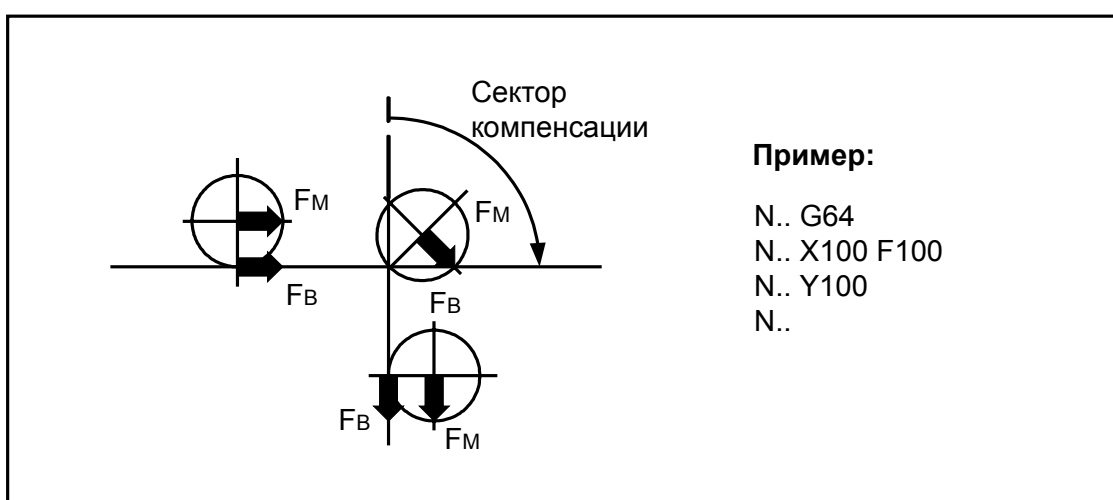


Рис.45.

31. Сопряжение эквидистант на стыке кадров, - по дуге, - G68; по траектории пересечения эквидистант, - G69. Инструкции являются модальными и работают при активной эквидистантной коррекции. Их действие сводится к автоматической генерации дуги (G68) или траектории пересечения эквидистант на стыке «не плавно» сопрягаемых кадров.

Инструкция G68 инициирует автоматическое соединение разрыва эквидистант с помощью дуги радиуса r , см рис.46.

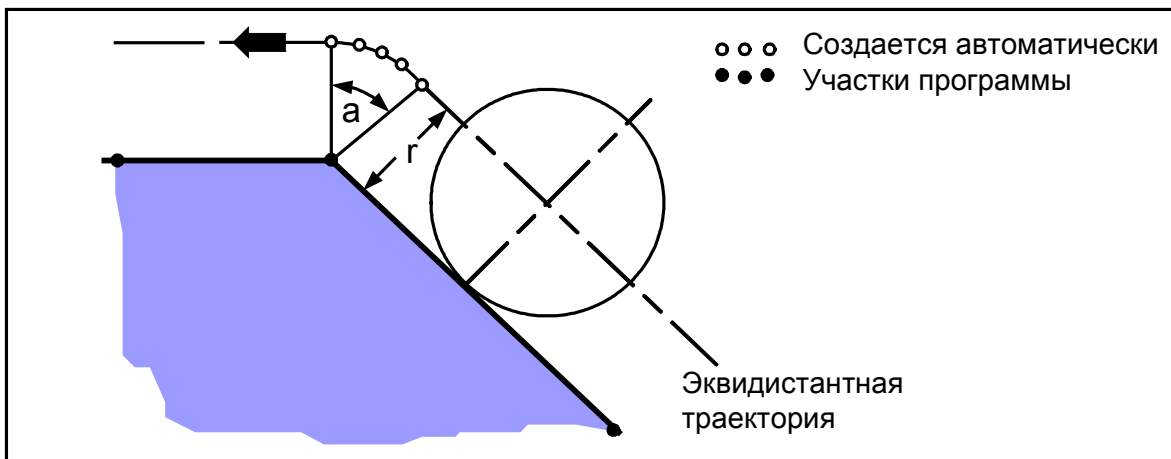


Рис.46.

Инструкция G69 инициирует автоматическое соединение разрыва эквидистант по траектории пересечения эквидистант (см. рис.47). И здесь возможны две ситуации. В первой из них пересечение существует. В зависимости от расстояния **A** между точкой **KE** пересечения исходного контура и точкой **S** пересечения эквидистант, соединение разрыва осуществляется различными способами (см. рис.47).

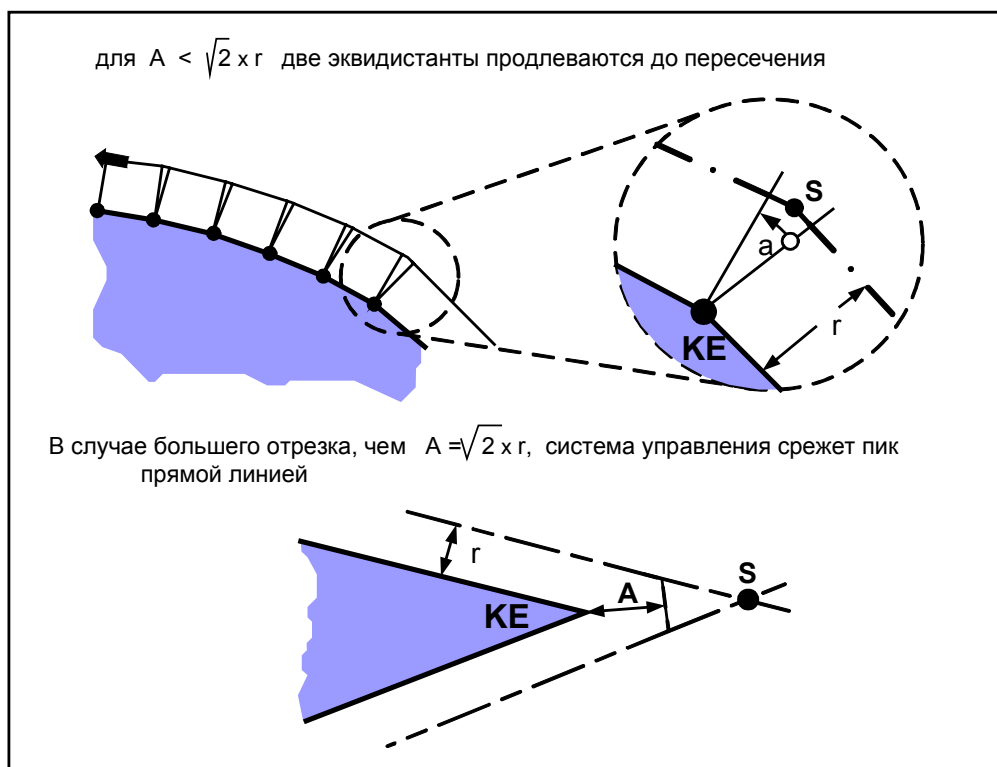


Рис.47.

Во второй ситуации эквидистанты не пересекаются. Это бывает, если сопряжение кадров с прямолинейным и круговым движением имеет разрыв в производных от исходных контуров. Это бывает также при «не гладком сопряжении двух дуг», см. рис.48. При этом, инструкция G68 инициирует автоматическое сопряжение контура по дуге радиуса **r**, см. рис. 48.

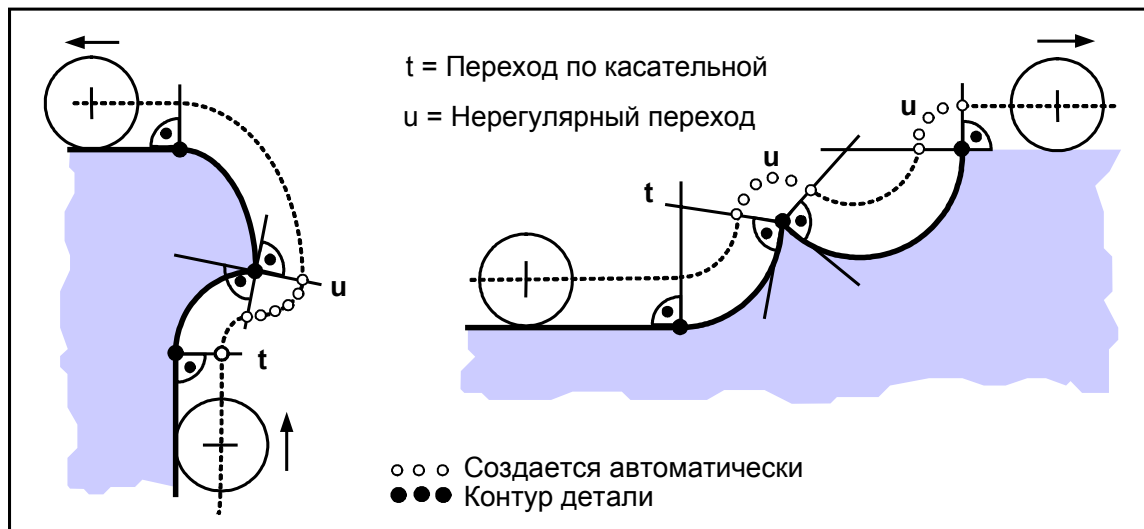


Рис.48

32. Программирование в дюймах, - G70. Инструкция G70, означает, что программирование перемещений и подачи использует дюймовую систему измерения. Все активные метрические данные и смещения нуля автоматически конвертируются в дюймы. Инструкция G70 является модальной, а ее действие прекращается инструкцией G71.

33. Метрическое программирование, - G71. Инструкция G71, означает, что программирование перемещений и подачи использует метрическую систему измерения. Все активные дюймовые данные и смещения нуля автоматически конвертируются в метрические данные и смещения. Инструкция G71 является модальной, а ее действие прекращается инструкцией G70.

34. Линейная интерполяция с точным позиционированием, - G73. В отличие от кадра с инструкцией G01, кадр с инструкцией G73 всегда выполняется с точным позиционированием, независимо от инструкций G61/G62. Глобальное определение опции точного позиционирования устанавливается с помощью инструкций от G164 до G166. Инструкция G73 прекращает действие инструкций G00, G01, G02, G03, G05, G10-G13 и G200.

35. Выход в начало координат, - G74. Инструкция G74 инициирует одновременный выход в начало координат для тех координатных осей, которые указаны в том же кадре. Инструкция G74 действует только в том кадре, в котором упомянута. При этом все активные позиционные данные и программные смещения сохраняются.

Адреса осей, по которым осуществляется выход в начало координат, сопровождаются

нулевыми значениями "XO", "YO", "ZO".

Пример:

```
N100 G74 XO YO ZO /Выход в начало координат осуществляется одновременно  
/по X, Y и Z.
```

36. Работа с датчиком касания, - G75. Измерительная головка триггерного типа перемещается вдоль выбранной оси со скоростью подачи на величину запрограммированного перемещения в направлении детали. После остановки проверяется факт касания с деталью; и если касания нет, то вызывается измерительный цикл, который организует перемещение до касания. После касания (т.е. после срабатывания триггерной головки), читаются показания датчика положения следящего привода, и пройденный путь с учетом коррекции по результатам измерительного цикла сохраняется в памяти. Инstrukция G75 действует подобным образом только в текущем кадре.

Пример:

```
N100 G75 X400
```

37. Переключение кадров высокоскоростным внешним сигналом, (HS, High Speed), - G575.

Инструкция G575 позволяет перейти к следующему кадру управляющей программы до завершения текущего кадра при возникновении HS-сигнала на входном регистре системы ЧПУ. Перемещение в текущем кадре программируют так, что оно заканчивается за пределами контура; таким образом, кадр никогда не может быть выполнен до конца. Необходимое перемещение непрерывно измеряется, и в нужный момент формируется HS-сигнал, инициирующий переход к очередному кадру. Инструкция работает с кадрами, в которых предусмотрено линейное перемещение (G00, G01, G10, G11, G73, G200). Инструкция G575 работает в двух вариантах: без изменения координат точки завершения перемещения, несмотря на прерывание текущего кадра; а также и с игнорированием остатка неотработанного кадра.

37.1. Сохранение координат точки завершения перемещения, - G575 HS<x>=<y>.

В определении формата инструкции <x> означает номер одного из восьми возможных

высокоскоростных сигналов (HS1-HS8); а <y> принимает значения нулевого (0 В) или высокого уровня (24 В) напряжения на входном регистре.

Пример (см. рис.49):

N20 G00 X0 Y0	
N30 G575 G01 X70 Y7 F1000 HS1=1	<i>/Перемещение по оси X осуществляется /со скоростью подачи F1000 до тех пор, /пока уровень HS-сигнала номера 1 не /станет высоким или само /перемещение не выйдет в координаты /X70 Y7.</i>
N40 G575 X90 Y9 F900 HS1 =0	<i>/Перемещение по оси X осуществляется /со скоростью подачи F 900 до тех пор, /пока уровень HS-сигнала номера 1 не /станет низким или само /перемещение не выйдет в координаты /X90 Y9.</i>
N50 X100 Y10 F800	<i>/Перемещение до окончательной точки /X100 Y10 выполняется со скоростью /подачи F800.</i>

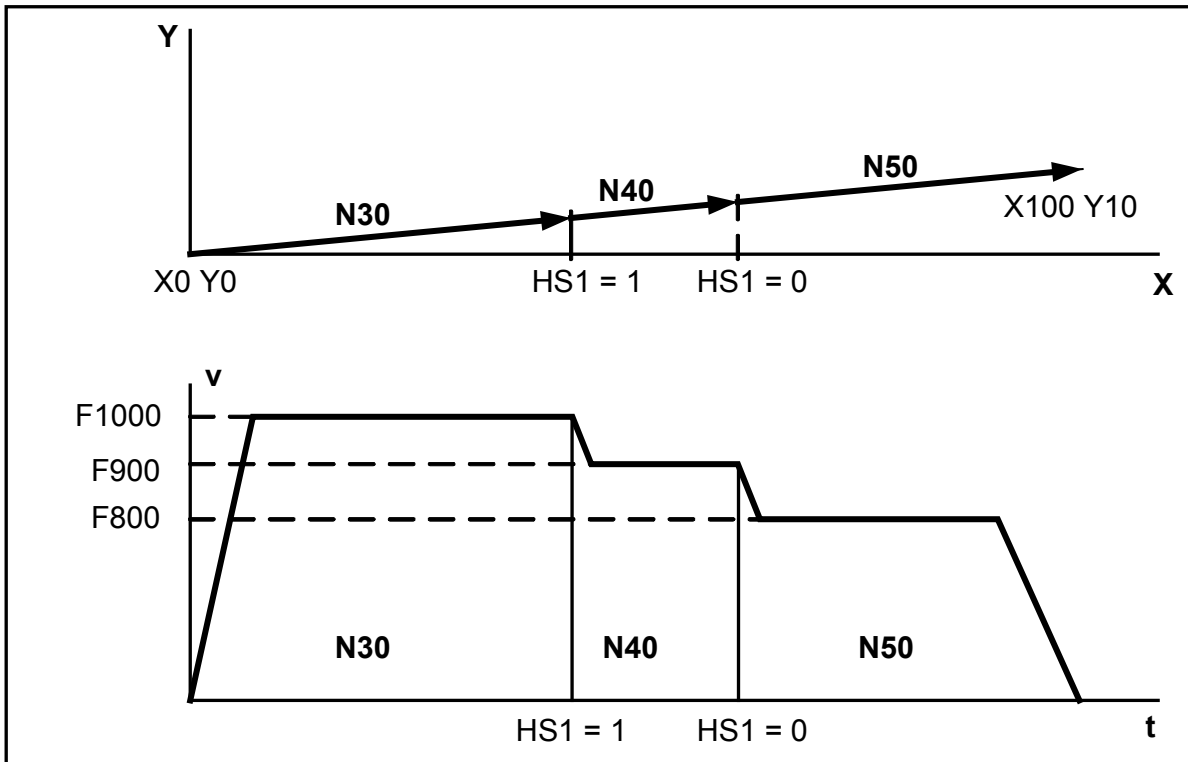


Рис.49.

При использовании варианта инструкции G575 HS<x>=<y> может произойти искажение траектории, но точка выхода из траектории останется неизменной.

Пример (см. рис.50):

N05 G01 F100 X0 Y5	/Координаты конечной точки X0 Y5.
N10 G575 HS1=1 G90 X50	/Координаты конечной точки X50 Y5.
N20 G575 HS1=0 G91 Y10	/Координаты конечной точки X50 Y15 /(Абсол. величина Y5 + приращ. Y10).
N30 G91 Y5	/Координаты конечной точки X0 Y5 /(Абсол. величина Y15 + приращ. Y5).

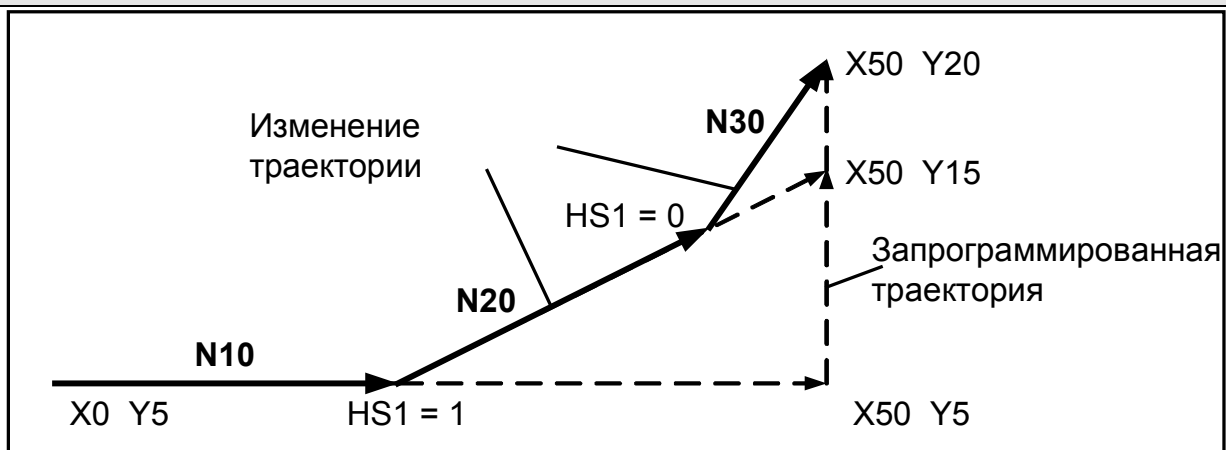


Рис.50.

37.2. Игнорирование остатка неотработанного кадра, - G575 HS<x>=<y> HSSTOP=<z>.

При достижении сигналом HS<x> значения <y> скорость текущего кадра снижается до нуля (HSSTOP=0) или уменьшается скачкообразно (HSSTOP= -1); при этом не пройденный путь игнорируется (пропадает). Таким образом, конечная точка текущего кадра и начальная точка следующего кадра определяются событием, обозначенным HS-сигналом. Имя HS-сигнала <x> может изменяться от 0 до 8. Уровень HS-сигнала <y> принимает значения 0 или 1. Параметр торможения равен 0 или -1.

Пример (см.рис.51):

N05 G01 F1000 X0 Y5	/Координаты конечной точки X0 Y5.
N10 G575 HS1=1 HSSTOP=0 G90 X50	/Внешнее событие при X меньше 50.
N20 G575 HS1=0 HSSTOP1=0 G91 Y10	/ Внешнее событие при Y меньше 10.
N30 G91 Y5	/Координаты конечной точки: приращение /на Y5 вслед за последним событием, Y /меньше 10.

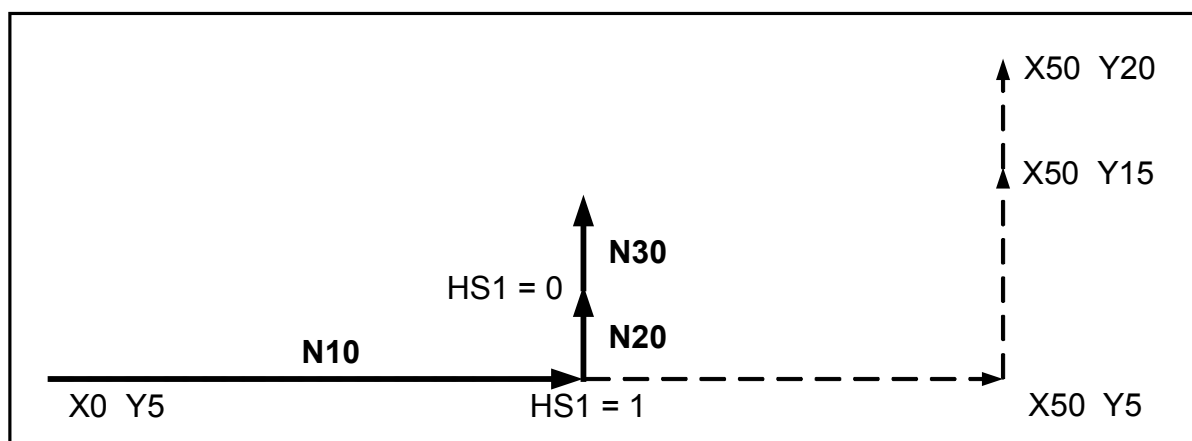


Рис.51.

38. Перемещение в точку с абсолютными координатами в системе координат станка, - G76. Инструкция G76 организует подобное перемещение, например, для смены или контроля целостности инструмента, для запуска измерительных циклов, для смены палет. Эта инструкция действует только в одном кадре. Перед началом перемещения деактивируются различные компенсации, смещения нуля, функции зеркального отображения и др. Все деактивированные функции восстанавливаются в очередном кадре.

39. Управление сверлильными осями, - G78, G79.

Независимо от кинематики станка, любая его ось может быть сверлильной. Инструкция G78 активизирует сверлильную ось и соответствующие коррекции инструмента. Для организации коррекции предусмотрены две «компенсационные группы». Первая группа содержит описание коррекции (H) из внутренних таблиц системы ЧПУ и описание внешней (external) коррекции (H_{ext}) со стороны программируемого контроллера (оба вида коррекции суммируются). При этом внешняя коррекция связана с использованием инструкций G145-G845. Коррекции L1, L2, L3 второй компенсационной группы соотнесены к осям; они связаны с использованием инструкций G147-G847.

Синтаксис слова с инструкцией G78 выглядит следующим образом:

G78 <имя оси i> <коррекция i>...{<имя оси n> <коррекция n>}

Здесь: имена осей i...n являются логическими адресами координатных осей; значения <коррекции i > указаны в таблице. Знак + или – в формате коррекции указывает на направление компенсации размера инструмента.

№	Формат <коррекции i>	Комментарий
1.	+/-1 или +/-13	Первая компенсационная группа H или H_{ext} оси i
2.	+/-21	Вторая компенсационная группа, первая коррекция длины $L1_{ext}$ оси i
3.	+/-22	Вторая компенсационная группа, вторая коррекция длины $L2_{ext}$ оси i
4.	+/-23	Вторая компенсационная группа, третья коррекция длины $L3_{ext}$ оси i

Коррекции для нескольких осей могут быть включены в кадре одной инструкцией G78. Инструкция G79 деактивирует одну сверлильную ось или все сразу соответственно формату G79 {<CG> i}; где <CG> i указывает на номера компенсационных групп и коррекции, а также и ось i (CG – Compensation Group).

Пример:

G78 X-1	/Ось X объявлена сверлильной с отрицательной /коррекцией на длину инструмента.
G78Y1	/Ось Y объявлена сверлильной с положительной коррекцией /на длину инструмента.
G78 YA21 YB22	/Оси YA и YB объявлены сверлильными; предусмотрена /вторая компенсационная группа с положительными

/коррекциями L1 и L2.

G79

/Сверлильные оси деактивированы.

40. Стандартные сверлильные циклы, - G80-G86, G184. Все стандартные циклы запрограммированы заранее, их вызывают соответствующими инструкциями с указанием необходимых параметров. Обобщенная последовательность движений в стандартном цикле представлена на рис.52.

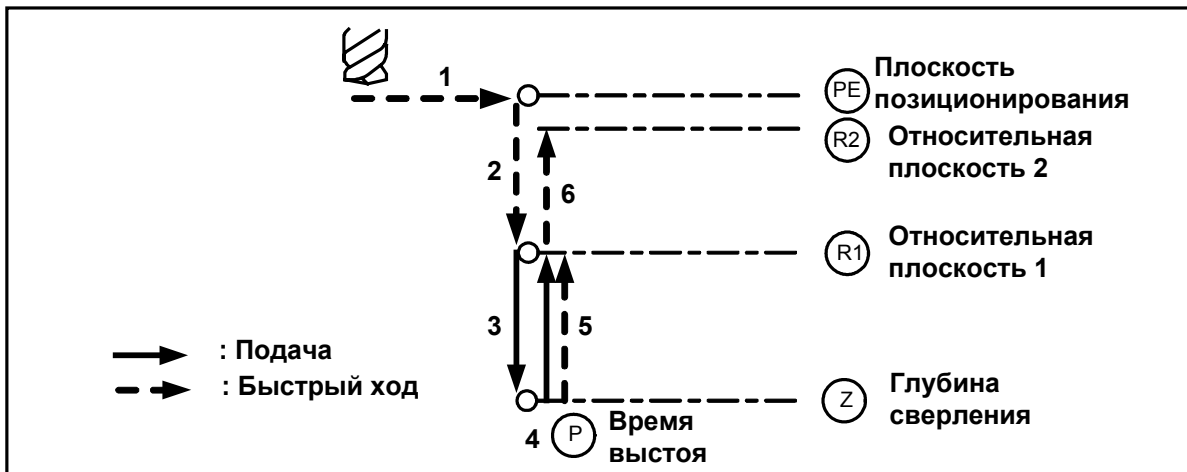


Рис.52.

В схеме на рис.52 предусмотрены следующие движения:

1. Ускоренное позиционирование в активной плоскости.
2. Ускоренный подвод к точке R1 в «безопасной плоскости».
3. Рабочее движение вдоль оси Z на глубину сверления со скоростью подачи.
4. Выстой в течение времени P для торможения шпинделя перед его реверсом.
5. Вывод инструмента со скоростью подачи или ускоренно к точке R1 в «безопасной плоскости».
6. Возможный ускоренный отвод к точке R2.

Параметры стандартного цикла должны быть специфицированы вслед за инструкцией стандартного цикла. Число параметров зависит от цикла, причем порядок их объявления строго определен. Все параметры должны быть заданы внутри квадратных скобок «[« и «]» и разделены запятыми.

Обзор используемых форматов стандартных циклов (некоторые параметры показаны на рис.53):

G80: N...G80	/Выключение активного стандартного цикла
G81: N...X...Y...G81 [Z, R1, P, R2]	/Включение цикла G81
G82: N...X...Y...G82 [Z, R1, P, R2]	/Включение цикла G82

G83: N...X...Y...G83 [Z, R1, K, k, P, R2] / Включение цикла G83
 G84: N...X...Y...G84 [Z, R1, P, R2] / Включение цикла G84
 G85: N...X...Y...G85 [Z, R1, P, R2] / Включение цикла G85
 G86: N...X...Y...G86 [Z, R1, P, R2] / Включение цикла G86
 G184: N...X...Y...G184 [Z, R1, PR2, GS, U1, U2] / Включение цикла G184

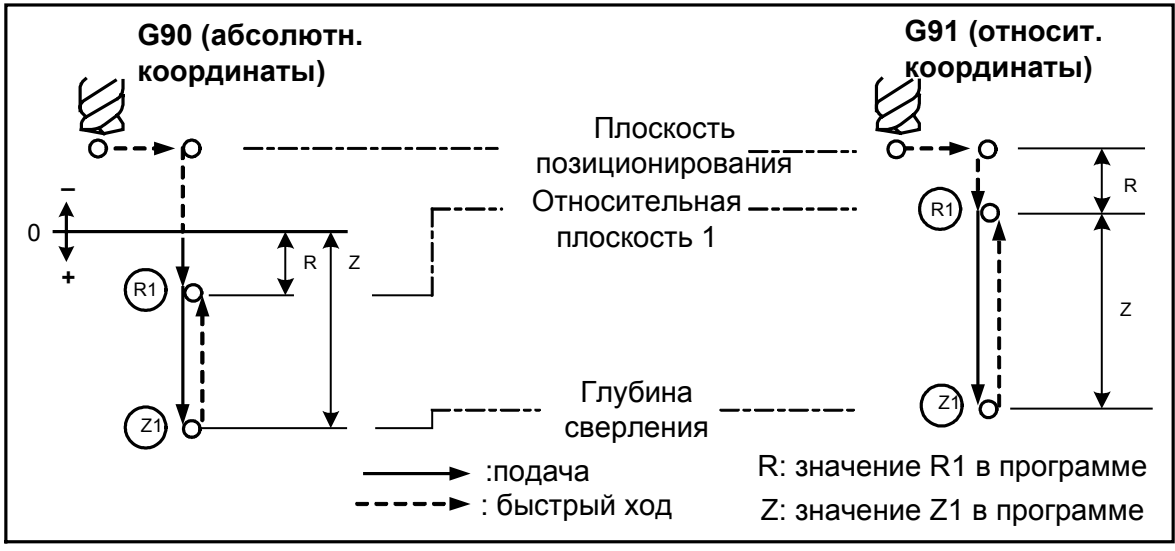


Рис.53.

40.1. Цикл сверления, - G81. Содержание цикла – зацентровка и сверление.

После достижения глубины врезания, осуществляется выстой.

Выход производится на ускоренной подаче (см. рис.54).

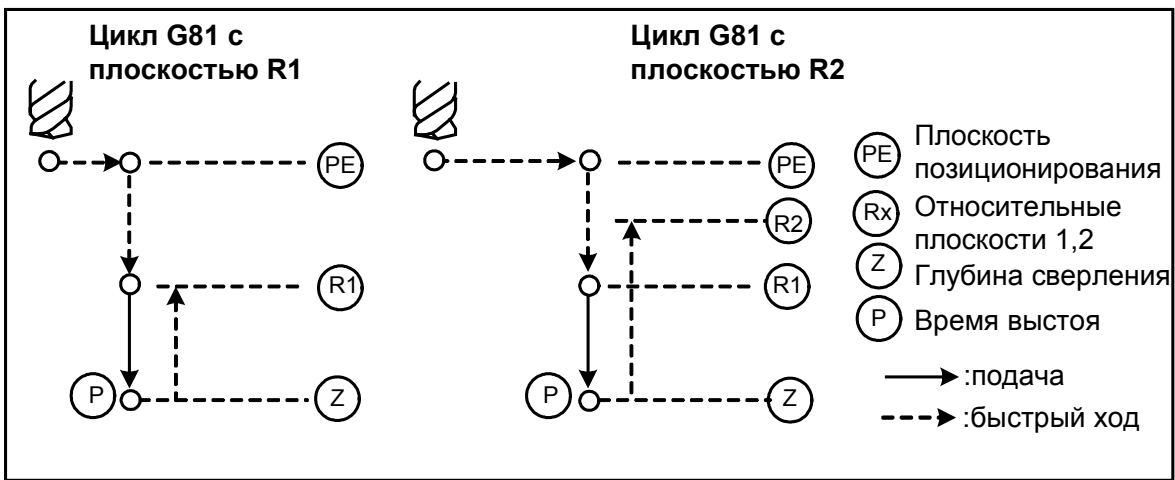


Рис.54.

N100 X...Y...G81 [Z, R1, P, R2]

40.2. Цикл сверления, - G82.

Цикл аналогичен G81. Однако выход в точку R1 осуществляется со скоростью рабочей подачи (см. рис.55).

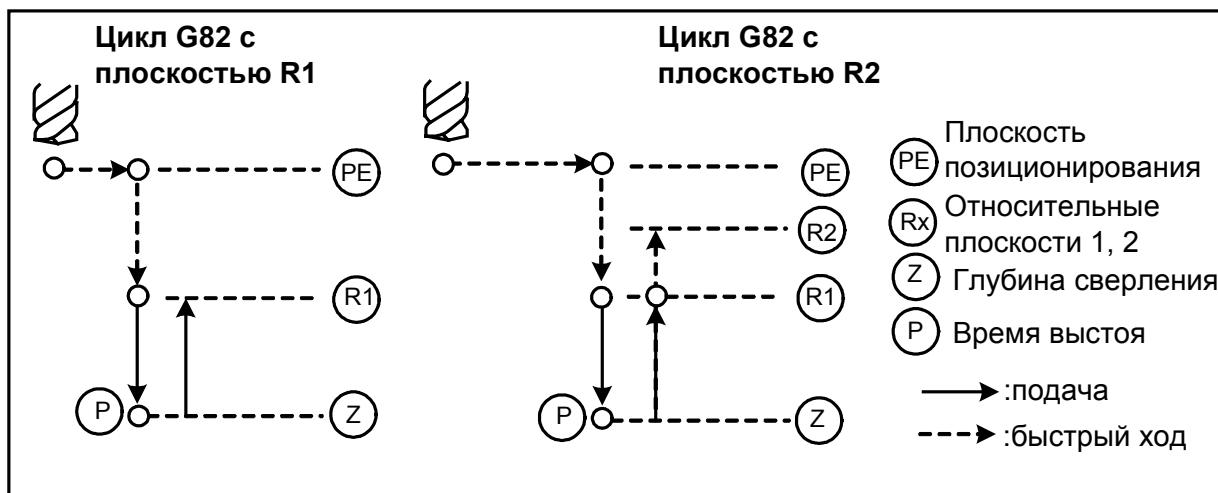


Рис. 55.

N100 X...Y...G82 [Z, R1, P, R2]

40.3. Цикл глубокого сверления, - G83. Цикл предполагает полное удаление стружки из отверстия. После каждого очередного врезания на глубину K осуществляется ускоренный вывод сверла в безопасную плоскость R1. Далее выполняется очередной ускоренный ввод сверла на глубину k, где ускоренная подача меняется на рабочую. Пошаговые углубления повторяются до достижения запрограммированной глубины Z (см. рис.56).

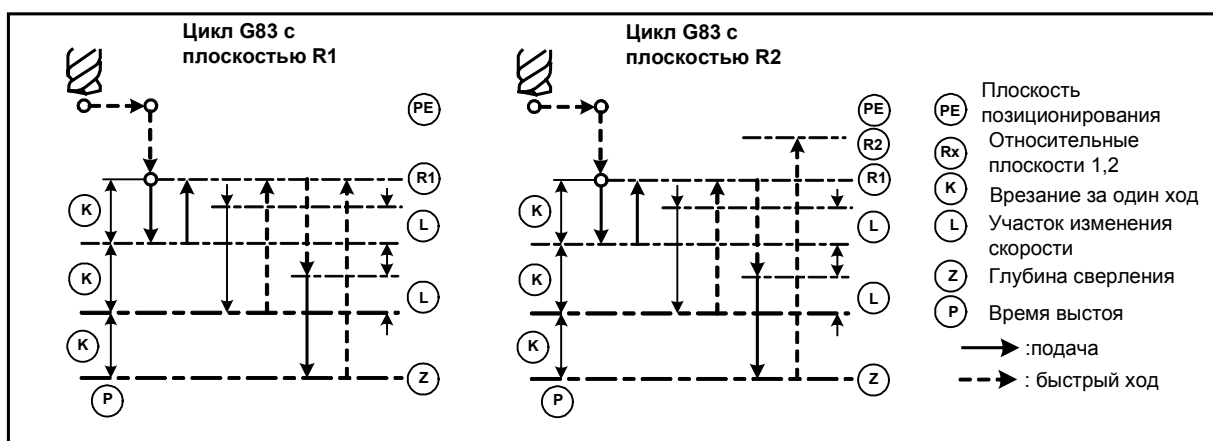


Рис.56.

N100...X...Y...G83 [Z, R1, K, k, P, R2]

40.4. Нарезание резьбы с компенсирующим патроном, - G84. Инструкция инициирует нарезание левой или правой резьбы. Врезание метчика происходит за счет вращения шпинделя по часовой стрелке (вспомогательная функция M3) или против часовой стрелки (вспомогательная функция M4). По достижении запрограммированной глубины Z, направление вращения шпинделя изменяется, при этом может быть предусмотрена выдержка времени P (см. рис.57).

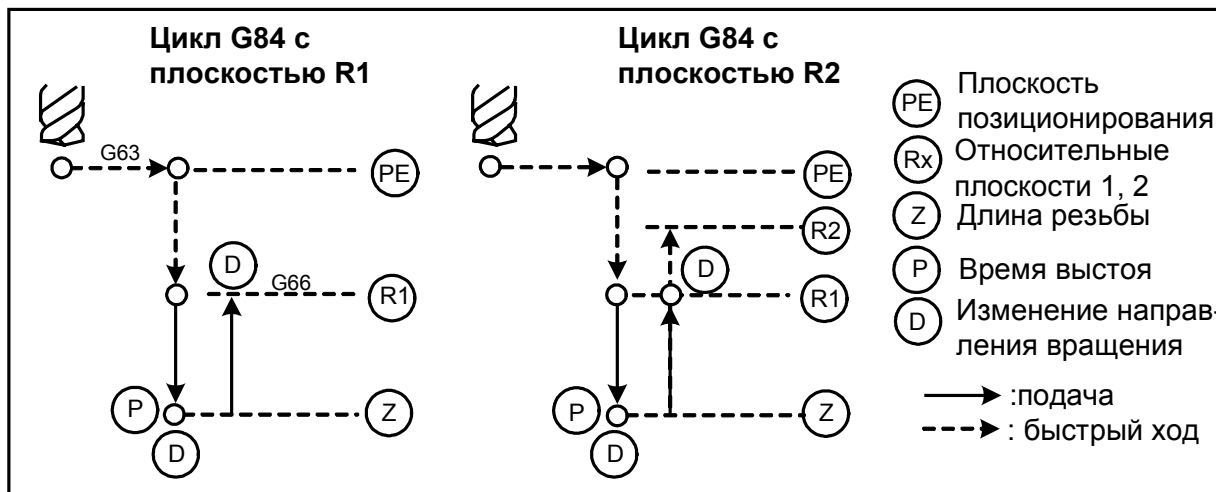


Рис.57.

```
N100...X...Y...G84 [Z, R1, P, R2]
```

40.5. Нарезание резьбы без компенсирующего патрона, - G184. Предусловием служит использование инструкции G32. Подача подсчитывается как произведение частоты вращения шпинделя на шаг резьбы. Левая или правая резьба выбирается с помощью знака параметра GS (шага резьбы). По достижении глубины резьбы Z, направление вращения шпинделя изменяется. Следовательно, вывод инструмента осуществляется со скоростью рабочей подачи (см. рис.58).

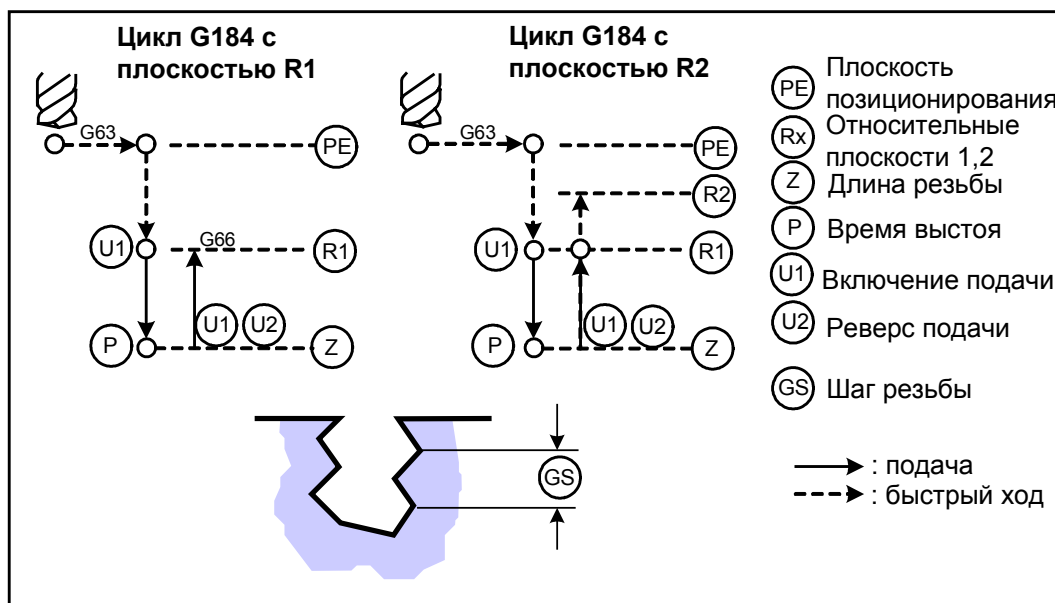


Рис.58.

Примеры:

N100...X...Y...G184 [Z, R1, P, R2, GS, U1, U2, RP] /Правая резьба.

N100...X...Y...G184 [Z, R1, P, R2, -GS, U1, U2, RP] /Левая резьба.

Параметр RP определяет угловую ориентацию шпинделя.

40.6. Рассверливание, - G85. По достижении заданной глубины Z, шпиндель останавливается. Далее возможна выдержка времени. Затем осуществляется ускоренный вывод инструмента (см. рис. 59).

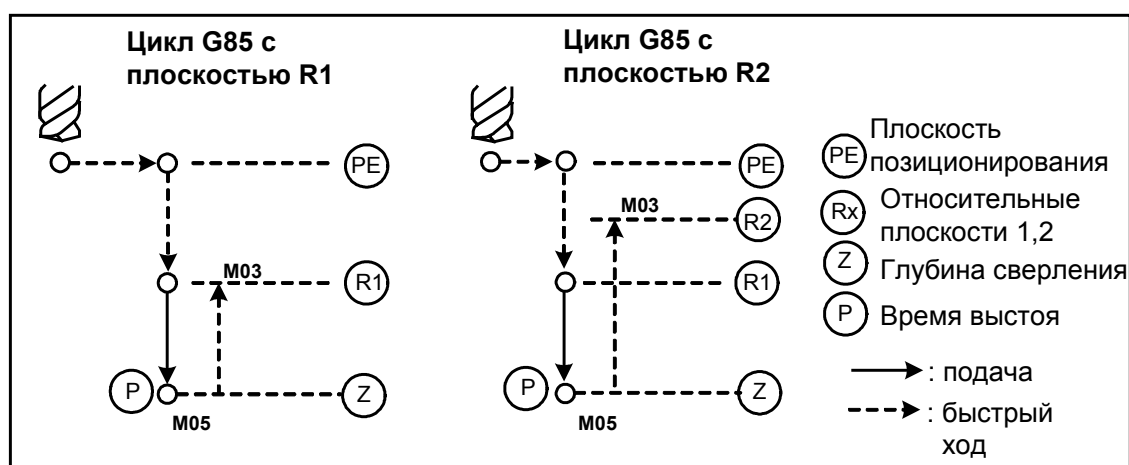


Рис.59.

N100...X...Y...G85 [Z, R1, P, R2]

40.7. Рассверливание с выводом инструмента со скоростью рабочей подачи, - G86. Отличается от предыдущего цикла лишь тем, что возврат к плоскости R1 осуществляется со скоростью рабочей подачи (см. рис.60).

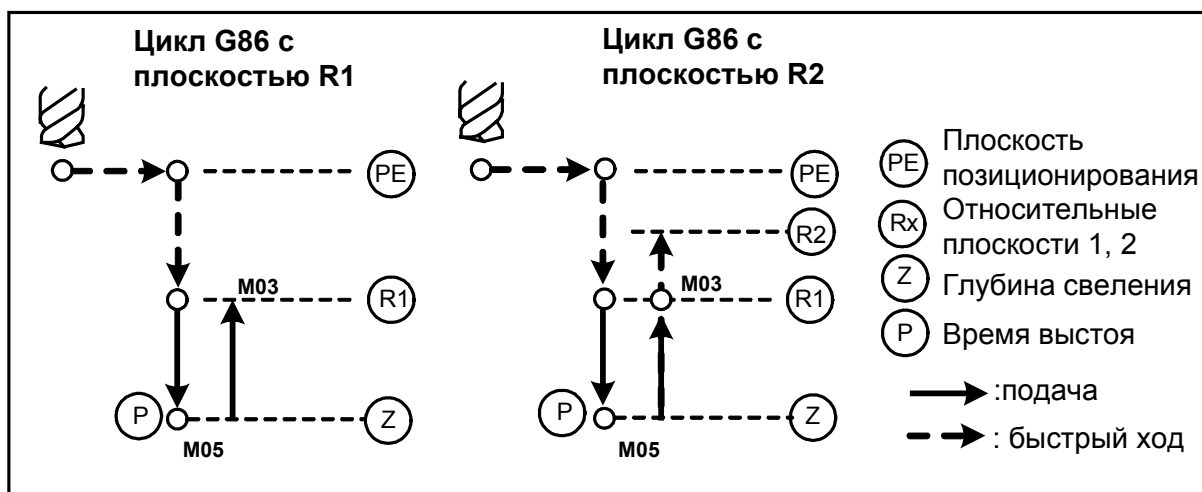


Рис.60.

N100...X...Y...G86 [Z, R1, P, R2]

40.8. Примеры программирования стандартных циклов.

Пример 1.

```

N90 G01 M3 S1050 F400
N91 G81 [-1000,-800]           /Вызов цикла без позиционирования.
N92 X600 Y800                 /Сверление начинается в этом кадре.

N95 X500 Y700 G81 [-1000,-800] /Вызов цикла с позиционированием.
                               /Сверление начинается в этом кадре.
N96 X600 Y800
N100 X800 Y700 G81 [-1000, -800.. -600] /Возврат к плоскости
                                           /R2, выдержка времени отсутствует.

N110 X0 Y0 G81 [-1000,-800]       /Возврат к плоскости R1, выдержка времени
                                   /отсутствует.
N111 X-100 Y-500
N150 X-400 Y200 G81 [-1000,-800, 1] /Возврат к плоскости R1, выдержка
                                       /времени 1 Сек.
N151 X200 Y300
    
```

Пример 2: вызов стандартного цикла в главной программе, позиция выхода к точке начала цикла запрограммирована в подпрограмме (см. рис.61).

```

N05 X100 Y100 Z200
N10 G91 G81 [100, 10]
N20 P1000
N30 G80
N40 G90
N50 X500 Y100 Z200
N10 G91 G81 [100, 10]
N20 P1000
N30 G80
N40 G90
    
```

P1000

Подпрограмма

```

N10 G91 X10 Y10
N20 X20 Y20
N30 X30 Y30
M30
    
```

Рис.61.

Пример 3: включение сверлильной оси X с положительной компенсацией длины инструмента.

```
N10 G78 X1  
N20 G01 M3 S1050 F400  
N30 G81 [-100, -800]  
N40 Y500 Z700  
N50 G80  
N60 G79
```

41. Программирование в абсолютных координатах, - G90.

Программирование в относительных координатах, - G91.

**Программирование в абсолютных координатах для
«бесконечных осей», - G189.**

Инструкция G90 будет интерпретировать перемещения как абсолютные значения по отношению к активной нулевой точке. Инструкция G91 будет интерпретировать перемещения как приращения по отношению к ранее достигнутому положению. Инструкция G189 будет интерпретировать перемещения как абсолютные по отношению к активной нулевой точке для бесконечных осей (например, осей вращения). Рис.62 демонстрирует различие инструкций G90 и G91.

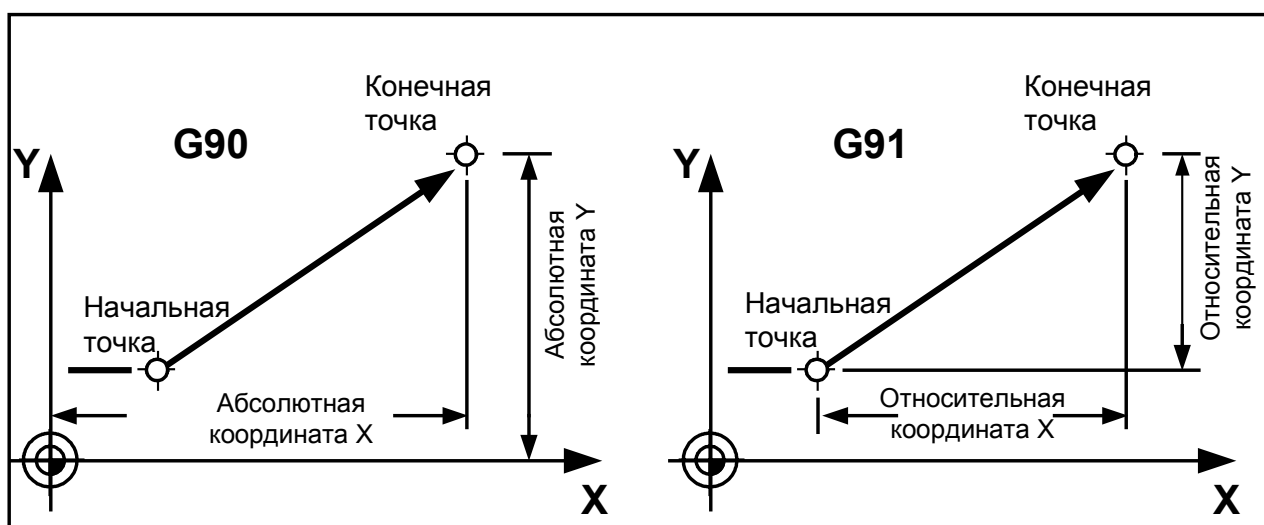


Рис.62.

Инструкции G90, G91, G189 являются модальными и относятся к той же группе подготовительных функций, что и G190 G191.

Пример:

N10 G90	/Все размеры интерпретируются как абсолютные по отношению к активной нулевой точке.
N20 X100 Y100	/Текущие абсолютные координаты составляют X100 Y100
N30 G91	/Все размеры интерпретируются как приращения к ранее достигнутым координатам.
N40 X50Y10	/Абсолютные текущие координаты равны X150 Y110.

С помощью инструкций G190 и G191 можно определять размеры слово за словом как абсолютные или относительные соответственно. Некоторые детали программирования, относящиеся к бесконечным осям, рассмотрены в связи с инструкциями G150 и G151.

42. Установка значений координат, - G92. Инструкцию G92 можно использовать в кадре без осевой (координатной) информации или с осевой информацией. При отсутствии осевой информации все значения координат преобразуются в систему координат станка; при этом снимаются все компенсации (коррекции) и смещения нуля. При наличии осевой информации указанные значения координат становятся текущими. Инструкция G92 не инициирует каких-либо перемещений (см. рис. 63).

Пример:

N...G92 X0 Y0	/Текущие значения координат X и Y устанавливаются в нуль. Текущее значение координаты Z остается неизменным.
N...G92	/Снимаются коррекции и смещения нуля.

Инструкция G92 действует в рамках одного кадра. В том же кадре могут быть запрограммированы и другие функции; но те, которые не содержат адресов перемещений.

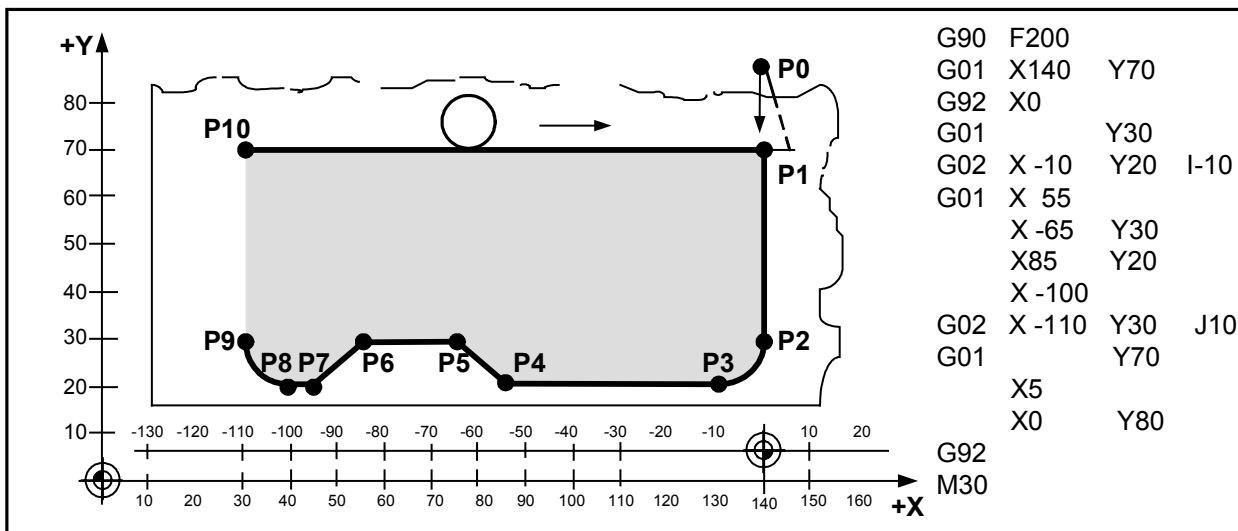


Рис.63.

43. Программирование времени, - G93.

При использовании инструкции G93 информация F-слова интерпретируется как время отработки кадра для линейной (G01) или круговой (G02, G03, G05) интерполяции. То же относится и к программированию в полярных координатах.

Пример:

```
N10 G93 G01 X300 Z400 A50 B120 F60 /Линейная интерполяция в кадре
/осуществляется в течение 60 Сек.
```

При переходе к инструкциям G94 или G95 функция программирования времени сохраняется в памяти и восстанавливается вновь при появлении инструкции G93.

44. Программирование подачи в мм/мин, - G94. Система ЧПУ интерпретирует F-слово как подачу в мм/мин. Ограничения подачи определяются машинными параметрами.

Пример:

```
N10 G01 G94 X200 Z300 F200 /Подача равна 200 мм/мин.
N11 G04 F40 /Выдержка времени равна 40 Сек.
N12 X300 Z400 /Подача 200 мм/мин вновь активна
```

При переходе к инструкциям G93 или G95 функция программирования подачи сохраняется в памяти и восстанавливается вновь при появлении инструкции G94.

45. Программирование скорости (подачи, частоты вращения) с адаптацией ускорения, - G194. Инструкция G194 позволяет ступенчато изменять активную

скорость подачи в пределах кадра. Ускорение адаптируется таким образом, что заданная скорость будет достигнута только в конце кадра. Это позволяет автоматически получить «мягкое» изменение скорости. Аналогичным образом можно менять частоту вращения шпинделя для некоторых специальных траекторий. В этом случае частота вращения будет линейно изменяться вдоль траектории, а запрограммированная частота будет достигнута в конце кадра.

Пример:

N...G194 F100 X...Y...Z...	/Скорость подачи будет возрастать в пределах /кадра на 100 мм/мин при каждом шаге.
N...G194 F-50 X...Y...Z...	/Скорость подачи будет убывать в пределах /кадра на 50 мм/мин при каждом шаге.
N...G194...S1=100 X...Y...Z...	/Частота вращения первого шпинделя будет /возрастать в пределах кадра на 100 об/мин /при каждом шаге.
N...G194 F100 S2=150 X...Y...Z...	/В пределах кадра скорость подачи будет /возрастать на 100 мм/мин, а частота /вращения второго шпинделя будет /возрастать на 150 об/мин.

46. Программирование скорости подачи в мм/об, - G95.

Инструкция G95 заставляет систему ЧПУ интерпретировать последующие F-слова как подачу в мм/об.

Пример:

N9 S2000 M4	/Частота вращения шпинделя против часовой /стрелки равна 2000 об/мин.
N10 G01 G95 X200 Z300 F0.2	/Скорость подачи равна 0.2 мм/об.
N11 G104 F4	/Время выстоя равно четырем оборотам /шпинделя.
N12 X300 Z400	/Скорость подачи 0.2 мм/об вновь активна.

Инструкция G95 является модальной. Значение подачи сохраняется в памяти при переключении на инструкции G93 или G94 и становится вновь активным при повторном выборе G95.

47. Программирование скорости резания, - G97. Поддержание постоянной скорости резания, - G196. Инструкция G97 предполагает программирование частоты вращения шпинделя с помощью S-слова. Инструкция G196 инициирует постоянную скорость резания (в мм/мин) за счет изменения скорости той оси, которая указана в машинных параметрах. При смене инструкций с G196 на G97, S-слово может быть опущено. В этом случае сохранится текущая частота вращения шпинделя.

48. Установка нуля для «модульных» (modulo) осей, т.е. линейных «бесконечных осей», - G105. Инструкция G105 устанавливает программный нуль для условно-бесконечных осей с большими перемещениями. Для таких осей задают модуль перемещения, по достижении которого координата оси сбрасывается в нуль. Значение модуля должно быть как можно большим; например, 20 м. Система ЧПУ не допускает программирования перемещений, превышающих модуль как в положительном, так и отрицательном направлении. Пусть модуль равен 20 м., а отрицательное перемещение равно -17м. По достижении заданного перемещения, оно пересчитывается в положительное +3м. (см.рис.64).

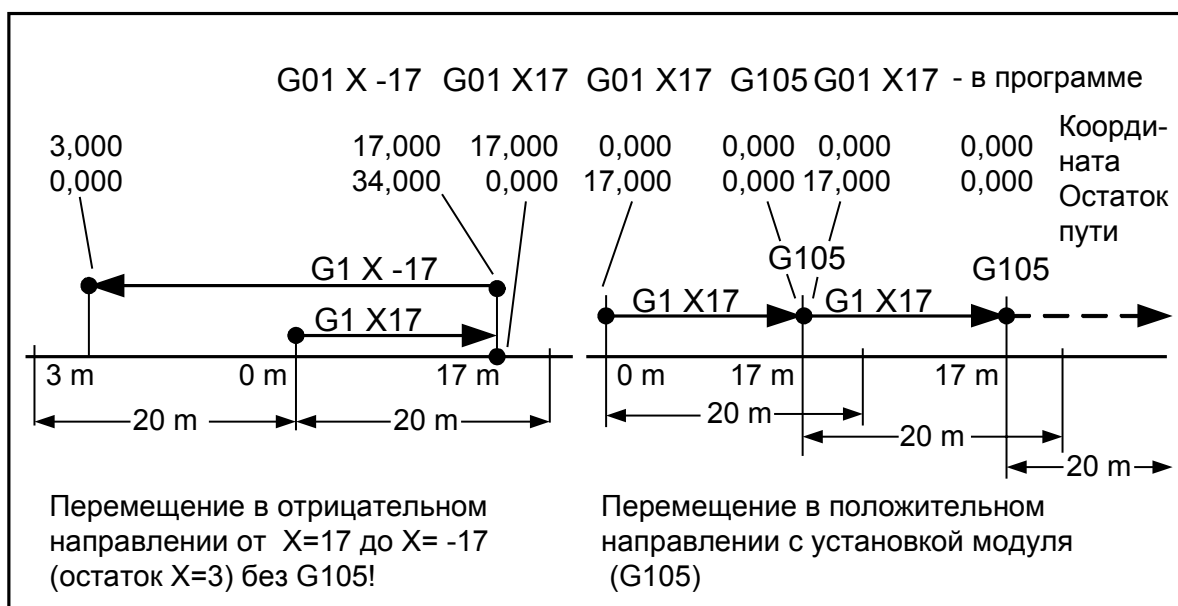


Рис.64.

Пример:

N...G105	/Установка программного нуля для всех линейных «бесконечных осей».
N...G105 X200	/Установка программного нуля для всех линейных «бесконечных осей» и перемещение по оси X в /позицию 200 относительно нового нуля.

49. Опережающее управление торможением на участке перегиба контура, - G112, G113.

Цель состоит в том, чтобы на основе опережающего просмотра (Look Ahead) снизить скорость текущего кадра до такой степени, чтобы в конце следующего кадра торможение могло быть выполнено до нуля. Инструкция G112 деактивизирует опережающее управление торможением. Инструкция G113 активизирует опережающее управление торможением.

50. Опережающее управление скоростью подачи, - G114, G115. Приводы подачи имеют ошибку по скорости как в установившемся режиме, так и в переходных процессах. Опережающее управление скоростью подачи корректирует работу интерполятора таким образом, что ошибка по скорости уменьшается. Это позволяет более точно обрабатывать детали. Функция опережающего управления скоростью тесно связана с работой следящего привода; и далеко не все следящие приводы ориентированы на использование этой функции (ее используют следящие приводы с SERCOS-интерфейсом). Инструкция G114 активизирует опережающее управление скоростью, а инструкция G115 деактивирует опережающее управление скоростью подачи.

Пример:

N10 G114	/Опережающее управление скоростью подачи /активизировано.
N20 F1000 S500	
N30 G01 X1800 Y800	
N160 X1500 Y1500	
N170 G02 I50	
N180 G114 Z0	/Опережающее управление скоростью подачи /деактивировано для оси Z.
N210 G115	/Опережающее управление скоростью подачи /деактивировано для всех осей.
M30	

51. Компенсация положения заготовки, - G138, G139. Инструкция G138 включения компенсации положения заготовки рассоединяет координатную систему Р управляющей программы и координатную систему станка М. Это позволяет адаптировать координатную систему управляющей программы к любому положению заготовки. В процессе выполнения управляющей программы все запрограммированные перемещения будут соотнесены с новой смещенной и повернутой координатной системой заготовки (см. рис.65).

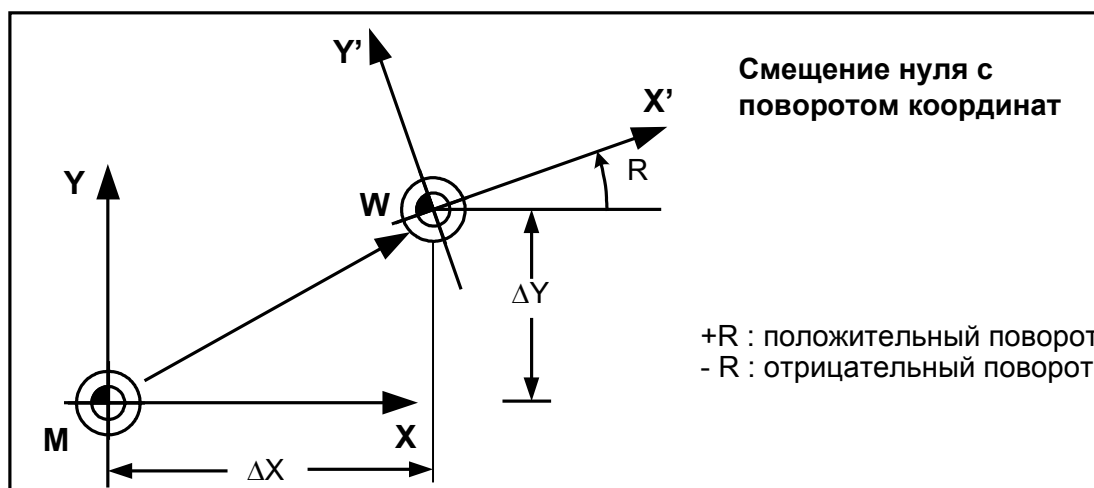


Рис.65.

В начале управляющей программы, в том же кадре, в каком приведена инструкция G138, программируют смещение нулевой точки W заготовки в направлениях X, Y и Z; а также и поворот осей с адресом R (угол поворота должен быть меньше 360 градусов). Все запрограммированные значения должны быть абсолютными величинами в машинной системе координат. Инструкция G139 выключает компенсацию положения заготовки.

Инструкции G138 и G139 являются модалными и взаимно уничтожают одна другую. При активной компенсации положения заготовки остаются в силе инструкции G37, G38, G54 - G59, G154-G159, G254-G259, G60, G160-G360, G168, G268, G145-G845, G147 - G847. Точно также, компенсация длины инструмента H будет принята во внимание.

Пример:

```
N...G90 G17 F1000 S250
N...G138 X50 Y300 Z10 R1.23      /Определение абсолютных координат
                                /нулевой точки заготовки в машинной системе
                                /координат: X50 Y300 Z10. Поворот
                                /плоскости X/Y против часовой стрелки на
                                /1.23 градуса.
```

N...	
N...	
N...	
N...G139	/Выключение компенсации положения /заготовки

52. Внешняя коррекция инструмента, - G145, G146, G245- G845. Речь идет об использовании одной из восьми пар коррекции инструмента, на длину и радиус. С этой целью соответствующие значения коррекции импортируются из программируемого контроллера. В результате коррекция складывается как сумма табличной (из памяти системы ЧПУ) и внешней. Инструкции первой «компенсационной группы» G145...G845 служат для включения внешней коррекции. Инструкция G146 выключает внешнюю коррекцию.

Пример:

N...G00 X0 Y0 Z0	
N...H0	/Деактивизация табличной коррекции длины инструмента.
N...G146	/Деактивизация внешней коррекции инструмента.
N...G01	
N...H1	/Активизация первой таблицы коррекции.
N...X10 Y10 Z10	/Перемещения с учетом первой табличной коррекции.
N...G145	/Включение внешней коррекции G145.
N...X20 Y20 Z20	/Перемещения с учетом первой табличной коррекции и /внешней коррекции G145.
N...G345	/Выключение внешней коррекции G145, включение /внешней коррекции G345
N...X30 Y30 Z30	/Перемещения с учетом первой табличной коррекции и /внешней коррекции G345.
N...H0	/Выключение табличной коррекции.
N...X40 Y40 Z40	/Перемещения с учетом внешней коррекции G345.
N...G146	/Выключение внешней коррекции.
N...X0 Y0 Z0	/Перемещения без коррекции

53. Внешняя коррекция инструмента с помощью второй «компенсационной группы», - G147, G148, G247- G847. Вторая компенсационная группа может быть использована независимо от первой и в дополнении к ней. Данные коррекции сохраняются в виде «компенсационного набора», который включает следующие параметры:

- L1, L2, L3 (коррекция длины или смещения);
- R (коррекция радиуса);
- SL (учет положения рабочей кромки инструмента).

С помощью параметров L1...L3 можно осуществить пространственную коррекцию инструмента, а также и одновременную коррекцию трех разных инструментов. С помощью машинных параметров, параметры L1, L2 и L3 закрепляются за осями; например, за осями X, Y, Z соответственно (см. рис.66). Одновременная коррекция трех разных инструментов проиллюстрирована на рис. 67.

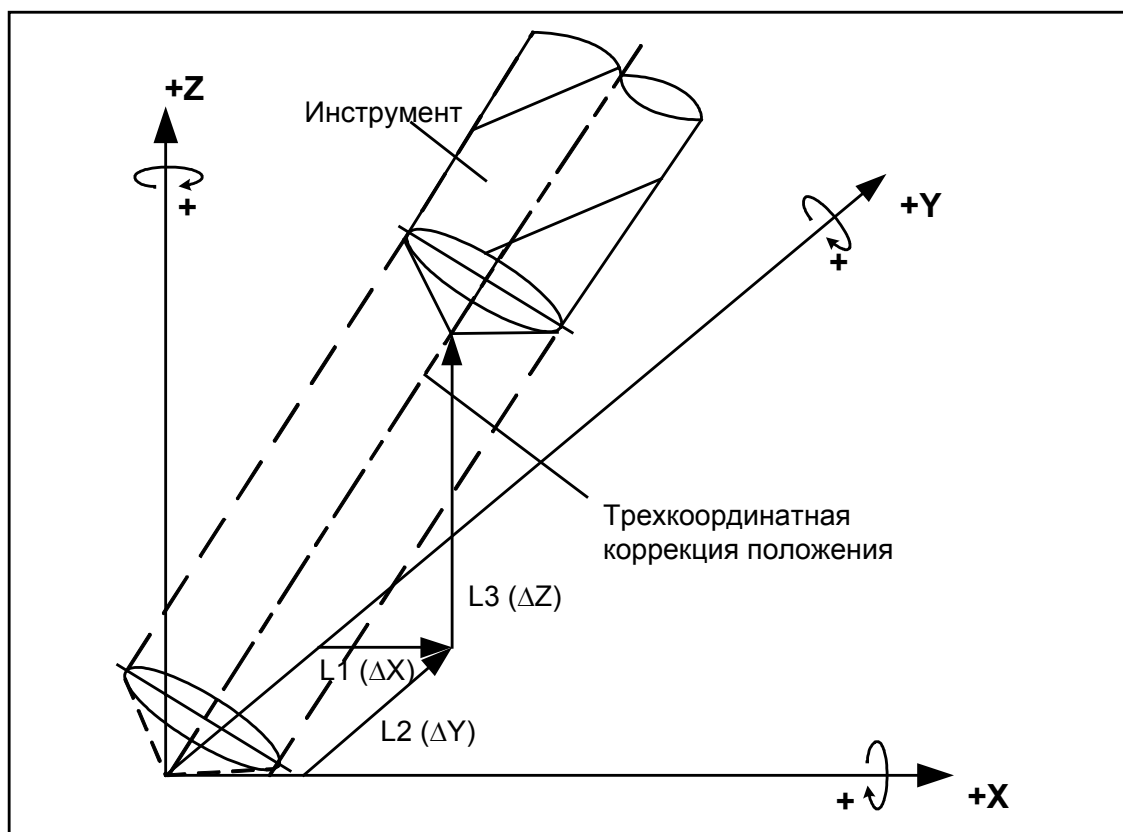


Рис.66.

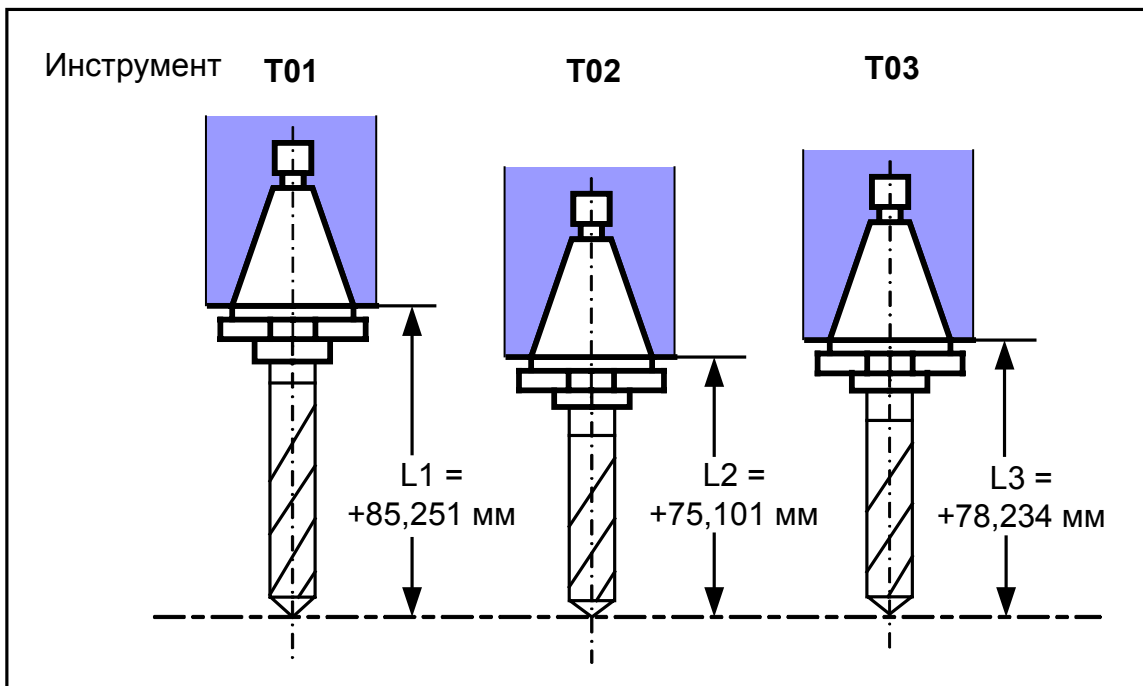


Рис.67.

Параметр SL указывает на положение (ориентацию) режущей кромки инструмента (см. рис.68) по отношению к оси Z. Ситуация 9 на рисунке соответствует случаю, когда программным перемещением служит движение центра скругления инструмента.

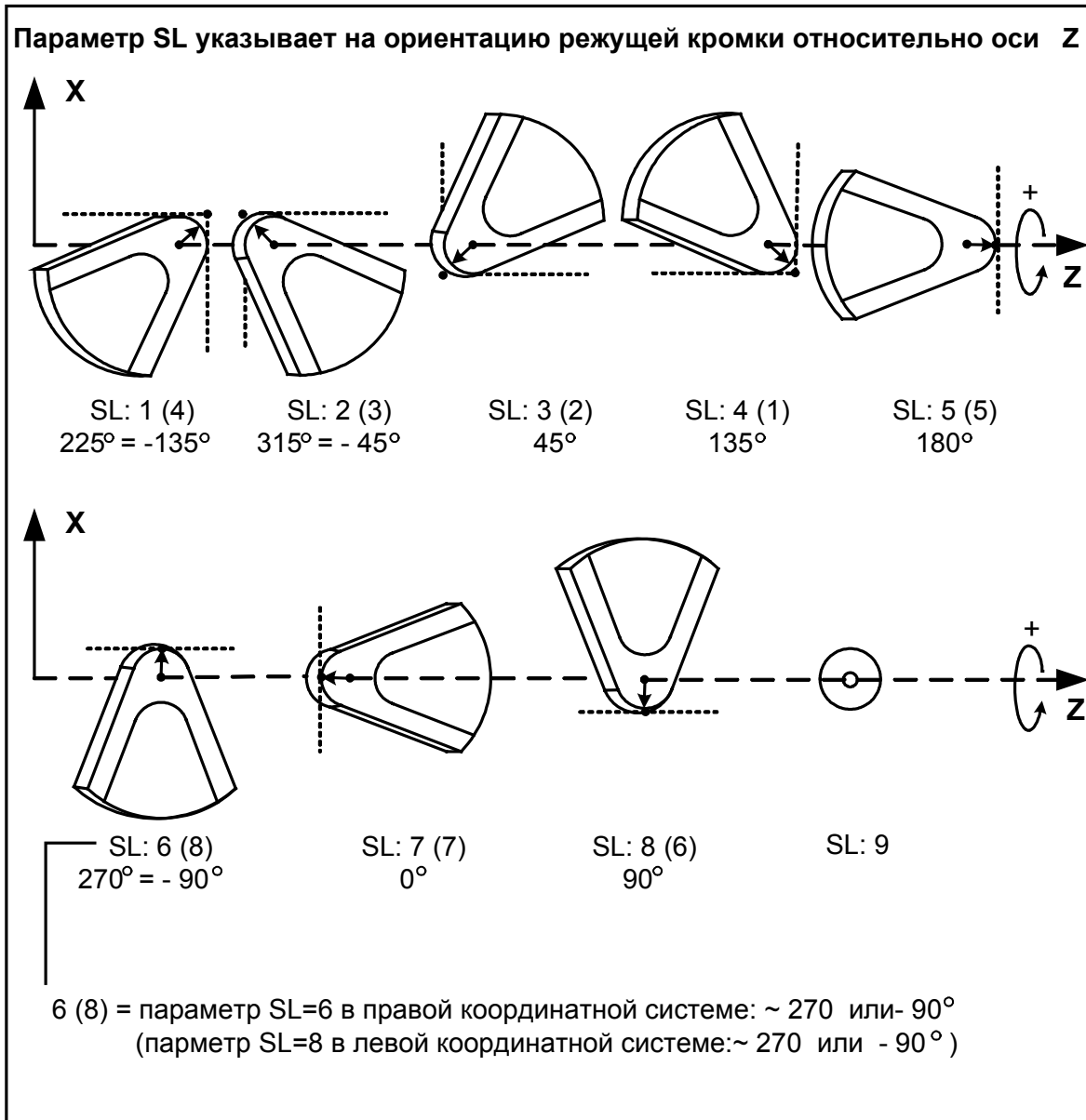


Рис.68.

54. Внешнее смещение нуля, - G160..G360, G167. При использовании внешнего смещения нуля, все предыдущие смещения остаются в силе. Таким образом. Суммарное смещение складывается из смещений в таблицах смещения нуля ZS, сохраняемых в памяти системы ЧПУ; из активной компенсации положения заготовки; наконец, из внешнего смещения нуля. Инструкции G160, G260, G360 означают соответственно первое, второе и третье внешнее смещение нуля. Инструкция G167 отменяет внешнее смещение нуля.

55. Точное позиционирование при ускоренном перемещении, - G161, G162. В процессе движения следящего привода образуется динамическая «ошибка по скорости». Во всех случаях точного позиционирования, ее эффект должен быть устранен. Инструкция G161 активизирует функцию точного позиционирования специально для случая ускоренного подвода. Инструкции G164...G166 позволяют воспользоваться тремя дополнительными опциями точного позиционирования.

Инструкция G162 отменяет функцию точного позиционирования при ускоренном перемещении (см. рис.69).

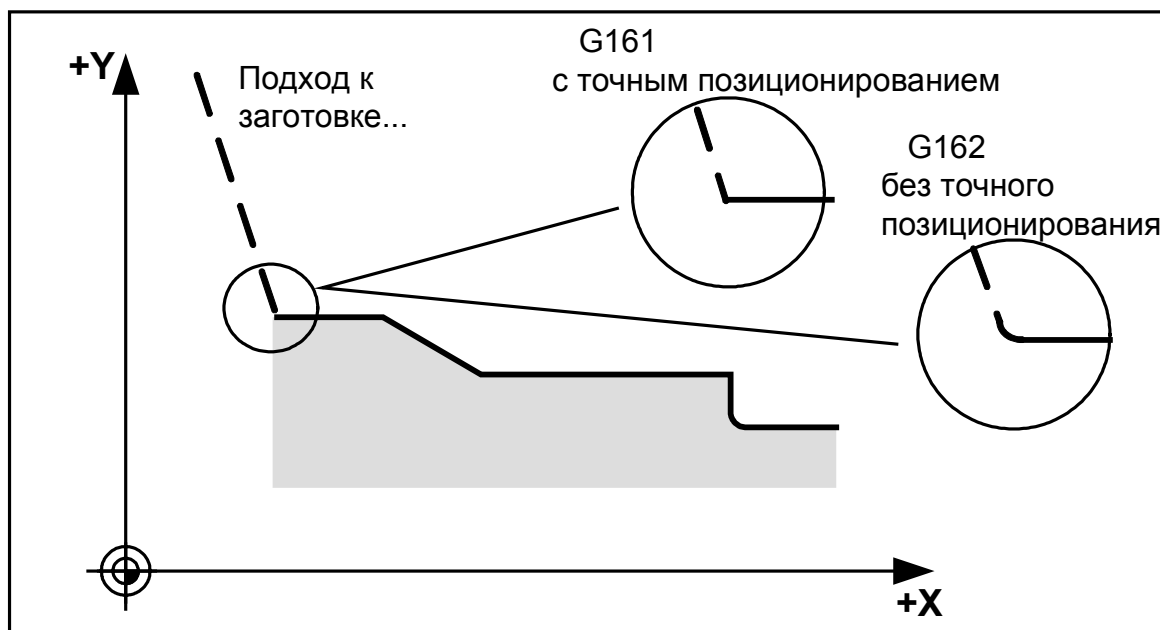


Рис.69.

Пример:

```
N10 G161 /Включение точного позиционирования без перемещений.
N11 G00 Y200 /Ускоренное перемещение с точным позиционированием.
```

Или:

```
N10 G162 /Ускоренное перемещение без точного позиционирования.
N11 G00 Y200
N50 G161 X200 /Ускоренное перемещение с точным позиционированием.
```

56. Опции точного позиционирования, - G164, G165, G166. Инструкция G164 инициирует снижение скорости подачи в конце кадра до нуля; при этом с помощью SERCOS-интерфейса контролируется позиционирование всех осей в «точном окне позиционирования». Лишь после этого возможна отработка очередного кадра. Инструкция G165 инициирует снижение скорости подачи в конце кадра до нуля; при этом с помощью SERCOS-интерфейса контролируется позиционирование всех осей в «грубом окне позиционирования». Лишь после этого возможна отработка очередного кадра. Инструкция G166 инициирует снижение скорости подачи в конце кадра до нуля для всех осей; при этом никакой проверки попадания в окно позиционирования не ведется.

Для сравнения приведем различные варианты позиционирования:

- G61, - точное позиционирование при движении со скоростью подачи;

- G62, - выключение точного позиционирования со скоростью подачи;
- G161, - точное позиционирование при ускоренном перемещении;
- G162, - выключение точного позиционирования при ускоренном перемещении (только если G163 не активна);
- G163, - точное позиционирование при движении со скоростью подачи или ускоренно;
- G164, - позиционирование всех осей ($V=0$) в точном окне позиционирования;
- G165, - позиционирование всех осей ($V=0$) в грубом окне позиционирования;
- G166, - позиционирование всех осей ($V=0$) без проверки попадания в окно позиционирования.

57. Смещение координатной системы управляющей программы, - G168, G169. Дополнительное (аддитивное) смещение управляющей программы, - G268, G269.

Все запрограммированные перемещения приводов подачи привязаны к координатной системе управляющей программы (PCS или P). Нулевая точка этой координатной системы может быть смещена по отношению к свободно выбранной нулевой точки детали (WCS or W). Смещение позволяет выполнять управляющую программу безо всякого изменения в различных подпространствах рабочего пространства станка

(см. рис. 70).

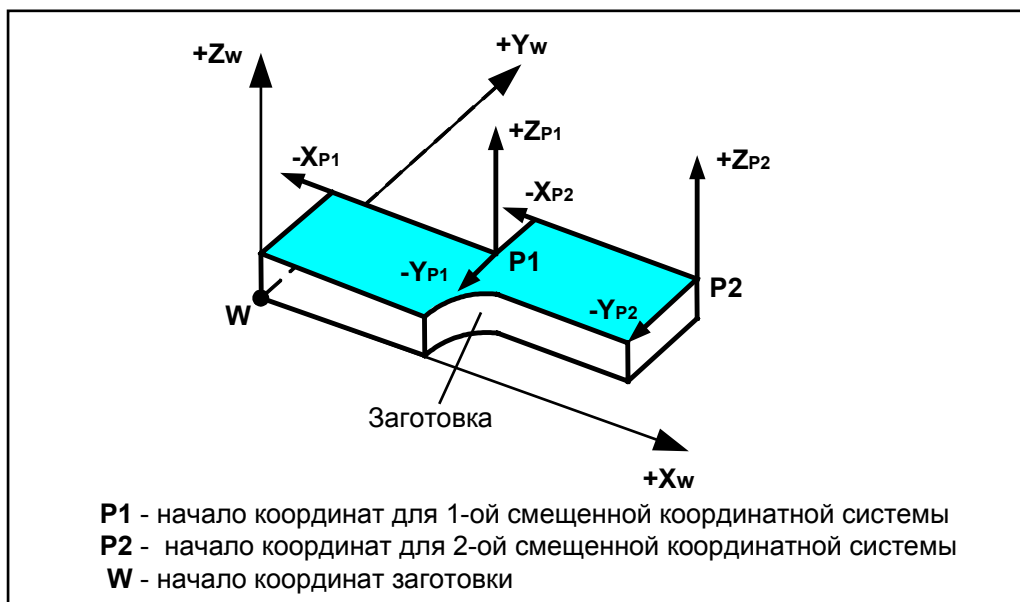


Рис.70.

Аддитивное смещение координатной системы позволяет последовательно выстроить несколько координатных систем; и на этой основе сконструировать управляющую программу, состоящую из одинаковых частей для обработки однообразных фрагментов

детали. Все это напоминает программное смещение контура с помощью инструкции G60. Различие состоит в совместном использовании инструкций G60 и G38 (зеркальное отображение, масштабирование, поворот). Инструкция G38 не оказывает влияния на смещение координатной системы управляющей программы. Пример указанного различия показан в таблице и на рис.71.

Оси	Коэффициент масштабирования	Смещение с использованием G168, G38	Смещение с использованием G60, G38
X	2	$\Delta X = 1$ единица	$\Delta X = 2$ единицы
Y	2	$\Delta Y = 1$ единица	$\Delta Y = 2$ единицы

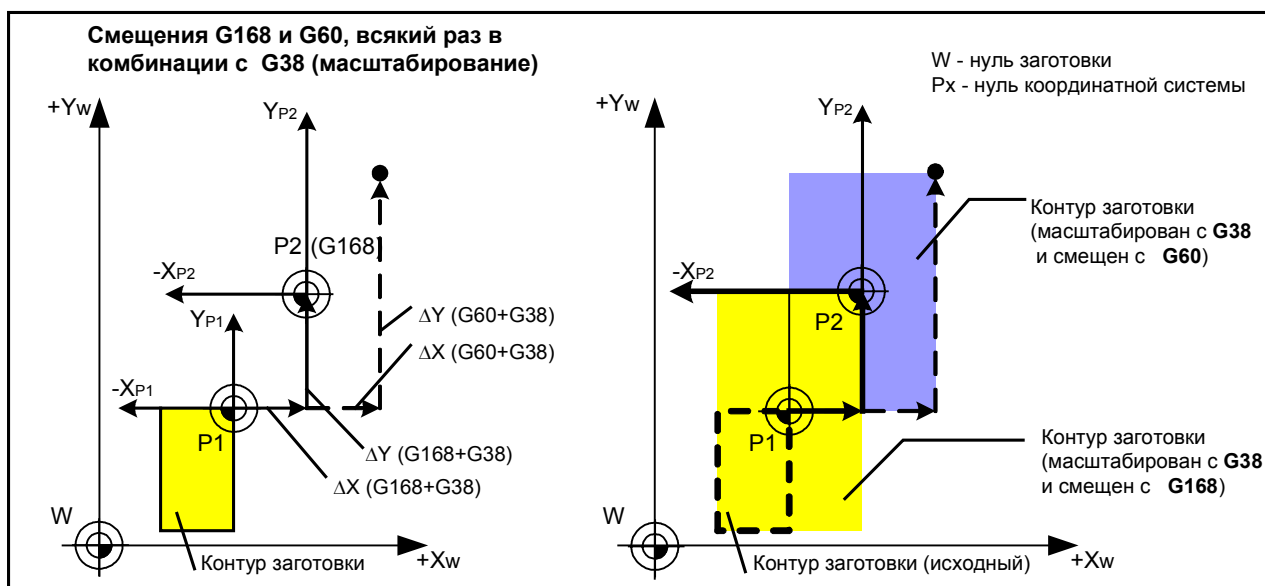


Рис.71.

Инструкция G168 задает смещение координатной системы управляющей программы. Инструкция G169 отменяет **все** смещения координатной системы. Инструкция G268 определяет аддитивное смещение координатной системы. Инструкция G269 отменяет **только** аддитивное смещение координатной системы управляющей программы.

Пример:

N10 G168 X10 Y10 Z50	/ Установка нуля в положение X10 Y10 Z50 / текущей координатной системы детали. В кадре / перемещений нет.
N100 G01 X...Y...Z...	/ Запрограммированные перемещения в / координатной системе, введенной выше.
N110 G268 X20 Y10	/ Установка нуля в положение X30 Y20 Z50 по / отношению к координатной системе детали. В

N200 G169	/кадре перемещений нет. /Координатная система, введенная ранее, /отменяется. Координатная система /управляющей программы теперь идентична /координатной системе детали.
-----------	---

58. Смешанное программирование, абсолютное с относительным, - G190. Смешанное программирование, относительное с абсолютным, - G191.

При использовании инструкций G90 и G91 устанавливается глобальный способ интерпретации системой ЧПУ функций размерных перемещений как абсолютных или относительных. Инструкции G190 и G191 позволяют модифицировать этот способ от кадра к кадру.

Инструкция G190 устанавливает способ абсолютного программирования (по отношению к нулевой точке). Однако в последующих кадрах допускается относительное программирование (по отношению к конечной достигнутой точке) отдельно для координатных осей. Для этого к соответствующему адресу оси добавляют параметр «I» (Incremental); например «XI», «YI», «ZI».

Инструкция G191 устанавливает способ относительного программирования (по отношению к последней достигнутой позиции) отдельно для координатных осей. Однако в последующих кадрах допускается абсолютное программирование (по отношению к текущей активной нулевой точке). Для этого к соответствующему адресу оси добавляют параметр «A» (Absolute); например, «XA», «YA», «ZA».

Примеры:

N...	
N20 G190	/Начиная со следующего кадра и далее, /возможно относительное программирование.
N30 G01 X100 Y150 F1000 S150	/Перемещение в позицию X100 Y150
N40 XI50 YI50	/Перемещение в позицию X150 Y200
N 50 X200 Y250	/Перемещение в позицию X200 Y250
N 60 X210 YI250	/Перемещение в позицию X210 Y500

N20 G191	/Начиная со следующего кадра и далее, /возможно абсолютное программирование; /абсолютные координаты текущей позиции /X10 Y10.
N30 G01 X100 Y50 F1000 S150	/Перемещение в позицию X110 Y60
N40 XA250 YA200	/Перемещение в позицию X250 Y200
N50 X200 Y250	/Перемещение в позицию X450 Y450
N60 XA100Y50	/Перемещение в позицию X100 Y500

59. Ограничения частоты вращения, - G192, G292. Верхний и нижний уровни частоты вращения могут быть установлены в пределах управляющей программы.

Инструкция G192 инициирует установку в S-слове нижнего предела, а инструкция G292 - установку верхнего предела.

Пример:

N...	
N100 X...Y...G192 S1500	/Минимальная частота вращения /равна 1500 об/мин.
N101 X...Y...G292 S2500	/Максимальная частота вращения /равна 2500 об/мин.
N...X...Y...G292 S-1	/Отмена максимального ограничения.
N...X...Y...G192 S0	/Отмена минимального ограничения

60. Осциллирующее движение, - G301, G350. Осциллирующее движение может быть наложено на обычное движение любой выбранной оси в процессе линейной интерполяции группы осей. Осциллирующее движение инициируется инструкцией G301, которая является модальной в группе интерполяции (G01, G02...), см. рис.72. Таким образом, отмена осциллирующего движения осуществляется при появлении любой другой инструкции из этой группы. Инструкция G350 предваряет инструкцию G301, определяя основные параметры осциллирующего движения.

Синтаксис инструкции G350: OSC<осциллирующая ось> URP<верхняя точка гармоники в мм> LRP<нижняя точка гармоники в мм> F<подача в мм/мин, альтернатива OF> OF<частота осциллирующего движения, 1/Сек >. Здесь: OSC – Oscillating; URP – Upper reversing Point; LRP – Lower Reversing Point; OF – Oscillating Frequency.

Синтаксис инструкции G301: X<перемещение, связанное линейной интерполяцией с Y> Y<перемещение, связанное линейной интерполяцией с X> F<подача> Time<продолжительность осциллирующего движения в кадрах, в которых перемещение отсутствует, мсек>.

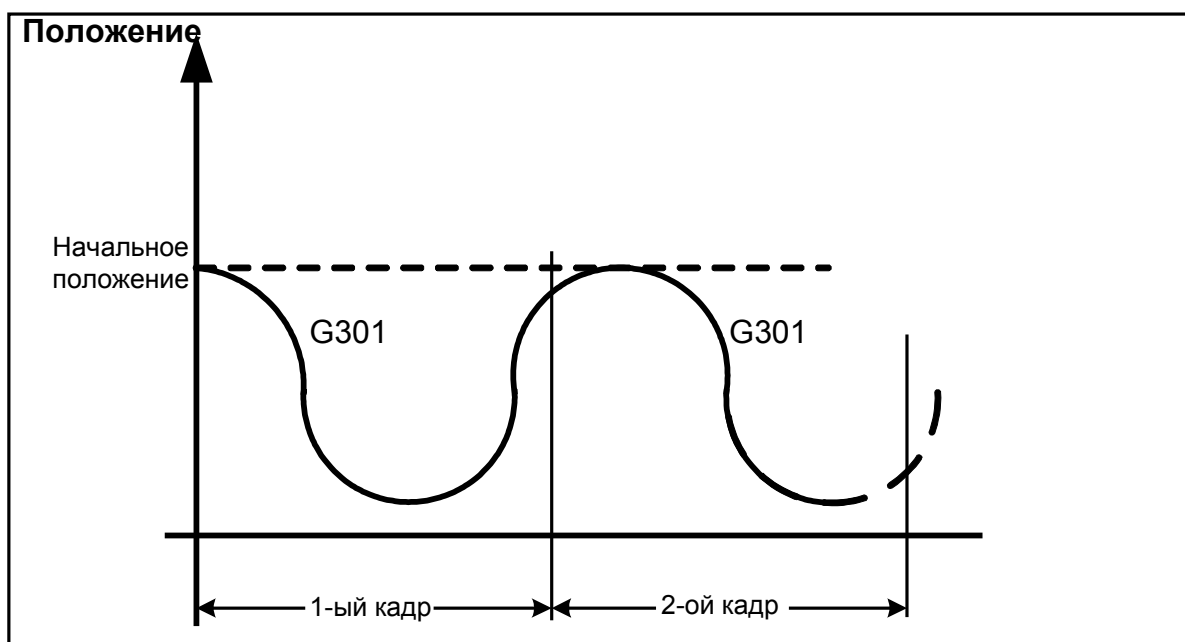


Рис.72.

Пример:

G350 OscX URP200 LRP100 OF5

G301 X100 Y10 F20

61. Управление коллизиями, - G543, G544. Функция опережающего просмотра Look-ahead для управления коллизиями, - G500. Инструкция G500 обнаруживает возможную коллизию при опережающем просмотре кадров с эквидистантной коррекцией; причем число кадров указывается в качестве параметра инструкции. Инструкция G543 включает управление коллизиями, а инструкция G544 выключает это управление, см. рис.73.

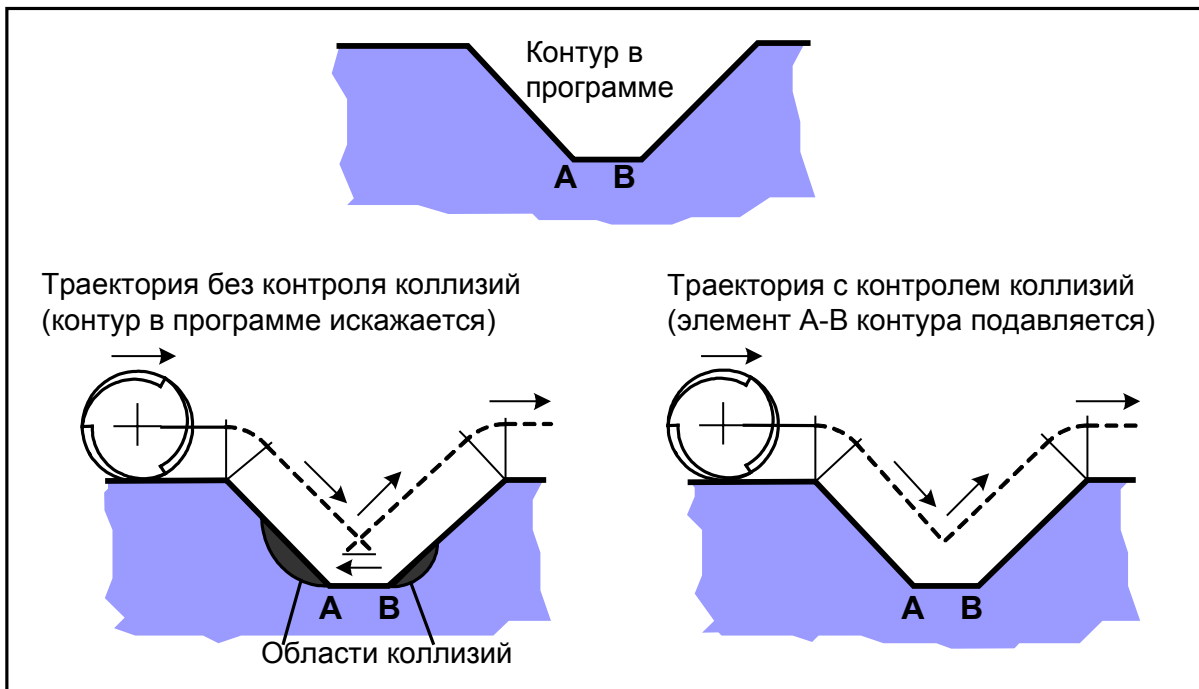


Рис.73.

62. Группирование координатных осей, - G581, G580. Группирование осей приводит к жесткому позиционному соотношению между ведущей осью и ведомыми осями. Каждая группа состоит из одной ведущей оси и до семи ведомых. Группа осей работает в одном и том же канале системы ЧПУ. За каждым каналом (в многоканальных системах ЧПУ) может быть закреплено несколько групп, см. рис.74. Инструкция G581 служит для создания групп, а инструкция G580 предназначена для их расформирования.

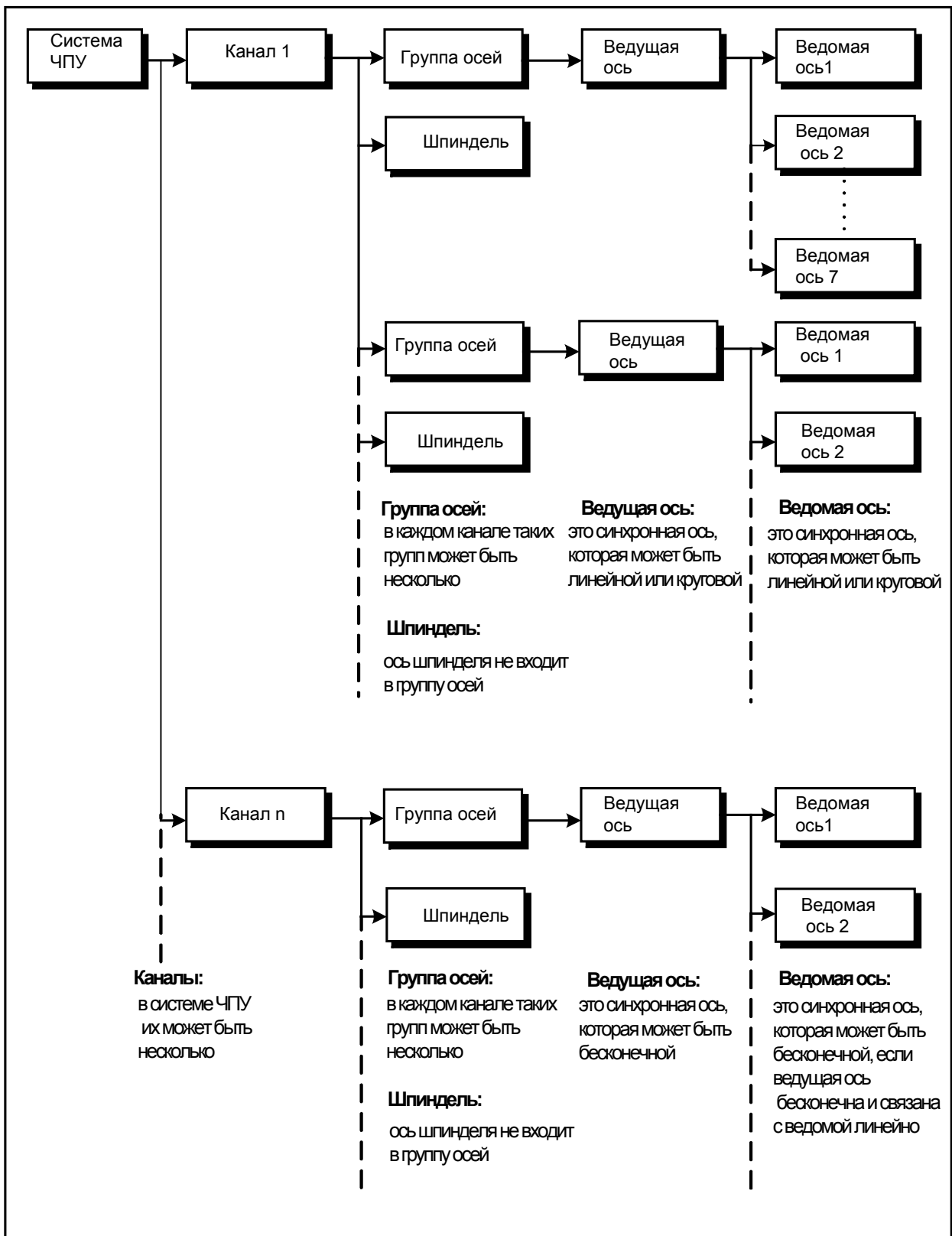


Рис.74.

Существуют следующие варианты групп:

- группы с параллельными осями (например, если несколько исполнительных органов перемещаются параллельно);

- электронные гитары (с осями, которые связаны определенным передаточным отношением);
- группы с нелинейно-связанными осями.

Характеристикой группы служит отношение ведомых осей к ведущей. Линейное отношение линейно связывает положение ведущей оси p_m с положением p_s ведомой оси, см. рис.75.

$$p_s = p_m * k + o \quad (\text{Формула 1})$$

Рис.75.

Здесь: $k=1$ для параллельных осей; для электронных гитар значение k определяется настройкой электронной гитары.

Нелинейно-связанные оси представлены функцией $f(p_m)$, которая хранится в табличной форме в файловой системе системы ЧПУ, см.рис.76.

$$p_s = f(p_m - p_m^o) * k + o \quad (\text{Формула 2})$$

Рис.76.

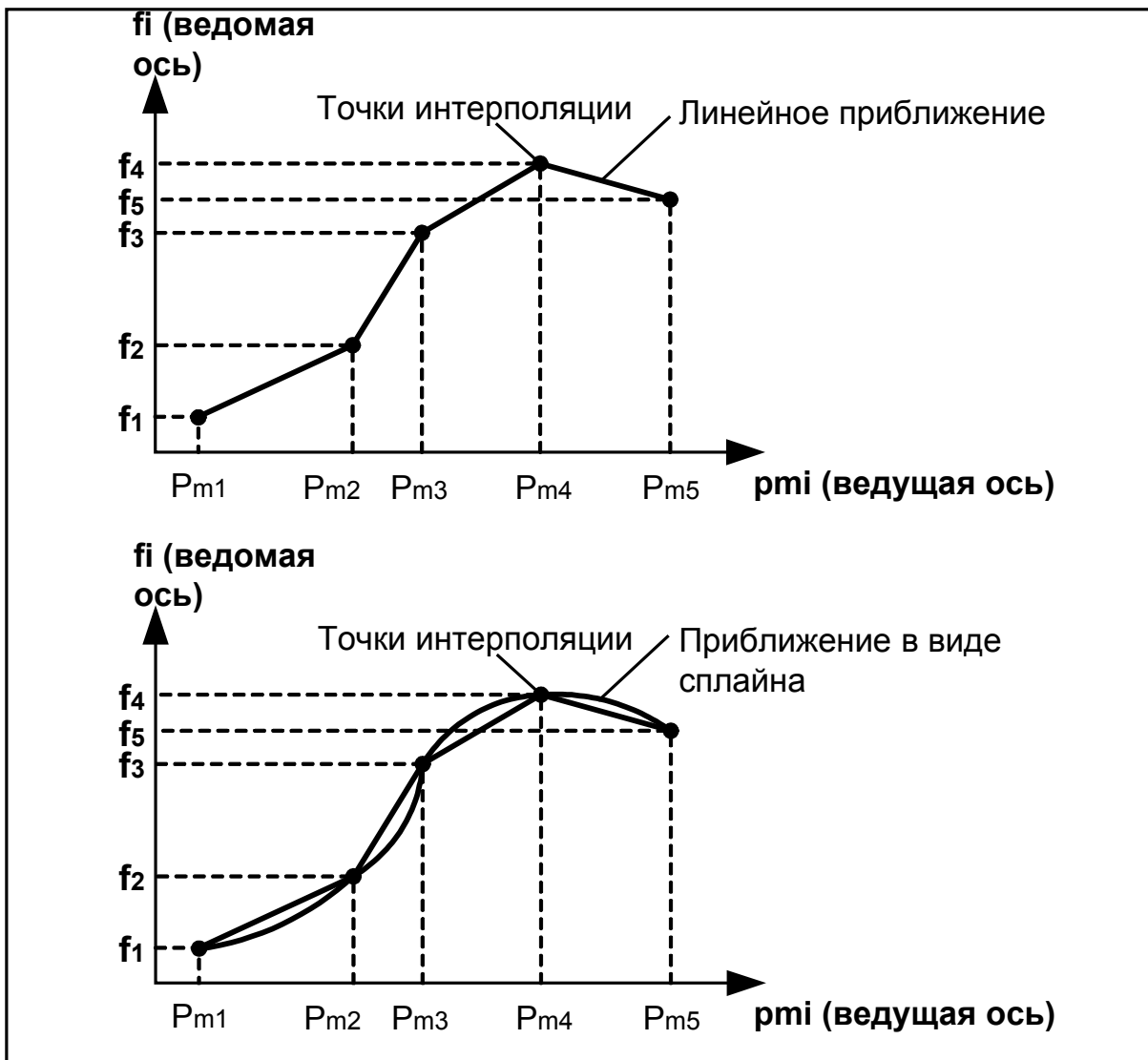


Рис.77.

Глава 4. Управление шпинделем

1. Функции шпинделя.

Функции шпинделя относятся к отдельным шпинделям или шпиндельным группам. Максимальное число шпинделей равно восьми, и каждый из них может быть придан любой из четырех предусмотренных групп с помощью машинных параметров. Примеры отношений вспомогательных M-функций и шпинделей: M03 относится к первой шпиндельной группе; M103 относится к первому шпинделю; M203 относится ко второму шпинделю. Все эти вспомогательные функции включают вращение шпинделя (или шпиндельной группы) по часовой стрелке. Аналогичным образом, вспомогательные функции M13, M113, M213 включают вращение шпинделя (или шпиндельной группы) по часовой стрелке с одновременной активизацией функции охлаждения. Вспомогательные функции M04, M104, M204 включают

вращение шпинделя (или шпиндельной группы) против часовой стрелки. Аналогичным образом, вспомогательные функции M14, M114, M214 включают вращение шпинделя (или шпиндельной группы) против часовой стрелки с одновременной активизацией функции охлаждения. Вспомогательные функции M05, M105, M205 останавливают вращение шпинделя.

2. Ориентированная остановка шпинделя (шпиндельной группы). Вспомогательные функции M19 (для первой шпиндельной группы), M119 (для первого шпинделя), M219 (для второго шпинделя) служат для программирования ориентированной остановки вращения шпинделя (или шпиндельной группы). При этом может быть использовано или не использовано S-слово. Если S-слово не используется, то шпиндель останавливается по углу в своей относительной точке. При использовании S-слова указывают угол позиционирования в градусах по отношению к относительной точке шпинделя.

Пример:

N...M19	/Шпиндели первой группы устанавливаются соответственно в свои относительные точки.
N...M119	/Первый шпиндель устанавливается в свою относительную точку.
N...M219	/Второй шпиндель устанавливается в свою относительную точку.
N...M19 S180	/Шпиндели первой группы устанавливаются под углом 180
	/градусов к относительной точке.
N...M119 S1=180	/Первый шпиндель устанавливается под углом 180 градусов к относительной точке.

3. Использование шпиндельной бабки с зубчатыми передачами. Общий диапазон регулирования частоты вращения шпинделя разбивается с помощью шпиндельной бабки на несколько поддиапазонов, не более четырех. Все характеристики этих поддиапазонов отражаются в машинных параметрах. Для активизации автоматического переключения в шпиндельной бабке используются вспомогательные функции M40, M140 и M240, различие между которыми такое же, как и в рассмотренных выше шпиндельных функциях.

Пример:

N...M40	/Включение автоматического выбора поддиапазона для первой шпиндельной группы.
N...M140	/Включение автоматического выбора поддиапазона для первого шпинделя.
N...M240	/Включение автоматического выбора поддиапазона для второго шпинделя.

4. Программирование частоты вращения. Частота вращения программируется для отдельного шпинделя или для всех шпинделей группы с помощью S-слова. Варианты использования слова таковы:

«Si=» означает, что программируется частота вращения для шпинделя номера «i»; «SSPGj=» означает, что программируется частота вращения для шпиндельной группы номера «j»; использование только лишь адреса S означает, что программируется частота вращения шпинделя той группы, которой по умолчанию принадлежит первый шпиндель.

Пример:

N...G97	/Активизация программирования частоты вращения шпинделя.
N...G...X...Y...Z...F...SSPG1=1000	/Частота вращения шпинделей первой группы /равна1000 об/мин.
N...G...X...Y...Z...F...S1=2000	/Частота вращения первого шпинделя равна /2000 об/мин.
N...G...X...Y...Z...F...S3=2000	/Частота вращения третьего шпинделя равна /2000 об/мин.
N...G...X...Y...Z...F...S1500	/Первый шпиндель из той группы, которой он /принадлежит по умолчанию, имеет частоту /вращения 1500 об/мин.

Глава 5. Вспомогательные и специальные функции

1. Функция подачи с адресом F. Функцию подачи используют для программирования относительной скорости инструмента и заготовки в процессе обработки. Система ЧПУ

может интерпретировать функцию подачи по-разному, в зависимости от той или иной G-инструкции:

- как время интерполяции в секундах для инструкций G01, G02, G03 и G05 (см. инструкцию G93);
- как скорость подачи в мм/мин (см. инструкцию G94);
- как скорость подачи в мм/об (см. инструкцию G95).

Пример:

N10 G93 G01 X300 Z400 A50 B120 F60	/ Запрограммировано перемещение с / линейной интерполяцией в течение 60 / Сек.
------------------------------------	--

Пример:

N10 G01 G94 X200 Z300 F200	/ Скорость подачи равна 200 мм/мин.
N11 G04 F40	/ Выдержка времени равна 40 Сек.
N12 X300 Z400	/ Скорость подачи 200 мм/мин вновь активна.

Пример:

N9 S2000 M4	/ Частота вращения шпинделя равна 2000 / об/мин против часовой стрелки.
N10 G01 G95 X200 Z300 F0.2	/ Скорость подачи равна 0,2 мм/об
N...	
N12 X300 Z400	/ Скорость подачи 0,2 мм/об вновь активна.

2. Функция подачи асинхронной оси с адресом FA. Обычно асинхронные оси перемещаются ускоренно. Если по каким-то причинам этого быть не должно, то для программирования скорости подачи используют адрес FA.

Пример:

N10 G01G94 X200 Z300 F200	/ Скорость подачи синхронных осей равна 200 / мм/мин.
N11 UA400 VA140 FA250	/ Асинхронные оси UA и VA перемещаются со / скоростью подачи 250 мм/мин.

- 1-ый шпиндель, - M103, M104, M105, M113, M114, M119.
- 2-ой шпиндель, - M203, M204, M205, M213, M214, M219.

Управление диапазонами вращения шпинделя, - M40-M244:

- 1-ая шпиндельная группа, - M40, M41- M44.
- 1-ый шпиндель, - M140, M141 - M144.
- 2-ой шпиндель, - M240, M241 – M244.

Отмена управления диапазонами вращения шпинделя, - M48-M248:

- 1-ая шпиндельная группа, - M48.
- 1-ый шпиндель, - M148.
- 2-ой шпиндель, - M248.

4.4. Вспомогательная функция, используемая для смены инструмента, - M06.

Вспомогательная функция M04 инициирует смену инструмента, вызывая для этого соответствующую подпрограмму.

5. Функция выбора инструмента с адресом T. С помощью этой функции запрашивают инструмент, который будет использован в очередном переходе операции. Синтаксическая структура T-слова устанавливается машинными параметрами. Фактическая смена инструмента осуществляется с помощью вспомогательной функции M06.

Пример:

N100 T123 M06	/Выбор инструмента 123 и инициация смены /с помощью вспомогательной функцией M06.
N110 G00 X100 Y200	/ Начало работы с инструментом 123
N120 G01 X150 Y230	
N...	
N500 T234 M06	/Выбор инструмента 234 и инициация смены /с помощью вспомогательной функцией M06.

Глава 6. Компенсация (коррекция) инструмента.

1. Предусловия. Длина и радиус инструмента должны быть представлены в таблице, сохраняемой в файловой системе системы ЧПУ. Эта таблица должна быть активной.

Для компенсации длины инструмента используют H-слово; а для компенсации радиуса инструмента используют D-слово. Для компенсации радиуса при эквидистантной коррекции должны быть активными инструкции G41 или G42.

2. Компенсация длины инструмента (см. рис.78).

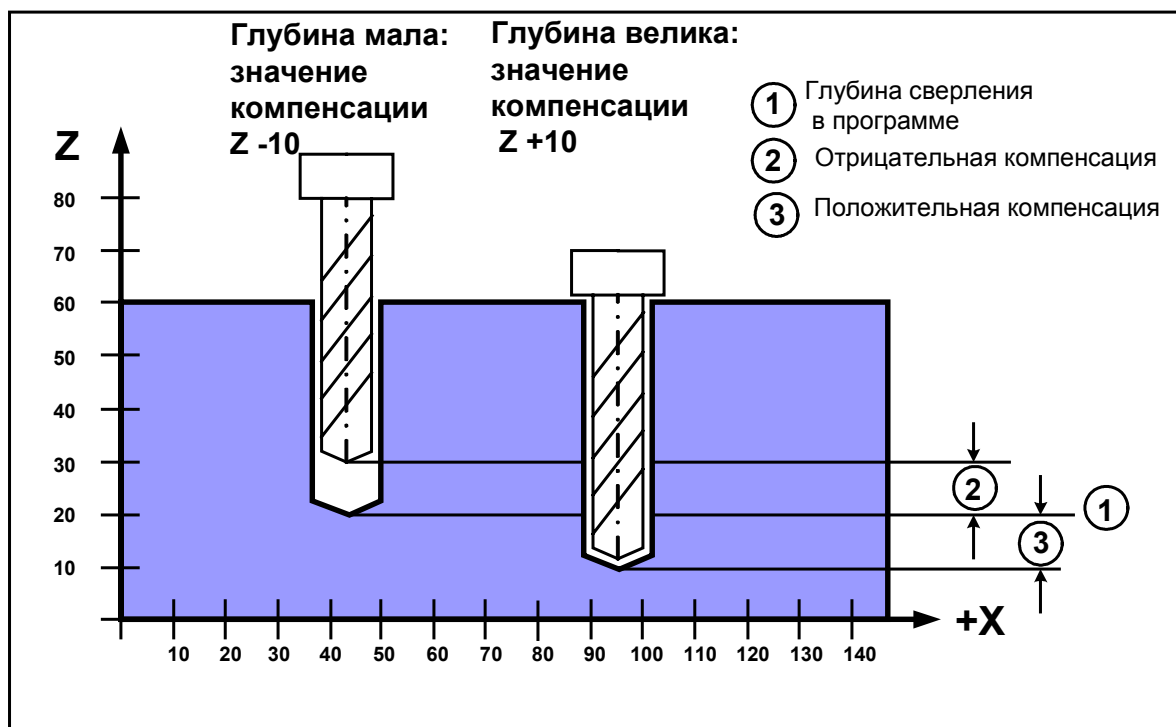


Рис.78.

Функция компенсации является модальной и может быть изменена вызовом другой функции компенсации или отменена путем программирования H0. Само по себе H-слово не влечет за собой каких-либо перемещений. Пример программирования показан на рис.79.

```

N99 G22 K10
N100 G01 X... Y... Z... H... F...

```

Вызов корректора по номеру в таблице коррекции

Применение коррекции для оси Z

Рис.79.

3. Компенсация радиуса. Компенсация радиуса осуществляется путем вызова

D-слова. Должна работать одна из инструкций, G41 или G42. С помощью одной из инструкций G17/G18/G19/G20 должна быть выбрана плоскость активной компенсации.

D-слово является модальной функцией, которую заменяет новое D-слово, с новым

значением компенсации. Пример программирования компенсации радиуса представлен на рис.80.



Рис.80.

4. Вход в эквидистантную траекторию и выход из нее. Если активны инструкции круговой интерполяции (G02, G03, G05), то в кадрах, инициирующих эквидистантную коррекцию (с инструкциями G41 или G42), программирование перемещений недопустимо. Инструмент входит в эквидистантную траекторию в следующем кадре (после G41 или G42) перпендикулярно к контуру. То же и для любого кадра с G41 или G42 при отсутствии в кадре запрограммированных перемещений (см. рис.81).

При линейной интерполяции в кадре с инструкциями G41 или G42 вход в эквидистанту осуществляется по мере движения к ее начальной точке (см. рис.82).

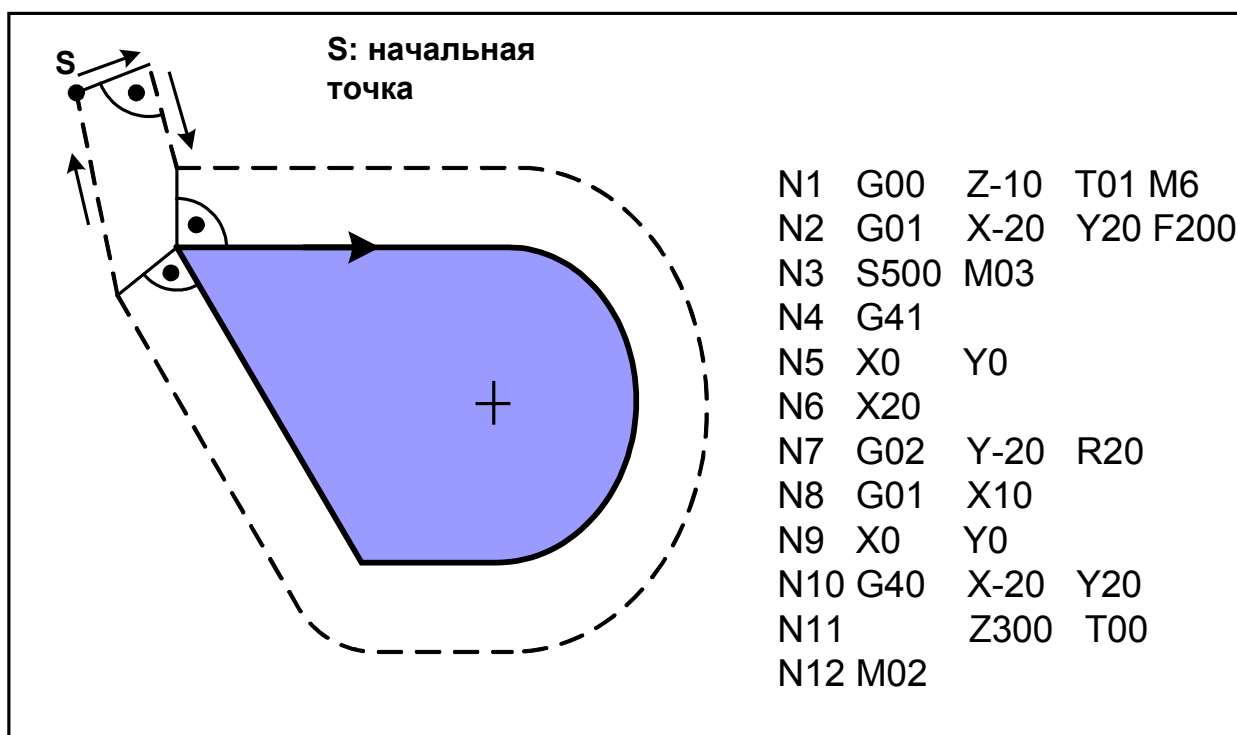


Рис.81.

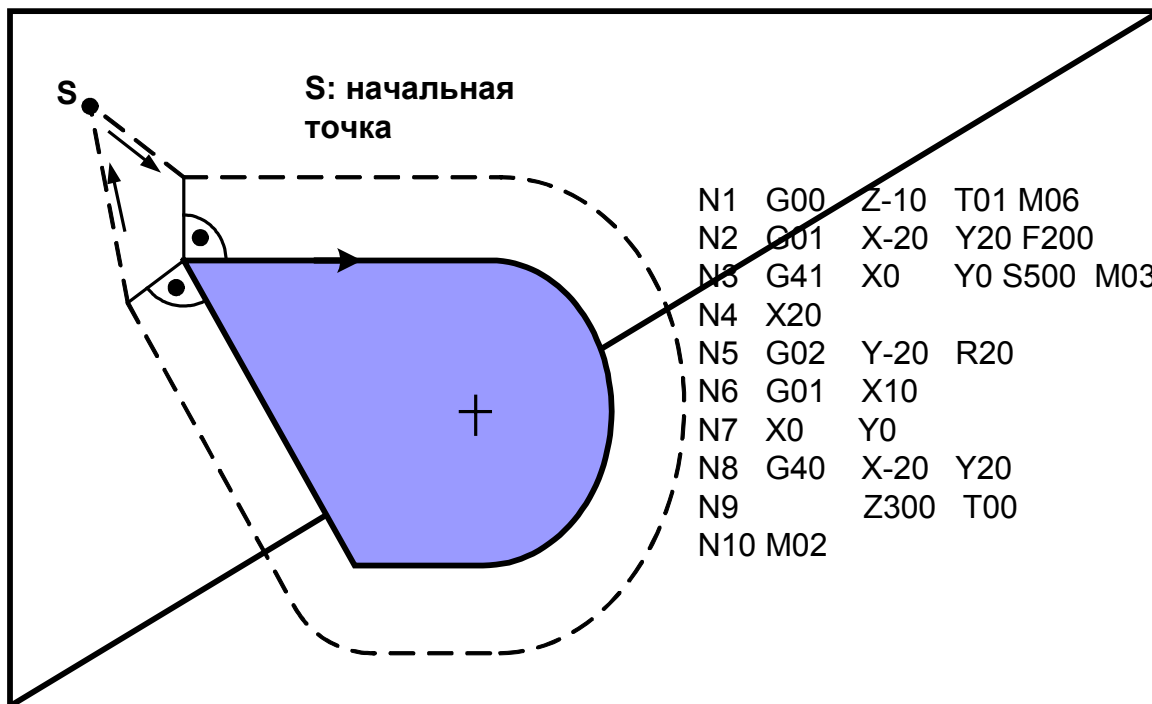


Рис.82.

При линейном движении к точке выхода из эквидистанты вместе с инструкцией G40 в том же кадре, эквидистантное смещение ликвидируется в процессе самого этого движения. Если в кадре с инструкцией G40 нет запрограммированных перемещений, то выход из эквидистанты осуществляется перпендикулярно к последней запрограммированной траектории (см. рис.83).

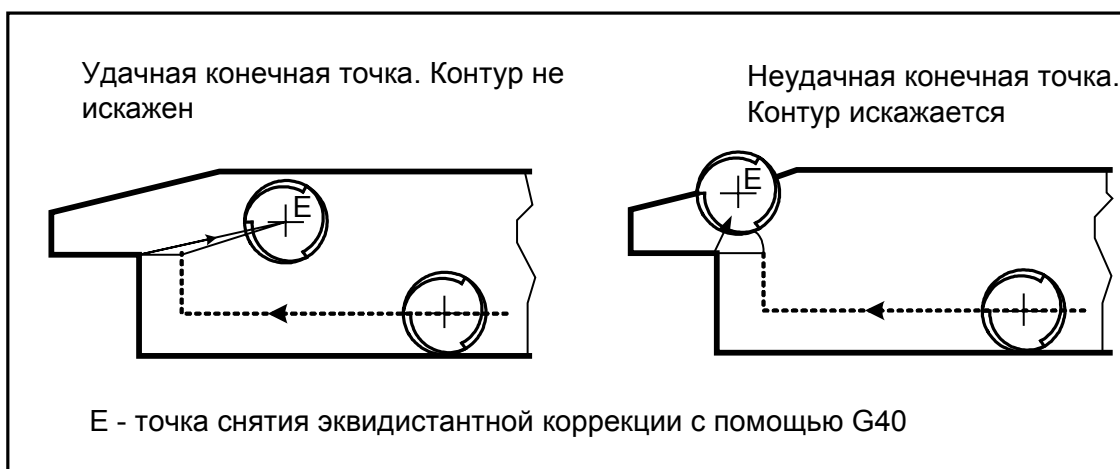


Рис.83.

5. **Примеры.** Некоторые дополнительные примеры показаны: на рис. 84 (инструкция G41 для внешнего контура); на рис. 85 (инструкция G42 для внутреннего контура).

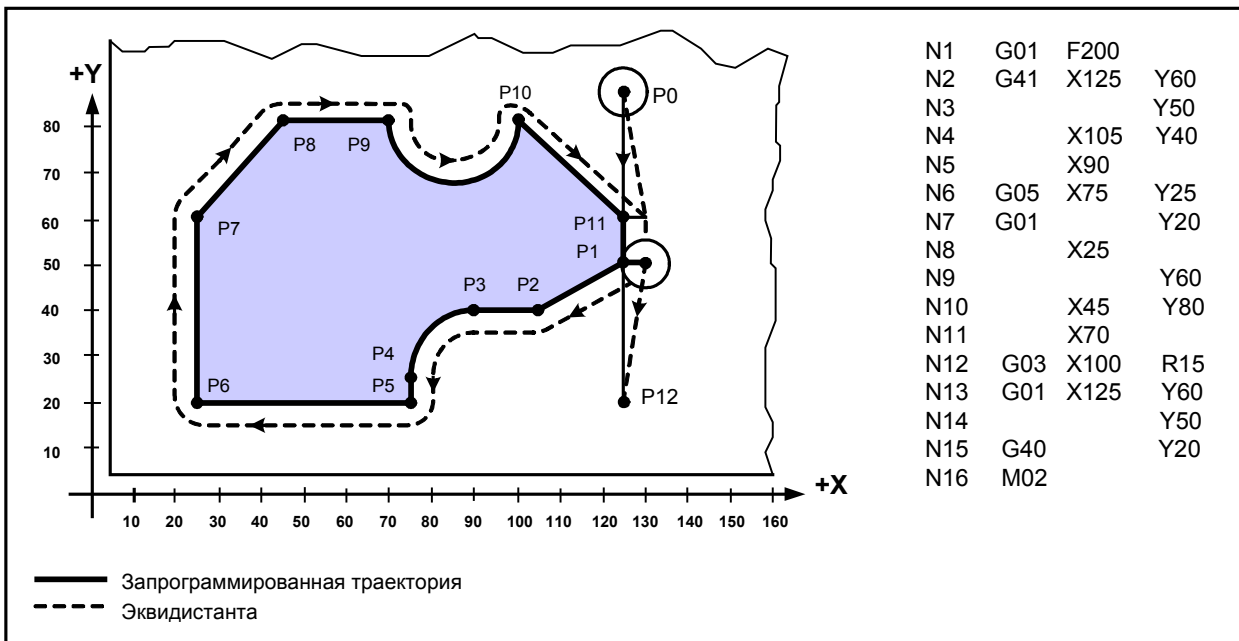


Рис.84.

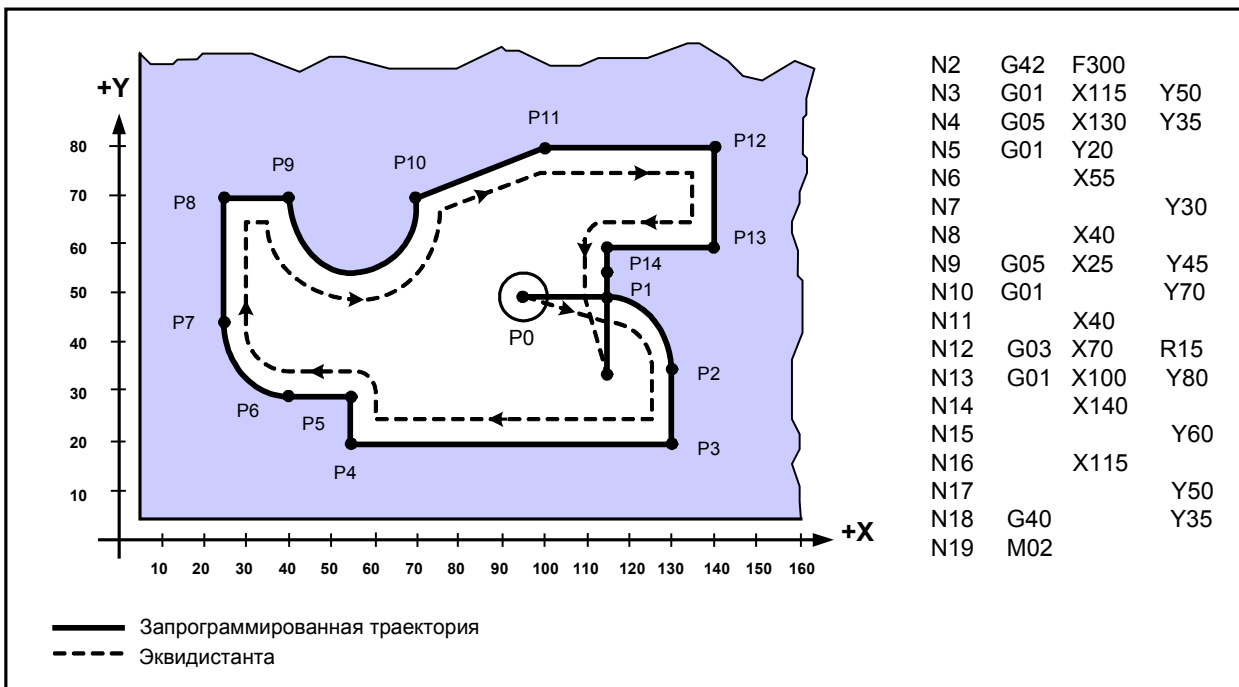


Рис.85.

Инструкция	Описание	Группа
G00	Линейная интерполяция при ускоренном перемещении	2
G01	Линейная интерполяция со скоростью подачи	2
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке	2
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки	2
G04	Выдержка времени	0
G05	Круговая интерполяция с выходом на круговую траекторию по касательной	2
G06	Снижение допустимого уровня ускорения	11
G07	Отмена снижения допустимого уровня ускорения	11
G08	Управление скоростью подачи в точках перегиба	3
G09	Отмена управления скоростью подачи в точках перегиба	3
G10	Ускоренное перемещение в полярных координатах	2
G11	Линейная интерполяция в полярных координатах	2
G12	Круговая интерполяция по часовой стрелке в полярных координатах	2
G13	Круговая интерполяция против часовой стрелки в полярных координатах	2
G14	Возможность программирования коэффициента усиления по скорости	9
G15	Отмена возможности программирования коэффициента усиления по скорости	9
G16	Программирование без указания плоскости	5
G17	Выбор плоскости X_Y	5
G18	Выбор плоскости Z_X	5
G19	Выбор плоскости Y_Z	5
G20	Задание полюса и плоскости координат при программировании в полярных координатах	5
G21	Программирование классификации осей	0
G22	Активизация таблиц	0
G23	Программирование условного перехода	0
G24	Программирование безусловного перехода	0
G32	Нарезание резьбы без компенсирующего патрона	0
G34	Скругление двух линейных участков	12
G35	Отмена скругления двух линейных участков	12
G36	Восстановление параметров отклонения, установленных в машинных параметрах	0
G37	Программирование координат полюса зеркального отображения	22
G38	Активизация зеркального отображения, поворота, масштабирования	22
G39	Отмена функции зеркального отображения	22
G40	Отмена эквидистантной коррекции	41
G41	Эквидистантная коррекция слева по направлению подачи	41
G42	Эквидистантная коррекция справа по направлению подачи	41
G53	Отмена смещения нуля	17
G54... G59	Инициация смещения нуля	17

G60	Смещение контура в пределах координатной системы управляющей программы	20
G61	Точное позиционирование при движении со скоростью подачи	13
G62	Отмена точного позиционирования	13
G63	Включение 100% от запрограммированного значения скорости	7
G64	Привязывание скорости подачи к точке контакта фрезы и детали	42
G65	Привязывание скорости подачи к центру фрезы	42
G66	Активизация значения скорости, заданной потенциометром	7
G67	Отмена смещения контура в координатной системе управляющей программы	20
G68	Вариант сопряжения отрезков эквидистант по дуге	43
G69	Вариант сопряжения отрезков эквидистант по траектории пересечения эквидистант	43
G70	Программирование в дюймах	8
G71	Отмена программирования в дюймах	8
G73	Линейная интерполяция с точным позиционированием	2
G74	Выход в начало координат	0
G75	Работа с датчиком касания	0
G76	Перемещение в точку с абсолютными координатами в системе координат станка	0
G78	Активизация сверлильной оси	36
G79	Деактивация одной сверлильной оси или всех сразу	36
G80	Отмена вызова стандартных циклов	1
G81	Стандартный цикл сверления	1
G82	Стандартный цикл сверления	1
G83	Стандартный цикл глубокого сверления	1
G84	Цикл нарезания резьбы с компенсирующим патроном	1
G85	Цикл рассверливания	1
G86	Цикл рассверливания	1
G90	Программирование в абсолютных координатах	4
G91	Программирование в относительных координатах	4
G92	Установка значений координат	0
G93	Программирование времени отработки кадра	6
G94	Программирование подачи в мм/мин	6
G95	Программирование подачи в мм/об	6
G97	Программирование скорости резания	35
G105	Установка нуля для линейных бесконечных осей	0
G108	Управление подачей в точках перегиба с учетом Look Ahead	3
G112	Деактивация опережающего управления торможением	38
G113	Активизация опережающего управления торможением	38
G114	Активизация опережающего управления скоростью подачи	10
G115	Деактивация опережающего управления скоростью подачи	10
G138	Включение компенсации положения заготовки	23

G139	Выключение компенсации положения заготовки	23
G145... G845	Активизация внешней коррекции инструмента со стооны программируемого контроллера	25
G146	Выключение внешней коррекции инструмента	25
G147 G847	Вторая компенсационная группа коррекции инструмента; коррекции соотнесены с осями	52
G148	Отмена дополнительной компенсации инструмента	52
G153	Отмена первого аддитивного смещения нуля	18
G154... G159	Инициация первого аддитивного смещения нуля	18
G160... G360	Внешнее смещение нуля	24
G161	Точное позиционирование при ускоренном перемещении	14
G162	Отмена точного позиционирования при ускоренном перемещении	14
G163	Точное позиционирование при ускоренном перемещении и перемещении со скоростью подачи	13
G164	Первая опция точного позиционирования	15
G165	Вторая опция точного позиционирования	15
G166	Третья опция точного позиционирования	15
G167	Отмена внешнего смещения нуля	24
G168	Смещение координатной системы управляющей программы	46
G169	Отмена всех смещений координатной системы	46
G268	Аддитивное смещение координатной системы управляющей программы	47
G269	Отмена аддитивного смещения координатной системы управляющей программы	47
G184	Цикл нарезания резьбы без компенсирующего патрона	1
G189	Программирование в абсолютных координатах для бесконечных осей	4
G190	Программирование в абсолютных координатах «слово за словом»	4
G191	Программирование в относительных координатах «слово за словом»	4
G192	Установка нижнего предела частоты вращения в управляющей программе	29
G194	Программирование скорости (подачи, частоты вращения) с адаптацией ускорения	0
G200	Линейная интерполяция на ускоренном перемещении без торможения до $V=0$	2
G202	Винтовая интерполяция по часовой стрелке	2
G203	Винтовая интерполяция против часовой стрелки	2
G206	Активизация и сохранение в памяти максимальных значений ускорения	0
G228	Переходы от кадра к кадру без торможения	0
G253	Отмена второго аддитивного смещения нуля	19
G254... G259	Инициация второго аддитивного смещения нуля	19

G292	Установка верхнего предела частоты вращения в управляющей программе	30
G301	Включение осциллирующего движения	2
G350	Установка параметров осциллирующего движения	0
G408	Формирование гладкого ускорения при движении от точки к точке	3
G500	Обнаружение возможных коллизий при опережающем просмотре кадров	0
G543	Включение управления коллизиями при опережающем просмотре кадров	44
G544	Выключение управления коллизиями при опережающем просмотре кадров	44
G575	Переключение кадров высокоскоростным внешним сигналом	0
G580	Расформирование групп координатных осей	48
G581	Группирование координатных осей	48
G608	Формирование гладкого ускорения при движении от точки к точке для каждой оси в отдельности	3

Примечание: инструкции нулевой группы немодальны.