Мехатроника

Руководство по программированию

Устройство ЧПУ серии MNC

Август 2014

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. ВВЕДЕНИЕ

Данное руководство программиста предназначено для ознакомления с правилами написания управляющих программ (далее по тексту УП) в системах числового программного управления серии MNC, обеспечивающей управление токарным станком.

Выполнение УП осуществляется в системе координат детали, относительно параметрической привязки выбранного инструмента. При этом начало координат всегда находится в точке пересечения оси заготовки с линией торца, как показано на рисунке 1.1.

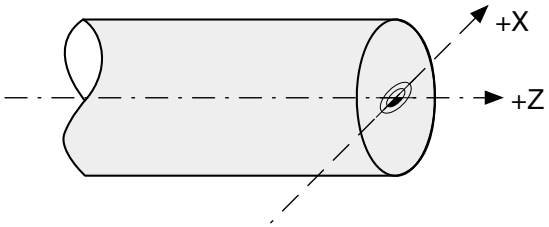


Рисунок 1.1 — Система координат управляющей программы

Файлы с текстом УП следует сохранять с расширением *.mnc. Просмотр и редактирование текста УП возможен в любом текстовом редакторе.

1.2. СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Структурную единицу УП составляет кадр. Систему ЧПУ исполняет кадры программы последовательно, один за другим. Каждый кадр состоит из некоторой совокупности слов, которые, в свою очередь, содержат адресную часть и числовое значение. Адрес представляет собой одну из букв латинского алфавита (A - Z) и определяет смысл последующего числового значения. Назначение адресов в УП приведено в таблице 1.1.

ТАБЛИЦА 1.1

Адрес	Назначение		Адрес	Назначение
N	Номер кадра		S	Задание оборотов шпинделя
G	Подготовительная функция		F	Задание подачи
M	Вспомогательная функция		X, Z	Перемещения по линейным осям
T	Номер инструмента		R	Радиус круговой интерполяции
D	Номер корректора инструмента		I, J, K	Параметры круговой интерполяции

В постоянных циклах назначение адресов может не совпадать с назначениями, приведенными в таблице 1.1.

При задании числового параметра незначащие нули можно опускать. Дробные числа записываются с десятичной точкой, при этом незначащие нули в дробной части также опускаются. Допускается не

задавать десятичную точку, если после нее нет значащего числа. Слова, описывающие перемещения, могут иметь знак «+» или «—». При отсутствии знака перемещение полагается положительным.

Пример последовательности полноформатных слов: S250 M3 G01 X-10 Z15.5

1.3. МОДАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

Большинство слов являются модальными. Это означает, что они остаются в силе на протяжении нескольких кадров, пока значение слова не изменится, или пока функция, представленная словом, не будет выключена. Слова, которые действуют только в своем кадре, не являются модальными.

1.4. НОМЕР КАДРА

При составлении УП, кадры можно отмечать при помощи адресного слова «Nx», где x – это любое положительное целое число.

Адресное слово N не является номером кадра в традиционном его применении, а является меткой кадра, используемого для выполнения переходов и вызовов подпрограмм. Номера отмеченных кадров в УП не должны повторяться.

Необязательно применение номера кадра в кадре, однако при его использовании номер кадра является первым словом в кадре.

При составлении УП можно отмечать только кадры, которые необходимы для выполнения переходов, а нумерация кадров может быть произвольной.

1.5. ПРОПСК КАДРА И ТЕКСТ КОММЕТАРИЯ В УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЕ

Символ «Пропуск кадров» (/) записывается перед символом «Номер кадра». При выборе режима «Пропуска кадров» все кадры, содержащие символ «Пропуск кадров» не отрабатываются в управляющей программе.

Любой группе символов, не подлежащей отработке на станке, должна предшествовать двойная косая черта (//).

1.6. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

Слова с G-адресами относятся к числу инструкций, которые называют подготовительными функциями. Подготовительные функции разбиты на группы, при этом функции из разных групп взаимно независимы. В таблице 1.2 приведено описание данных групп. 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.

ТАБЛИЦА 1.2

Группа	Функция	Описание функции
1. Выдержка времени	G4	Задание выдержки времени
	G9	Торможение в конце кадра

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦА 1.2

Группа	Функция	Описание функции
2. Выбор разновидности движения	G0	Быстрое позиционирование
	G1	Линейная интерполяция
	G2	Круговая интерполяция по часовой стрелки
	G3	Круговая интерполяция против часовой стрелки
	G10	Быстрое позиционирование в полярной системе координат
	G11	Линейная интерполяция в полярной системе координат
	G12	Круговая интерполяция по часовой стрелки в полярной системе координат
	G13	Круговая интерполяция против часовой стрелки в полярной системе координат
3. Точка смены	G14	Перемещение инструмента в точку смены
4. Полярная система координат	G15	Отключение полярной системы координат
	G16	Включение полярной системы координат
5. Выбор плоскости	G17	Плоскость XY
	G18	Плоскость ZX
	G19	Плоскость YZ
6. Контроль вращения шпинделя	G25	Отключение контроля скорости вращения шпинделя
	G26	Включение контроля скорости вращения шпинделя
7. Резьбонарезание	G33	Нарезание резьбы с постоянным шагом
8. Масштабирование	G36	Отмена масштабирования
	G37	Включение масштабирования
9. Поворот плоскости координат	G38	Отмена поворота плоскости координат
	G39	Поворот плоскости координат
10. Коррекция на радиус инструмента	G40	Отмена коррекция на радиус инструмента
	G41	Коррекция на радиус инструмента слева
	G42	Коррекция на радиус инструмента справа
11. Программирование оси X	G48	Программирование оси X на радиус
	G49	Программирование оси X на диаметр
12. Зеркальное отображение	G50	Отмена зеркального отображения
	G51	Включение зеркального отображения

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.2

Группа	Функция	Описание функции
13. Система координат	G53	Система координат станка
	G54-G59	Рабочая система координат №1-№6
	G54.X - G59.X	Рабочая система координат №7-№60
15. Режим точного останова между кадрами	G61	Отключение сопряжения кадров
	G64	Включение сопряжения кадров
16. Токарные циклы сверления	G71	Токарный цикл глубокого сверления
	G74	Токарный цикл нарезания резьбы метчиком/плашкой
17. Циклы фрезерования	G76	Цикл фрезерования шпоночных пазов
	G77	Цикл фрезерования торцевых концентрических пазов
	G78	Многопроходный цикл фрезерования прямых торцевых пазов
	G79	Многопроходный цикл фрезерования лысок
18. Постоянные циклы	G80	Отмена постоянных циклов
	G83	Цикл глубокого сверления вдоль оси Z
	G84	Цикл нарезания резьбы вдоль оси Z
	G85	Цикл растачивания и развертывания вдоль оси Z
	G87	Цикл глубокого сверления вдоль оси X
	G88	Цикл нарезания резьбы вдоль оси X
	G89	Цикл растачивания и развертывания вдоль оси X
19. Режим перемещений	G90	Режим перемещений в абсолютных координатах
	G91	Режим перемещений в приращениях
20. Режим рабочей подачи	G94	Подача мм/мин.
	G95	Подача мм/об.
21. Скорости главного движения	G96	Постоянная скорость резания
	G97	Постоянная скорость вращения шпинделя
22. Уровень возврата	G98	Возврат ы уровень исходной точки
	G99	Возврат в уровень точки R
23. Обход внешних углов при коррекции на радиус	G160	Сопряжение углов по дуге
	G161	Сопряжение углов по прямой
	G162	Сопряжение острых углов по дуге

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

2.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задание перемещений по осям производится в какой-либо системе координат. Система ЧПУ позволяет задавать положения рабочего органа в системе координат, связанной со станком или с деталью.

Система координат станка определяется при проектировании станка и учитывает предельные размеры перемещений. Система координат детали определяется программой ЧПУ и учитывает особенности геометрии обрабатываемой детали, поэтому при обработке заготовки по программе, составленной в системе координат детали, эти две координатные системы должны быть связаны математически.

Программирование перемещений осуществляется в правой прямоугольной системе координат, в которой ось Z параллельна оси шпинделя, а ось X перпендикулярная оси Z. Положительные направления осей соответствуют относительному движению инструмента от заготовки. Положительное направление поворотной оси C соответствует движению против часовой стрелки, если смотреть со стороны положительного направления прямолинейной оси Z.

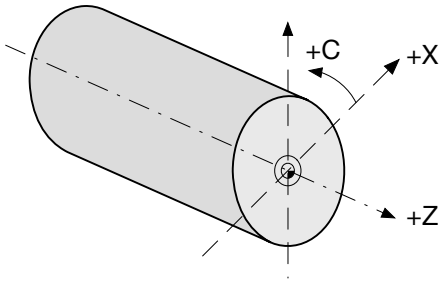


Рисунок 2.1

2.2. КООРДИНАТНАЯ СИСТЕМА СТАНКА

Точка, служащая в качестве начала отсчета для станка, называется нулевой точкой станка. Эта точка устанавливается для каждого станка при его разработке и обозначается буквой «M». Система координат с началом в нулевой точке называется системой координат станка.

Система координат станка устанавливается после выполнения команды «выезда в ноль» по всем осям. При этом все последующие перемещения и координаты положения инструмента будут относиться к системе координат станка (см. рисунок 2.2), до тех пор, пока не будет запрограммирована любая друга система координат.

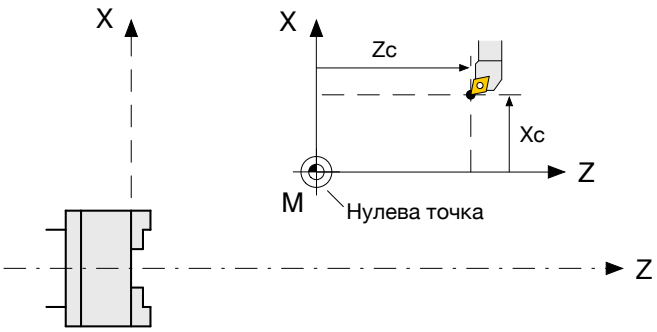


Рисунок 2.2

2.3. АБСОЛЮТНАЯ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА (G90/G91)

Задание перемещений по осям может осуществляться в абсолютных значениях координат и в приращениях относительно текущей позиции. Выбор системы отсчета осуществляется взаимоисключающими подготовительными функциями G90 и G91.

Функция G90 устанавливает режим абсолютных перемещений, в котором размеры задаются относительно начала выбранной системы координат.

Позиция в абсолютных координатах соответствует движению инструмента к точке, определяемой относительно нулевой точки координатной системы. Движение от точки A до точки B в абсолютных координатах задается путем указания координат конечной точки B (см. рисунок 2.3).

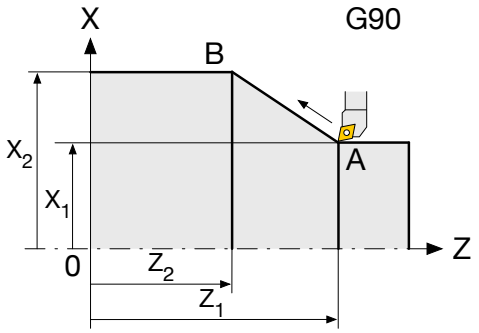


Рисунок 2.3

Функция G91 устанавливает режим перемещений в приращениях, в котором размеры задаются относительно текущих координат в выбранной системе координат. При этом знак заданной величины определяет направление движения относительно текущей точки.

Позиция в относительных координатах соответствует движению инструмента к точке определяемой расстоянием относительно текущей точки координатной системы. Движение от точки A до точки B задается разницей координат между A и B в виде числа со знаком (см. рисунок 2.4).

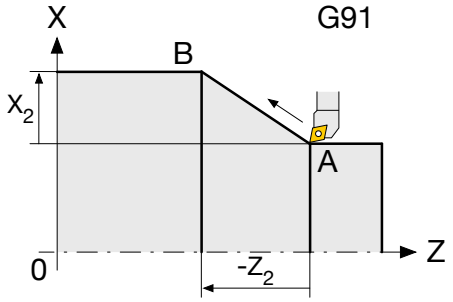


Рисунок 2.4

2.4. ПЛОСКОСТЬ ИНТЕРПОЛЯЦИИ (G17/G18/G19)

Подготовительные функции G17, G18 и G19 используются в функциях круговой интерполяции G02/G03 и коррекции на радиус инструмента G41/G42 для задания плоскости интерполяции:

1. G17 задает плоскость XY;
2. G18 задает плоскость XZ;
3. G19 задает плоскость YZ.

Данные функции является модальными и действие одной отменяется вводом другой функции.

2.5. ЛОКАЛЬНАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ (G92)

Подготовительная функция G92 позволяет установить начало системы координат детали в произвольной точке в пределах рабочего пространства станка. При этом выполняется смещение системы координат детали таким образом, чтобы текущее положение кончика инструмента соответствовало значениям, заданным в кадре с функцией G92.

Формат: G92 X(U)_Z(W)_C_

где X – координата положения кончика инструмента в новой системе координат по оси X;
U – приращение координаты по оси X от нового положения инструмента к старому;
Z – координата положения кончика инструмента в новой системе координат по оси Z;
W – приращение координаты по оси Z от нового положения инструмента к старому;
C – координаты положения кончика инструмента в новой системе координат по оси C;

При отсутствии одного из параметров функции смещение системы координат по соответствующей оси производится не будет. Перемещение в кадре, содержащей функцию G92 не происходит.

После установки локальной системы координат все последующие команды движения выполняются в этой системе координат. Локальная система координат может быть изменена заданием функции G92 с новыми значениями адресов X(U), Z(W) и C, а также может быть отменена одной из модальных функций G54 - G59 или G54.X - G59.X. Пример использования функции G92 приведен на рисунке 2.5.

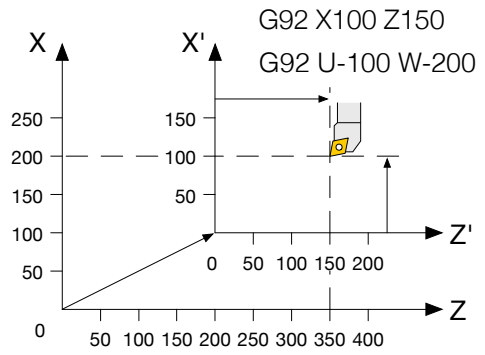


Рисунок 2.5

2.6. ПРОГРАММИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ КООРДИНАТ СТАНКА (G53)

Подготовительная функция G53 позволяет программировать движение в системе координат станка. Функция действует в течение одного кадра. При этом она не отменяет установленную коррекцию на геометрические размеры инструмента и запрограммированные ранее преобразования системы координат (масштабирование, зеркальное отображение и поворот).

Перемещение, заданное в кадре с функцией G53, выполняется в точку станочной системе координат. В следующем кадре восстанавливается ранее запрограммированная система координат детали.

При включении системы ЧПУ устанавливается система координат станка (G53), которая действовать до тех пор, пока не будет выбрана одна из систем координат детали или установлена локальная система координат.

2.7. РАБОЧАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ (G54-G59)

Положение инструмента в рабочей области станка определяется по его координатам в установленной системе координат. Для удобства обработки заготовки используется система координат детали (рабочая система координат), устанавливаемая системой ЧПУ.

Рабочей системой координат называется система координат, начало которой сдвинуто относительно нуля станка. Смещение рабочей системы координат относительно нуля станка определяется путем указания расстояний (заданных смещений) по каждой оси от нулевой точки станка «M» до собственной нулевой точки «W» (см. рисунок 2.6). Значения смещений задаются и запоминаются в таблице «Координатных систем» (см. руководство оператора).

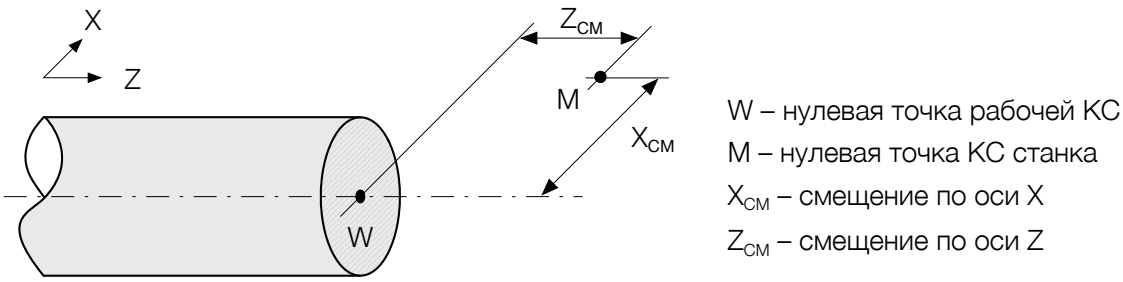


Рисунок 2.6

После задания смещений рабочим системам координат, любая из них может быть активизирована при помощи подготовительных функций G54 - G59 или G54.X - G59.X (где X – номер от 1 до 9). Установки рабочих систем координат сохраняются в системе ЧПУ.

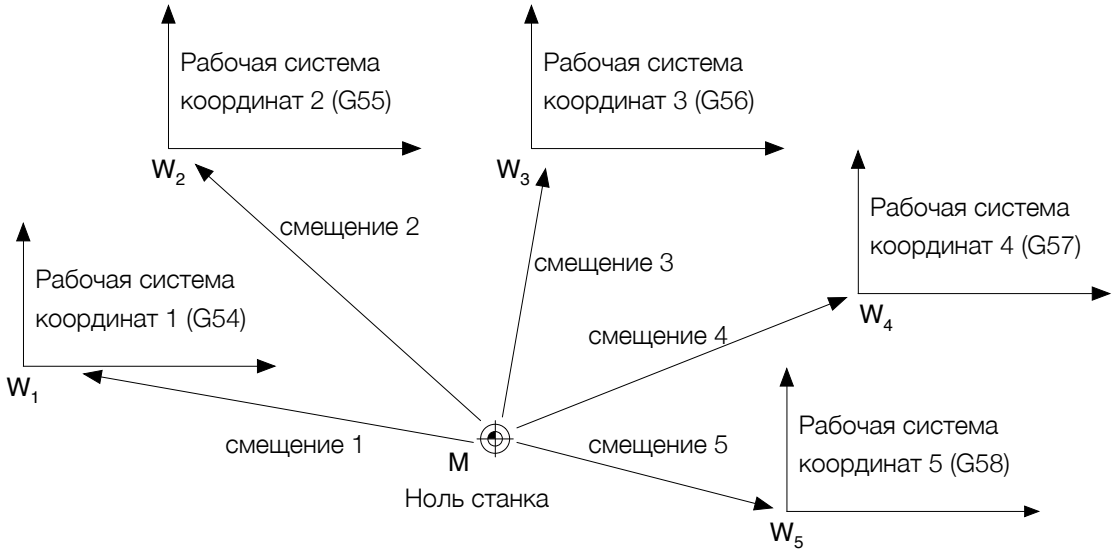


Рисунок 2.7

При установке новой рабочей системы координат все преобразования (зеркальное отображение, масштабирование и поворот плоскости) введенные ранее сохраняются.

2.8. ПОЛЯРНАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ

2.8.1. Основные положения

В отличие от декартовых координат X, Y и Z, которые описываю положение точки в 3-х мерном пространстве, полярные координаты описывают положение точки только на плоскости. Полярная система координат задаётся лучом, который называется нулевым или полярной осью. Точка, из которой выходит этот луч, называется началом координат или полюсом. Таким образом, положение любой точки на плоскости (см. рисунок 2.8) однозначно может быть определено с помощью следующих величин:

1. растояния от точки до полюса «C» — радиальная координата (R);

2. угол между полярной осью и отрезком, соединяющим точку с полюсом «C» — угловая координата или полярный угол (A).

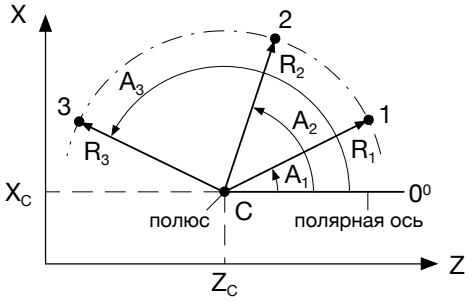


Рисунок 2.8

2.8.2. Определение полюса и полярной оси

Полюс «C» определяется двумя координатами в декартовой системе координат на одной из трех плоскостей. При этом полярная ось (0°) параллельна одной из оси или совпадает с ней (см. рисунок 2.9).

Плоскость	Координаты полюса	Полярная ось
XY	X_C	+X
YZ	Y_C	+Y
ZX	Z_C	+Z

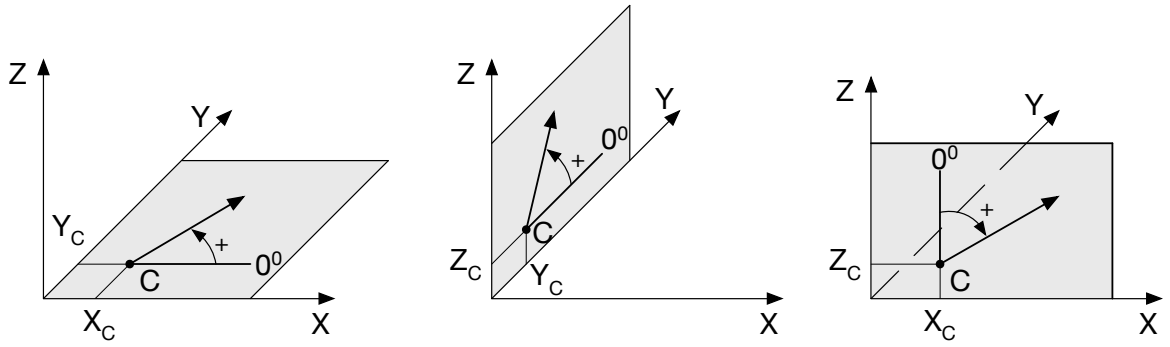


Рисунок 2.9

2.8.3. Абсолютная и относительная системы отсчета в полярных координатах

Выбор системы отсчета в полярных координатах осуществляется аналогично, как и в декартовых координатах, функциями G90 и G91.

При выборе абсолютной системы отсчета (G90) координаты всегда отсчитываются от полюса и полярной оси угла (A и R см. рисунок 2.10). При выборе относительной системы отсчета (G91) координаты всегда отсчитываются от последней запрограммированной позиции инструмента (+A и +R) (см. рисунок 2.10).

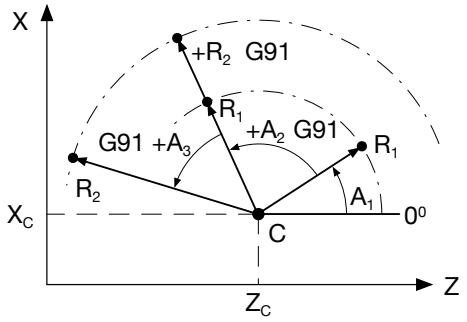


Рисунок 2.10

2.8.4. Программирование в полярных координатах

Перед программированием в полярной системе координат необходимо выбрать одну из плоскостей с помощью функций G17 (плоскость XY), G18 (плоскость ZX) или G19 (плоскость YZ). При этом перемещения, запрограммированные с помощью полярных координат, буду осуществляться в выбранной плоскости.

Подготовительная функция G16 включает программирование в полярной системе координат и определяет положение полюса. Полюс программируется в декартовой системе координат для выбранной плоскости.

Формат: G16 X_Y_Z_

где X, Y, Z – координаты полюса в декартовой системе координат.

Если координаты полюса не указаны, то полюс совпадает с началом декартовых координат. Полюс действует до тех пор, пока не будет отменена полярная система координат.

Подготовительная функция G15 позволяет отменить полярную систему координат.

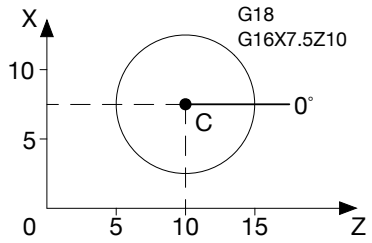


Рисунок 2.11

2.8.5. Перемещение в полярной системе координат

Положение точки на плоскости в полярной системе координат определяется через полярный радиус «R» и полярный угол «A». В таблице 2.1 представлен перечень G-функций, позволяющий запрограммировать движение в полярной системе координат.

ТАБЛИЦА 2.1

Функция	Описание	Параметры
G10 (по типу G00)	Ускоренное перемещение в полярных координатах	Полярный радиус «R» Полярный угол «A»
G11 (по типу G01)	Линейная интерполяция в полярных координатах	
G12 (по типу G02)	Круговая интерполяция по часовой стрелке в полярных координатах	Полярный радиус «R» Полярный угол «A» Радиус «K»
G13 (по типу G03)	Круговая интерполяция против часовой стрелки в полярных координатах	

Формат: G10 R_A_

Формат: G11 R_A_F_

Формат: G12(G13) R_A_K_F_

где R – полярный радиус. Может принимать положительное или нулевое значение (R ≥ 0);

A – полярный угол. При положительном значении угол отсчитывается от полярной оси против

Указанные функции действуют аналогично соответствующим функциям движения в декартовой системе координат. Подробнее программирование этих движений будет рассмотрено в пунктах 3.1, 3.2, 3.4 раздела 3 данного руководства.

Примечание: При программировании в полярной системе координат не допускается в одном кадре указывать более одной G-функции.

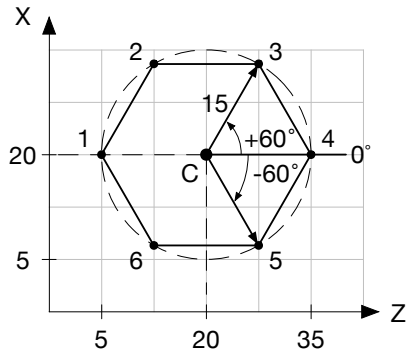
Пример: программирование движений в полярной системе координат.

1. Движение по прямой через точки 1-2-3-4-5-6-1

N10 G18 G90
N11 G16 X20 Z20
N12 G10 R15 A180
N13 G11 A120 F400
N14 A60
N15 A-60
N16 A-120
N17 A-180
N18 G15

2. Движение по окружности от точки 1 до точки 5 по ч.с. и по прямой через точки 6 и 1.

N10 G18 G90
N11 G16 X20 Z20
N12 G10 R15 A180
N13 G12 A-60 K15 F200
N14 G91
N15 G11 R0 A-60 F400
N16 A-60
N17 G15



2.9. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ КООРДИНТА

Рабочей системой координат называется прямоугольная система координат, полученная в результате преобразований системы координат детали. Виды преобразований системы координат приведены в таблице 2.2.

ТАБЛИЦА 2.2

Виды преобразования	Подготовительные функции	
	Включение	Отмена
Масштабирование	G37	G36
Зеркальное отображение	G51	G50
Поворот	G39	G38

При зеркальном отображении, масштабировании и повороте отсутствует необходимость в изменении контура в исходной управляющей программе.

Возможно использование любых комбинаций этих функций.

2.9.1. Масштабирование

Подготовительная функция G37 позволяет задавать коэффициент масштабирования для каждой геометрической оси (координаты) в координатной системе. При этом все запрограммированные размеры в УП по каждой координате будут умножены на соответствующий коэффициент масштабирования (см. рисунок 2.12).

Формат: G37 X_Y_Z_

где X – коэффициент масштабирования по оси (координате) X;
Y – коэффициент масштабирования по оси (координате) Y;
Z – коэффициент масштабирования по оси (координате) Z.

Для увеличения размеров по координате необходимо коэффициент задавать больше единицы (> 1), для уменьшения – меньше единицы (< 1). Отрицательный знак в масштабирующих коэффициентах игнорируется. Масштабирование производиться относительно начала рабочей системы координат.

Подготовительная функция G36 отменяет масштабирование.

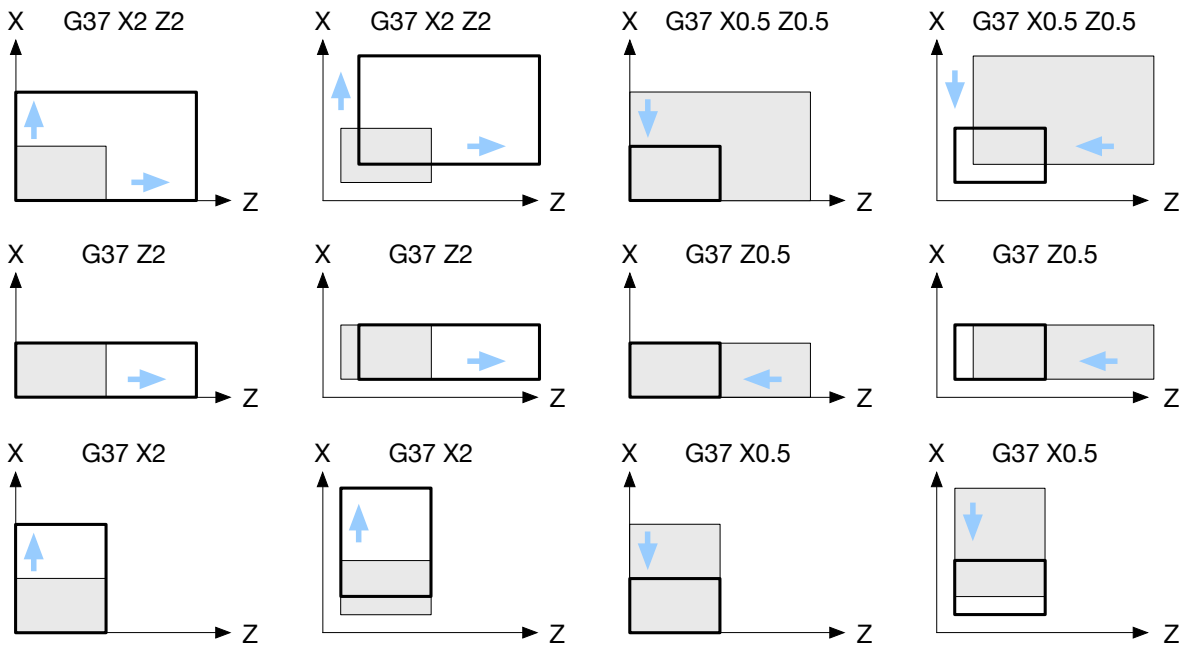


Рисунок 2.12

2.9.2. Зеркальное отображение контура

Подготовительная функция G51 устанавливает режим зеркального отображения контура.

Формат: G51 X_Y_Z_

Значения X, Y и Z определяют координаты параллельных осям рабочей системы координат прямых, относительно которых выполняется зеркальное отображение контура. Допускается задавать любую комбинацию координат. Если какая-либо координата прямой не задана, то зеркальное преобразование для соответствующей оси не выполняется.

Указываются только абсолютные значения координат для активной рабочей координатной системы, т.е. функции G90 и G91 не оказывают влияние на значения параметров функции G51.

Режим зеркального отображения отменяется подготовительной функцией G50.

Пример: использование функции зеркального отображения при обработке контура.

Отображенный контур 2 (см. рисунок 2.13) получается из запрограммированного (исходного) контура 1 зеркальным отображение относительно прямой Z=25, параллельной оси X рабочей КС.

N10 G18 G51 Z25
N11 G90 G00 X30 Z25
N12 G01 Z20 F300
N13 G02 X25 Z15 R5
N14 G01 X20
N15 G03 X10 Z5 R10
N16 G01 X0
N17 G50

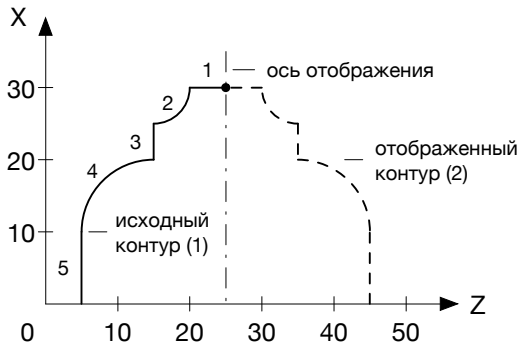


Рисунок 2.13

2.9.3. Поворот осей

Подготовительная функция G39 осуществляет поворот осей рабочей системы координат. При этом задается угол поворота и точка, относительно которой производится поворот.

Формат: G39 X_Y_Z_A_

где X – координата полюса поворота по оси X;
Y – координата полюса поворота по оси Y;
Z – координата полюса поворота по оси Z;
A – угол поворота активной плоскости.

Поворот осуществляется в активной плоскости, задаваемой функциями G17, G18 и G19. Независимо от того активна функция G90 или G91 координаты полюса программируются в абсолютных значениях относительно нуля активной КС. Если координаты точки не указаны, то поворот осуществляется относительно начала координат.

Положительное значение угла поворота соответствует вращению против часовой стрелки, отрицательное значение угла – по часовой стрелке.

Поворот осей рабочей системы координат отменяется подготовительной функцией G38.

Пример: использование функции поворот системы координат при обработке контура.

Контур 2 (см. рисунок 2.14) получается из запрограммированного контура 1 поворотом системы координат в плоскости XZ на угол 35° вокруг полюса с координатами (10; 10).

N10 G90 G00 X10 Z30
N11 G18
N12 G39 X10 Z10 A35
N13 G01 X20 F300
N14 Z50
N15 X10
N16 Z30
N17 G38

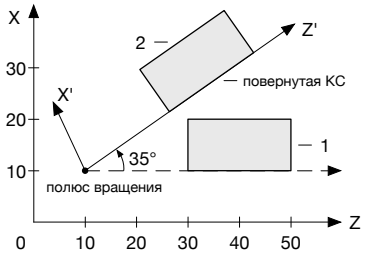


Рисунок 2.14

2.9.4. Программирование оси X на радиус и на диаметр (G48/G49)

Для токарных станков при написании УП координаты перемещений по оси X можно задавать двумя способами: из расчета на радиальные размеры детали, либо на диаметральные размеры.

Подготовительная функция G48 задает программирование координат по оси X на радиус. Функция активна по умолчанию при включении станка и действует до тех пор, пока не будет отменена вводом функции G49.

Подготовительная функция G49 задает программирование координат по оси X на диаметр. При этом система ЧПУ автоматически рассчитает действительное расстояние перемещения по оси X. Функция активна до тех пор, пока не будет отменена вводом функции G48.

3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ

Интерполяция производится на определенной части заданной траектории. Интерполируемая часть называется участком интерполяции и записывается в одном или нескольких кадрах управляющей программы. Функциональный характер интерполируемого участка траектории (прямая или окружность) определяется соответствующей подготовительной функцией.

Начальная точка каждого участка интерполяции совпадает с конечной точкой предыдущего участка.

3.1. ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ (G00)

Позиционирование задается подготовительной функцией G00, при этом происходит перемещение в заданную точку на максимальной скорости хода по всем соям. Предварительно запрограммированная скорость игнорирует, но не отменяется.

Формат: G00 X_Y_Z_

Функция G00 является модальной функцией группы 1. Ее действие отменяется при задании функций G01, G02, G03, G10, G11, G12 или G13. Одновременно можно запрограммировать перемещение по всем осям. В этом случае перемещение не координируется с другими осями. Каждая ось может иметь самостоятельную величину ускорения/торможения в конечной точке. Траектория будет отличаться от линейной только на участках разгона и торможения.

3.2. ЛИНЕЙНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ (G01)

Подготовительная функция G01 используется для выполнения перемещений по прямой линии к конечной точке кадра с заданной скоростью подачи. Все координатные оси завершают движение одновременно.

Прямолинейный участок интерполяции задается одним кадром, который содержит следующую информацию:

1. подготовительную функцию G01, если она не была запрограммирована ранее;
2. Координаты конечной точки в абсолютных значениях (при активной G90) или приращениях (при активной G91);
3. Скорость подачи, если она не была задана ранее.

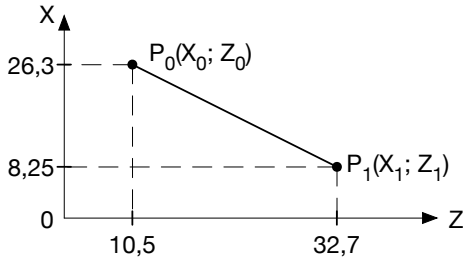
В одном кадре с линейной интерполяцией может быть задано движение по всем координатам. Функция G01 является модальной, ее действие отменяется одной из функций из той же группы.

Формат: G01 X_Y_Z_F_

Пример: кадр с линейной интерполяцией по координатам Z и X на участке P_0P_1.

В абсолютной системе отсчета:
N10 G90 G00 X26.3 Z10.5
N11 G90 G01 X8.25 Z32.7 F300

В приращениях:
N10 G90 G00 X26.3 Z10.5
N11 G91 G01 X-18.05 Z22.2 F300



Аналогично программируется линейная интерполяция по другим осям.

3.3. КРУГОВАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ (G02/G03)

Перемещение в кадре осуществляется по дуге окружности с запрограммированной подачей в выбранной плоскости интерполяции. При этом подготовительная функция G02 определят движение по часовой стрелке, а G03 – против часовой стрелки (см. рисунок 3.1). Выбор двух координатных осей осуществляется путем выбора плоскости интерполяции (G17, G18 или G19).

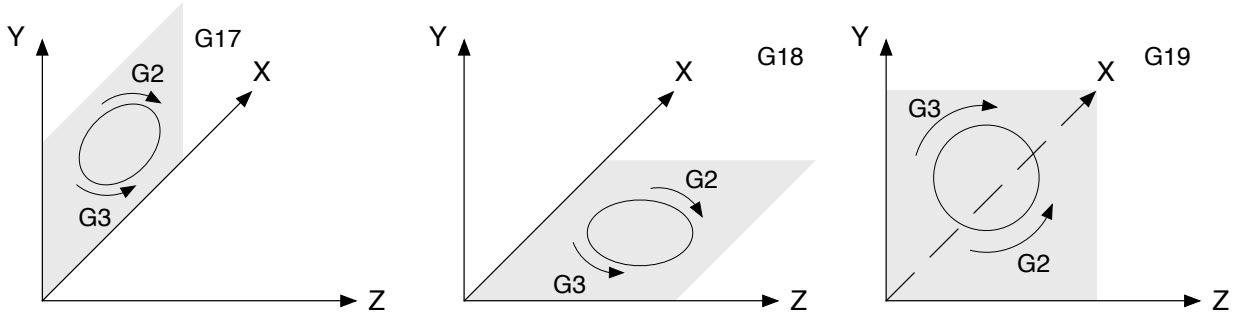


Рисунок 3.1 — Направление движения при G2 и G3

Дугу окружности программируют одним кадром, который должен содержать следующую информацию:

1. подготовительную функцию G02 или G03, если она не была задана ранее;
2. координаты конечной точки в абсолютных значениях (при активной G90) или в приращениях (при активной G91) с соответствующими адресами X, Y, Z;
3. радиус дуги R или координаты центра дуги относительно начальной точки (независимо от функции G90 или G91) с соответствующими адресами I, J, K;
4. скорость подачи, если она не была задана ранее.

Подготовительные функции G2 и G3 являются модальными, и действую до отмены одной из функций из той же группы.

Примечание: 1. Если в кадре не заданы параметры центра дуги I, J, K или радиус R, но задано перемещение, то будет выполняться линейное движение.

2. При выполнении кадра с круговой интерполяцией в УЧПУ выполняется проверка правильности задания конечной точки и центра окружности. Если погрешность вычисления дуги составляет более 0,01 мм, система выдаст сообщение: «Ошибка радиуса круга».

3.3.1. Программирование дуги с помощью радиуса

Формат: **G02(G03) X_Y_R_F_** Плоскость XY (G17)

G02(G03) X_Z_R_F_ Плоскость ZX (G18)

G02(G03) Y_Z_R_F_ Плоскость YZ (G19)

При программировании круговой интерполяции центр дуги окружности определяется заданием радиуса дуги при помощи адреса R.

При таком задании возможно построение двух дуг: меньше 180° и больше 180° (рисунок 3.2). Если дуга меньше 180° (дуга 1), то следует задавать радиус положительным, если дуга больше 180° (дуга 2), радиус задается отрицательным.

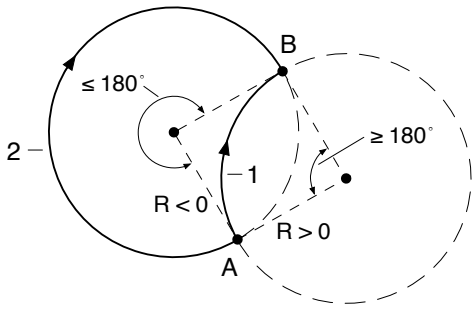


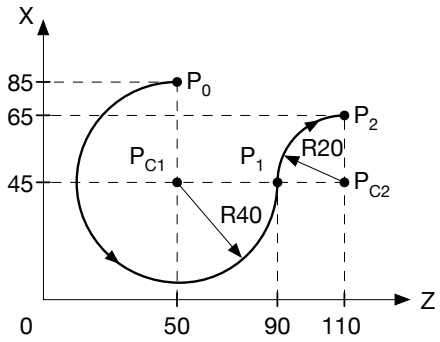
Рисунок 3.2 — Программирование дуги окружности с помощью радиуса

Примечание: При помощи радиуса нельзя программировать полную окружность.

Пример: круговая интерполяция на участке P_0P_2.

В абсолютной системе отсчета:
N10 G18 G90 G00 X85 Z50
N11 G03 X45 Z90 R-40 F300
N12 G02 X65 Z110 R20

В приращениях:
N10 G18 G90 G00 X85 Z50
N11 G91 G03 X-40 Z40 R-40 F300
N12 G02 X20 Z20 R20



Аналогично задается круговая интерполяция в плоскостях XY (G17) и YZ (G19).

3.3.2. Программирование дуги с помощью векторов I, J, K

Формат: **G02(G03) X_Y_I_J_F_** Плоскость XY (G17)

G02(G03) X_Z_I_K_F_ Плоскость ZX (G18)

G02(G03) Y_Z_J_K_F_ Плоскость YZ (G19)

При задании центра дуги, параметры I, J и K определяют координату центра дуги окружности относительно начальной точки и вычисляются, как разность координаты центра дуги и координаты начальной точки дуги (см. рисунок 3.3).

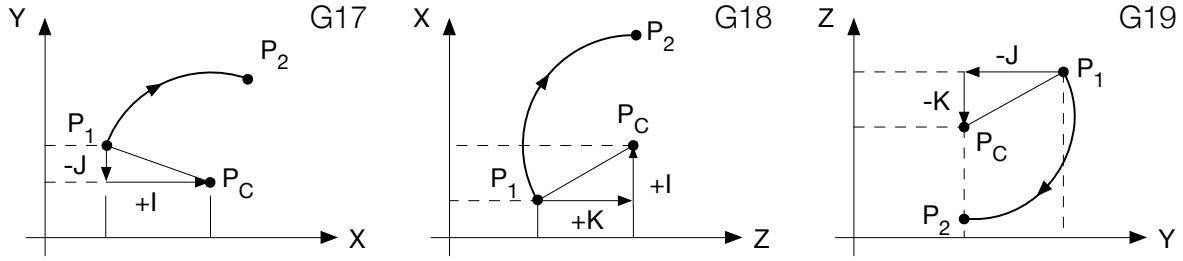


Рисунок 3.3 — Определение параметров I, J, K

Значение I, J, K задается в приращениях независимо от режима работы программы – задания движений в абсолютных размерах (G90) или в приращениях (G91).

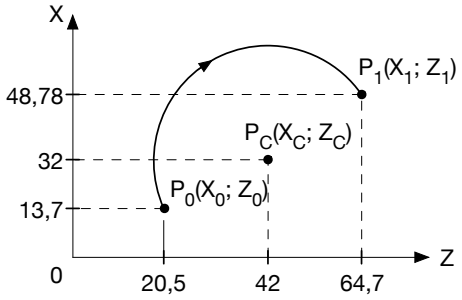
Если один из параметров I, J, K не задан, то он берется равным нулю.

При программировании дуги с помощью I, J, K можно задать не только дугу окружности, но и полную окружность. При программировании полной окружности координаты конечной точки можно не задавать.

Пример: круговая интерполяция в плоскости XY на участке P_0P_1.

В абсолютной системе отсчета:
N10 G18 G90 G00 X13.7 Z20.5
N11 G02 X48.78 Z64.7 I18.3 K21.5 F300
где I = X

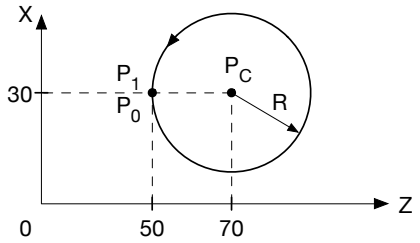
В приращениях:
N10 G18 G90 G00 X13.7 Z20.5
N11 G91 G02 X35.08 Z44.2 I18.3 K21.5 F300
где I = X



Пример: программирование полной окружности. Начальная точка P_0 и конечная P_1 совпадают.

В абсолютной системе отсчета:
N10 G18 G90 G00 X30 Z50
N11 G03 K20 F300

В приращениях:
N10 G18 G90 G00 X30 Z50
N11 G91 G03 K20 F300



Аналогично задается круговая интерполяция в плоскостях XY (G17) и YZ (G19).

3.4. СОПРЯЖЕНИЕ КАДРОВ

3.4.1. Режим точного останова (G61)

Подготовительная функция G61 приводит к останову движений между кадрами. В результате исключаются слияние движений и закругление угла (см. рисунок 3.4). При этом выполняется торможение в конечной точке кадра обработки и переход к выполнению следующего кадра происходит только после точного позиционирования. Функция G61 действует до активизации альтернативной функции G64.

3.4.2. Режим отмены точного останова (G64)

Подготовительная функция G64 отменяет режим точного останова и выполняет слияние движений смежных кадров (см. рисунок 3.4). Эта функция активна до ее отмены альтернативной функцией G61 (режим точного останова).

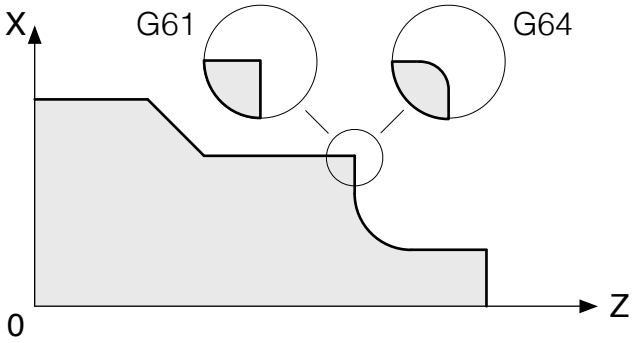


Рисунок 4.4

Примечание: Функция G64 игнорируется в следующих случаях:

1. в режиме быстрого позиционирования G00;
2. между кадрами движения установлена функция паузы G04;
3. следующий кадр не содержит команды движения.

3.4.1. Торможение (G09)

Подготовительная функция G09 выполняет точное позиционирование в конце заданного кадра так, что движение следующего кадра не сливается с движением текущего кадра. Функция G09 не является модальной. Она действует только в текущем кадре, в отличие от функции G61, устанавливающей режим точного останова и являющейся модальной.

4. ЗАДАНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ

4.1. ФУНКЦИЯ ПОДАЧИ

Функцию подачи используют для программирования относительной скорости инструмента и заготовки в процессе обработки. Скорость подачи задается в программе с помощью адресного слова F.

Величина подачи, заданная в кадре, сохраняется в последующих кадрах до введения новой величины подачи. При быстрых перемещениях (G00) движение в заданную точку осуществляется с максимально возможной подачей. Скорость этих перемещений задается параметрами системы для каждой оси и в программе не указывается. В кадрах с линейной и круговой интерполяцией действует коррекция скорости подачи в процентах (%F).

4.2. ЗАДАНИЕ РЕЖИМА СКОРОСТИ ПОДАЧИ

Выбор режима скорости подачи осуществляется одной из следующих подготовительных функций:

1. G94 – «Подача в минуту»;
2. G95 – «Подача на оборот».

Подготовительная функция G94 определяет величину программируемой скорости подачи в миллиметрах в минуту для линейных координат, а для круговых – в градусах в минуту.

Подготовительная функция G95 заставляет УЧПУ интерпретировать величину задаваемой подачи для линейных координат в миллиметрах на оборот шпинделя, а для круговых – в градусах на оборот шпинделя.

Пример: N20 G94 G01 X20 Z45.5 F100 — линейная интерполяция с подачей 100 мм/мин
N21 G95 G01 X20 Z45.5 F0.25 — линейная интерполяция с подачей 0.25 мм/об.

Подготовительные функции G94 и G95 являются взаимоисключающими.

4.3. РАСЧЕТ СКОРОСТИ ПОДАЧИ

Скорость подачи, заданная в кадре, определяется по формуле:

$$F = \sqrt{F_X^2 + F_Z^2}$$

где F_X, F_Y – составляющая скорости по координатам X и Z
F – скорость подачи, заданная в кадре.

При выполнении линейной интерполяции расчет составляющих скорости по координатам X и Z выполняется устройством по следующим формулам:

$$F_X = F \cdot \frac{L_X}{\sqrt{L_X^2 + L_Z^2}} \qquad F_Z = F \cdot \frac{L_Z}{\sqrt{L_X^2 + L_Z^2}}$$

где F_X, F_Z – составляющая скорости по координатам X и Z [мм/мин];
F – скорость подачи, заданная в кадре;
L_X, L_Z – перемещения в кадре по координатам X и Z [мм]

5. РАБОТА С ИНСТРУМЕНТОМ

При работе с инструментом большое значение имеет его тип, геометрические размеры, ориентация в пространстве и точка, выбранная в качестве точки программирования. Все это учитывается и компенсируется системой ЧПУ, поэтому при написании программы обработки не нужно учитывать длину инструмента и радиус режущей кромки, что позволяет программировать размеры детали по чертежу.

5.1. Радиус вершины инструмента

Токарные инструменты имеют у вершины определенный радиус, поэтому, как правило, программирование траектории движения инструмента осуществляется не для самого кончика инструмента, а для теоретической вершины инструмента «S» (см. рисунок 5.1). Если в качестве вершины инструмента используется теоретическая вершина режущей кромки «S» и запрограммированная траектория перемещения привязана к этой вершине, то в случае контуров не параллельных осям появляются неточности (см. рисунок 5.2).

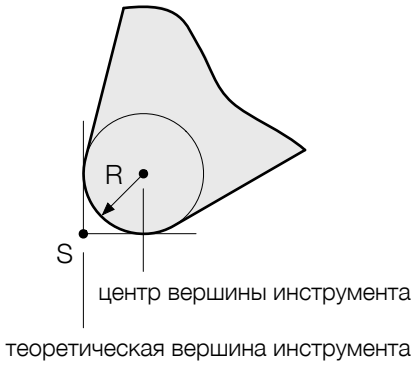


Рисунок 5.1

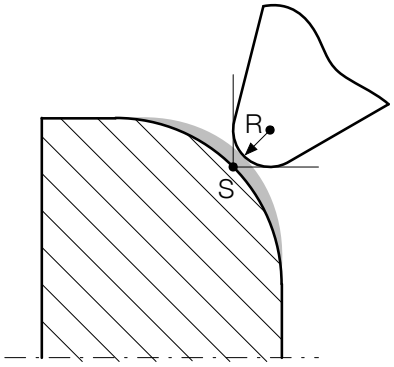


Рисунок 5.2

Система ЧПУ позволяет компенсировать эти неточности с помощью коррекции на радиус вершины инструмента. Для этого предварительно для каждого инструмента необходимо указать радиус вершины режущей кромки в таблице инструментов.

5.2. Вершина токарного инструмента

Для токарного инструмента программирование траектории движения может осуществляться как для теоретической вершины инструмента «S», так и для центра вершины инструмента «O», что определяется на этапе привязки инструмента.

На рисунке 5.3 показана разница в положениях инструмента в зависимости от программируемой точки инструмента, если инструмент помещен в току «A».

Если программирование ведется для теоретической вершины инструмента, то при использовании коррекции на радиус инструмента необходимо определить направление теоретической вершины инструмента «S» по отношению к центру вершины инструмента «O». Соотношение между положением точки «S» и точки «O» позволяет выделить различные варианты ориентации инструмента.

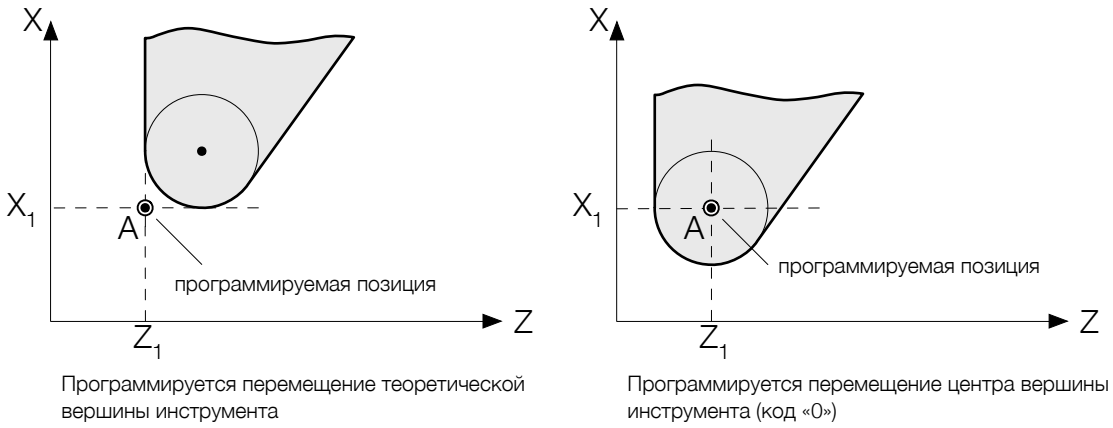


Рисунок 5.3

Ориентацию для токарного инструмента можно выбрать из девяти вариантов, приведенных на рисунке 5.4. Восемь вариантов соответствуют программированию теоретической вершины инструмента «S», девятый вариант соответствует программированию центра вершины инструмента «O».

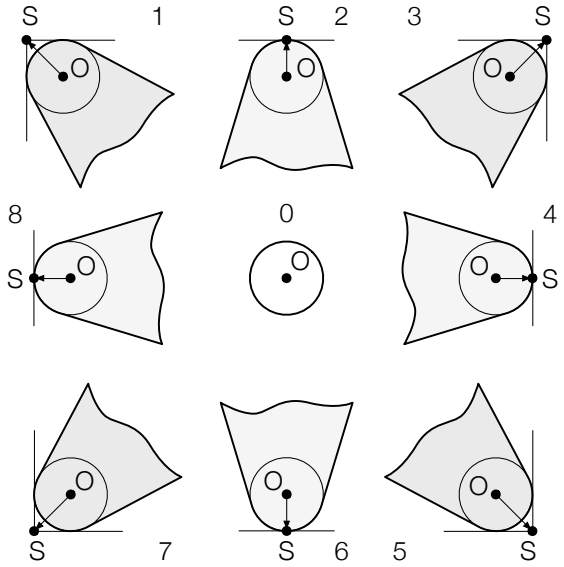


Рисунок 5.4

Код ориентации инструмента указывается в «Таблице инструментов» на этапе привязки. Ориентация используется системой ЧПУ для определения центра вершины инструмента при активации коррекции на радиус инструмента.

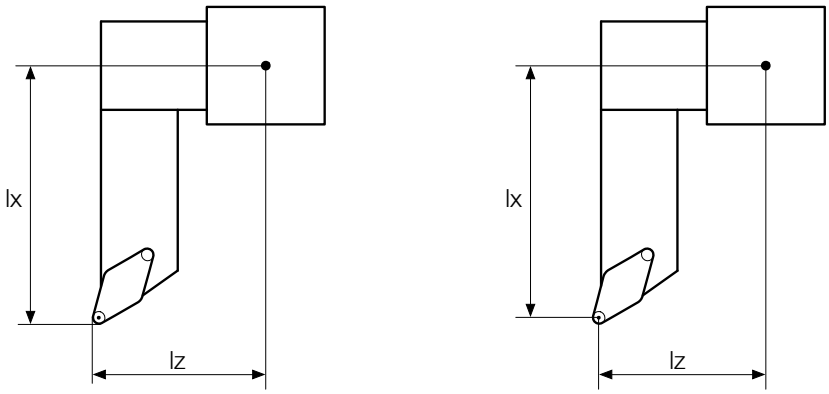
Примечание: Ориентация инструмента при включении коррекции на радиус вершины инструмента учитывается только в плоскости ZX (G18).

5.3. Длина инструмента

Размеры инструмента задают по отношению к фиксированной точке, определяющей зажим инструмента. Расстояние от любой фиксированной точки на суппорте до центра радиуса вершины или

теоретической вершины инструмента определяет длину токарного инструмента вдоль соответствующей оси (см. рисунок 5.5).

Если при обработке не используется коррекция на радиус вершины инструмента, то программирование координат в УП ведется для той точки инструмента, до которой установлена длина инструмента. То есть, если длина установлена до теоретической вершины инструмента «S», то и все перемещения инструмента по траектории будут соответствовать перемещениям этой точки; если длина установлена до центра радиуса вершины инструмента «O», то все перемещения по траектории будут соответствовать перемещениям центра вершины инструмента.



lx – длина инструмента по оси X
lz – длина инструмента по оси Z

Программируется перемещение теоретической вершины инструмента

Программируется перемещение центра вершины инструмента

Рисунок 5.5

5.4. Таблица инструментов

Для хранения данных об инструменте в системе ЧПУ имеется таблица инструментов. Таблица состоит из ста элементов (от 00 до 99).

Каждый элемент таблицы состоит из нескольких значений:

1. Номер инструмента, по которому инструмент вызывается в программе.
2. Гнездо — соответствует номеру места инструмента в магазине инструментов.
3. Тип инструмента.
4. Ориентация инструмента.
5. Радиус вершины для токарных инструментов или радиус фрезерных инструментов.
6. Диаметр или ширина инструмента для сверлильных и прорезных инструментов.
7. Длина инструмента по оси X.
8. Длина инструмента по оси Z.
9. Поправка на радиус инструмента.
10. Поправка на длину инструмента по оси X.

11. Поправка на длину инструмента по оси Z.
12. Время работы инструмента в часах.
13. Максимальный срок службы инструмента в часах.

Работа с таблицей инструментов подробно рассмотрена в руководстве оператор.

5.5. Точка смены инструмента

Подготовительная функция G14 используется для перемещения инструментального суппорта на быстром ходы в точку смены инструмента. Координаты точки смены задаются в программных средствах «MNC-410/MNC-800» в разделе «Привязка инструмента». Координаты задаются для опорной точки суппорта.

Формат: G14 Q_

где Q – код, определяющий вид траектории движения (см. рисунок 5.6):

1. Q = 0 – одновременное движение по двум осям (X, Z,).
2. Q = 1 – движение сначала по оси X, затем по оси Z.
3. Q = 2 – движение сначала по оси Z, затем по оси X.
4. Q = 3 – движение только по оси X, по оси Z движения не происходит.
5. Q = 4 – движение только по оси Z, по оси X движения не происходит.

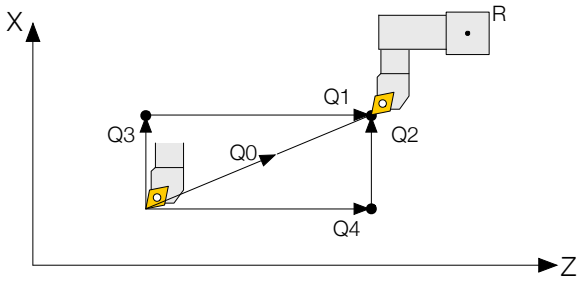


Рисунок 5.6

Во время перемещения в точку смены отменяются все преобразования координатной системы (масштабирование, зеркальное отображение, поворот) введеные ранее. После окончания движения все преобразования сохраняются.

6. КОМПЕНСАЦИЯ ДЛИНЫ ИНСТРУМЕНТА

6.1. Функция инструмента

Функция инструмента кодируется адресом T и используется для поиска или смены инструмента. Числовое значение, следующее за адресом T, соответствует номеру инструмента из таблицы инструментов.

6.2. Компенсация длины инструмента

Система ЧПУ автоматически учитывает и компенсирует геометрические размеры инструмента. Для токарного станка компенсация длины инструмента осуществляется по оси X и по оси Z.

Установка длины инструмента возможна двумя способами: по отношению к фиксированной точке на держателе инструмента (суппорте) (см. рисунок 6.1) или по отношению к «нулевому инструменту», размеры которого по оси X и Z принимаются равными нулю (см. рисунок 6.»).

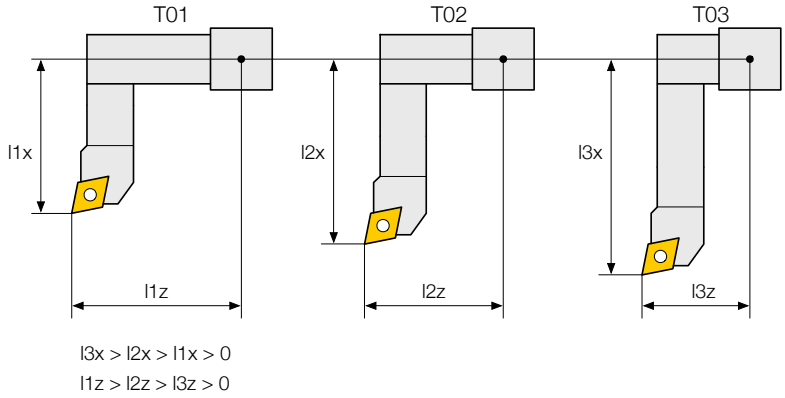


Рисунок 6.1

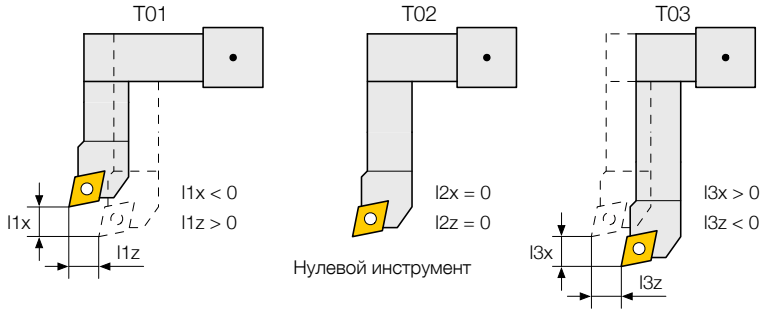


Рисунок 6.2

Величина компенсации по оси определяется суммой значений длины инструмента и поправки на длину инструмента из таблицы инструментов. Если размеры инструмента определяются относительно «нулевого инструмента», то величины длин по оси X и по оси Z могут принимать отрицательные значения. При этом положительная значение длины для инструмента соответствует тому, что он длиннее, а отрицательное значение – короче «нулевого инструмента».

Компенсация длины инструмента осуществляется сразу же после вызова инструмента и его перемещения. Она отменяется, как только вызывается инструмент нулевой длины.

7. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

7.1. Задание коррекции на радиус инструмента (G41/G42)

Коррекция на радиус инструмента используется для компенсации радиуса резца при обработке детали с заданным контуром. При этом центр инструмента перемещается по контуру (контур B), который расположен от контура детали (контур A) на расстоянии радиуса инструмента «R» (см. рисунок 7.1). Такой контур (контур B) называется эквидистантным контуром.

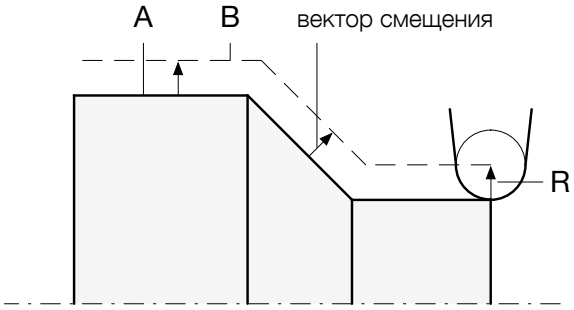


Рисунок 7.1

Положение эквидистантного контура относительно заданного определяется вектором смещения. Вектор смещения имеет величину, равную радиусу R, и направлен к центру инструмента. При использовании функций коррекции радиуса инструмента (G41 и G42) система ЧПУ автоматически смещает инструмент в плоскости коррекции с учетом его направления движения. Это позволяет запрограммированный контур детали обрабатывать разными инструментами.

Построение эквидистантного контура осуществляется для двух соседних кадров, в которых запрограммировано перемещение. Если угол между этими кадрами, отсчитываемый со стороны детали, больше 180° (α > 180°), то контур будет называться внутренним, если угол меньше 180° (α < 180°) – внешним (см. рисунок 7.2).

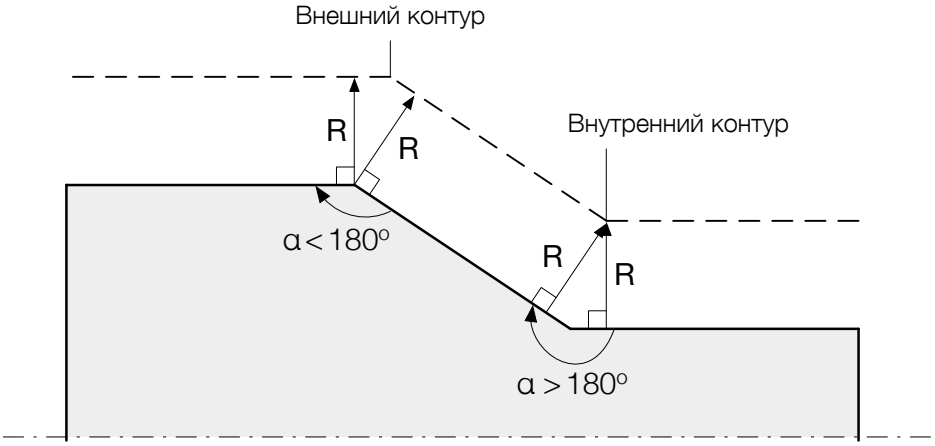


Рисунок 7.2 — Определение внешнего и внутреннего контура

Функция G41 – смещение влево, во время обработки инструмент находится слева от детали. Функция G42 – смещение вправо, во время обработки инструмент находится справа от детали. На рисунке 7.3

показано определение коррекции на радиус инструмента слева и справа для различных вариантов ориентации оси X.

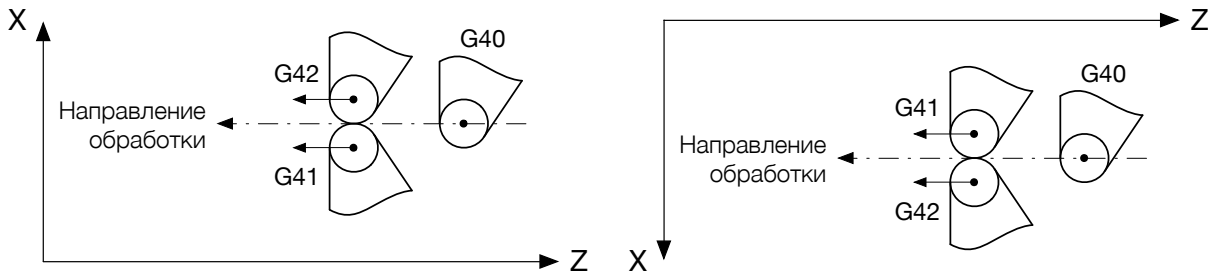


Рисунок 7.3 — Коррекция на радиус инструмента

7.2. Параметры коррекции

Для коррекции на радиус инструмента необходимо определить следующие параметры:

Плоскость:

Должна быть установлена плоскость, в которой осуществляется коррекция, с помощью подготовительных функций G17, G18, G19.

Направление:

Направление коррекции на радиус определяется выбором подготовительных функций G41 или G42.

7.3. Выход на эквидистантный контур

Выход на эквидистантный контур (активация режима коррекции или изменение направления коррекции) должен выполняется при соблюдении следующих условий:

1. При активной функции G01 (линейная интерполяция);
2. В кадре с функцией G41 или G42, или сразу же за ним, необходимо указать координаты конечной точки в абсолютных значениях или в приращениях для совершения установочного перемещения.

Имеется несколько вариантов выхода на эквидистантный контур, которые определяются видом контура (внутренний или внешний) и подготовительной функцией G160, G161 или G162. При задании функции G160 выход выполняется с сопряжением углов по дуге, при задании G161 – с прямым сопряжением углов (см. рисунок 7.4). При задании функции G162 выход выполняется с сопряжением по дуге только острых углов (α < 90°). Действие функций G160, G161 и G162 распространяется только на движения по внешнему контуру. По умолчанию действует функция G160.

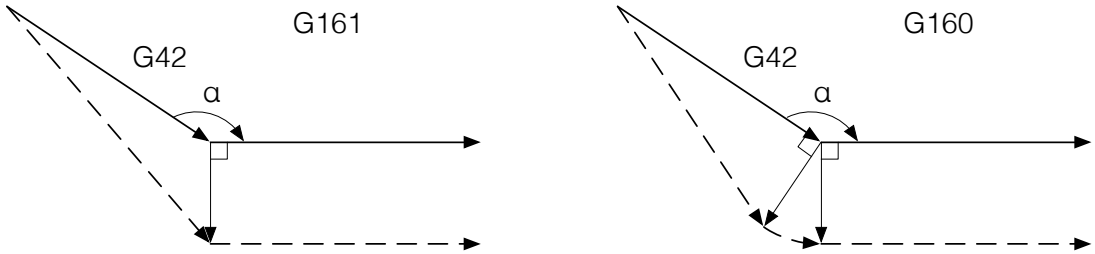


Рисунок 7.4

7. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

В таблице 7.1 приведены возможные варианты выхода на эквидистантный контур. В таблице 7.1 используются следующие обозначения:

— R – радиус инструмента;

— α – угол между двумя соседними кадрами, в которых задано перемещение;

— L – перемещение по прямой;

— C – перемещение по дуге окружности;

— A – точка пересечения прямой AB, перпендикулярной линии, являющейся продолжением запрограммированного контура;

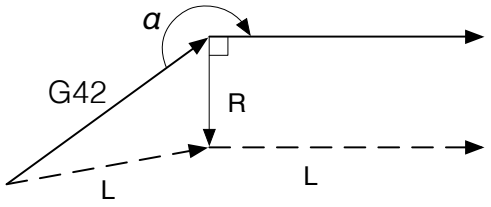
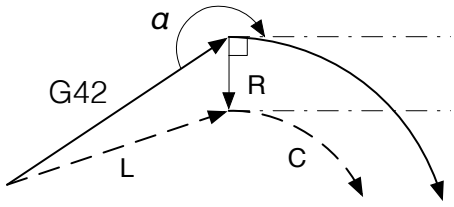
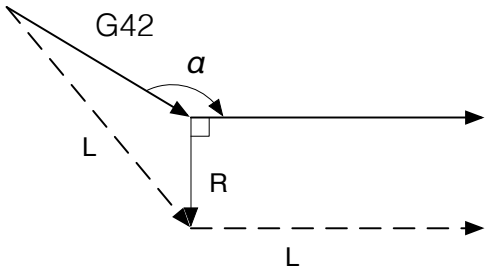
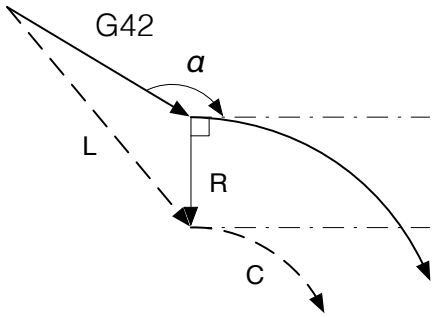
— B – точка, лежащая на дуге окружности эквидистантного контура и касательной к этой окружности; при этом касательная должна проходить перпендикулярной прямой AB;

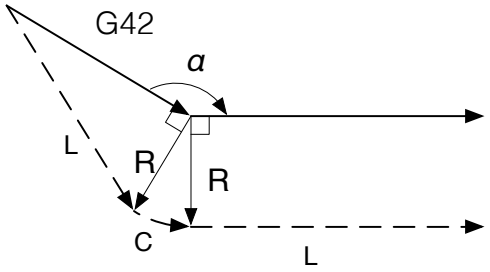
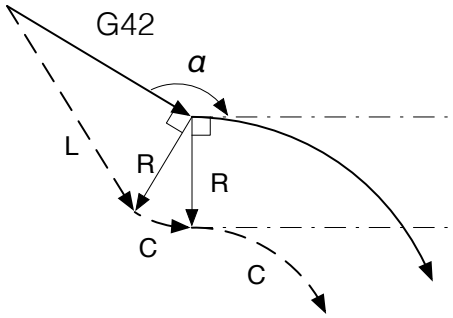
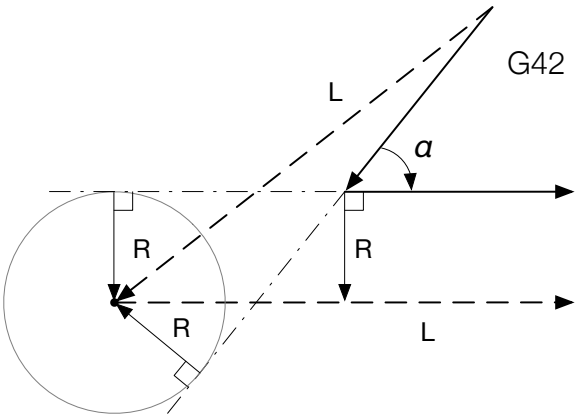
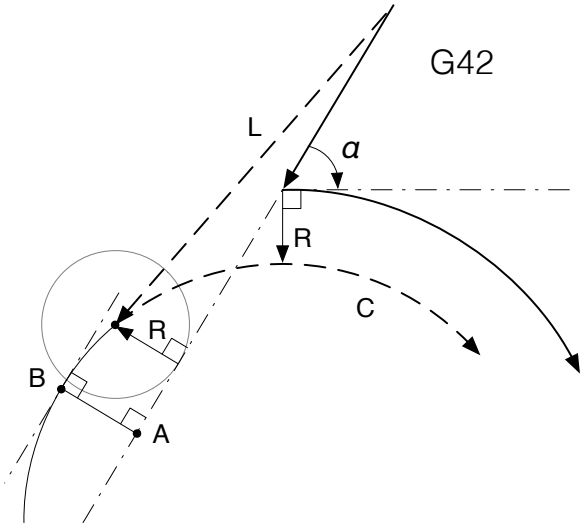
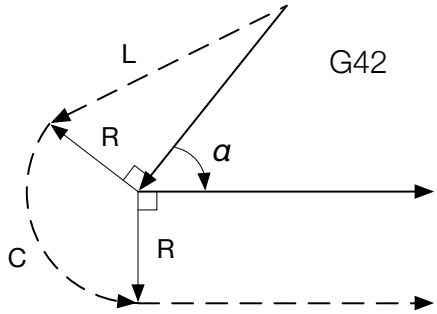
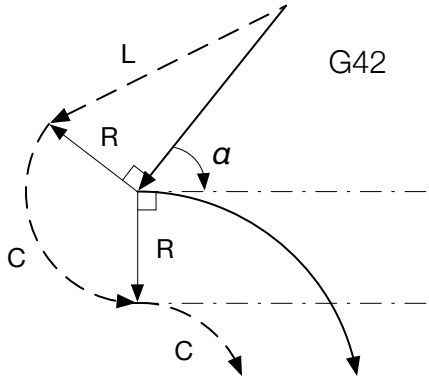
— AB – расстояние между точками A и B соответствует наибольшему расстоянию между прямой, являющейся продолжением запрограммированного контура, и дугой окружности, являющейся продолжением эквидистантного контура;

— ——▶ – запрограммированный контур;

— – – –▶ – эквидистантный контур.

ТАБЛИЦА 7.1 — ВЫХОД НА ЭКВИДИСТАНТНЫЙ КОНТУР

	Прямая линия - прямая линия	Прямая линия - дуга окружности
Внутренний контур	 Условия: α ≥ 180°	 Условия: α ≥ 180°
Внешний контур	 Условия: 90° ≤ α ≤ 180° активна G161	 Условия: 90° ≤ α ≤ 180° активна G161

	Прямая линия - прямая линия	Прямая линия - дуга окружности
Внешний контур	 Условия: 90° ≤ α ≤ 180° активна G160	 Условия: 90° ≤ α ≤ 180° активна G160
	 Условия: α < 90° активна G161	 Условия: α < 90° активна G161 R ≤ AB
	 Условия: α < 90° активна G160 или G162	 Условия: α < 90° активна G160 или G162 активна G161 и R > AB

7.4. Перемещение по эквидистантному контуру

При движении по эквидистантному контуру программирование осуществляется по контуру детали, при этом обработка детали будет происходить режущей кромкой инструмента.

Подготовительные функции G160, G161 и G162 оказывают влияние на прохождение внешних углов. При активной функции G160 центр инструмента будет отстоять от запрограммированного контура на заданный радиус в любой точке данной траектории. При активной функции G161 или G162 в точках сопряжения линейных и дуговых фрагментов траекторий центр инструмент будет отстоять от точек сопряжения на расстояние, большее заданного радиуса инструмента (рисунок 7.5).

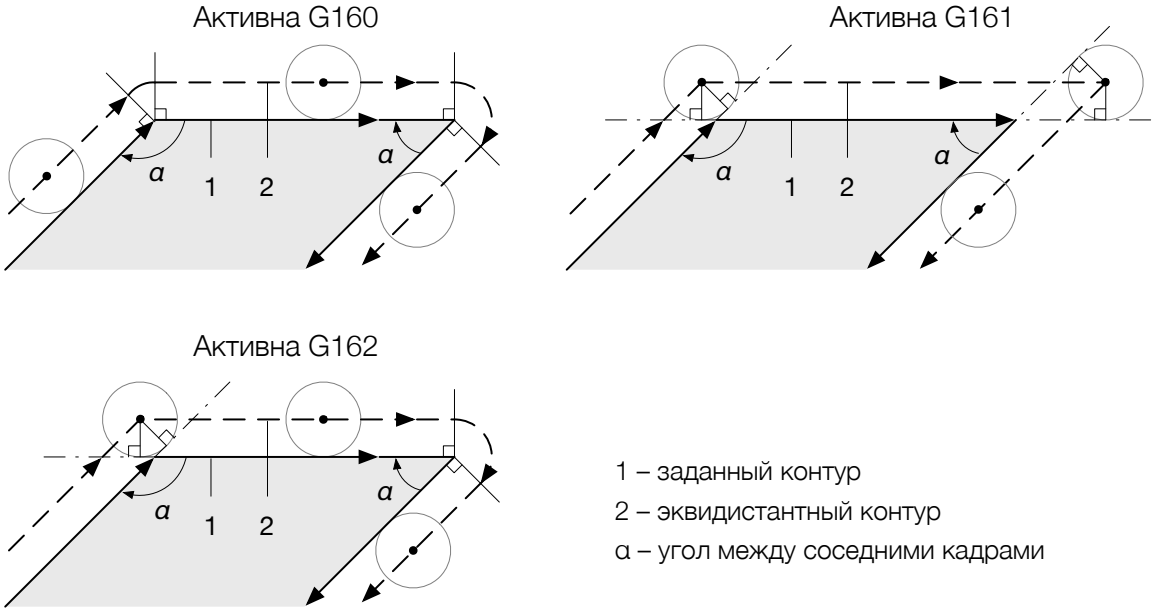
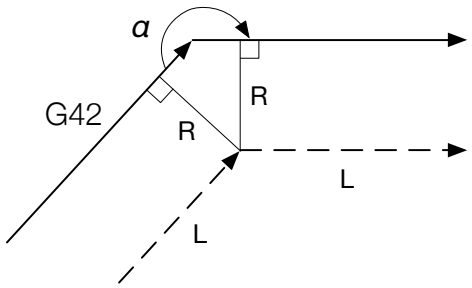
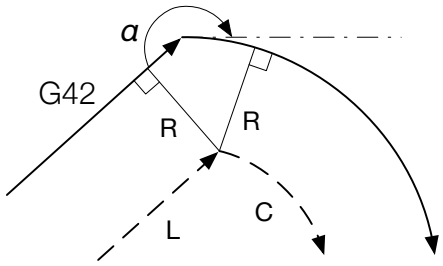


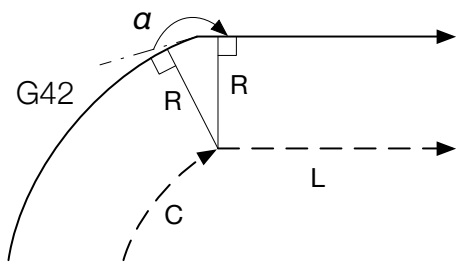
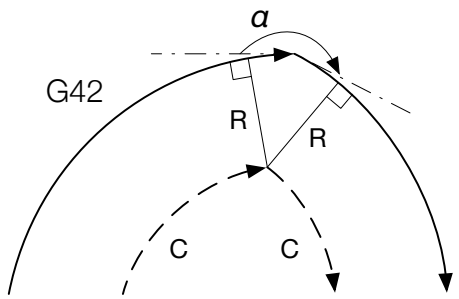
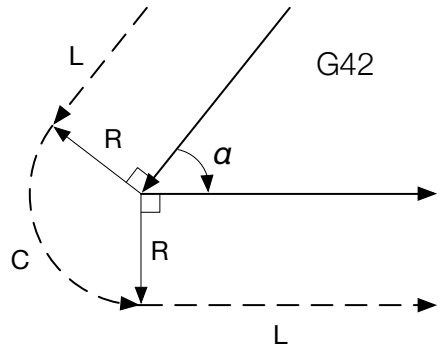
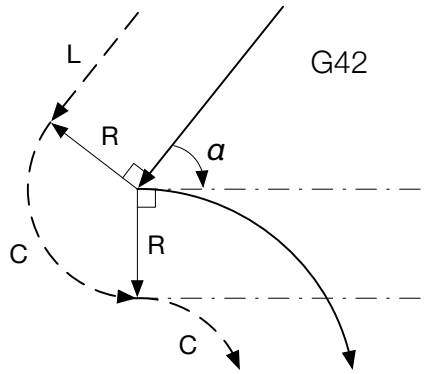
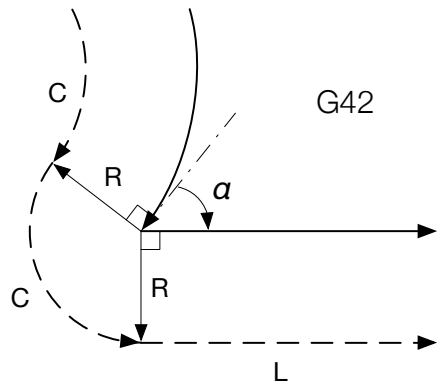
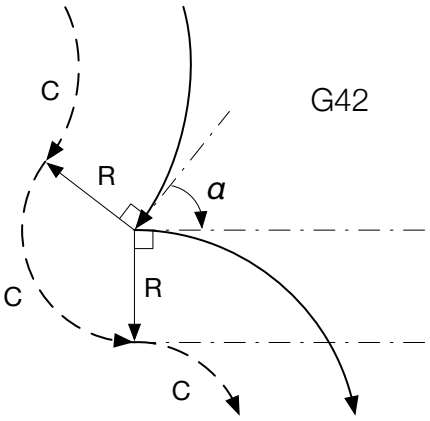
Рисунок 7.5 — Движение по внешнему контуру при активной коррекции

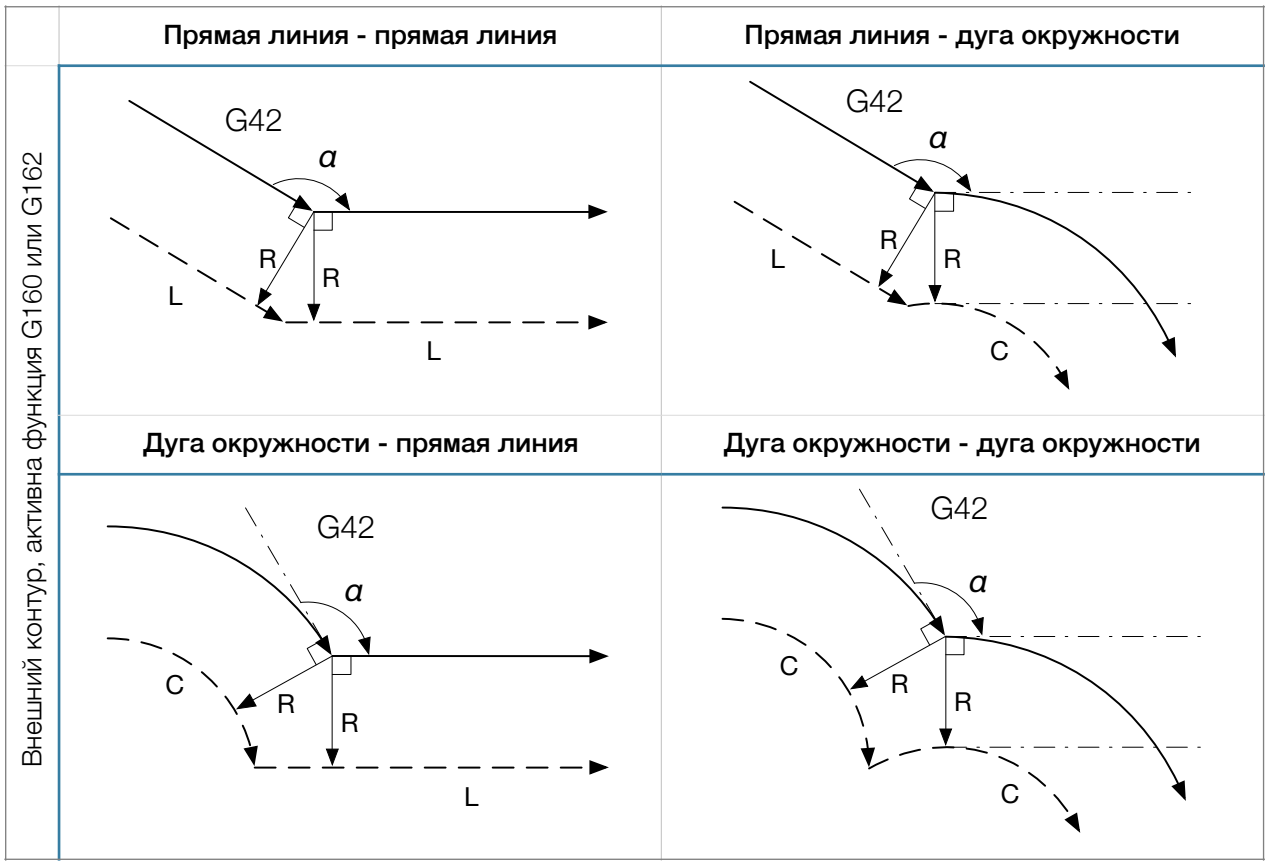
В таблице 5.2 приведены различные варианты траекторий центра инструмента при движении по эквидистантному контуру при активной функции G160.

ТАБЛИЦА 7.2

	Прямая линия - прямая линия	Прямая линия - дуга окружности
Внутренний контур		

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 7.2

	Дуга окружности - прямая линия	Дуга окружности - дуга окружности
Внутренний контур		
	Прямая линия - прямая линия	**Прямая линия - дуга окружности**
Внешний контур, активна функция G160 или G162		
	Дуга окружности - прямая линия	**Дуга окружности - дуга окружности**
		



7.5. Сход с эквидистантного контура (G40)

Отмена коррекции на радиус инструмента осуществляется с помощью функции G40.

При отмене режима коррекции для схода с эквидистантного контура необходимо задавать после функции G40 перемещение в кадре с линейной интерполяцией в плоскости коррекции. Если такое движение не задано, то система ЧПУ не отменит коррекцию на радиус инструмента до тех пор, пока кадр с движением по одной или двум осям в плоскости коррекции не будет выполнен.

Аналогично как и для выхода на эквидистантный контур имеется несколько вариантов схода с эквидистантного контура, которые определяются видом контура (внутренний или внешний) и подготовительной функцией G160, G161 (см. рисунок 7.6) или G162, определяющей вид обхода внешних углов. Заданный ранее вид обхода внешних углов при сходе с эквидистантного контура можно изменить указав в кадре с функцией G40 одну из функций G160, G161 или G162.

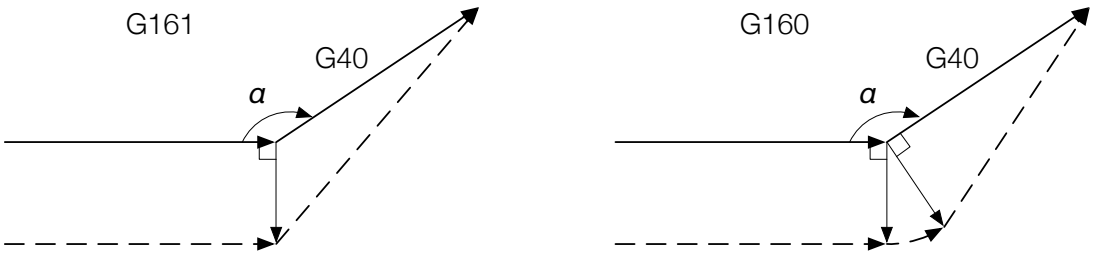
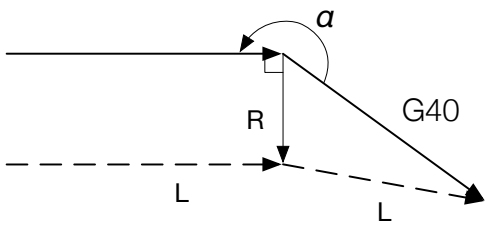
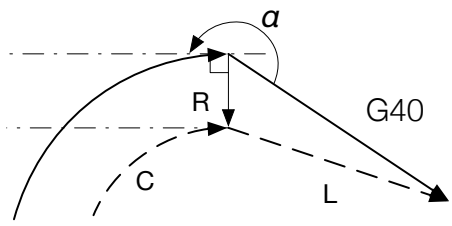
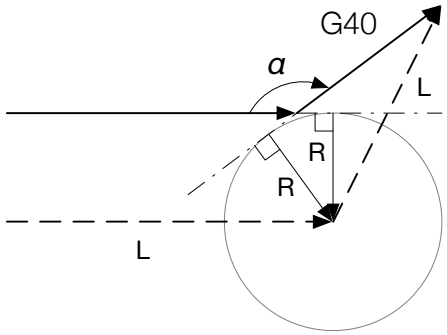
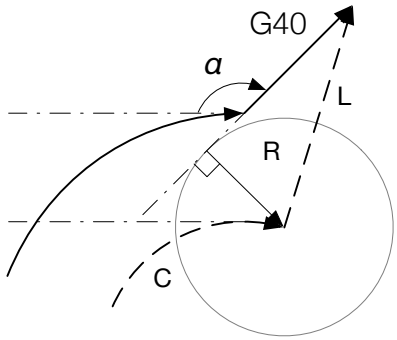
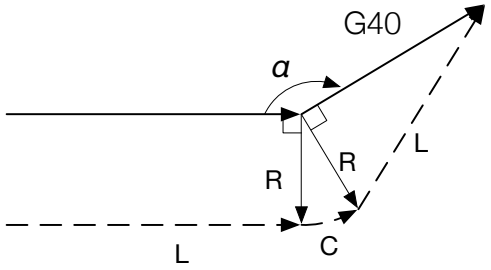
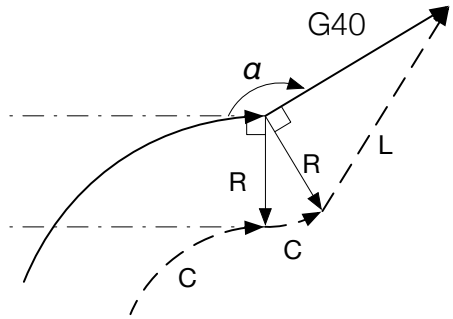


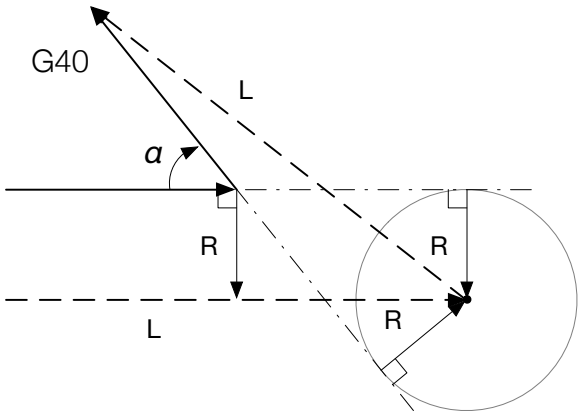
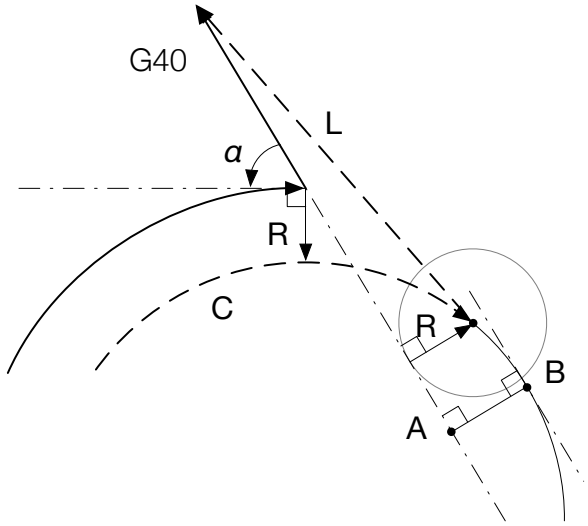
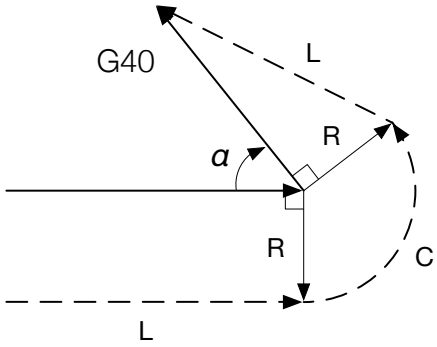
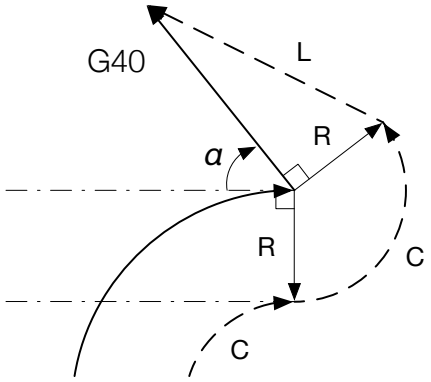
Рисунок 7.6

В таблице 7.3 приведены возможные варианты схода с эквидистантного контуру.

ТАБЛИЦА 7.3 — СХОД С ЭКВИДИСТАНТНОГО КОНТУРА

	Прямая линия - прямая линия	Дуга окружности - прямая линия
Внутренний контур	 Условия: α ≥ 180°	 Условия: α ≥ 180°
	Прямая линия - прямая линия	**Дуга окружности - прямая линия**
Внешний контур	 Условия: 90° ≤ α ≤ 180° активна G161	 Условия: 90° ≤ α ≤ 180° активна G161
	 Условия: 90° ≤ α ≤ 180° активна G161	 Условия: 90° ≤ α ≤ 180° активна G161

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 7.3

	Прямая линия - прямая линия	Дуга окружности - прямая линия
Внешний контур	 Условия: α < 90° активна G161	 Условия: α < 90° активна G161 R ≤ AB
	 Условия: α < 90° активна G160 или G162	 Условия: α < 90° активна G160 или G162 активна G161 и R > AB

8. ПРОГРАММИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

8.1. Постоянная скорость вращения шпинделя (G97)

Величина скорости вращения шпинделя программируется в оборотах в минуту с помощью адреса S и следующего за ним числового значения. Подготовительная функция G97 задает режим постоянной скорости вращения шпинделя. В данном режиме заданная скорость вращения шпинделя остается неизменной до появления очередной функции S.

По умолчанию действует режим постоянной скорости вращения шпинделя (G97).

8.2. Постоянная скорость резания (G96)

Подготовительная функция G96 задает режим постоянной скорости резания. При этом скорость вращения шпинделя изменяется автоматически таким образом, что относительная скорость перемещения режущей кромки инструмента на поверхности детали поддерживается постоянной.

В режиме постоянной скорости резания в слове с адресом S указывается скорость резания, величина которой определяется в метрах в минуту. Скорость вращения шпинделя при этом рассчитывается исходя из заданной скорости резания по формуле:

$$S = \frac{\vartheta_{rez}}{2\pi \cdot R}$$

где S – скорость шпинделя в оборотах в минуту [об./мин];

ϑ_{rez} – скорость резания в метрах в минуту [м/мин];

R – радиус детали в метрах [м].

Отмена постоянной скорости резания осуществляется заданием функции G97.

8.3. Контроль скорости вращения шпинделя (G25/G26)

Включение контроля скорости вращения шпинделя осуществляется функцией G26. В данном режиме при выполнении кадров программы, где заданы команды на вращение шпинделя, система ЧПУ будет ожидать достижения заданной величины скорости вращения шпинделя и только после этого перейдет к выполнению следующих кадров. До тех пор, пока скорость вращения шпинделя не станет равной заданной величины, выполнения УП будет приостановлено.

Подготовительная функция G25 позволяет отключить режим контроля скорости вращения шпинделя. При этом выполнении кадров программы, где заданы команды на вращение шпинделя, система ЧПУ не будет ожидать достижение шпинделем заданной величины скорости вращения, а сразу перейдет к выполнению следующих кадров.

По умолчанию действует режим контроля вращения шпинделя (G26).

9. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ

Функция G33 используется для нарезания резцом однозаходной и многозаходной цилиндрической, конической и торцевой резьбы. При этом движение начинается после прохождения индексной метки датчика, установленного на валу шпинделя.

Правая и левая резьба программируются заданием направления перемещения по оси Z или направлением вращения шпинделя.

Формат: **G33 Z_K_** цилиндрическая резьбы;

G33 X_Z_K(I)_ коническая резьбы;

G33 X_I_ торцевая резьбы;

где Z – координата конечной точки по оси Z;
X – координата конечной точки по оси X;
K – шаг резьбы вдоль оси Z;
I – шаг резьбы вдоль оси X.

Функция работает и в абсолютной системе отсчета (G90), и в приращениях (G91). G33 является взаимоисключающей по отношению к G00, G01, G02 и G03, поэтому после кадра с G33 требуется задавать значение подачи F в функциях G01, G02 и G03.

Пример: программы для нарезания резьбы.

Параметры резьбы: коническая резьбы с шагом 2 мм вдоль оси Z и координатой конечной точки (20; -30).

Программа:

```
N10 G90 G48 S200M3
N11 G94 F100
N12 G01 X15Z15
N13 G33 X20Z-30K2
N14 G01 X30
```

10. ЗАДАНИЕ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ

Подготовительная функция G04 задает выдержку времени (паузу) между движениями. Длительность паузы задается в секундах с дискретностью 0,01 секунда по адресу P. Диапазон значений: от 0.01 до 99999.999.

Формат G04 P_

Примечание: По функции G04 движение приводов подач останавливается, а шпиндель продолжает вращаться с заданной скоростью.

11. ПОСТОЯННЫЕ ТОКАРНЫЕ ЦИКЛЫ

Постоянные циклы используют совокупность инструкций для формирования последовательности движений инструмента, обеспечивающих повторяющиеся операции обработки. Назначения адресов слов в постоянных циклах отличаются от приведенных в Разделе 1.2 (см. таблица 1.1).

11.1. Однопроходные постоянные циклы

Текст пункта 11.1

11.2. Многопроходные постоянные циклы

Многопроходные постоянные циклы удобно использовать при черновой обработке деталей, когда весь припуск нельзя снять за один проход.

Многопроходные постоянные циклы состоят из следующей последовательности движений (см. рисунок 11.1):

Движение 1 – позиционирование в исходную точку цикла (S) по осям X и Z.

Движение 2 – на рабочей подаче движение по оси X на величину съема за один проход.

Движение 3 – на рабочей подаче движение по оси Z.

Движение 4 – на быстром ходу отход от детали по оси X.

Движение 5 – на быстром ходу перемещение по оси Z в исходную точку цикла.

Движения 3, 4 и 5 повторяются до тех пор, пока величина припуска не станет меньше или равной величине съема за один проход. В заключительной стадии осуществляется движение вдоль контура на рабочей подаче и возврат в исходную точку цикла.

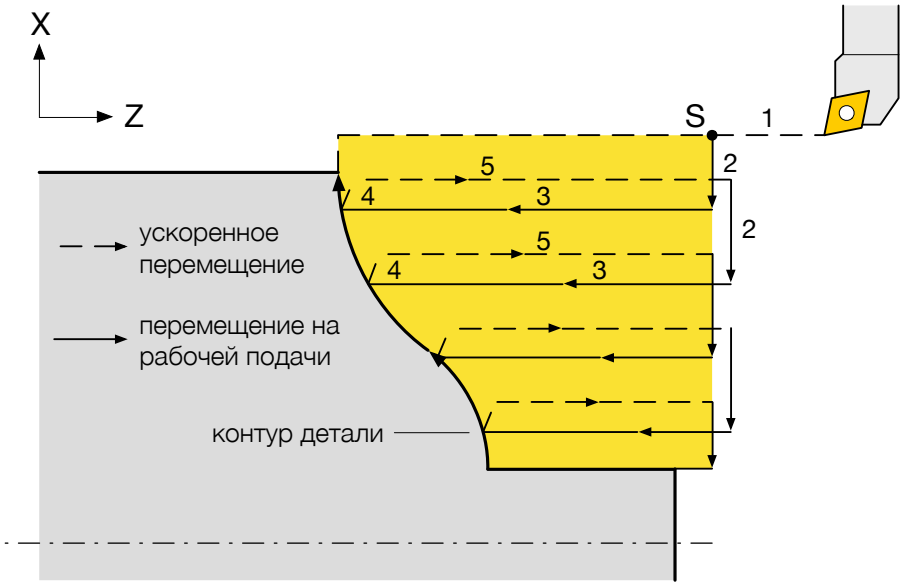


Рисунок 11.1 — Траектория резца при выполнении многопроходных постоянных циклов

11.2.1. Многопроходный цикл обработки неполного радиуса (G3.1)

Формат цикла: G3.1 A_X_R_Z_P_C_B_V_

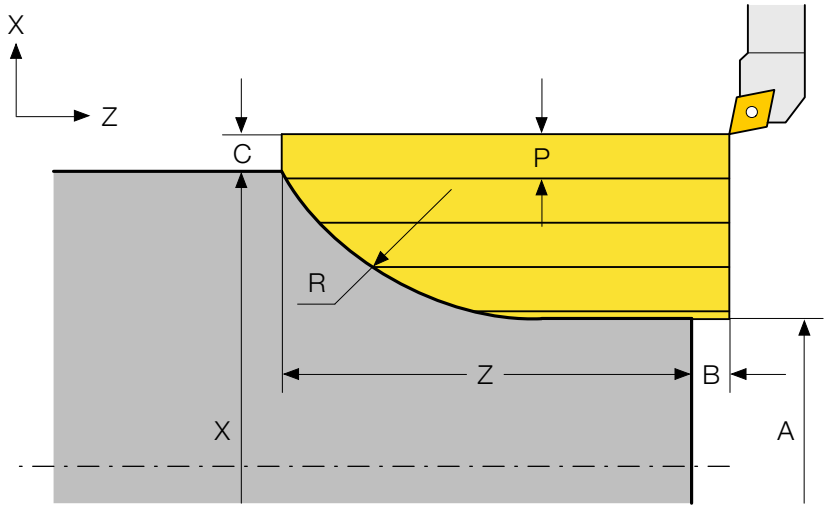


Рисунок 11.2

ТАБЛИЦА 11.1

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала.	A ≥ 0
X	Начальный диаметр вала.	X > 0
R	Радиус дуги.	R > 0
Z	Величина съема по оси Z.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.2. Многопроходный цикл обработки радиус-радиус (G8.1)

Формат цикла: G8.1 A_X_Z_R_U_P_C_B_V_

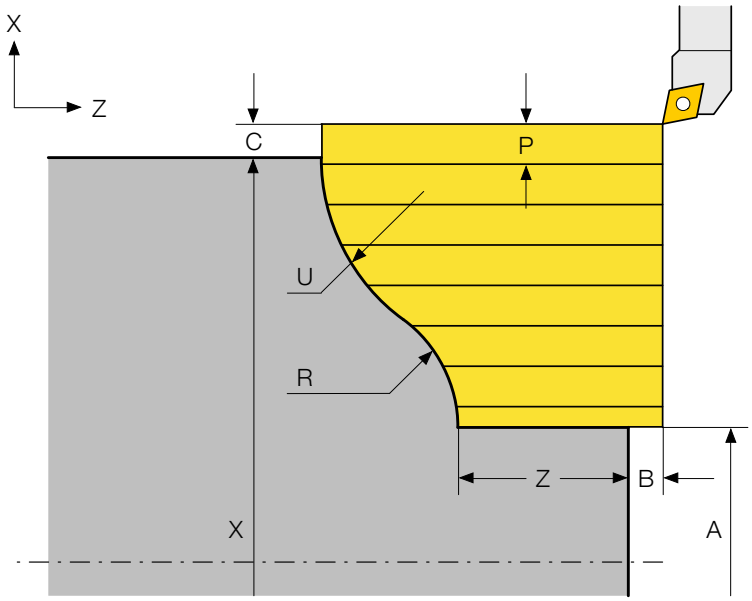


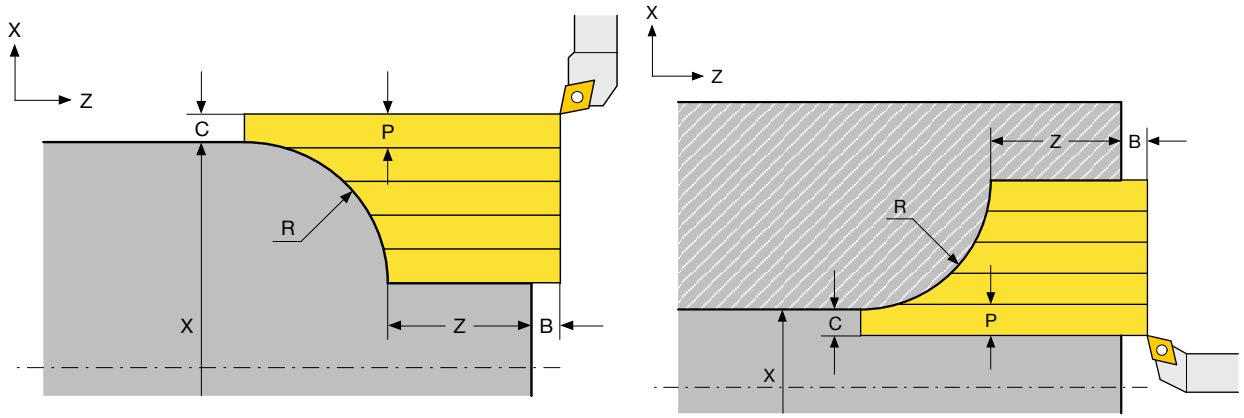
Рисунок 11.3

ТАБЛИЦА 11.2

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала.	A ≥ 0
X	Начальный диаметр вала.	X > 0
R	Величина выпуклого радиус дуги.	R > 0
U	Величина вогнутого радиус дуги.	U > 0
Z	Величина съема по оси Z.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.3. Многопроходный цикл обработки полного радиуса (G29)

Формат цикла: G29 X_R_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл чернойо обработки отверстия

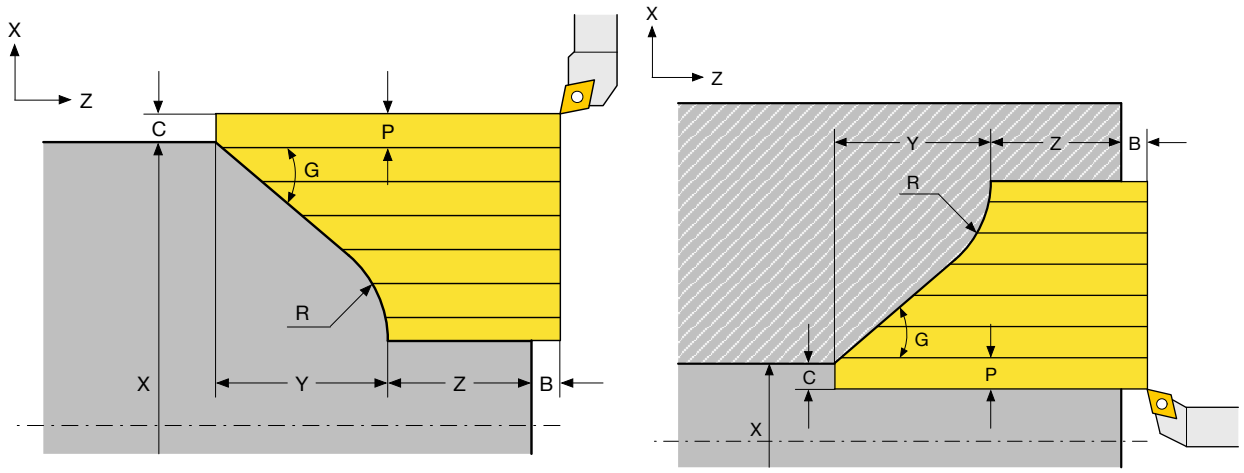
Рисунок 11.4

ТАБЛИЦА 11.3

Адрес	Описание	Примечание
X	Начальный диаметр вала.	X > 0
R	Величина полного радиус дуги.	R > 0
Z	Величина съема по оси Z.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.4. Многопроходный цикл обработки конус-радиус (G29.1)

Формат цикла: G29.1 X_Y_R_G_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала б — цикл черновой обработки отверстия

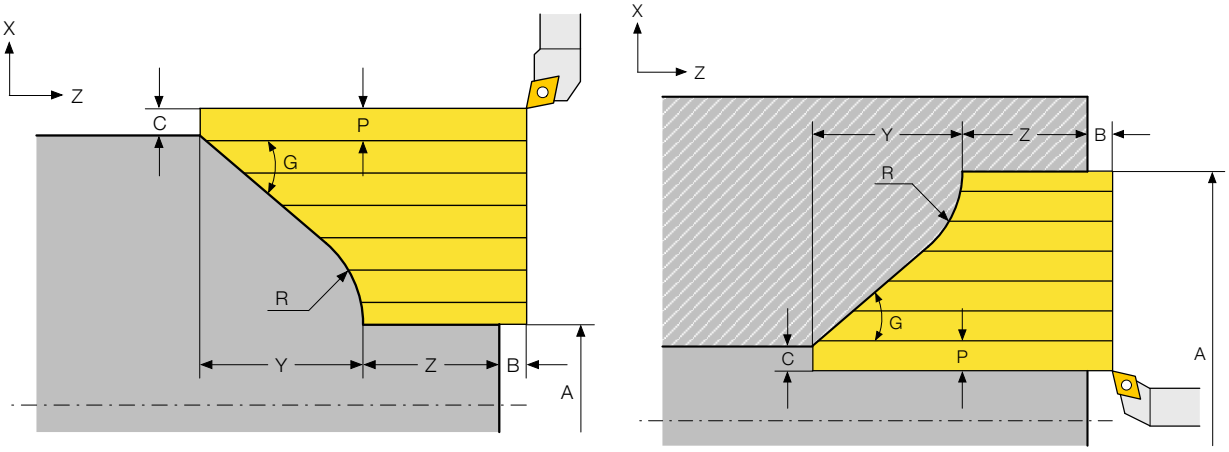
Рисунок 11.5

ТАБЛИЦА 11.4

Адрес	Описание	Примечание
X	Начальный диаметр вала/отверстия.	X > 0
R	Величина радиус дуги.	R > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Y	Величина съема по оси Z от нулевой точки радиуса до конечной точки конуса.	Y > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки радиуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.5. Многопроходный цикл обработки конус-радиус (G29.2)

Формат цикла: G29.2 A_Y_R_G_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл черновой обработки отверстия

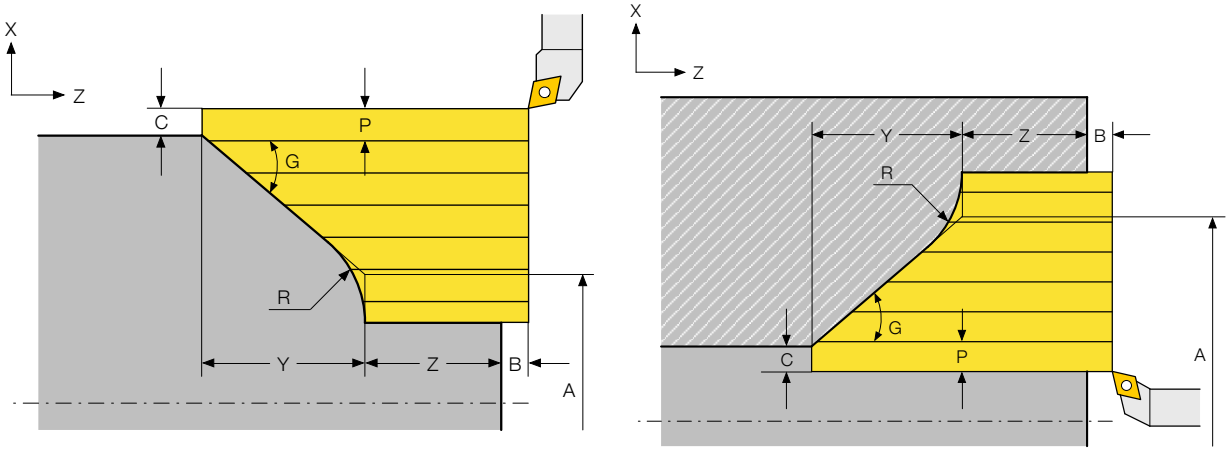
Рисунок 11.6

ТАБЛИЦА 11.5

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала/отверстия.	A ≥ 0 - для вала A > 0 - для отверстия
R	Величина радиус дуги.	R > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Y	Величина съема по оси Z от нулевой точки радиуса до конечной точки конуса.	Y > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки радиуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.6. Многопроходные циклы обработки конус-радиус

Формат цикла: G29.3 A_Y_R_G_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл черновой обработки отверстия

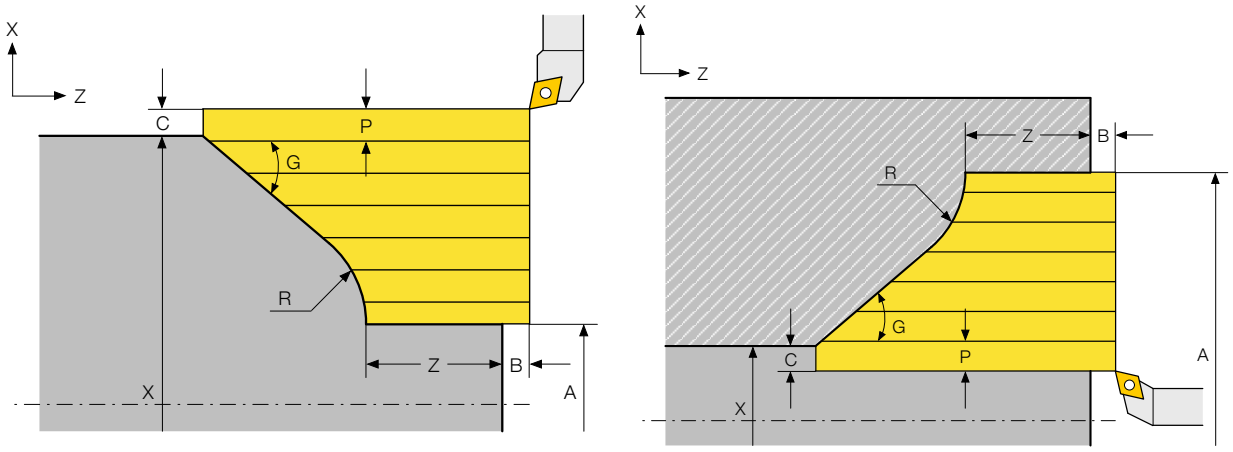
Рисунок 11.7

ТАБЛИЦА 11.6

Адрес	Описание	Примечание
A	Диаметральная координата точки пересечения образующей конуса с осью X.	A > 0
R	Величина радиус дуги.	R > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Y	Величина съема по оси Z от нулевой точки радиуса до конечной точки конуса.	Y > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки радиуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.7. Многопроходный цикл обработки конус-радиус (G29.5)

Формат цикла: G29.5 A_X_R_G_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала б — цикл черновой обработки отверстия

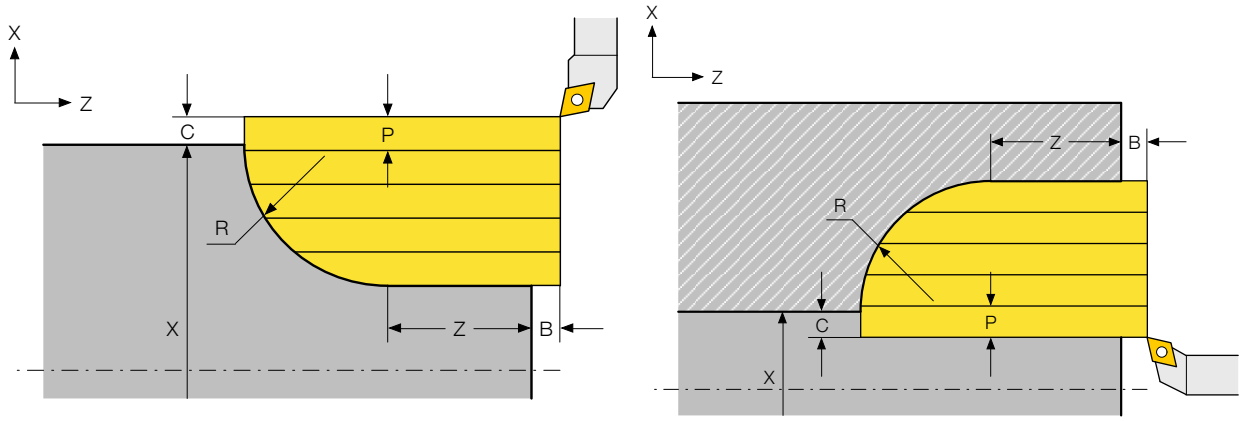
Рисунок 11.8

ТАБЛИЦА 11.7

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала/отверстия.	A ≥ 0 - для вала A > 0 - для отверстия
X	Начальный диаметр вала/отверстия.	X > 0
R	Величина радиус дуги.	R > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки радиуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.8. Многопроходный цикл обработки полного радиуса (G31)

Формат цикла: G31 X_R_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл черновой обработки отверстия

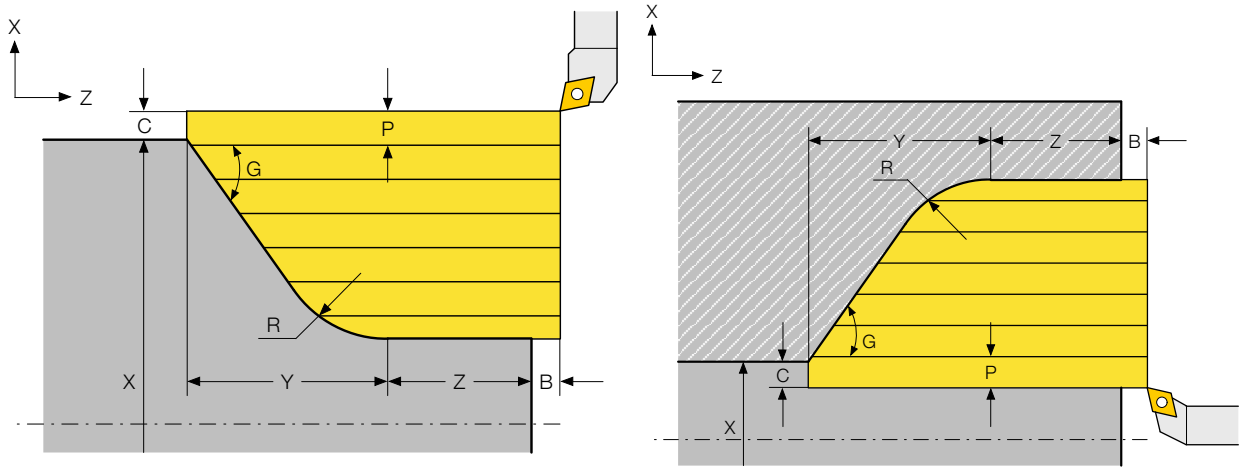
Рисунок 2.9

ТАБЛИЦА 11.8

Адрес	Описание	Примечание
X	Начальный диаметр вала.	X > 0
R	Величина радиус дуги.	R > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки радиуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.9. Многопроходный цикл обработки конус-радиус (G31.1)

Формат цикла G31.1 X_Y_R_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл черновой обработки отверстия

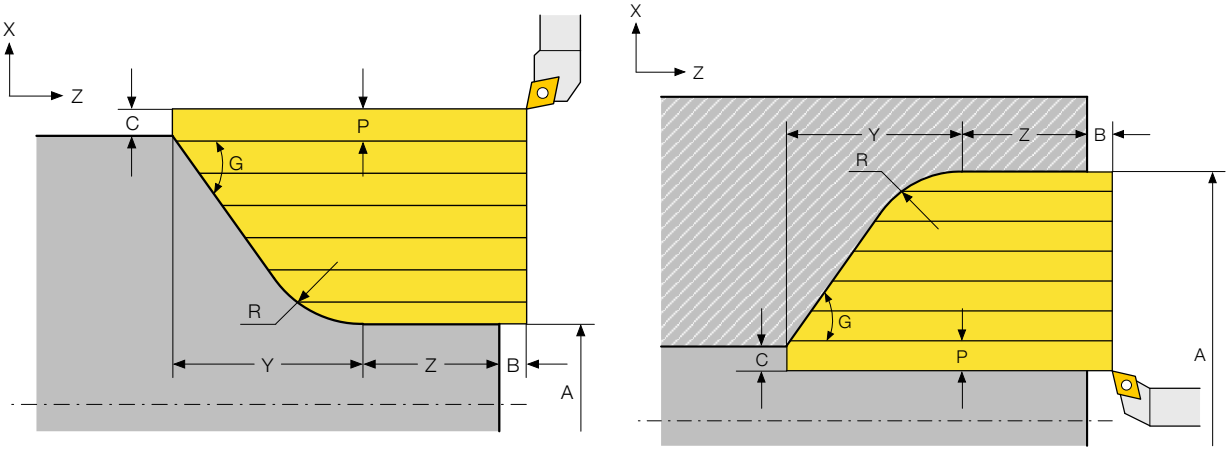
Рисунок 11.10

ТАБЛИЦА 11.9

Адрес	Описание	Примечание
X	Начальный диаметр вала/отверстия.	X > 0
R	Величина радиус дуги.	R > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Y	Величина съема по оси Z от нулевой точки радиуса до конечной точки конуса.	Y > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки радиуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.10. Многопроходный цикл обработки конус-радиус (G31.2)

Формат цикла: G31.2 A_Y_R_G_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл черновой обработки отверстия

Рисунок 11.11

ТАБЛИЦА 11.10

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала/отверстия.	A > 0
R	Величина радиус дуги.	R > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Y	Величина съема по оси Z от нулевой точки радиуса до конечной точки конуса.	Y > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки радиуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.11. Многопроходный цикл обработки конус-радиус (G31.5)

Формат цикла: G31.5 A_X_R_G_Z_P_C_B_V_

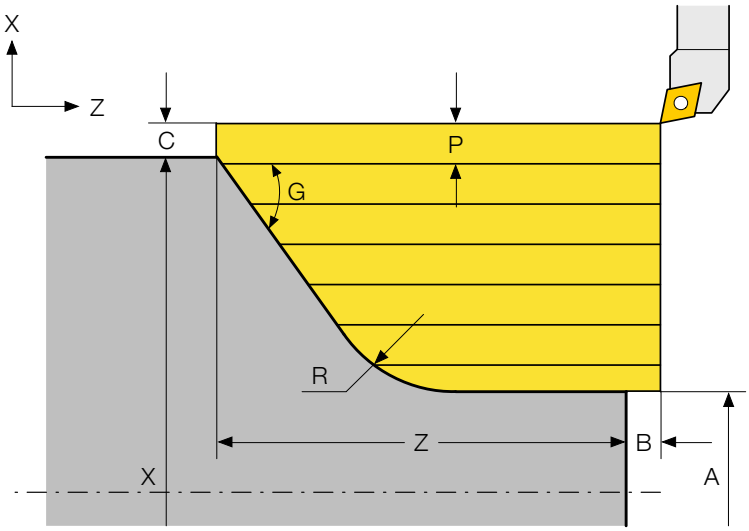


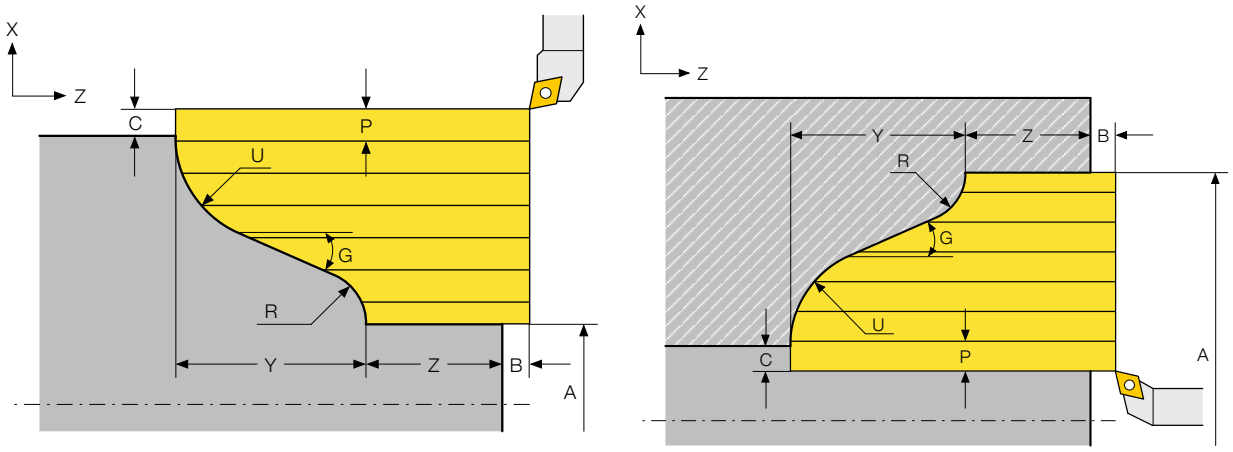
Рисунок 11.12

ТАБЛИЦА 11.11

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала/отверстия.	A > 0
X	Начальный диаметр вала/отверстия.	X > 0
R	Величина радиус дуги.	R > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Z	Величина съема по оси Z до кончной точки радиуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.12. Многопроходный цикл обработки радиус-конус-радиус (G23.4)

Формат цикла: G23.4 A_R_U_G_Z_Y_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл черновой обработки отверстия

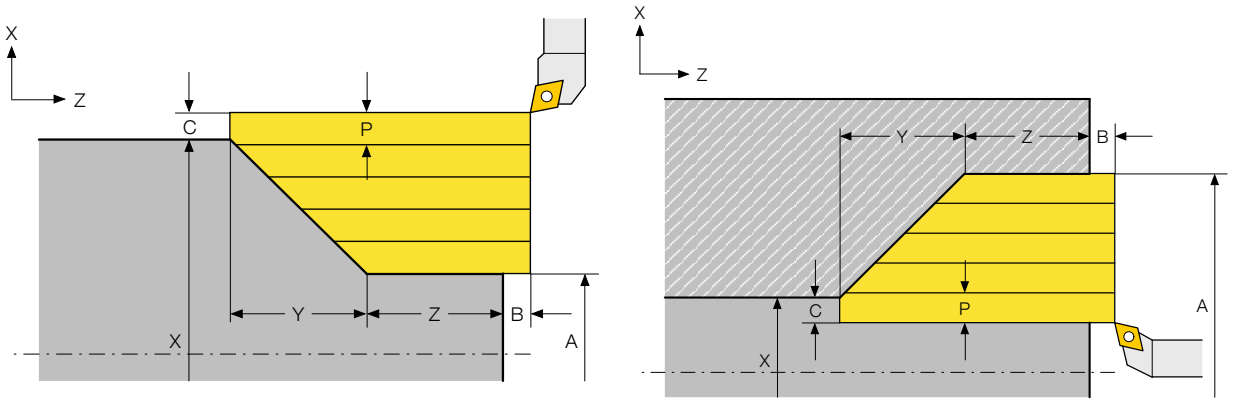
Рисунок 11.13

ТАБЛИЦА 11.12

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала/отверстия.	A ≥ 0 - для вала A > 0 - для отверстия
R	Величина выпуклого радиус дуги.	R > 0
U	Величина вогнутого радиус дуги.	U > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Y	Величина съема по оси Z от начальной точки радиуса R до конечной точки радиуса U.	Y > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки радиуса R.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.13. Многопроходный цикл обработки конуса (G30)

Формат цикла: G30 A_X_Z_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл черновой обработки отверстия

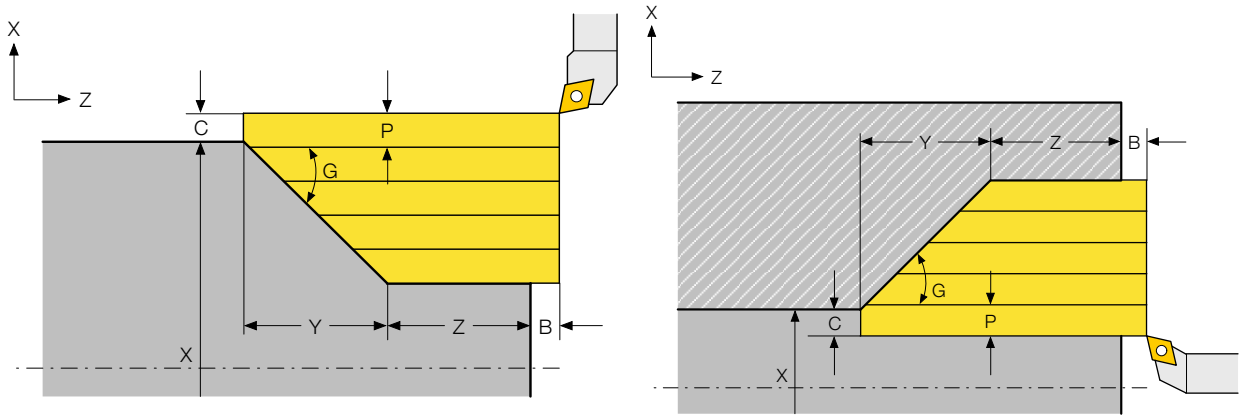
Рисунок 11.14

ТАБЛИЦА 11.13

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала/отверстия.	A ≥ 0 - для вала A > 0 - для отверстия
X	Начальный диаметр вала/отверстия.	X > 0
Y	Величина скоса по оси Z.	Y ≥ 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки конуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.14. Многопроходный цикл обработки конуса (G30.1)

Формат цикла: G30.1 X_Y_Z_G_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала б — цикл черновой обработки отверстия

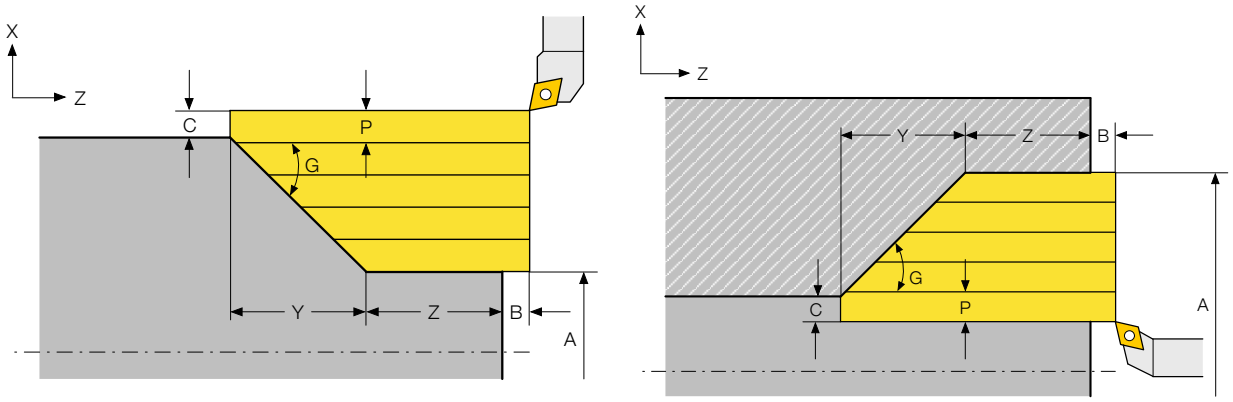
Рисунок 11.15

ТАБЛИЦА 11.14

Адрес	Описание	Примечание
X	Начальный диаметр вала/отверстия.	X > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Y	Величина скоса по оси Z.	Y > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки конуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.15. Многопроходный цикл обработки конуса (G30.2)

Формат цикла: G30.2 A_Y_Z_G_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала б — цикл черновой обработки отверстия

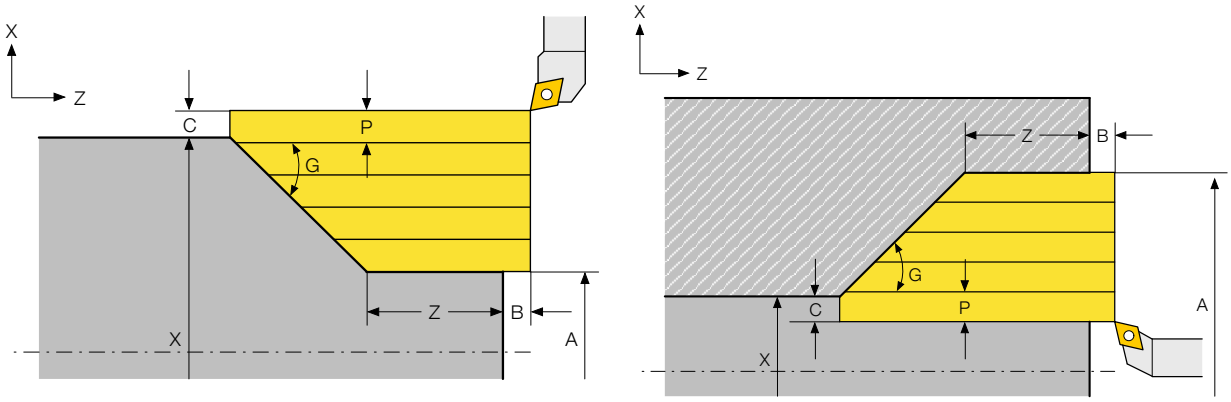
Рисунок 11.16

ТАБЛИЦА 11.15

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала/отверстия.	A ≥ 0 - для вала A > 0 - для отверстия
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Y	Величина скоса по оси Z.	Y > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки конуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.2.16. Многопроходный цикл обработки конуса (G30.3)

Формат цикла: G30.3 A_X_Z_G_P_C_B_V_



а — цикл черновой обработки вала

б — цикл черновой обработки отверстия

Рисунок 11.17

ТАБЛИЦА 11.16

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала/отверстия.	A ≥ 0 - для вала A > 0 - для отверстия
X	Начальный диаметр вала/отверстия.	X > 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки конуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.3. Циклы обработки торцевой поверхности

11.3.1. Цикл обработки G79.3

Формат цикла: G79.3 A_X_Z_Y_G_P_C_B_L_

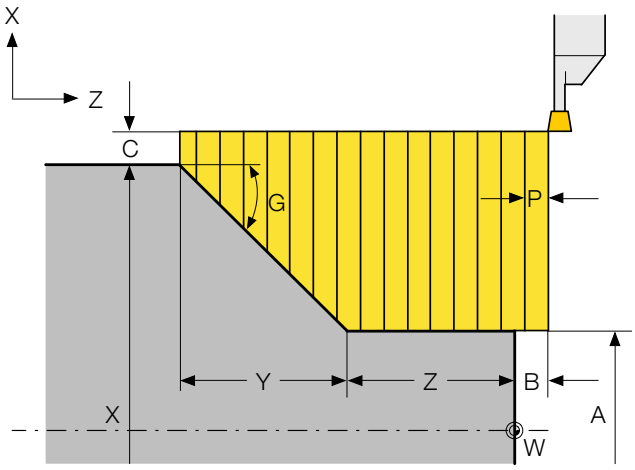


Рисунок 11.18

ТАБЛИЦА 11.17

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала.	A ≥ 0
X	Начальный диаметр вала.	X > 0
Y	Величина скоса по оси Z.	Y ≥ 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки конуса.	Z ≥ 0
G	Угол между образующей конуса и осью Z. Параметр задается в градусах в десятичной форме.	0° < G < 90°
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
L	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «L» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

11.3.2. Цикл обработки G79.4

Формат цикла: G79.4 A_X_Z_P_C_B_

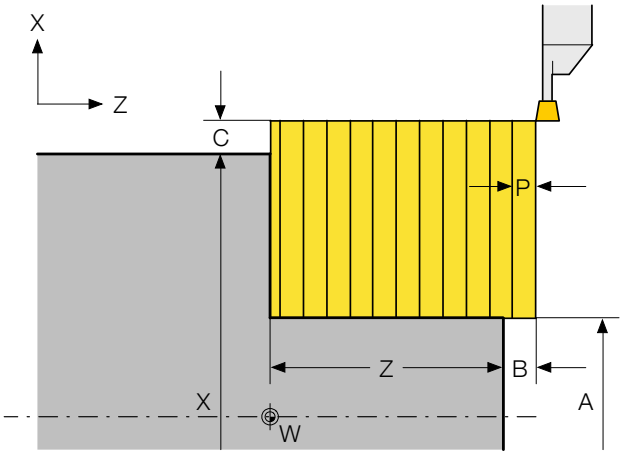


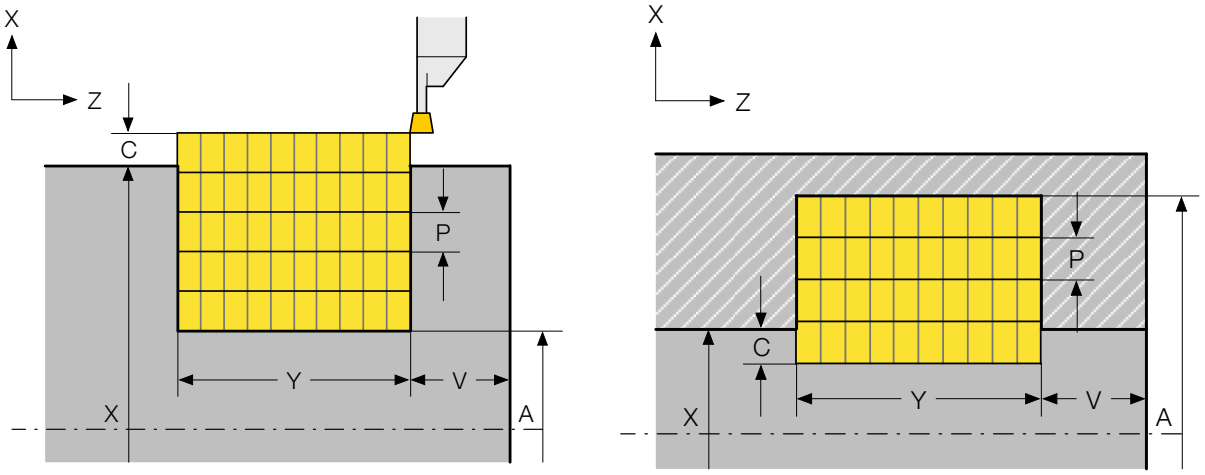
Рисунок 11.19

ТАБЛИЦА 11.18

Адрес	Описание	Примечание
A	Конечный диаметр вала.	A ≥ 0
X	Начальный диаметр вала.	X > 0
Z	Величина съема по оси Z до начальной точки конуса.	Z ≥ 0
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0

11.4. Цикл обработки канавки G79.1

Формат цикла: G79.1 A_X_Y_V_H_P_C_Q_



а — цикл обработки внешней канавки б — цикл обработки внутренней канавки

Рисунок 11.20

ТАБЛИЦА 11.19

Адрес	Описание	Примечание
A	Диаметр канавки.	A > 0
X	Диаметр вала/отверстия.	X > 0
Y	Ширина канавки.	Y > 0
H	Ширина резца.	H > 0
Q	Коэффициент перекрытия резца. Равен отношению ширины снимаемого материала по оси X к ширине резца (H).	
P	Глубина врезания за один проход. Программируется на радиус.	P > 0
C	Отступ по оси X для исходной точки цикла. Программируется на радиус.	C > 0 - для вала C < 0 - для отверстия
B	Отступ по оси Z для исходной точки цикла.	B > 0
V	Локальное смещение по оси Z от торца детали. Для положительной величины «V» смещение осуществляется в отрицательном направлении оси Z.	

12. ТОКАРНЫЕ ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

На токарных станках без управляемых инструментов применяются циклы сверления на торцевой поверхности детали в центре вращения (вдоль оси Z).

12.1. Цикл глубокого сверления G71

Цикл G71 предназначен для сверления глубоких отверстий, ось которых совпадает с осью Z.

Циклы сверления состоят из следующей последовательности движений:

Движение 1 — позиционирование инструмента на быстром ходу по оси X в нулевую точку детали.

Движение 2 — перемещение на быстром ходу по оси Z на безопасное расстояние от торцевой поверхности детали.

Движение 3 — обработка отверстия на рабочей подаче.

Движение 4 — операция на дне отверстия.

Движение 5 — перемещение инструмента со дна отверстия на быстром ходу в начальную цикла. Движение осуществляется сначала по оси Z, затем по оси X.

Схема отработки циклы представлена на рисунке 12.1.

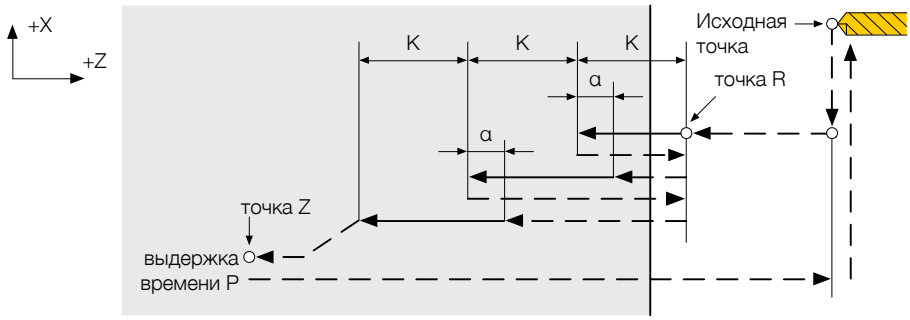


Рисунок 12.1

Формат цикла: G71 Z_R_K_E_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
Z	Координата дна отверстия (G90) или расстояние от точки R до дна отверстия (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
R	Координата точки R (G90) или расстояние от исходной точки до точки R (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
K	Глубина сверления за один проход. Задается в приращениях. Величина положительная.	
E	Величина недохода при возврате в позицию сверления.	
P	Определяет величину выдержки времени на дне отверстия. Задается в секундах.	

F	Рабочая подача в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Если в цикле G71 не задана глубина сверления за один проход «K», то цикл отрабатывается за один проход по схеме, приведенной на рисунке 12.2.

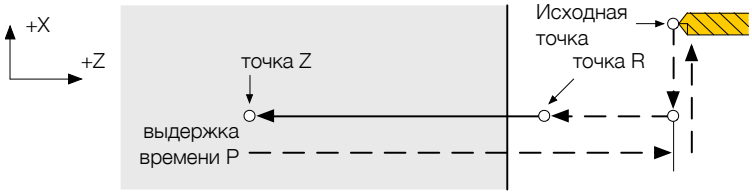


Рисунок 12.2

12.2. Цикл нарезания резьбы G74

Цикл G71 предназначен для нарезания резьбы метчиком в отверстиях, ось которых совпадает с осью Z.

Циклы состоят из следующей последовательности движений:

Движение 1 — позиционирование инструмента на быстром ходу по оси X в нулевую точку детали.

Движение 2 — перемещение на быстром ходу по оси Z на безопасное расстояние от торцевой поверхности детали.

Движение 3 — перемещение на глубину сверления за один проход.

Движение 4 — смена направления вращения шпинделя и отвод инструмента на безопасное расстояние.

Движение 5 — перемещение инструмента на быстром ходу в начальную цикла. Движение осуществляется сначала по оси Z, затем по оси X.

Схема отработки циклы представлена на рисунке 12.3.

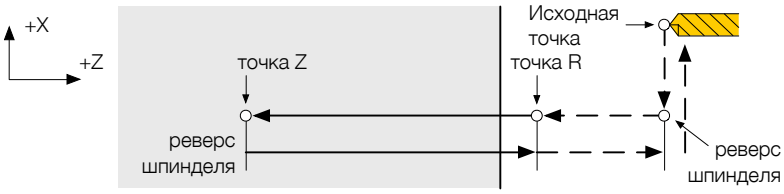


Рисунок 12.3

Формат цикла: G74 Z_R_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
Z	Координата дна отверстия (G90) или расстояние от точки R до дна отверстия (G91) по оси Z.	Обязательный параметр

R	Координата точки R (G90) или расстояние от исходной точки до точки R (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
P	Определяет величину выдержки времени на дне отверстия. Задается в секундах.	
F	Рабочая подача в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Примечание: 1. Перед вызовом цикла G74 шпиндель должен вращаться. При этом направление вращения шпинделя определяет правую или левую резьбу, а скорость вращения определяет скорость нарезания резьбы.

2. Величина подачи определяет шаг резьбы:
   - при активной подаче мм/об. (G95) шаг резьбы равен величине подачи.
   - при активной подаче мм/мин. (G94) шаг резьбы равен отношению величины скорости врещения шпинделя к величине подачи (S/F).

13. ПОСТОЯННЫЕ ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

Постоянные циклы сверления позволяют упростить написание управляющей программы обработки отверстий, для которых обычно требуется несколько кадров. Постоянные циклы сверления приведены в таблице 13.1.

ТАБЛИЦА 13.1

G-код	Направление сверления	Движение в процессе обработки	Операция на дне отверстия	Движение в исходное положение после обработки	Применение
G80					Отмена постоянного цикла
G83	Ось Z	Рабочая подача. Подача с периодическим выводом инструмента	Выдержка времени	Быстрый отвод	Сверление, сверление глубоких отверстий
G84	Ось Z	Рабочая подача	Реверс шпинделя	Отвод на рабочей подаче. Реверс шпинделя	Нарезание резьбы
G85	Ось Z	Рабочая подача	Выдержка времени	Отвод на рабочей подаче	Растачивание. Развертывание
G87	Ось X	Рабочая подача. Подача с периодическим выводом инструмента	Выдержка времени	Быстрый отвод	Сверление, сверление глубоких отверстий
G88	Ось X	Рабочая подача	Реверс шпинделя	Отвод на рабочей подаче. Реверс шпинделя	Нарезание резьбы
G89	Ось X	Рабочая подача	Выдержка времени	Отвод на рабочей подаче	Растачивание. Развертывание

Различие между циклами G83 и G87, G84 и G88, G85 и G89 определяется направлением оси, вдоль которой происходит отработка цикла.

Циклы G83, G84, G85, G87, G88, G89 являются модальными и отменяются функцией G80.

Постоянные циклы сверления состоят из следующей последовательности движений:

Движение 1 — позиционирование по оси X (Z) и по оси C.

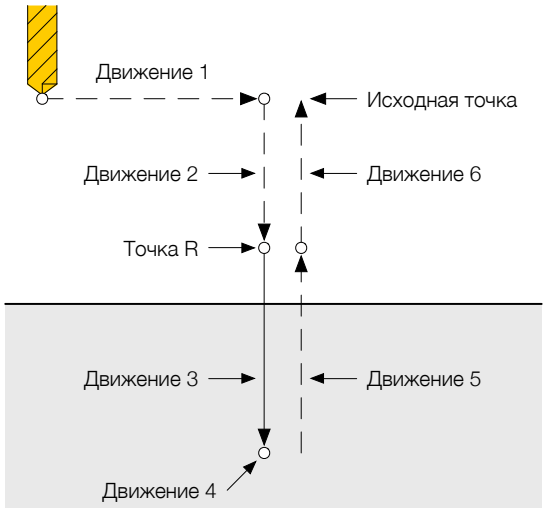
Движение 2 — быстрый подход в точку R.

Движение 3 — обработка отверстия на рабочей подаче.

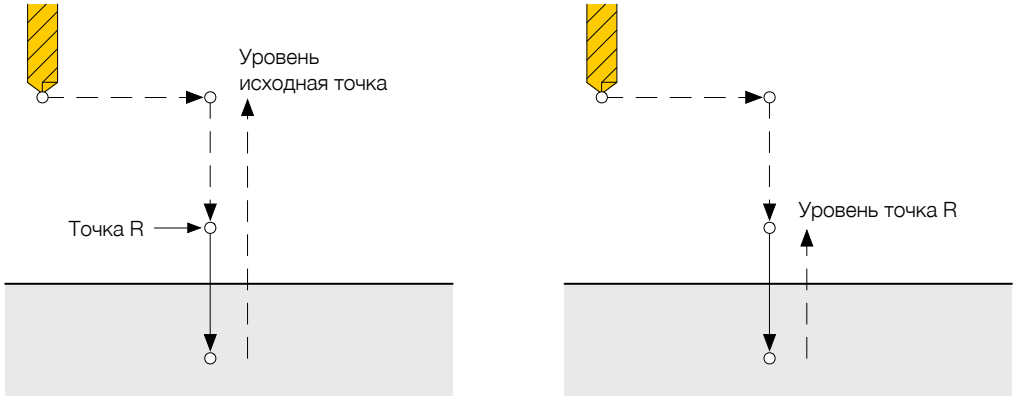
Движение 4 — операция на дне отверстия.

Движение 5 — возврат в точку R.

Движение 6 — возврат в исходную точку.



Уровень точки возврата определяется подготовительными функциями G98 и G99 (см. рисунок 13.1). Функция G98 задает возврат инструмента от дна отверстия к уровню исходной точки, а функция G99 задает возврат инструмента от дна отверстия к уровню точки R.



G98 – возврат на уровень исходной точки

G99 – возврат на уровень точки R

Рисунок 13.1 — Уровень возврата инструмента

Как правило, функция G99 используется при первой операции сверления, а функция G98 – для последней операции сверления. Уровень исходной точки не меняется, даже когда цикл выполняется в режиме G99.

Координаты оси обрабатываемого отверстия могут быть определены как в абсолютных координатах, если активна абсолютная система отсчета (G90), так и в приращениях, если активна относительная система отсчета (G91).

13.1. Цикл глубокого сверления G83

Цикл G83 предназначен для сверления глубоких отверстий, ось которых параллельная или совпадает с осью Z. Схема отработки цикла представлена на рисунке 13.2.

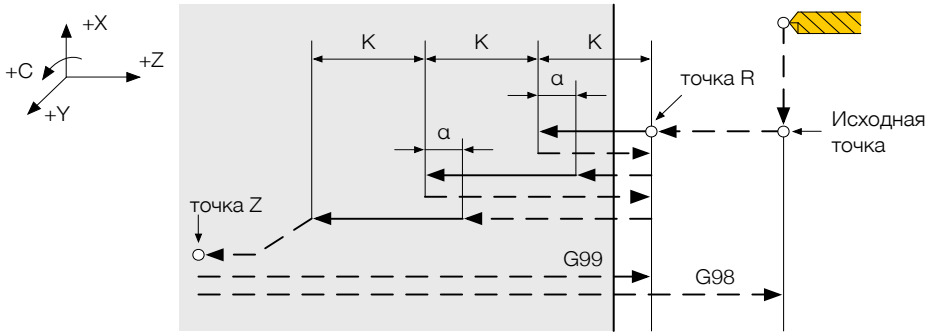


Рисунок 13.2

Формат цикла: G83 X(U)_C_Z(W)_R_K_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
X(U)	Координата отверстия по оси X.	

Адрес	Описание	Примечание
C	Координата отверстия по оси C.	
Z	Координата дна отверстия (G90) или расстояние от точки R до дна отверстия (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
W	Расстояние от точки R до дна отверстия.	
R	Коордианата точки R (G90) или расстояние от исходной точки до точки R (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
K	Глубина сверления за один проход. Задается в приращениях. Величина положительная.	
P	Определяет величину выдержки времени на дне отверстия. Задается в секундах.	
F	Рабочая подача в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Параметры Z(W), R и F являются модальными, параметры P и K не являются модальными и требуют задания для каждого цикла сверления.

Если в цикле G83 не задана глубина сверления за один проход «K», то цикл отрабатывается за один проход по схеме, приведенной на рисунке 13.3.

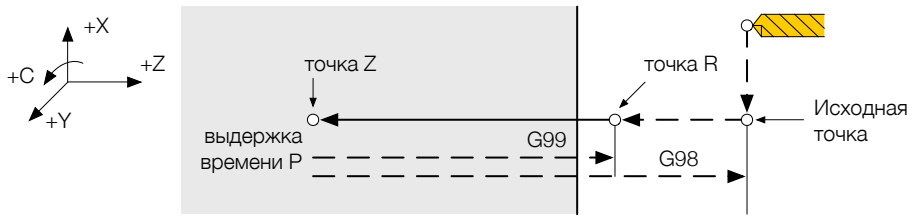


Рисунок 13.3

При соответствующем задании параметров цикл G83 отрабатывается по схеме стандартного цикла G81 или G82.

13.2. Цикл нарезания резьбы G84

Цикл G84 предназначен для нарезания резьбы метчиком в отверстиях, ось которых параллельная или совпадает с осью Z. Схема отработки цикла представлена на рисунке 13.4.

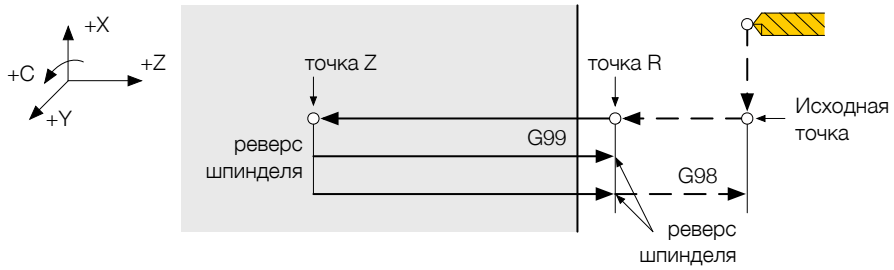


Рисунок 13.4

Формат цикла: G84 X(U)_C_Z(W)_R_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
X(U)	Координата отверстия по оси X.	
C	Координата отверстия по оси C.	
Z	Координата дна отверстия (G90) или расстояние от точки R до дна отверстия (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
W	Расстояние от точки R до дна отверстия.	
R	Коордианата точки R (G90) или расстояние от исходной точки до точки R (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
P	Определяет величину выдержки времени на дне отверстия. Задается в секундах.	
F	Рабочая подача в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Параметры Z(W), R и F являются модальными, параметр P не является модальным и требует задания для каждого цикла сверления.

Цикл выполняется на оборотной подаче, поэтому если программирование велось на подаче миллиметры в минуту в цикле автоматически произойдет количественный пересчет величины подачи. По завершению цикла нарезания резьбы (отмена функцией G80) режим подачи восстанавливается на тот, который был установлен до входа в цикл G84, а величина подачи будет равна последнему запрограммированному значению подачи.

13.3. Цикл растачивания и развертывания G85

Цикл G85 предназначен для растачивания и развертывания отверстий, ось которых параллельная или совпадает с осью Z. Схема отработки цикла представлена на рисунке 13.5.

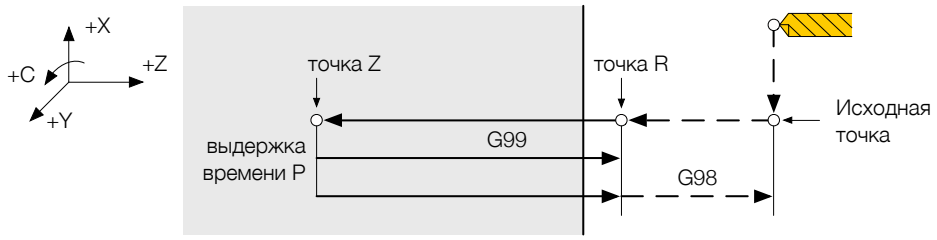


Рисунок 13.5

Формат цикла: G85 X(U)_C_Z(W)_R_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
X(U)	Координата отверстия по оси X.	
C	Координата отверстия по оси C.	

Адрес	Описание	Примечание
Z	Координата дна отверстия (G90) или расстояние от точки R до дна отверстия (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
W	Расстояние от точки R до дна отверстия.	
R	Коордианата точки R (G90) или расстояние от исходной точки до точки R (G91) по оси Z.	Обязательный параметр
P	Определяет величину выдержки времени на дне отверстия. Задается в секундах.	
F	Рабочая подача в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Параметры Z(W), R и F являются модальными, параметр P не является модальным и требует задания для каждого цикла сверления.

13.4. Цикл глубокого сверления G87

Цикл G87 предназначен для сверления глубоких отверстий, ось которых параллельная или совпадает с осью X. Цикл отрабатывается только в режиме G20. Схема отработки цикла представлена на рисунке 13.6.

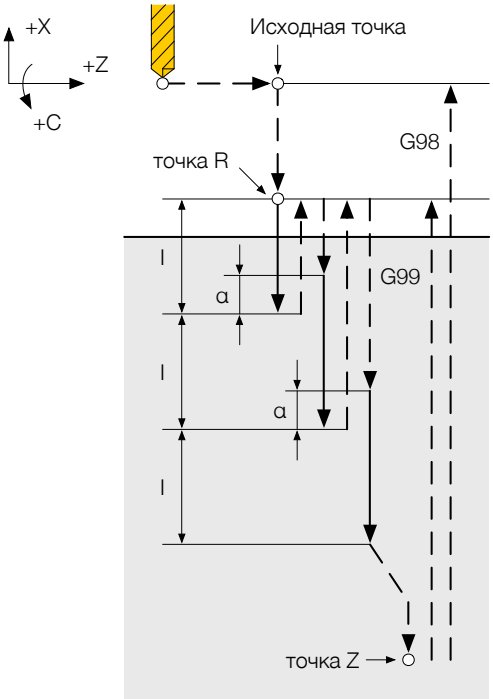


Рисунок 13.6

Формат цикла: G87 Z(W)_C_X(U)_R_I_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
Z(W)	Координата отверстия по оси Z.	
C	Координата отверстия по оси C.	
X	Координата дна отверстия (G90) или расстояние от точки R до дна отверстия (G91) по оси X.	Обязательный параметр
U	Расстояние от точки R до дна отверстия по оси X.	
R	Координаната точки R (G90) или расстояние от исходной точки до точки R (G91) по оси X.	Обязательный параметр
I	Глубина сверления за один проход. Задается в приращениях. Величина положительная.	
P	Определяет величину выдержки времени на дне отверстия. Задается в секундах.	
F	Рабочая подача в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Параметр I всегда программируется на радиус, X может задаваться и на радиус и на диаметр, в зависимости от того, в каком режиме ведется программирование УП.

Параметры X(U), R и F являются модальными, параметры P и I не являются модальными и требуют задания для каждого цикла сверления.

Если в цикле G87 не задана глубина сверления за один проход «I», то цикл отрабатывается за один проход по схеме, приведенной на рисунке 13.7.

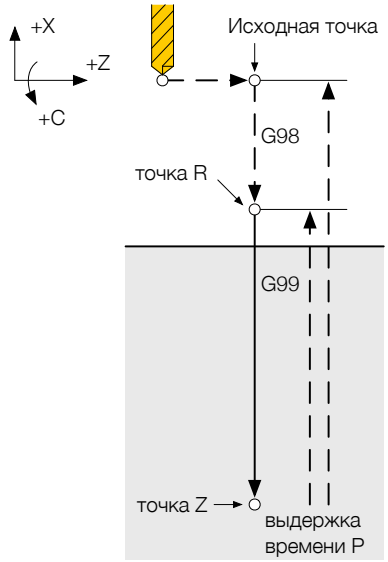


Рисунок 13.7

13.5. Цикл нарезания резьбы G88

Цикл G88 предназначен для нарезания резьбы метчиком в отверстиях, ось которых параллельная или совпадает с осью X. Цикл отрабатывается только в режиме G20. Схема отработки цикла представлена на рисунке 13.8.

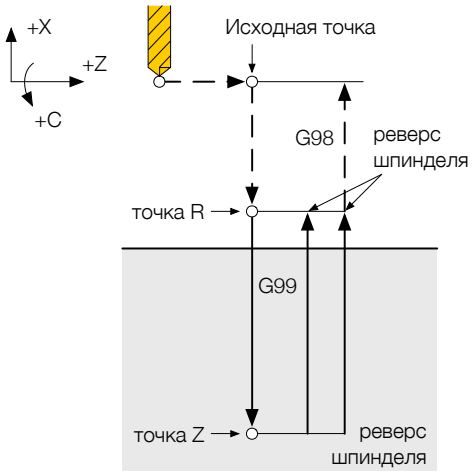


Рисунок 13.8

Формат цикла: G88 Z(W)_C_X(U)_R_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
Z(W)	Координата отверстия по оси Z.	
C	Координата отверстия по оси C.	
X	Координата дна отверстия (G90) или расстояние от точки R до дна отверстия (G91) по оси X.	Обязательный параметр
U	Расстояние от точки R до дна отверстия по оси X.	
R	Коордианата точки R (G90) или расстояние от исходной точки до точки R (G91) по оси X.	Обязательный параметр
P	Определяет величину выдержки времени на дне отверстия. Задается в секундах.	
F	Рабочая подача в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Параметры X(U), R и F являются модальными, параметр P не является модальным и требует задания для каждого цикла сверления.

Цикл выполняется на оборотной подаче, поэтому если программирование велось на подаче миллиметры в минуту в цикле автоматически произойдет количественный пересчет величины подачи. По завершению цикла нарезания резьбы (отмена функцией G80) режим подачи восстанавливается на

тот, который был установлен до входа в цикл G88, а величина подачи будет равна последнему запрограммированному значению подачи.

13.6. Цикл растачивания и развертывания G89

Цикл G89 предназначен для растачивания и развертывания отверстий, ось которых параллельная или совпадает с осью X. Цикл отрабатывается только в режиме G20. Схема отработки цикла представлена на рисунке 13.9.

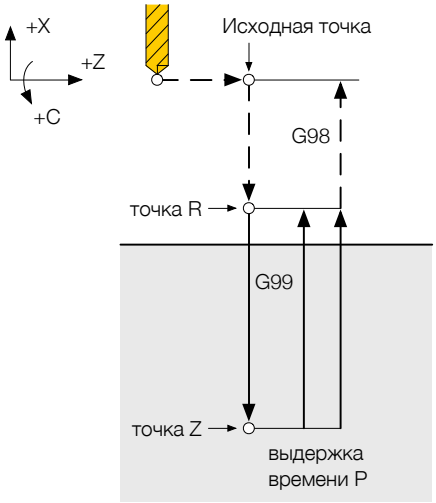


Рисунок 13.9

Формат цикла: G89 Z(W)_C_X(U)_R_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
Z(W)	Координата отверстия по оси Z.	
C	Координата отверстия по оси C.	
X	Координата дна отверстия (G90) или расстояние от точки R до дна отверстия (G91) по оси X.	Обязательный параметр
U	Расстояние от точки R до дна отверстия по оси X.	
R	Координата точки R (G90) или расстояние от исходной точки до точки R (G91) по оси X.	Обязательный параметр
P	Определяет величину выдержки времени на дне отверстия. Задается в секундах.	
F	Рабочая подача в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Параметры X(U), R и F являются модальными, параметр P не является модальным и требует задания для каждого цикла сверления.

14. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Постоянные циклы фрезерования позволяют упростить написание управляющей программы обработки поверхностей детали, для которых обычной требуется несколько кадров. Постоянные циклы фрезерования приведены в таблице 14.1.

ТАБЛИЦА 14.1

G-код	Направление движения врезания	Направление основного движения фрезерования	Применение	Тип цикла
G76	Ось X	Ось Z	Фрезерование шпоночных пазов, расположенных вдоль оси Z	Модальный
G77	Ось Z	Ось C	Фрезерование торцевых концентрических пазов	Модальный
G78	Ось Z	Мнимая ось Y	Фрезерование прямых торцевых пазов	Не модальный
G79	Ось Z	Мнимая ось Y	Фрезерование лысок	Не модальный

Модальные циклы G76, G77 отменяются подготовительной функцией G80.

Аналогично циклам сверления подготовительная функция G98 организует возврат в исходную точку цикла, а функция G99 в точку R (см. раздел 12) для циклов G76 и G77.

14.1. Цикл фрезерования шпоночных пазов G76

Схема отработки цикла приведена на рисунке 14.1.

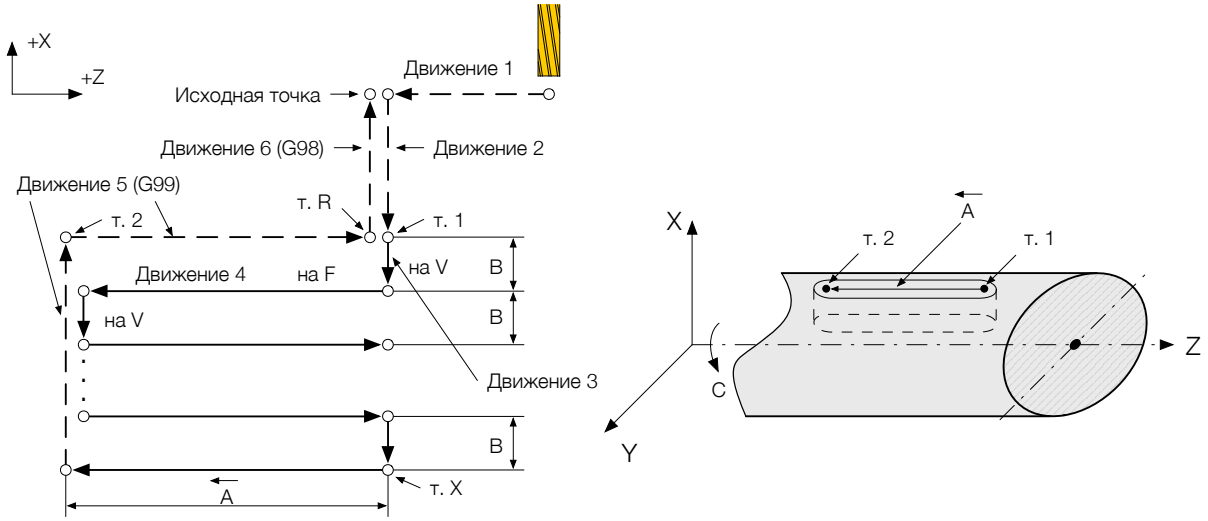


Рисунок 14.1

Формат цикла: G76 Z(W)_C_X(U)_R_A_B_V_F_

Адрес	Описание	Примечание
Z	Координата точки R по оси Z (G90) или приращение от исходной точки до точки R по оси Z (G91).	

Адрес	Описание	Примечание
Z	Координата точки R по оси Z (G90) или приращение от исходной точки до точки R по оси Z (G91).	
W	Приращение от исходной точки до точки R по оси Z.	
C	Координата точки R по оси C (G90) или приращение от исходной точки до точки R по оси C (G91).	
X	Координата дна шпоночного паза (G90) или глубина шпоночного паза (G91) по оси X.	Обязательный параметр
U	Глубина шпоночного паза.	
R	Координата точки R по оси X (G90) или расстояние от исходной точки до точки R по оси X (G91). Задается на радиус.	Обязательный параметр
A	Вектор от точки 1 до точки 2. Длина шпоночного паза.	Обязательный параметр
B	Величина припуска на проход. Задается на радиус.	Обязательный параметр
V	Подача врезания, действует только в цикле.	Обязательный параметр
F	Подача фрезерования в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Параметры X(U), R, A, B, V и F являются модальными.

14.2. Цикл фрезерования торцевых концентрических пазов G77

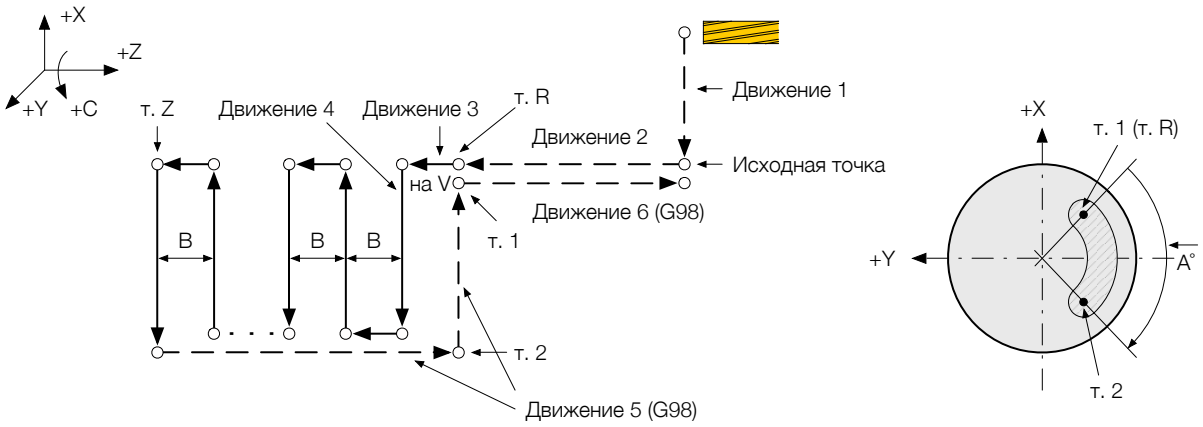


Рисунок 14.2 — Схема отработки цикла фрезерования

Формат цикла: G77 X(U)_C_Z(W)_R_A_B_V_F_

Адрес	Описание	Примечание
X	Координата точки R по оси X (G90) или приращение от исходной точки до точки R по оси X (G91).	

Адрес	Описание	Примечание
U	Приращение от исходной точки до точки R по оси X.	
C	Координата точки R по оси C (G90) или приращение от исходной точки до точки R по оси C (G91).	
Z	Координата дна паза (G90) или расстояние до дна паза по оси Z (G91).	Обязательный параметр
W	Расстояние до дна паза по оси Z.	
R	Координата точки R по оси Z (G90) или расстояние от исходной точки до точки R по оси X (G91).	Обязательный параметр
A	Вектор от точки 1 до точки 2 зоны фрезерования (размер дуги в градусах).	Обязательный параметр
B	Величина припуска на проход.	Обязательный параметр
V	Подача врезания, действует только в цикле.	Обязательный параметр
F	Подача фрезерования в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Параметры Z(W), R, A, B, V и F являются модальными.

В цикле значение подачи резания пересчитывается автоматически по формуле:

$$FC \sim \frac{F}{X}$$

где FC – подача по оси C в градусах в минуту [град./мин];

F – подача, заданная в цикле в миллиметрах в минуту [мм/мин];

X – радиус окружности, по которой движется центр инструмента (принимается равным точки R по оси X).

14.3. Многопроходный цикл фрезерования прямых торцевых пазов G78

Схема отработки цикла приведена на рисунке 14.3.

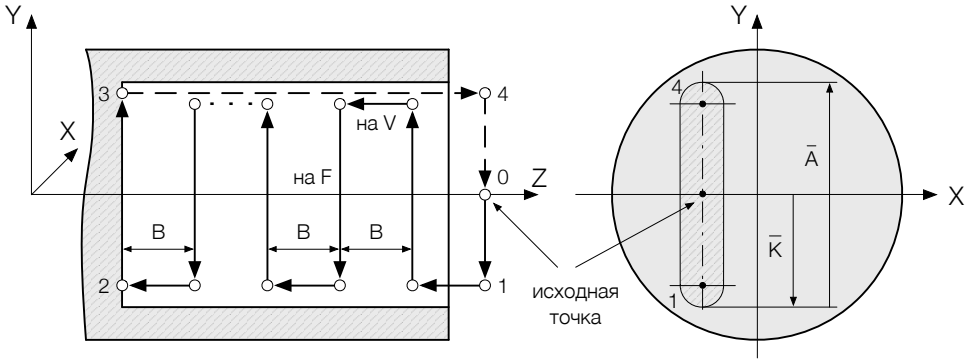


Рисунок 14.3

Формат цикла: G78 K_A_Z(W)_B_V_F_

Адрес	Описание	Примечание
K	Вектор из исходной точки к точке 1.	Обязательный параметр
A	Вектор от точки 1 до точки 4 зоны фрезерования (длина паза).	Обязательный параметр
Z	Координата дна паза (G90) или расстояние до дна паза по оси Z (G91).	Обязательный параметр
W	Расстояние до дна паза по оси Z.	
B	Величина припуска на проход.	
V	Подача врезания по оси Z, действует только в цикле.	
F	Подача фрезерования по оси Y в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Если при программировании цикла параметр «B» опущен, то паз фрезеруется за один проход. Если параметр «V» опущен, то подача по оси Z выбирается равной подаче F.

Перед началом выполнения цикла центр инструмента должен находится в исходной точке цикла. Программируется центр фрезы. В исходном положении паз должен быть перпендикулярен оси X.

Примечание: При отработке цикла G78 начало отсчета системы координат по оси X должно совпадать с осью шпинделя.

14.4. Многопроходный цикл фрезерования лысок G79

Схема отработки цикла приведена на рисунке 14.4.

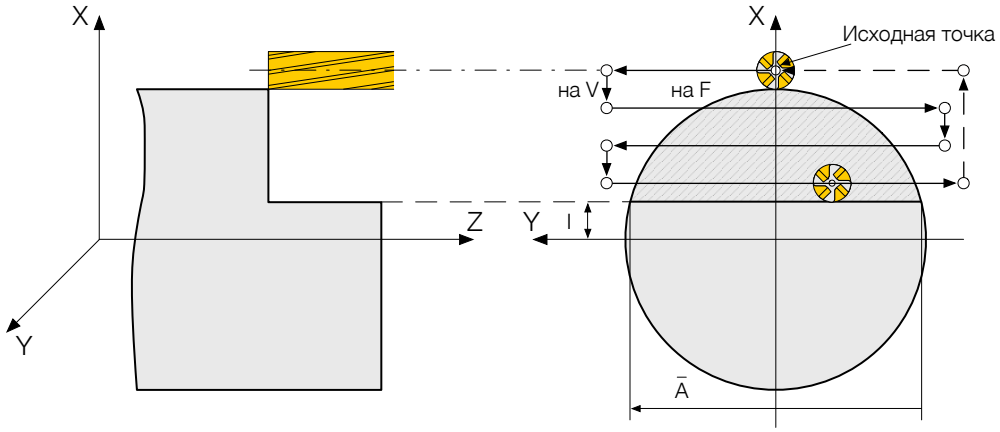


Рисунок 14.4

Формат цикла: G79 I_A_B_R_V_F_

Адрес	Описание	Примечание
I	Расстояние от центра шпинделя до лыски.	Обязательный параметр
A	Величина лыски (вектор) с учетом диаметра исинтрумента.	Обязательный параметр
B	Величина припуска на проход.	
V	Подача врезания по оси X, действует только в цикле.	
F	Подача фрезерования по оси Y в цикле. Величина подачи после обработки цикла сохраняется. Если подача в цикле не указана, то цикл будет отрабатываться на рабочей подаче, ранее заданной в УП.	

Если пи программировании цикла параметр B опущен, то лыска фрезеруется за один проход. Если параметр V опущен, то подача по оси X выбирается равной подаче F.

Перед началом выполнения цикла центр инструмента должен находится в исходной точке цикла (программируется центр фрезы). Исходная точка должна иметь положитель6ое значение координаты X в системе координат детали.

Примечание: При отработке цикла G79 начало отсчета системы координат по оси X должно совпадать с осью шпинделя.