

Мехатроника

Руководство по программированию

Устройство ЧПУ серии MNC

Декабрь 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	7
1.1. Введение	7
1.2. Структура управляющей программы	7
1.3. Модальные функции	8
1.4. Номер кадра	8
1.5. Пропуск кадра и текст комментария в управляющей программе	8
1.6. Подготовительные функции	8
2. СИСТЕМА КООРДИНАТ	11
2.1. Основные положения	11
2.2. Координатная система станка	11
2.3. Абсолютная и относительная система отсчета G90/G91	11
2.4. Плоскость интерполяции G17/G18/G19	12
2.5. Локальная система координат G92	12
2.6. Программирование в системе координат станка G53	13
2.7. Рабочая система координат G54-G59	13
2.8. Полярная система координат	14
2.8.1. Основные положения	14
2.8.2. Определение полюса и полярной оси	15
2.8.3. Абсолютная и относительная система отсчета в полярных координатах	15
2.8.4. Программирование в полярных координатах	16
2.8.5. Перемещение в полярной системе координат	16
2.9. Преобразование системы координат	17
2.9.1. Масштабирование	17
2.9.2. Зеркальное отображение контура	18
2.9.3. Поворот осей	19
2.10. Установка нулевой точки	20

ОГЛАВЛЕНИЕ

3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ	21
3.1. Позиционирование G00	21
3.2. Линейная интерполяция G01	21
3.3. Задание перемещений по координате через угол	22
3.4. Круговая интерполяция G02/G03	22
3.4.1. Программирование дуги с помощью радиуса	23
3.4.2. Программирование дуги с помощью векторов I, J, K	24
3.5. Сопряжение кадров	25
3.5.1. Режим точного останова G61	25
3.5.2. Режим отмены точного останова G64	25
3.5.3. Торможение G09	25
4. ЗАДАНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ	26
4.1. Функция подачи	26
4.2. Задание режима скорости подачи	26
4.3. Расчет скорости подачи	26
5. КОМПЕНСАЦИЯ ДЛИНЫ ИНСТРУМЕНТА	27
5.1. Функция инструмента	27
5.2. Компенсация длины инструмента	27
5.3. Таблица инструментов	28
6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА	29
6.1. Задание коррекции на радиус инструмента G41/G42	29
6.2. Параметры коррекции	30
6.3. Выход на эквидистантный контур	30
6.4. Перемещение по эквидистантному контуру	33
6.5. Сход с эквидистантного контура G40	35
7. ПРОГРАММИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ	38
7.1. Контроль скорости вращения шпинделя G25/G26	38
8. ЗАДАНИЕ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ	39

ОГЛАВЛЕНИЕ

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ	40
9.1. Цикл глубокого сверления G83	41
9.2. Цикл нареkania резьбы G84	43
9.3. Цикл растачивания и развертывания G85	44
9.4. Цикл сверления G300	44
9.5. Цикл развертывания G301	46
9.6. Цикл растачивания G302	46
9.7. Цикл универсального сверления G303	48
9.8. Цикл расточки обратным ходом G304	49
9.9. Цикл фрезерования круглых отверстий G306	51
9.10. Цикл сверления оружейным сверлом G307	52
9.11. Цикл центровки G305	53
9.12. Цикл нареkania резьбы G309	54
10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ	56
10.1. Цикл построчного фрезерования G320	56
10.2. Цикл фрезерования плоскостей G321	57
10.3. Цикл фрезерования прямоугольного кармана G343	60
10.4. Цикл фрезерования круглого кармана G344	62
12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ	65
12.1. Разворот плоскости обработки G400	65
12.2. Разворот плоскости обработки на заданный угол G404	66
12.3. Цикл привязки к центру канавки G408	66
12.4. Цикл привязки к центру ребра G409	68
12.5. Цикл привязки к центру кармана G410	70
12.6. Цикл привязки к центру острова G411	72
12.7. Цикл привязки к центру отверстия или круглого кармана G412	74
12.8. Цикл привязки к центру круглого острова G413	75
12.9. Цикл привязки к внешнему углу G414	77
12.10. Цикл привязки к внутреннему углу G415	80

ОГЛАВЛЕНИЕ

12.11. Цикл привязки по оси Z	82
12.12. Цикл привязки по оси X/Y G419	83
12.13. Цикл измерения угла в плоскости XY G420	84
12.14. Цикл измерения отверстия G421	85
12.15. Цикл измерения круглого острова G422	87
12.16. Цикл измерения прямоугольного кармана G423	89
12.17. Цикл измерения прямоугольного острова G424	91
12.18. Цикл измерения ширины канавки G425	93
12.19. Цикл измерения ширины ребра G426	94
12.20. Безопасное перемещение измерительного щупа G490	96
12.21. Измерение по одной координате G499	96
12.22. Измерение в произвольном направлении G491	97
12.23. Измерение в произвольном направлении G492	98
12.24. Калибровка датчика по длине G460	98
12.25. Калибровка смещений по осям X и Y, калибровка радиуса щупа G461	99
12.26. Калибровка смещений по осям X и Y, калибровка радиуса щупа G462	100
12.27. Калибровка лазерного измерителя инструмента по уровню G470	101
12.28. Калибровка лазерного измерителя по оси Z G471	102
12.29. Калибровка лазерного измерителя по оси X и по оси Y G472	103
12.30. Цикл измерения инструмента G480	104
12.31. Цикл контроля длины инструмента G481	106
12.32. Цикл контроля радиуса инструмента G482	106

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. ВВЕДЕНИЕ

Данное руководство по программированию предназначено для ознакомления с правилами написания управляющих программ (далее по тексту УП) в системах числового программного управления серии MNC, обеспечивающих управление фрезерными станками.

Выполнение УП осуществляется в системе координат детали, относительно параметрической привязки выбранного инструмента. При этом начало координат может быть установлено в произвольной точке, в большинстве случаев это угол заготовки, как показано на рисунке 1.1.

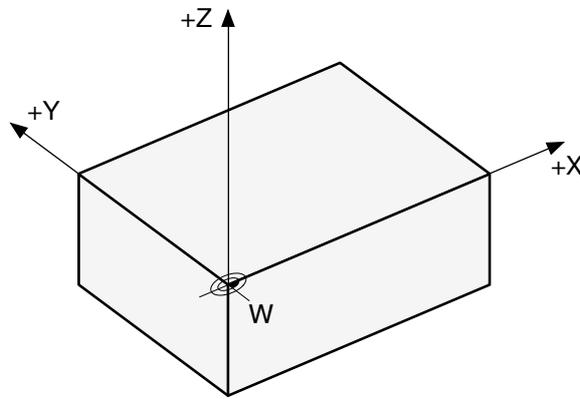


Рисунок 1.1 — Система координат управляющей программы

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. Система 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, Y, Z	Перемещения по линейным осям
T	Номер инструмента	R	Радиус круговой интерполяции
D	Номер корректора инструмента	I, J, K	Параметры круговой интерполяции

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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 Y15.5

1.3. МОДАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

Большинство слов являются модалными. 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 модалными.

1.4. НОМЕР КАДРА

При составлении УП, кадры можно отмечать при помощи адресного слова «Nх», где х – 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. ПРОПУСК КАДРА И ТЕКСТ КОММЕНТАРИЯ В УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЕ

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

Любой группе символов, не подлежащей обработке 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 модалны, 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.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ТАБЛИЦА 1.2

Группа	Функция	Описание функции
1. Выдержка времени	G4	Задание выдержки времени
	G9	Торможение в конце кадра
2. Выбор разновидности движения	G0	Быстрое позиционирование
	G1	Линейная интерполяция
	G2	Круговая интерполяция по часовой стрелке
	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 стрелке в полярной системе координат
3. Полярная система координат	G15	Отключение полярной системы координат
	G16	Включение полярной системы координат
4. Выбор плоскости	G17	Плоскость XY
	G18	Плоскость ZX
	G19	Плоскость YZ
5. Контроль вращения шпинделя	G25	Отключение контроля скорости вращения шпинделя
	G26	Включение контроля скорости вращения шпинделя
6. Масштабирование	G36	Отмена масштабирования
	G37	Включение масштабирования
7. Поворот плоскости координат	G38	Отмена поворота плоскости координат
	G39	Поворот плоскости координат
8. Коррекция на радиус инструмента	G40	Отмена коррекция на радиус инструмента
	G41	Коррекция на радиус инструмента слева
	G42	Коррекция на радиус инструмента справа
12. Зеркальное отображение	G50	Отмена зеркального отображения
	G51	Включение зеркального отображения

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.2

Группа	Функция	Описание функции
13. Система координат	G53	Система координат станка
	G54-G59	Рабочая система координат №1-№6
15. Режим точного останова между кадрами	G61	Отключение сопряжения кадров
	G64	Включение сопряжения кадров
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.
22. Уровень возврата	G98	Возврат в 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
24. Циклы сверления	G83	Цикл глубокого сверления
	G84	Цикл нарезания резьбы
	G85	Цикл растачивания и развертывания
	G200	Цикл сверления
	G201	Цикл развертывания
	G202	Цикл растачивания
	G203	Цикл универсального сверления
	G204	Цикл расточки обратным ходом
	G208	Цикл фрезерования круглых отверстий
	G241	Цикл сверления оружейным сверлом

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, ось X задает продольное перемещение, а ось Y — поперечное перемещение вдоль стола станка. При этом за положительное направление оси Z принимается направление, соответствующее движению инструмента от заготовки, а оси X и Y направлены так, чтобы образовывать совместно с осью Z правую систему координат.

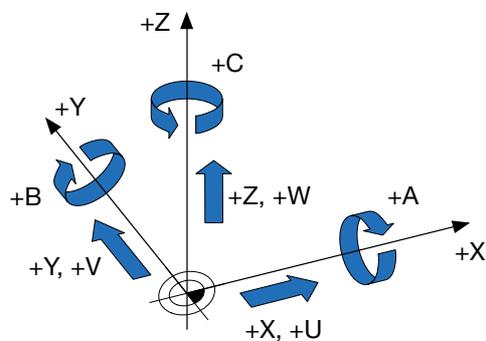


Рисунок 2.1

Кроме главных осей X, Y и Z существуют дополнительные параллельные оси U, V, W и круговые оси A, B, C. Положительное направление дополнительных параллельных осей совпадает с направлением основных. Положительное направление круговых осей соответствует вращению против часовой стрелки, если смотреть со стороны положительного направления соответствующей прямолинейной оси. На рисунке 2.1 показана связь дополнительных осей и осей вращения с главными осями.

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 «М». 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, до тех пор, пока не будет запрограммирована любая другая система координат.

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.

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

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 А до точки В в абсолютных координатах задается путем указания координат конечной точки В (см. рисунок 2.2).

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 А до точки В задается разницей координат между А и В в виде числа со знаком (см. рисунок 2.3).

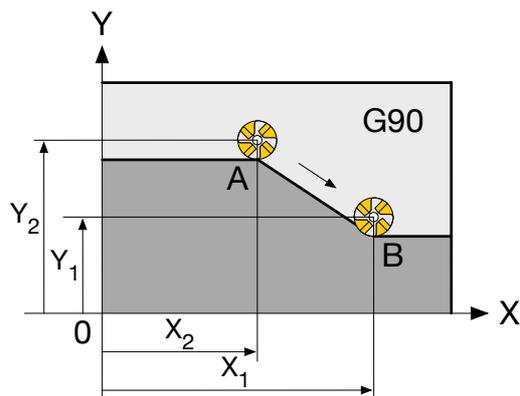


Рисунок 2.2

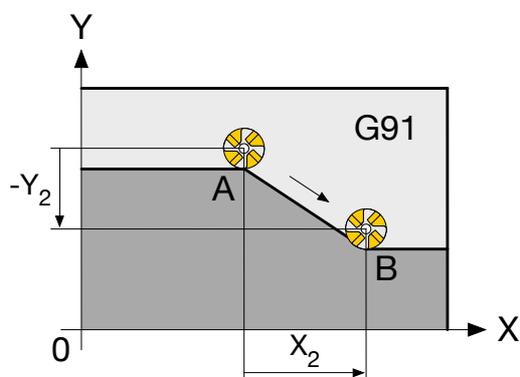


Рисунок 2.3

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 являются 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)_Y(V)_Z(W)_

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

где X – координата положения центра инструмента в новой системе координат по оси X ;
 U – приращение координаты по оси X от нового положения инструмента к старому;
 Y – координата положения центра инструмента в новой системе координат по оси Y ;
 V – приращение координаты по оси Y от нового положения инструмента к старому;
 Z – координата положения центра инструмента в новой системе координат по оси Z ;
 W – приращение координаты по оси Z от нового положения инструмента к старому.

При отсутствии одного из параметров функции смещение системы координат по соответствующей оси производиться 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 $X(U)$, $Y(V)$ и $Z(W)$, а также может быть отменена одной из модальных функций G54 – G59 или установкой нулевой точки (G247). Пример использования функции G92 для координат X и Y приведен на рисунке 2.4.

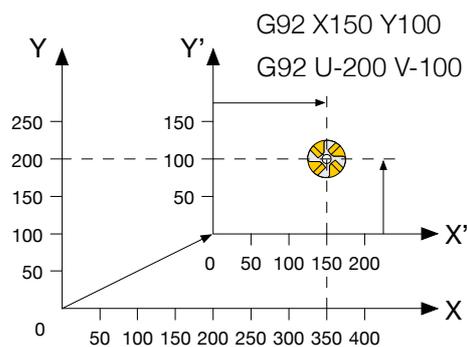


Рисунок 2.4

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 системы координат. В следующем кадре восстанавливается ранее запрограммированная система координат детали.

При включении системы ЧПУ устанавливается система координат станка (G53), которая будет 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 2.5). Значения смещений задаются и запоминаются в таблице «Нулевых точек».

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

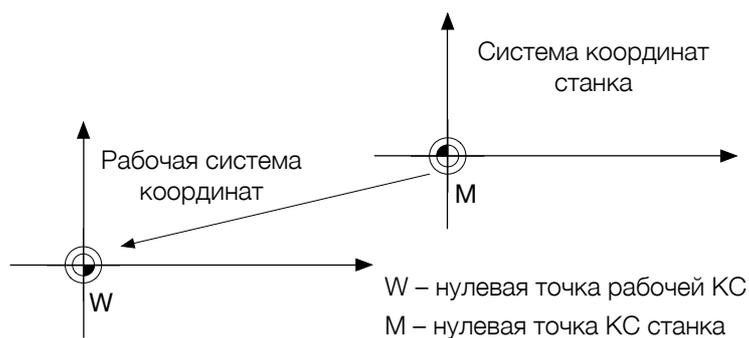


Рисунок 2.5

После задания смещений рабочим системам координат, любая из них может быть активизирована при помощи подготовительных функций G54 - G59. Установки рабочих систем координат сохраняются в системе ЧПУ.

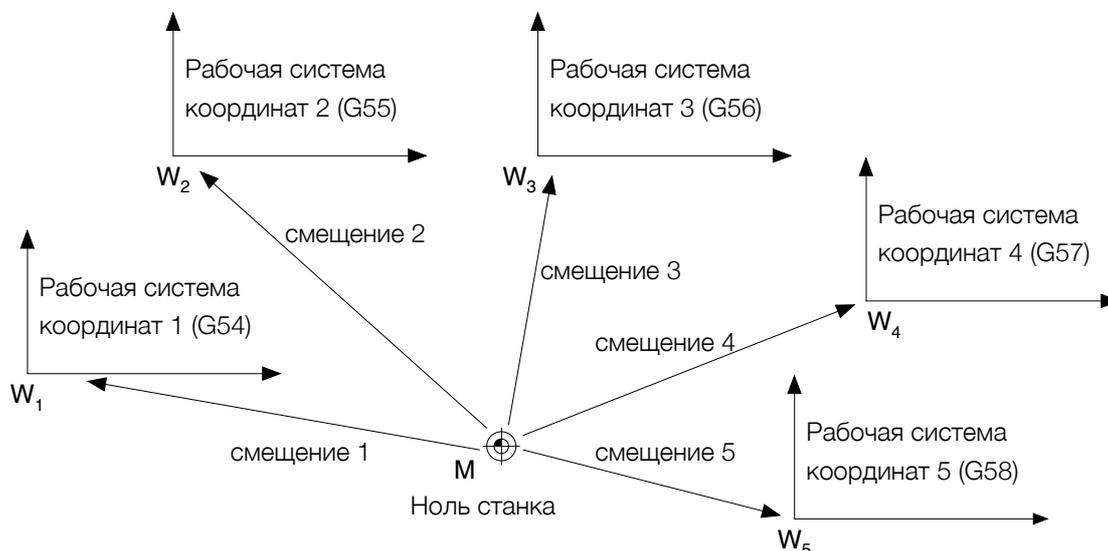


Рисунок 2.6

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 описывают положение точки в 3-х мерном пространстве, полярные координаты описывают положение точки только на плоскости. Полярная система координат задается 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. расстояния от точки до полюса «С» — радиальная координата (R);

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

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

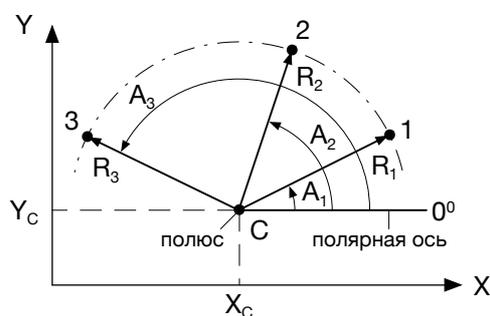


Рисунок 2.7

2.8.2. Определение полюса и полярной оси

Полюс «С» определяется двумя координатами в декартовой системе координат на одной из трех плоскостей. При этом полярная ось (0°) параллельна одной из осей или совпадает с ней (см. рисунок 2.8).

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

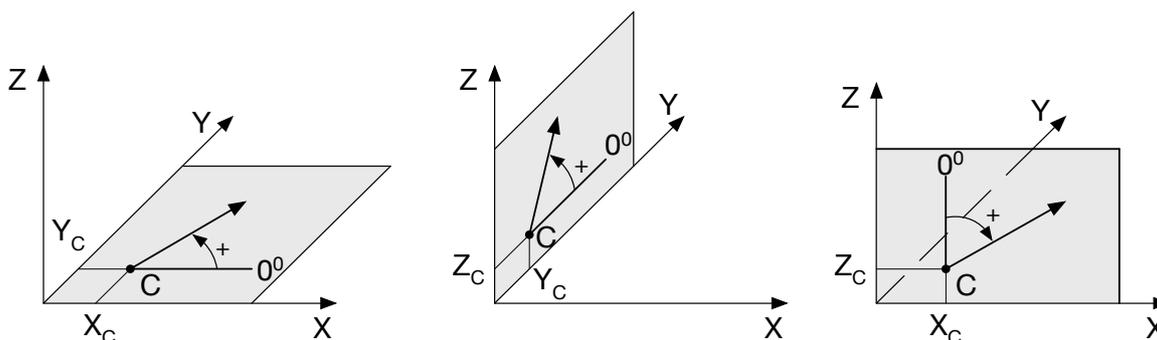


Рисунок 2.8

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 2.9). При выборе относительной системы отсчета (G91) координаты всегда отсчитываются от последней запрограммированной позиции инструмента (+A и +R) (см. рисунок 2.10).

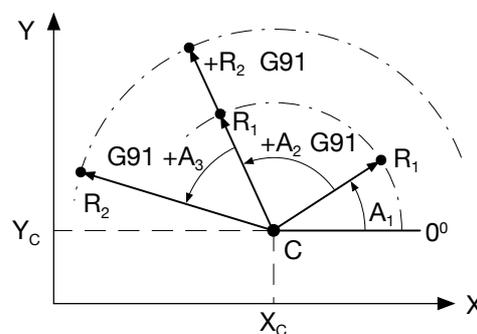


Рисунок 2.9

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

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, будут 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.

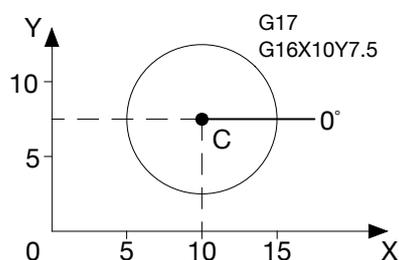


Рисунок 2.10

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

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 ($R \geq 0$);

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

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

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.

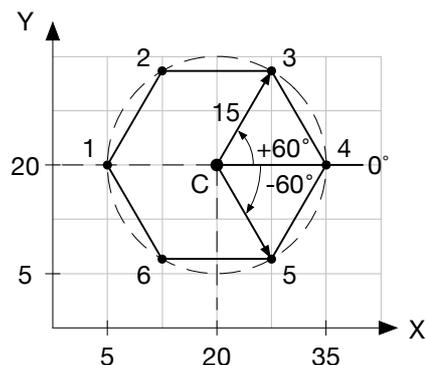
Пример: программирование движений в полярной системе координат.

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

N10 G17 G90
 N11 G16 X20 Y20
 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 G17 G90
 N11 G16 X20 Y20
 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 КООРДИНАТ

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).

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

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 производится относительно начала рабочей системы координат.

Подготовительная функция G36 отменяет масштабирование.

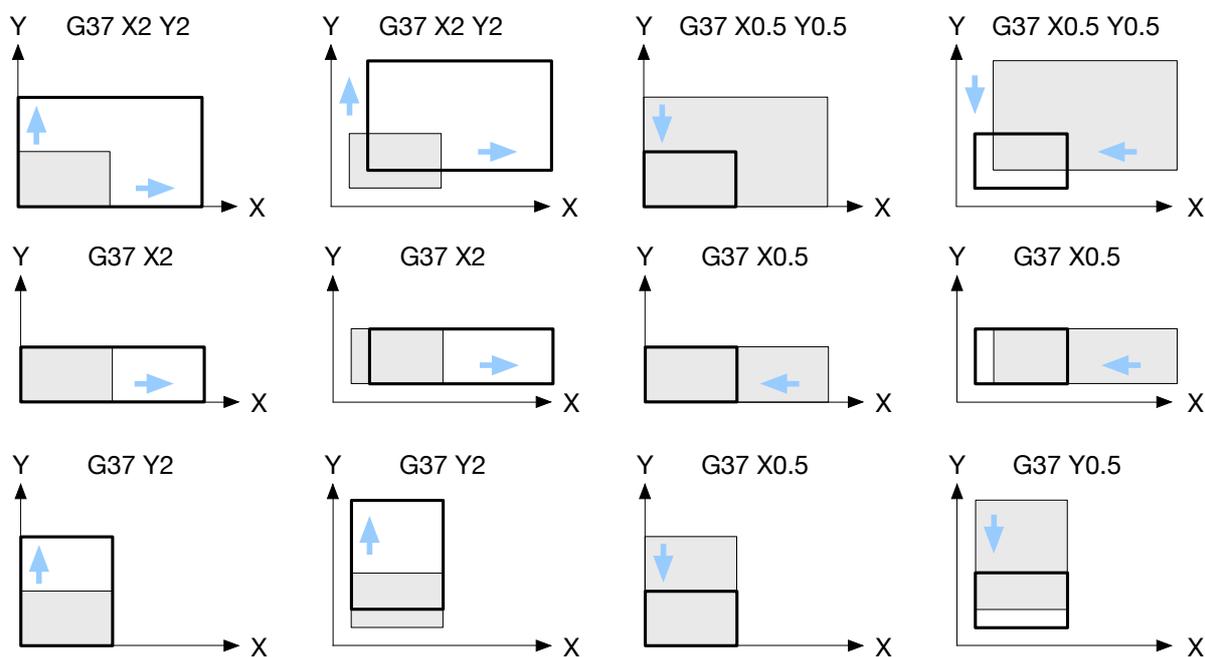


Рисунок 2.11

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 осей 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.

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

Отображенный контур 2 (см. рисунок 2.12) получается из запрограммированного (исходного) контура 1 зеркальным отображением относительно прямой $X=25$, параллельной оси Y рабочей КС.

```
N10 G17 G51 X25
N11 G90 G00 X25 Y30
N12 G01 X20 F300
N13 G02 X15 Y25 R5
N14 G01 Y20
N15 G03 X5 Y10 R10
N16 G01 Y0
N17 G50
```

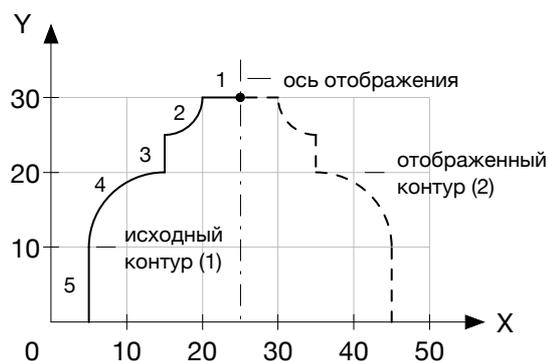


Рисунок 2.12

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 поворота системы координат при обработке контура.

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

2. СИСТЕМА КООРДИНАТ

```
N10 G90 G00 X30 Y10
N11 G17
N12 G39 X10 Y10 A35
N13 G01 Z20 F300
N14 X50
N15 Y10
N16 X30
N17 G38
```

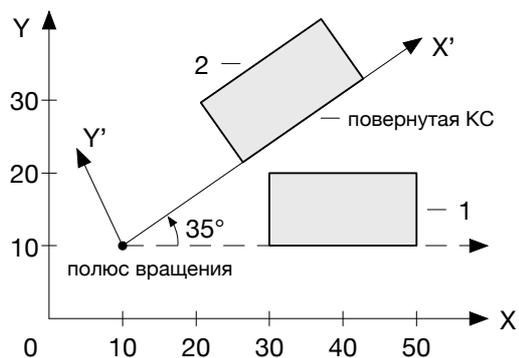


Рисунок 2.13

2.10. УСТАНОВКА НУЛЕВОЙ ТОЧКИ

С помощью цикла установки нулевой точки можно активировать одну из нулевых точек из таблицы «Нулевых точек».

Формат: G147 Q_

где Q – номер точки привязки (нулевой точки) из таблицы нулевых точек.

После определения цикла все вводимые координаты и смещения привязываются к новой нулевой точке.

Точки привязки с 1-й по 6-ю соответствуют установке рабочих систем координат с G54 по G59.

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 (G0), при этом происходит перемещение в заданную точку на максимальной скорости хода по всем осям. Предварительно запрограммированная скорость игнорируется, 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, с адресом F.

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 P₀P₁.

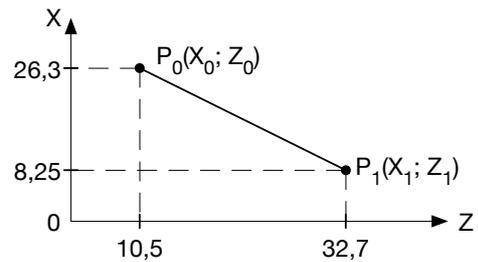
3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ

```
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. ЗАДАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПО КООРДИНАТЕ ЧЕРЕЗ УГОЛ

Текст пункта 3.3.

3.4. КРУГОВАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ (G02/G03)

Перемещение в кадре осуществляется по дуге окружности с запрограммированной подачей в выбранной плоскости интерполяции. При этом подготовительная функция G02 (G2) определяет движение по часовой стрелке, а G03 (G3) – против часовой стрелки (см. рисунок 3.1). Выбор двух координатных осей осуществляется путем выбора плоскости интерполяции (G17, G18 или G19).

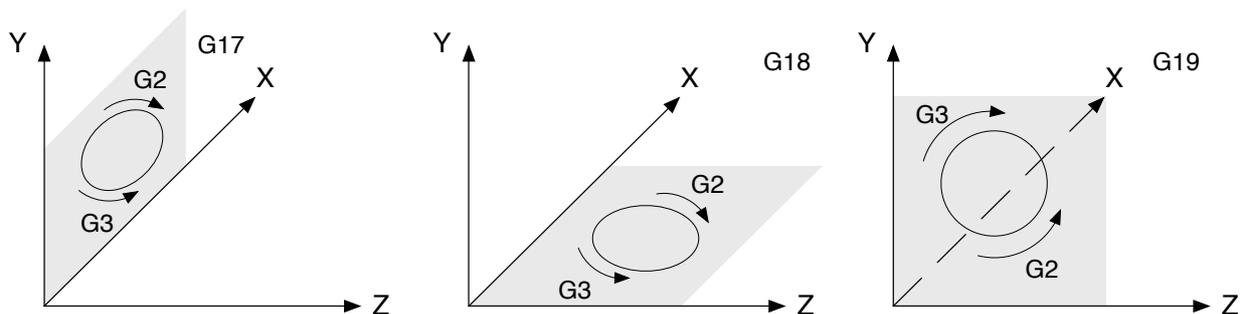


Рисунок 3.1 — Направление движения при G2 и G3

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, с адресом F.

Подготовительные функции G2 и G3 являются модальными и действуют 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.

3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ

3.4.1. 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.

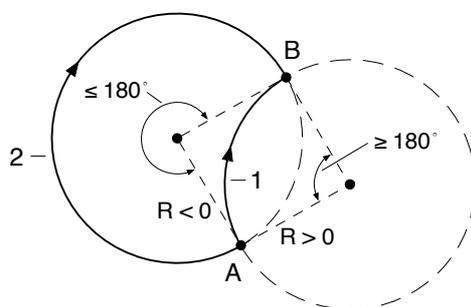


Рисунок 3.2 — Программирование дуги окружности с помощью радиуса

Примечание: При помощи радиуса нельзя запрограммировать полную окружность.

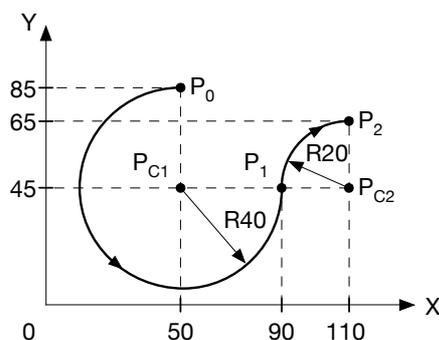
Пример: круговая интерполяция на участке P_0P_2 .

В абсолютной системе отсчета:

```
N10 G17 G90 G00 X50 Y85  
N11 G03 X90 Y45 R-40 F300  
N12 G02 X110 Y65 R20
```

В приращении:

```
N10 G17 G90 G00 X50 Y85  
N11 G91 G03 X40 Y-40 R-40 F300  
N12 G02 X20 Y20 R20
```



Аналогично задается круговая интерполяция в плоскостях XZ (G18) и YZ (G19).

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

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

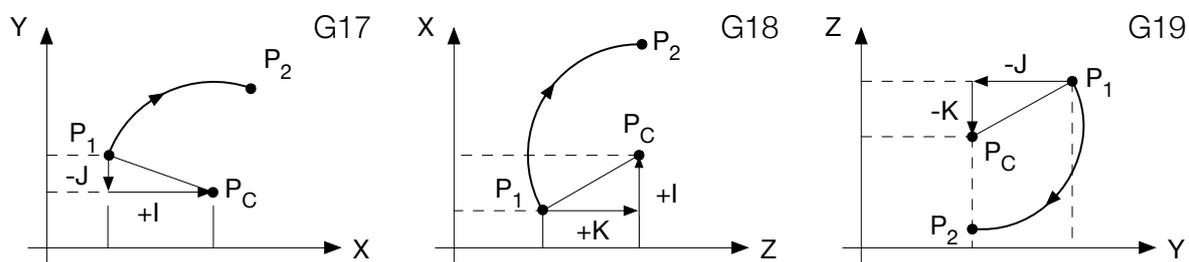
G02(G03) X_Z_I_K_F_ Плоскость ZX (G18)

G02(G03) Y_Z_J_K_F_ Плоскость YZ (G19)

При задании центра дуги, параметры I, J и K определяют координату центра дуги окружности

3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ

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).

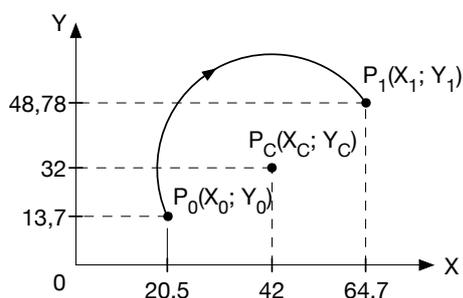
Если один из параметров I, J, K не задан, то он берется равным нулю.

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 G17 G90 G00 X20.5 Y13.7  
N11 G02 X64.7 Y48.78 I21.5 J18.3 F300  
где  $I = X_C - X_0$ ,  $J = Y_C - Y_0$ 
```



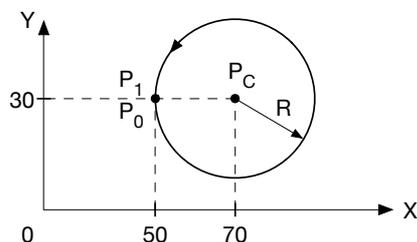
В приращениях:

```
N10 G17 G90 G00 X13.7 Z20.5  
N11 G91 G02 X44.2 Y35.08 I21.5 J18.3 F300  
где  $I = X_C - X_0$ ,  $J = Y_C - Y_0$ 
```

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

В абсолютной системе отсчета:

```
N10 G17 G90 G00 X50 Y30  
N11 G03 I20 F300
```



В приращениях:

```
N10 G17 G90 G00 X50 Y30  
N11 G91 G03 I20 F300
```

Аналогично задается круговая интерполяция в плоскостях XZ (G18) и YZ (G19).

3.5. СОПРЯЖЕНИЕ КАДРОВ

3.5.1. Режим точного останова (G61)

3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ

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.

3.5.2. 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).

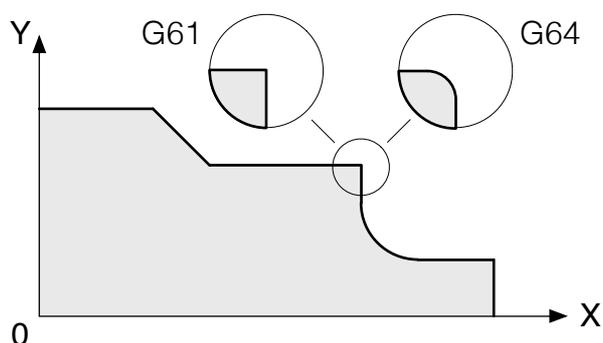


Рисунок 4.4

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.

3.5.3. 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 максимальной 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:

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

где F_X , F_Y , F_Z – составляющая скорости по координатам X, Y и Z;

F – скорость подачи, заданная в кадре.

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

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

где F_X , F_Y , F_Z – составляющая скорости по координатам X, Y и Z [мм/мин];

F – скорость подачи, заданная в кадре;

L_X , L_Y , L_Z – перемещения в кадре по координатам X, Y и Z [мм].

5. КОМПЕНСАЦИЯ ДЛИНЫ ИНСТРУМЕНТА

5.1. 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.

5.2. Компенсация длины инструмента

Система ЧПУ автоматически учитывает и компенсирует геометрические размеры инструмента, что позволяет программировать размеры детали по чертежу.

Установка длины инструмента возможна двумя способами: по отношению к фиксированной точке на держателе инструмента (см. рисунок 5.1) или по отношению к «нулевому инструменту», длина которого принимается равной нулю (см. рисунок 5.2).

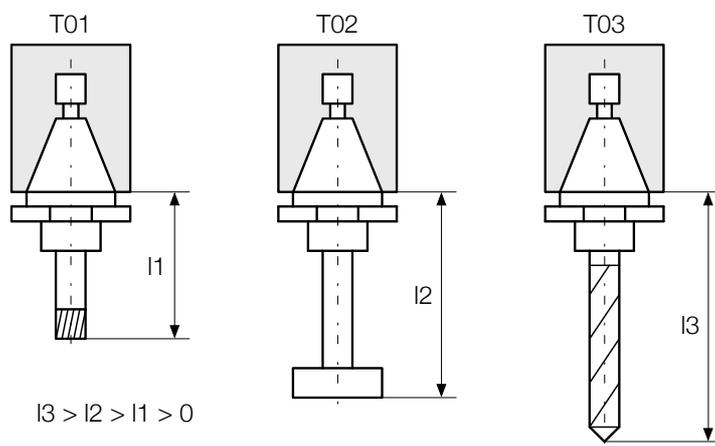


Рисунок 5.1

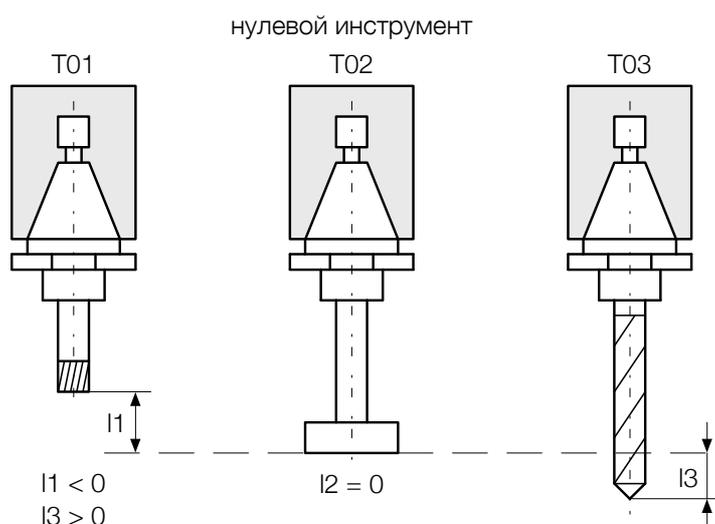


Рисунок 5.2

5. КОМПЕНСАЦИЯ ДЛИНЫ ИНСТРУМЕНТА

Величина компенсации определяется суммой значений длины инструмента и поправки на длину инструмента, указанных в таблице инструментов. Если размеры инструмента определяются относительно «нулевого инструмента», то величина длины инструмента может принимать отрицательное значение. При этом положительное 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.

5.3. Таблица инструментов

Таблица инструментов позволяет определить до ста инструментов (от 0 до 99) и сохранить их данные в памяти системы ЧПУ. Для каждого инструмента можно определить следующие параметры:

1. Номер инструмента, по которому инструмент вызывается в программе.
2. Название инструмента.
3. Радиус инструмента.
4. Длина инструмента.
5. Поправка на длину инструмента.
6. Поправка на радиус инструмента.
7. Угол при вершине инструмента.
8. Текущей срок службы инструмента.
9. Максимальный срок службы инструмента.

6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

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

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

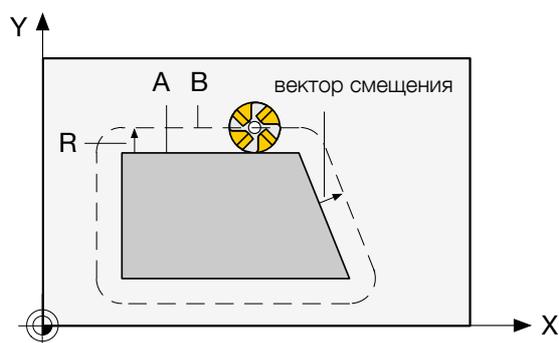


Рисунок 7.1

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° ($\alpha > 180^\circ$), то контур будет называться внутренним, если угол меньше 180° ($\alpha < 180^\circ$) – внешним (см. рисунок 7.2).

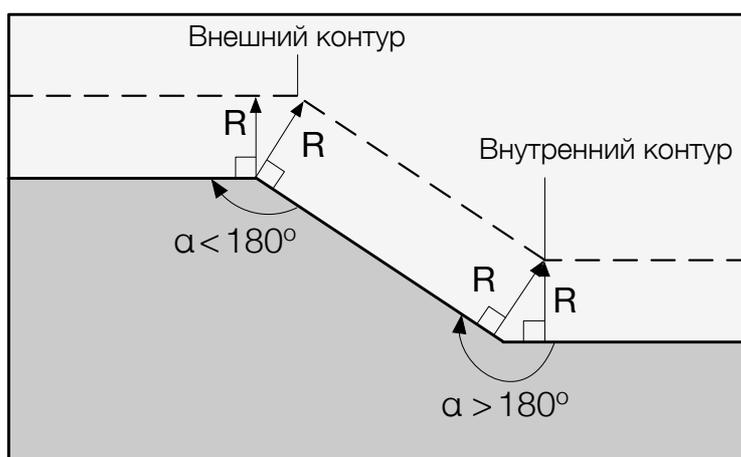


Рисунок 7.2 — Определение внешнего и внутреннего контура

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

6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

На рисунке 7.3 показано определение коррекции на радиус инструмента слева и справа для плоскости XY.

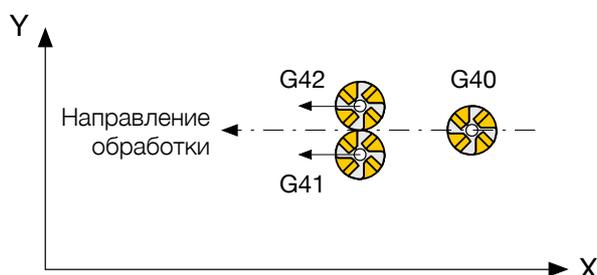


Рисунок 7.3 — Коррекция на радиус инструмента

6.2. 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.

6.3. Выход на эквидистантный контур

Выход на эквидистантный контур (активация режима коррекции или изменение направления коррекции) должен выполняться 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 ($\alpha < 90^\circ$). Действие функций G160, G161 и G162 распространяется только на движения по внешнему контуру. По умолчанию действует функция G160.

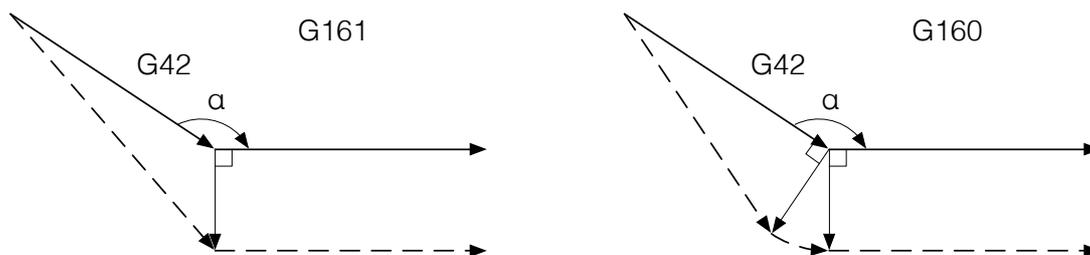


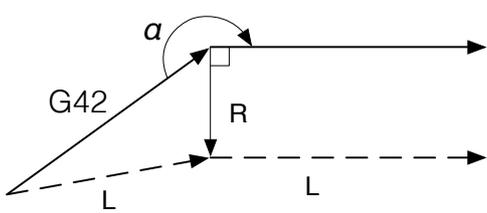
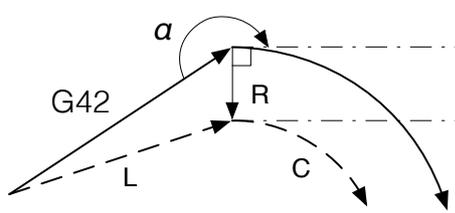
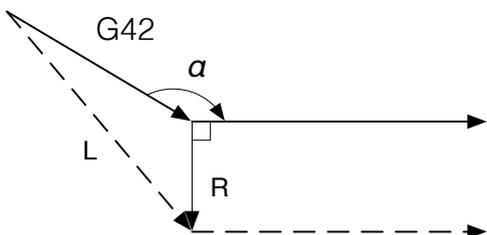
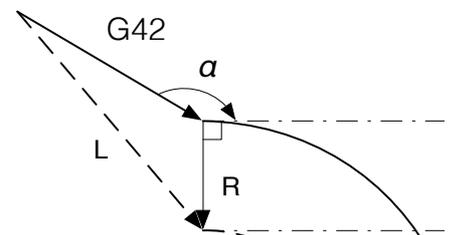
Рисунок 7.4

6. 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 АВ, перпендикулярной линии, являющейся продолжением запрограммированного контура;
- В – точка, лежащая на дуге окружности эквидистантного контура и касательной к этой окружности; при этом касательная должна проходить перпендикулярно прямой АВ;
- АВ – расстояние между точками А и В соответствует наибольшему расстоянию между прямой, являющейся продолжением запрограммированного контура, и дугой окружности, являющейся продолжением эквидистантного контура;
- \longrightarrow – запрограммированный контур;
- \dashrightarrow – эквидистантный контур.

ТАБЛИЦА 7.1 – ВЫХОД НА ЭКВИДИСТАНТНЫЙ КОНТУР

	Прямая линия - прямая линия	Прямая линия - дуга окружности
Внутренний контур	 <p>Условия: $\alpha \geq 180^\circ$</p>	 <p>Условия: $\alpha \geq 180^\circ$</p>
Внешний контур	 <p>Условия: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ активна G161</p>	 <p>Условия: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ активна G161</p>

6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

	Прямая линия - прямая линия	Прямая линия - дуга окружности
Внешний контур	<p>Условия: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ активна G160</p>	<p>Условия: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ активна G160</p>
	<p>Условия: $\alpha < 90^\circ$ активна G161</p>	<p>Условия: $\alpha < 90^\circ$ активна G161 $R \leq AB$</p>
	<p>Условия: $\alpha < 90^\circ$ активна G160 или G162</p>	<p>Условия: $\alpha < 90^\circ$ активна G160 или G162 активна G161 и $R > AB$</p>

6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

6.4. 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 инструмента будет отстоять от точек сопряжения на расстояние, большее заданного радиуса инструмента (рисунок 7.5).

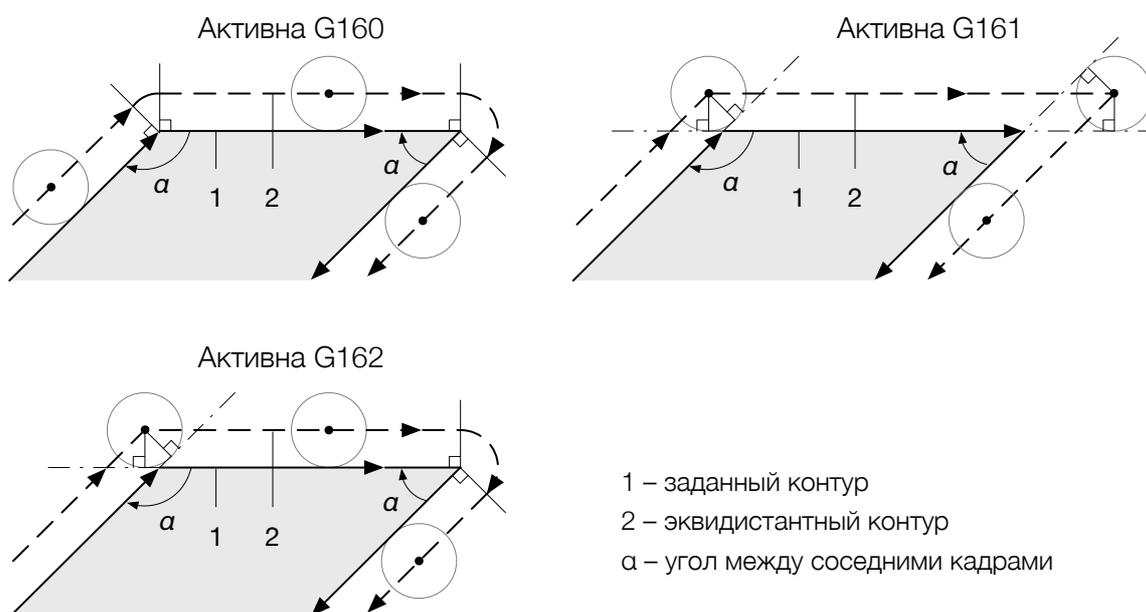


Рисунок 7.5 — Движение по внешнему контуру при активной коррекции

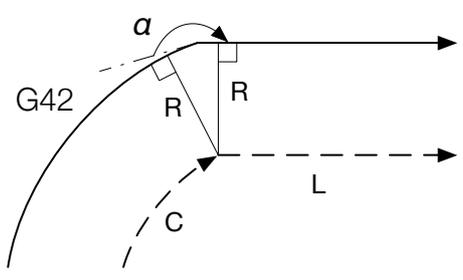
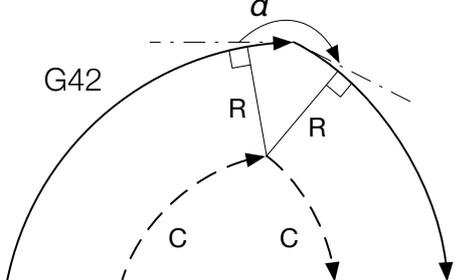
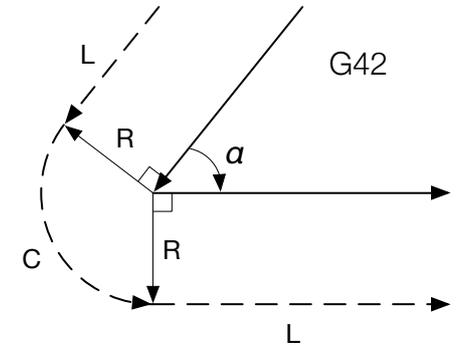
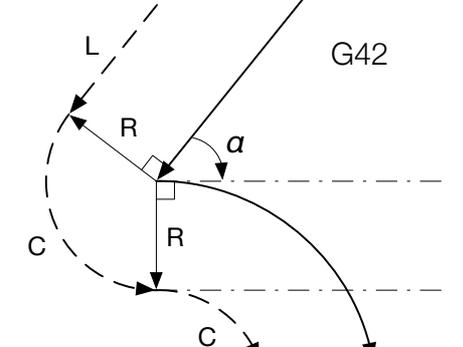
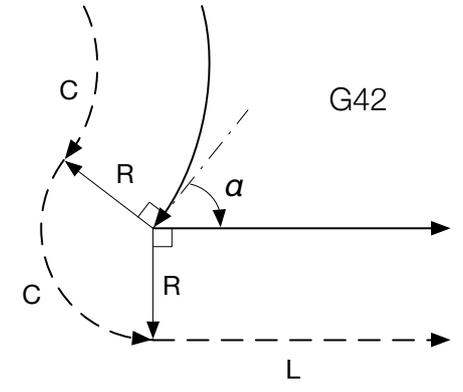
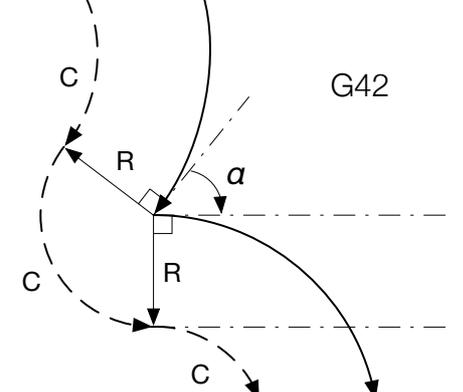
В таблице 5.2 приведены различные варианты траекторий центра инструмента при движении по эквидистантному контуру при активной функции G160.

ТАБЛИЦА 7.2

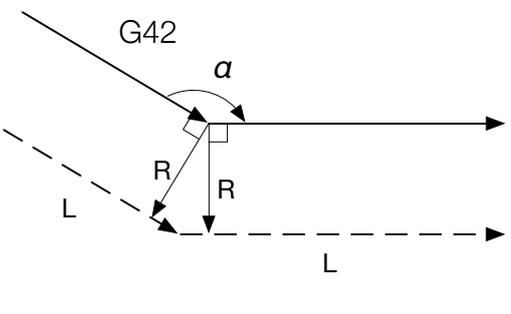
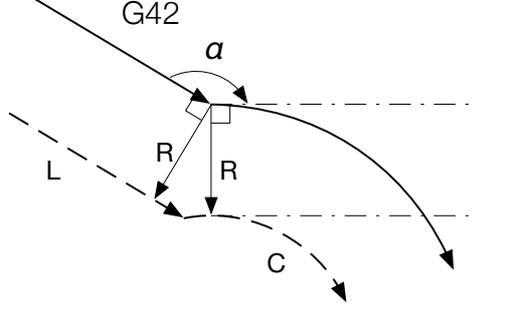
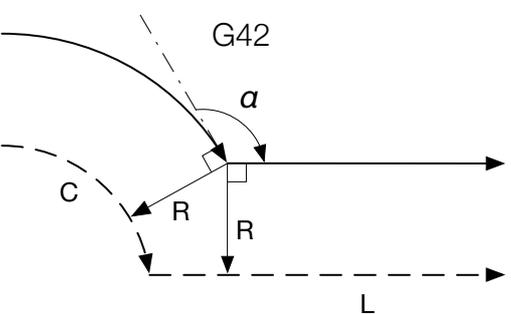
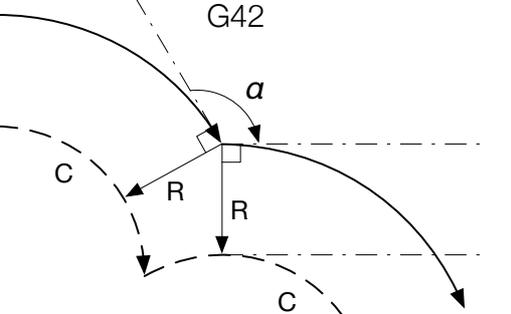
	Прямая линия - прямая линия	Прямая линия - дуга окружности
Внутренний контур		

6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 7.2

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

6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

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

6.5. 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.

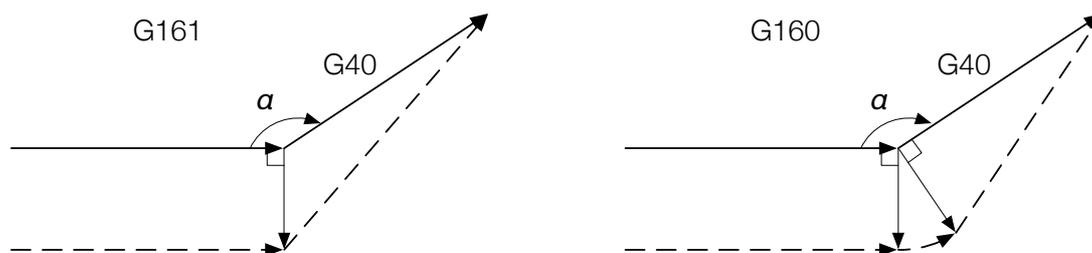
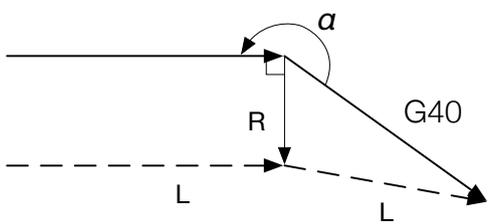
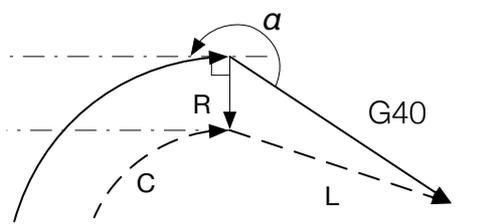
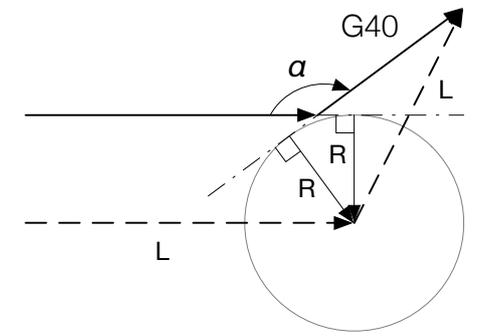
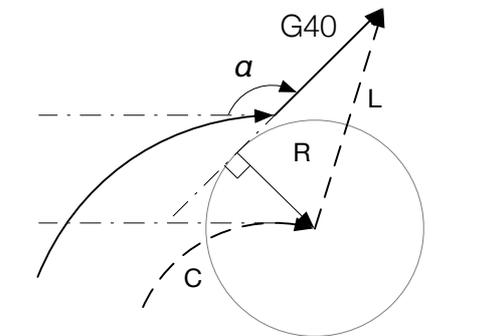
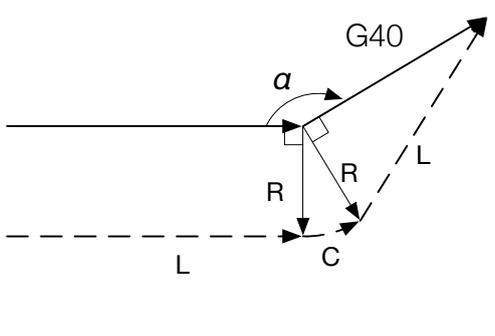
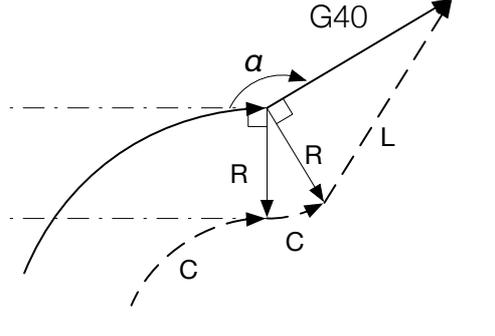


Рисунок 7.6

6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

В таблице 7.3 приведены возможные варианты схода с эквидистантного контура.

ТАБЛИЦА 7.3 – СХОД С ЭКВИДИСТАНТНОГО КОНТУРА

	Прямая линия - прямая линия	Дуга окружности - прямая линия
Внутренний контур	 <p>Условия: $\alpha \geq 180^\circ$</p>	 <p>Условия: $\alpha \geq 180^\circ$</p>
Внешний контур	 <p>Условия: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ активна G161</p>	 <p>Условия: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ активна G161</p>
	 <p>Условия: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ активна G161</p>	 <p>Условия: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ активна G161</p>

6. КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС ИНСТРУМЕНТА

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 7.3

	Прямая линия - прямая линия	Дуга окружности - прямая линия
Внешний контур	<p>Условия: $\alpha < 90^\circ$ активна G161</p>	<p>Условия: $\alpha < 90^\circ$ активна G161 $R \leq AB$</p>
	<p>Условия: $\alpha < 90^\circ$ активна G160 или G162</p>	<p>Условия: $\alpha < 90^\circ$ активна G160 или G162 активна G161 и $R > AB$</p>

7. ПРОГРАММИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

7.1. 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 величине, выполнение УП будет приостановлено.

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

По умолчанию действует режим контроля вращения шпинделя (G26).

8. 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_

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

Постоянные циклы сверления позволяют упростить написание управляющей программы обработки отверстий, для которых обычно требуется несколько кадров. Постоянные циклы сверления приведены в таблице 9.1.

ТАБЛИЦА 9.1

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	Ревёрс шпинделя	Отвод на рабочей подаче. Ревёрс шпинделя	Нарезание резьбы
G85	Ось Z	Рабочая подача	Выдержка времени	Отвод на рабочей подаче	Растачивание. Развертывание

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

Постоянные циклы сверления состоят из следующей последовательности движений:

Движение 1 — позиционирование по оси X и оси Y.

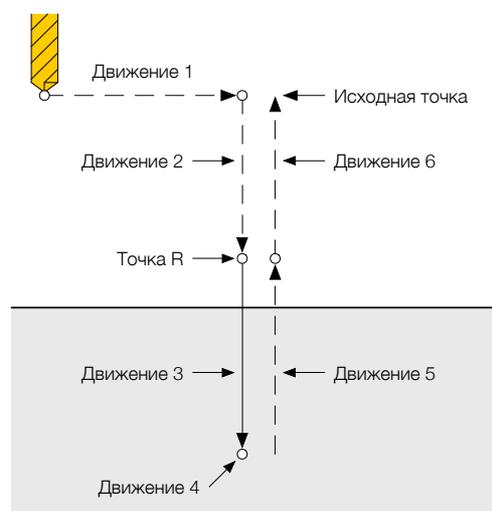
Движение 2 — быстрый подход в точку R.

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 9.1). 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.

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.

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

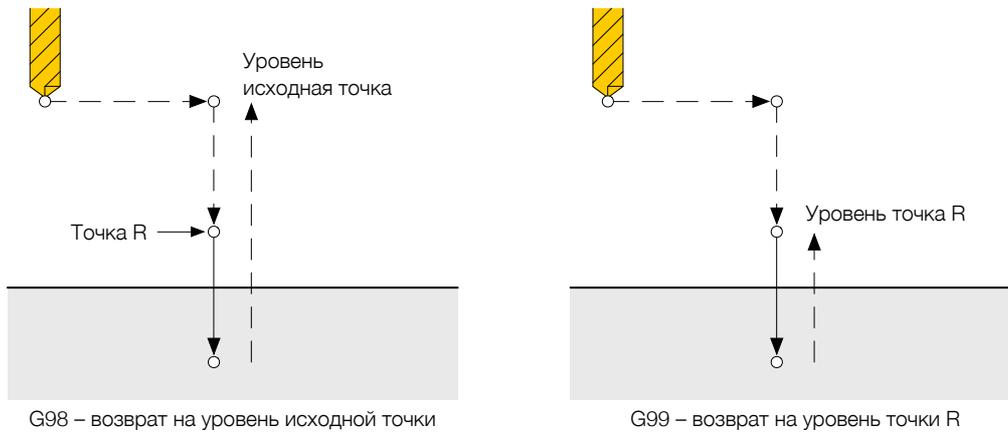


Рисунок 9.1 — Уровень возврата инструмента

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).

9.1. Цикл глубокого сверления G83

Цикл G83 предназначен для сверления глубоких отверстий, ось которых параллельная или совпадает с осью Z. Схема обработки цикла представлена на рисунке 9.2.

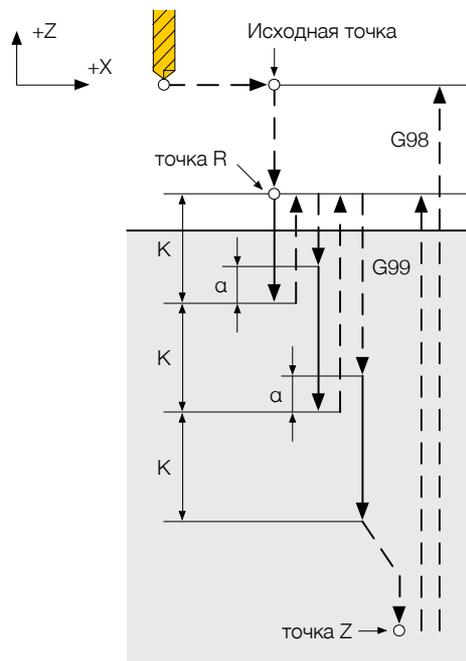


Рисунок 9.2

Формат цикла: G83 X(U)_Y(V)_Z(W)_R_K_P_F_

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

Адрес	Описание	Примечание
X(U)	Координата отверстия по оси X.	
Y(V)	Координата отверстия по оси Y.	
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.	$W > 0$
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.	$K > 0$
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 обрабатываться 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 обрабатывается за один проход по схеме, приведенной на рисунке 9.3.

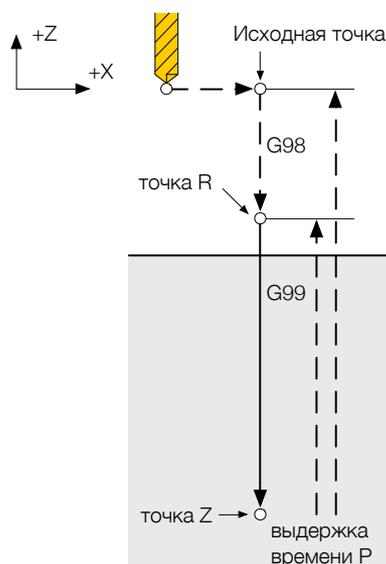


Рисунок 9.3

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

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

9.2. 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 9.4.

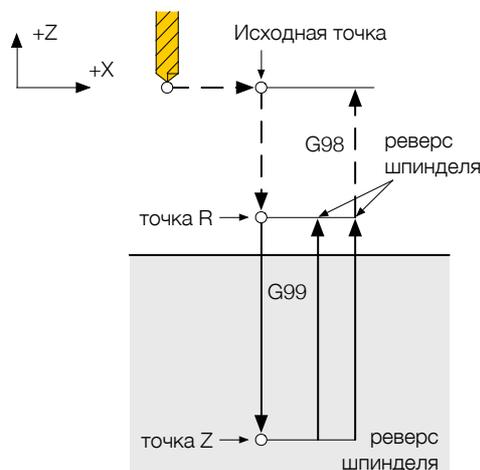


Рисунок 9.4

Формат цикла: G84 X(U)_Y(V)_Z(W)_R_P_F_

Адрес	Описание	Примечание
X(U)	Координата отверстия по оси X.	
Y(V)	Координата отверстия по оси Y.	
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.	$W > 0$
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 обрабатываться 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 обратной 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.

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

9.3. Цикл растачивания и развертывания G85

Цикл G85 предназначен для растачивания и развертывания отверстий, ось которых параллельна или совпадает с осью Z. Схема обработки цикла представлена на рисунке 9.5.

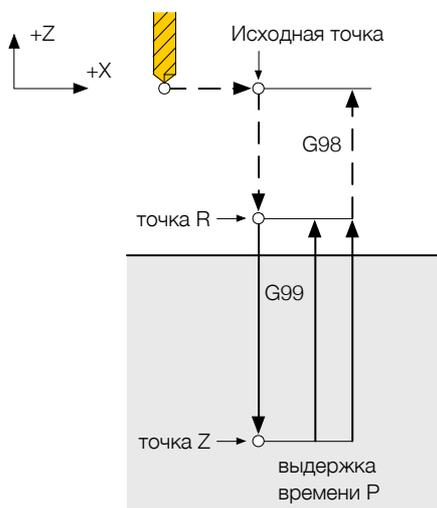


Рисунок 9.5

Формат цикла: **G85 X(U)_Y(V)_Z(W)_R_P_F_**

Адрес	Описание	Примечание
X(U)	Координата отверстия по оси X.	
Y(V)	Координата отверстия по оси Y.	
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.	$W > 0$
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 обрабатываться 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.

9.4. Цикл сверления G300

Последовательность движений в цикле сверления:

1. Система ЧПУ перемещает инструмент на быстром ходу на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

- Инструмент сверлит с заданной подачей F до первой глубины врезания.
- На быстром ходу система ЧПУ отводит инструмент на безопасное расстояние.
- Инструмент задерживается на безопасном расстоянии, если это было запрограммировано, а затем на быстром ходу перемещается на безопасное расстояние над последней точкой врезания на глубине отверстия.
- Инструмент врезается с заданной подачей F на большую глубину врезания.
- Система ЧПУ повторяет операции со 2-й по 5-й до тех пор, пока не будет достигнута заданная глубина сверления.
- Со дна отверстия инструмент перемещается на быстром ходу в исходную точку (точку старта).

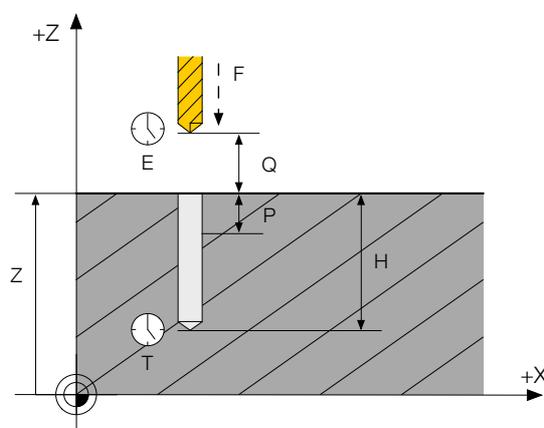


Рисунок 9.6

Подготовка цикла: G300 Q_ H_ P_ Z_ F_ E_ T_

Вызов цикла: G00 X_ Y_ M99

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

H — глубина сверления. Расстояние от поверхности заготовки до дна отверстия ($H < 0$).

P — величина, на которую врезается инструмент на каждом проходе ($P > 0$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

F — подача на врезание, мм/мин.

E — время выдержки вверху на безопасном расстоянии (в секундах).

T — время выдержки на дне отверстия (в секундах).

Примечание: Параметр глубина (H) не обязательно должен быть кратен параметру глубины врезания за проход (P). Если параметр глубины врезания (P) равен или превышает параметр глубины (H), то сверление производится за один проход.

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

9.5. Цикл развертывания G301

Последовательность движений в цикле развертывания:

1. Инструмент на быстром ходу перемещается на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Инструмент выполняет развертывание с заданной подачей F до запрограммированной глубины.
3. Инструмент задерживается на дне отверстия, если это было запрограммировано.
4. Инструмент с подачей F возвращается на безопасное расстояние, а затем на быстром ходу перемещает в исходную точку цикла (точку старта).

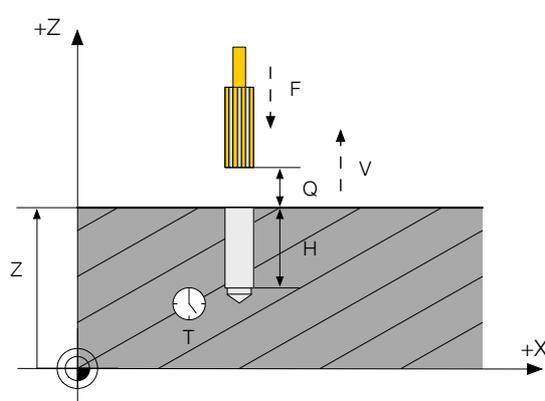


Рисунок 9.7

Подготовка цикла: **G301 Q_ H_ Z_ F_ V_ T_**

Вызов цикла: **G00 X_ Y_ M99**

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

H — глубина сверления. Расстояние от поверхности заготовки до дна отверстия ($H < 0$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

F — подача развертывания, мм/мин.

V — подача обратного хода, мм/мин.

T — время выдержки на дне отверстия (в секундах).

Примечание: Если величина подачи обратного хода равна нулю ($V = 0$), то инструмент перемещается с подачей развертывания (F).

9.6. Цикл растачивания G302

Последовательность движений в цикле растачивания:

1. Инструмент на быстром ходу перемещается на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Инструмент выполняет сверление с заданной подачей F до запрограммированной глубины.

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

3. Инструмент задерживается на дне отверстия, если это было запрограммировано.
4. Производится ориентация шпинделя на позицию, определенную параметром «A».
5. Если выбран отход от стенки отверстия, то инструмент перемещается в заданном направлении на 0,2 мм (фиксированное значение).
6. Инструмент с подачей обратного хода перемещается на безопасное расстояние, а затем на быстром ходу перемещает в исходную точку цикла (точку старта). Если параметр «D» равен нулю ($D = 0$), то отход осуществляется по стенке высверленного отверстия.

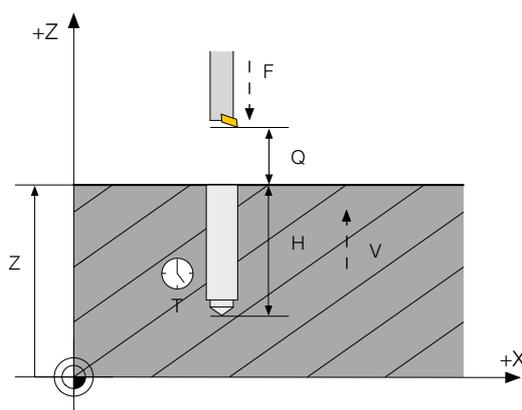


Рисунок 9.8

Подготовка цикла: G302 Q_ H_ Z_ F_ V_ T_ D_ A_

Вызов цикла: G00 X_ Y_ M99

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

H — глубина сверления. Расстояние от поверхности заготовки до дна отверстия ($H < 0$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

F — подача, с которой перемещается инструмент при растачивании, мм/мин.

V — подача при выходе из отверстия, мм/мин.

T — время выдержки на дне отверстия (в секундах).

D — направление отвода инструмента от стенки отверстия:

- 0 — не осуществлять отвод инструмента;
- 1 — отвод инструмента в отрицательном направлении оси X;
- 2 — отвод инструмента в отрицательном направлении оси Y;
- 3 — отвод инструмента в положительном направлении оси X;
- 4 — отвод инструмента в положительном направлении оси Y.

A — угол ориентации шпинделя. Угол, на который позиционируется инструмент перед выходом из материала (от -360 до 360).

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

- Примечание:**
1. Цикл используется только на станках с управляемым шпинделем.
 2. Если величина подачи обратного хода равна нулю ($V = 0$), то инструмент перемещается с подачей растачивания (F).
 3. Следует так выбрать угол ориентации шпинделя, чтобы вершина инструмента располагалась параллельно к одной из осей координат.

9.7. Цикл универсального сверления G303

Последовательность движений в цикле сверления:

1. Инструмент на быстром ходу перемещается на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Инструмент сверлит с заданной подачей F до первой глубины врезания.
3. Если цикл выполняется с ломкой стружки, то инструмент отводится на заданное значение (параметр « I »). Если цикл выполняется без ломки стружки, то инструмент с подачей обратного хода возвращается на безопасное расстояние. На безопасной высоте, если было задано, инструмент задерживается, а затем на быстром ходу перемещается на безопасное расстояние над последней точкой врезания на глубине отверстия.
4. Инструмент сверлит с заданной подачей на оставшуюся глубину врезания. Если было задано, то глубина врезания уменьшается с каждым подводом на величину, определенную в параметре « K ».
5. Операции со 2-й по 4-й повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная глубина сверления.
6. Со дна отверстия инструмент перемещается с подачей обратного хода на безопасное расстояние, а затем на быстром ходу перемещается в исходную точку цикла (точку старта).

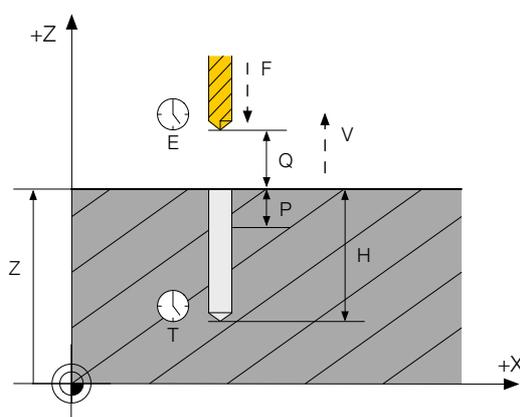


Рисунок 9.9

Подготовка цикла: **G303 Q_ H_ P_ Z_ M_ F_ V_ E_ T_ K_ L_ I_**

Вызов цикла: **G00 X_ Y_ M99**

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

H — глубина сверления. Расстояние от поверхности заготовки до дна отверстия ($H < 0$).

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

P — величина, на которую врезается инструмент на каждом проходе ($P > 0$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

M — минимальная глубина врезания. Величина врезания за проход (P) ограничивается на заданное в переменной «M» значение ($M > 0$).

F — подача, с которой перемещается инструмент при сверлении, мм/мин.

V — подача при выходе из отверстия, мм/мин.

E — время выдержки вверху на безопасном расстоянии (в секундах).

T — время выдержки на дне отверстия (в секундах).

K — значение, на которое система ЧПУ уменьшает глубину врезания за проход «P» после каждого врезания ($K \geq 0$).

L — количество произведенных надломов стружки до момента вывода инструмента из высверленного отверстия для удаления стружки. Для ломки стружки инструмент каждый раз отводится на значение возврата «I» ($L \geq 0$).

I — значение, на которое отводится инструмент при ломке стружки ($I \geq 0.1$).

Примечание: Если величина подачи обратного хода равна нулю ($V = 0$), то инструмент перемещается с подачей сверления (F).

9.8. Цикл расточки обратным ходом G304

Последовательность движений в цикле расточки обратным ходом:

1. Инструмент на быстром ходу перемещается на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Производится угловую ориентацию шпинделя (позиция 0°) и смещение инструмента на размер эксцентрика.
3. Инструмент погружается с подачей предварительного позиционирования в предварительно просверленное отверстие до тех пор, пока лезвие инструмента не достигнет безопасного расстояния от нижней поверхности заготовки.
4. Инструмент возвращается в центр отверстия, включается шпиндель и, при необходимости, подача СОЖ, затем инструмент с заданной подачей F перемещается на глубину расточки.
5. Если было запрограммировано, инструмент задерживается на дне углубления и затем выводится из расточенного отверстия, проводит угловую ориентацию шпинделя и вновь смещается на размер эксцентрика.
6. Инструмент с подачей обратного хода перемещается на безопасное расстояние а затем, на быстром ходу в исходную точку цикла (точку старта).

Подготовка цикла: G304 Q_ Z_ H_ B_ E_ L_ V_ F_ T_ D_ A_

Вызов цикла: G00 X_ Y_ M99

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

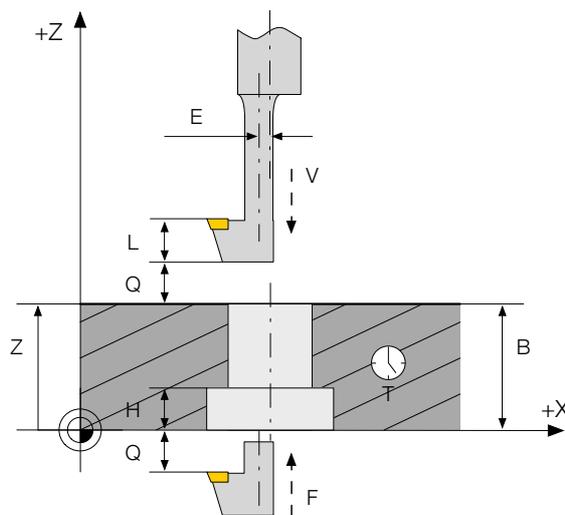


Рисунок 9.10

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

H — глубина растачивания. Расстояние от нижней поверхности заготовки до дна растачиваемого отверстия ($H > 0$).

B — толщина материала ($B > 0$).

E — размер эксцентрика ($E > 0$).

L — высота режущей кромки ($L > 0$).

V — подача позиционирования, мм/мин. Подача, с которой инструмент перемещается в заготовку или выходит из заготовки.

F — подача растачивания, мм/мин.

T — время выдержки на дне отверстия (в секундах).

D — направление отвода инструмента от стенки отверстия:

- 1 — отвод инструмента в отрицательном направлении оси X;
- 2 — отвод инструмента в отрицательном направлении оси Y;
- 3 — отвод инструмента в положительном направлении оси X;
- 4 — отвод инструмента в положительном направлении оси Y.

A — угол ориентации шпинделя. Угол, на который система ЧПУ позиционирует инструмент перед выходом из материала (от -360 до 360).

- Примечание:**
1. Цикл используется только на станках с управляемым шпинделем.
 2. Следует так выбрать угол ориентации шпинделя, чтобы вершина инструмента располагалась параллельно к одной из осей координат.

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

9.9. Цикл фрезерования круглых отверстий G306

Последовательность движений в цикле фрезерования:

1. Инструмент на быстром ходу перемещается на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z), затем выполняется подвод инструмента на заданный диаметр окружности отверстия.
2. Инструмент фрезерует с заданной подачей F по спирали до заданной глубины сверления.
3. По достижению глубины сверления выполняется еще один полный круг для удаления оставшегося при врезании материала.
4. Инструмент перемещается в центр отверстия.
5. Со дна отверстия инструмент перемещается на быстром ходу в исходную точку (точку старта).

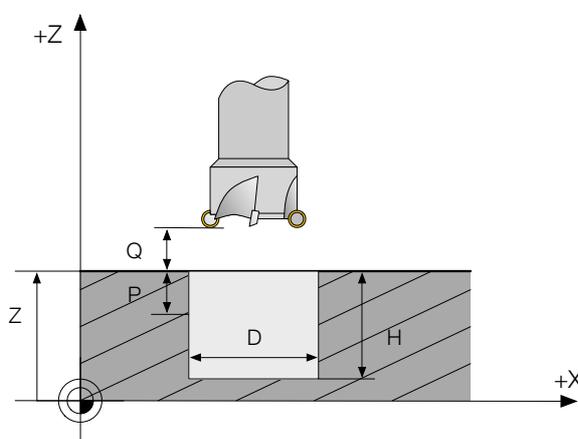


Рисунок 9.11

Подготовка цикла: G306 Q_ H_ Z_ F_ P_ D_ C_ L_

Вызов цикла: G00 X_ Y_ M99

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

H — глубина фрезерования. Расстояние от поверхности заготовки до дна отверстия ($H < 0$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

F — подача при сверлении по спиральной линии, мм/мин.

P — глубина врезания на один виток спирали ($P > 0$).

D — диаметр отверстия. Если внутренний диаметр отверстия задан равным диаметру инструмента, система ЧПУ производит сверление без спиральной интерполяции, сразу на заданную глубину ($D > 0$).

C — диаметр предварительно рассверленного отверстия. Если значение «C» больше нуля, то система ЧПУ прекращает проверять соотношение заданного значения диаметра и диаметра инструмента. Таким образом, можно фрезеровать отверстия с диаметром более чем в два раза превышающим диаметр инструмента ($C \geq 0$).

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

L — вид фрезерования (при активной функции «M3»):

- 1 — попутное фрезерование;
- -1 — встречное фрезерование.

9.10. Цикл сверления оружейным сверлом G307

Последовательность движений в цикле сверления:

1. Инструмент на быстром ходу перемещается на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Инструмент с заданной подачей позиционирования перемещается на безопасное расстояние над углубленной точкой старта. Там включается вращение шпинделя при помощи команды M3, а также подача СОЖ. Выполняется подвод инструмента при вращении шпинделя в направлении, которое было задано в цикле, по часовой стрелке, против часовой стрелки или без вращения.
3. Инструмент сверлит с заданной подачей F до запрограммированной глубины сверления или до глубины выдержки, если она задана.
4. Инструмент задерживается на дне просверленного отверстия, если это было задано. Затем подача СОЖ выключается и устанавливается скорость вращения шпинделя, равная заданному значению отвода.
5. Со дна отверстия инструмент с подачей обратного хода перемещается на безопасное расстояние а затем, на быстром ходу в исходную точку цикла (точку старта).

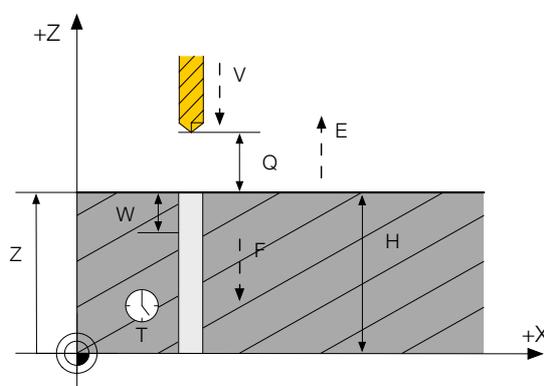


Рисунок 9.12

Подготовка цикла: G307 Q_ H_ Z_ F_ E_ T_ V_ W_ M_ R_ S_ K_

Вызов цикла: G00 X_ Y_ M99

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

H — глубина сверления. Расстояние от поверхности заготовки до дна отверстия ($H < 0$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

F — подача, с которой перемещается инструмент при сверлении, мм/мин.

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

E — подача при выходе из отверстия, мм/мин.

T — время выдержки на дне отверстия (в секундах).

V — подача при позиционировании инструмента с безопасного расстояния в углубленную точку старта, мм/мин.

W — углубленная точка старта. Задается относительно поверхности заготовки ($W \geq 0$).

M — направление вращения шпинделя при входе и выходе из отверстия:

- 3 — вращение шпинделя по команде M3;
- 4 — вращение шпинделя по команде M4;
- 5 — перемещаться с выключенным шпинделем.

R — скорость вращения инструмента при входе и выходе из отверстия.

S — скорость вращения инструмента при сверлении отверстия.

K — расстояние от поверхности заготовки, на котором инструмент должен задержаться (при вводе нулевого значения, функция неактивна). При изготовлении сквозных отверстий некоторым инструментам требуется небольшое время задержки на глубине отверстия для вывода стружки на поверхность ($K \geq 0$ и $K < |H|$).

9.11. Цикл центровки G305

Последовательность движений в цикле центровки:

1. Инструмент на быстром ходу перемещается на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Инструмент осуществляет операцию центровки с заданной подачей F на заданный диаметр центровки или на заданную глубину центровки.
3. Инструмент задерживается на дне отверстия, если это было определено в цикле.
4. Со дна отверстия инструмент перемещается на быстром ходу в исходную точку (точку старта).

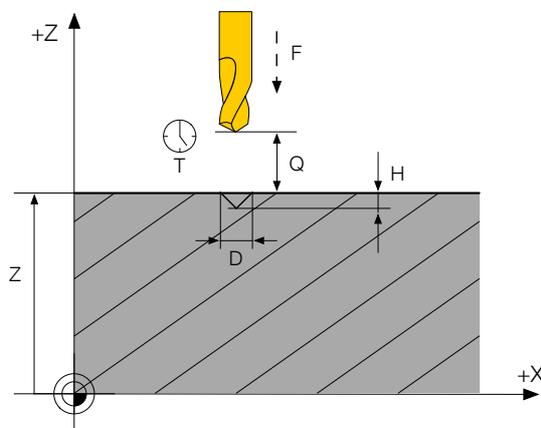


Рисунок 9.13

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

Подготовка цикла: **G305 Q_ L_ H_ D_ Z_ F_ T_**

Вызов цикла: **G00 X_ Y_ M99**

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

L — центровка на заданную глубину или диаметр:

- 0 — центровать на заданную глубину;
- 1 — центровать на заданный диаметр.

Если центровка проводится на заданный диаметр, то для активного инструмента необходимо определить угол при вершине инструмента в таблице инструментов.

H — глубина центровки. Расстояние от поверхности заготовки до дна отверстия (вершины конуса центровки) ($H < 0$). Параметр активен в том случае, когда $L = 0$.

D — диаметр центровки ($D < 0$). Параметр активен в том случае, когда $L = 1$.

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

F — подача, с которой перемещается инструмент при центровке, мм/мин.

T — время выдержки на дне отверстия (в секундах).

9.12. Цикл нарезание резьбы G309

Цикл позволяет нарезать резьбу за один, либо за несколько проходов.

Последовательность движений в цикле нарезании резьбы:

1. Инструмент на быстром ходу перемещается на заданное безопасное расстояние над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Инструмент перемещается на заданную глубину сверления за один проход.
3. Направление вращения шпинделя меняется и после выдержки инструмент отводится на безопасное расстояние.
4. На безопасном расстоянии шпиндель останавливается и после этого инструмент на быстром ходу перемещается в исходную точку цикла (точку старта).

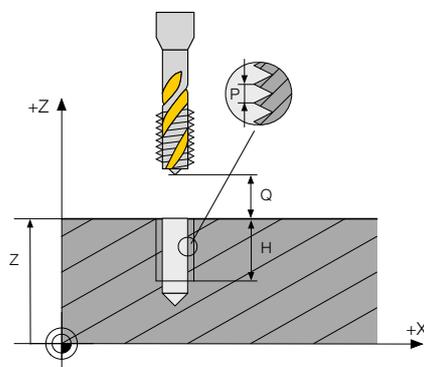


Рисунок 9.14

9. ЦИКЛЫ СВЕРЛЕНИЯ

Подготовка цикла: G309 Q_ H_ P_ Z_

Вызов цикла: G00 X_ Y_ M99

Q — безопасное расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки ($Q > 0$).

H — глубина сверления. Расстояние от поверхности заготовки до дна отверстия ($H < 0$).

P — шаг резьбы, направление резьбы определяется знаком:

- положительное значение ($P > 0$) — правая резьбы;
- отрицательное значение ($P < 0$) — левая резьба.

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

- Примечание:**
1. Цикл используется только на станках с управляемым шпинделем.
 2. Подача рассчитывается, исходя из скорости вращения шпинделя.
 3. В конце цикла шпиндель останавливается. Перед следующей обработкой необходимо включить шпинделя с помощью команды M3 (или M4).

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

10.1. Цикл построчного фрезерования G320

Последовательность движений в цикле фрезерования:

1. Инструмент на быстром ходу позиционируется в плоскости обработки в исходную точку 1. При этом инструмент смещается на величину радиуса по оси X в направлении, противоположном направлению обработки, и по оси Y в направлении обработки.
2. Инструмент на быстром ходу перемещается по оси шпинделя (оси Z) сначала на безопасное расстояние, а затем с подачей на врезание в запрограммированную начальную позицию.
3. Инструмент с подачей фрезерования перемещается в конечную точку 2. Положение конечной точки рассчитывается, исходя из заданной начальной точки, длины фрезерования вдоль оси X и радиуса инструмента.
4. Инструмент с подачей фрезерования смещается в начальную точку следующей строки. Величина смещения рассчитывается исходя из заданной ширины обработки вдоль оси Y и количества проходов.
5. Инструмент перемещается в отрицательном направлении оси X.
6. Фрезерование продолжается до тех пор, пока заданная поверхность не будет полностью обработана.
7. Инструмент на быстром ходу отводится по оси шпинделя (оси Z) на безопасное расстояние.

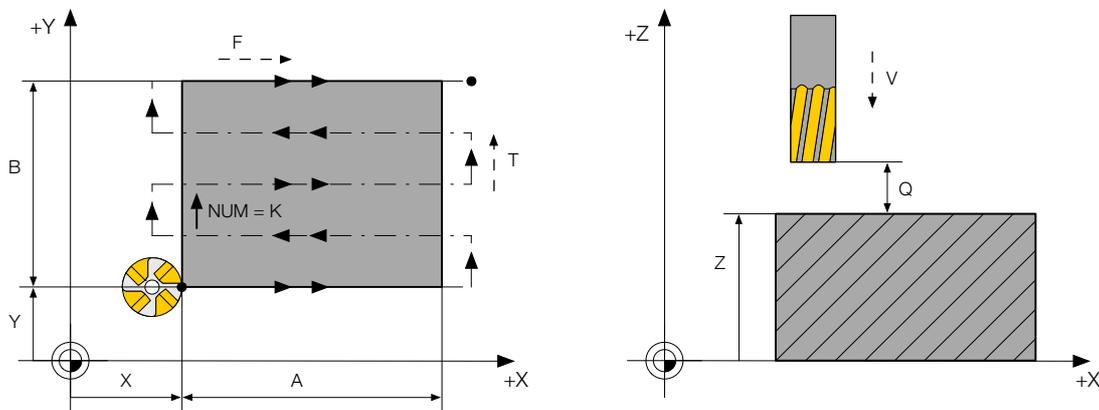


Рисунок 10.1

Формат цикла: G320 X_Y_Z_A_B_K_V_F_T_Q_

X — координата начальной точки по оси X.

Y — координата начальной точки по оси Y.

Z — высота по оси шпинделя (оси Z) на которой производится фрезерование.

A — длина фрезеруемой поверхности вдоль оси X относительно точки старта ($A \geq 0$).

B — длина фрезеруемой поверхности вдоль оси Y относительно точки старта ($B \geq 0$).

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

K — количество проходов. Количество проходов, которое необходимо сделать вдоль оси X , при этом на каждом следующем проходе инструмент смещается вдоль оси Y ($K \geq 0$).

V — подача при перемещении инструмента с безопасной высоты на высоту фрезерования, мм/мин.

F — подача фрезерования, мм/мин.

T — подача при перемещении инструмента на следующую строку фрезерования.

Q — безопасное расстояние между вершиной инструмента и высотой фрезерования ($Q > 0$).

10.2. Цикл фрезерования плоскостей G321

Цикл G321 позволяет выполнить фрезерование поверхности за несколько врезаний с учетом припуска на чистовую обработку. При этом возможны три различные стратегии обработки:

- обработка в виде меандра с врезанием вне обрабатываемой поверхности ($L = 0$), см. рисунок 10.2а;
- обработка в виде меандра с врезанием в пределах обрабатываемой поверхности ($L = 1$), см. рисунок 10.2б;
- построчное обработка с возвратом на безопасном расстоянии ($L = 2$), см. рисунок 10.2в.

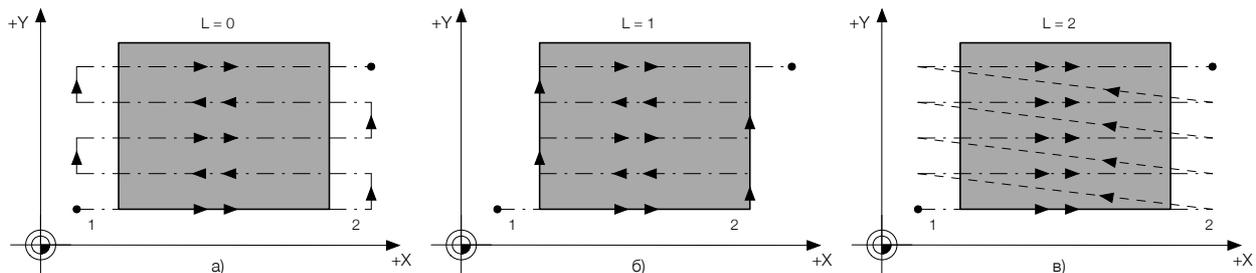


Рисунок 10.2

Последовательность движений в цикле фрезерования:

1. Инструмент на быстром ходу позиционируется в плоскости обработки в исходную точку 1. При этом инструмент смещается от заготовки на величину радиуса и на величину бокового безопасного расстояния.
 2. Инструмент на быстром ходу перемещается по оси шпинделя (оси Z) сначала на безопасное расстояние, а затем с подачей позиционирования на рассчитанную первую глубину врезания.
- Стратегия обработки при $L = 0$:
3. Инструмент с подачей фрезерования перемещается в конечную точку 2. Положение конечной точки рассчитывается, исходя из заданной начальной точки, длины фрезерования вдоль оси X , безопасного расстояния сбоку и радиуса инструмента.
 4. Инструмент с подачей позиционирования смещается в начальную точку следующей строки. Величина смещения рассчитывается, исходя из заданной ширины обработки вдоль оси Y , радиуса инструмента и максимального коэффициента перекрытия траектории.
 5. Инструмент перемещается назад в направлении начальной точки 1.

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

6. Фрезерование продолжается до тех пор, пока заданная поверхность не будет полностью обработана. В конце последнего прохода инструмент перемещается по оси Z на следующую глубину обработки.
 7. Чтобы избежать холостых проходов, поверхность обрабатывается в обратном направлении.
 8. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет выполнена обработка до заданной глубины. На последнем проходе выполняется фрезерование только заданного припуска на чистовую обработку с подачей чистовой обработки.
 9. Инструмент на быстром ходу отводится по оси шпинделя в исходную точку цикла (точку старта).
- Стратегия обработки при $L = 1$:
3. Инструмент с подачей фрезерования перемещается в конечную точку 2. Конечная точка лежит в пределах обрабатываемой поверхности и её положение рассчитывается, исходя из заданной начальной точки, длины фрезерования вдоль оси X и радиуса инструмента.
 4. Инструмент с подачей позиционирования смещается в начальную точку следующей строки. Величина смещения рассчитывается, исходя из заданной ширины обработки вдоль оси Y, радиуса инструмента и максимального коэффициента перекрытия траектории.
 5. Инструмент перемещается назад в направлении начальной точки 1. Смещение на следующую строку обработки происходит также в пределах заготовки.
 6. Фрезерование продолжается до тех пор, пока заданная поверхность не будет полностью обработана. В конце последнего прохода инструмент перемещается по оси Z на следующую глубину обработки.
 7. Чтобы избежать холостых проходов поверхность обрабатывается в обратном направлении.
 8. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет выполнена обработка до заданной глубины. На последнем проходе выполняется фрезерование только заданного припуска на чистовую обработку с подачей чистовой обработки.
 9. Система ЧПУ на быстром ходу отводит инструмент по оси шпинделя в исходную точку (точку старта).
- Стратегия обработки при $L = 2$:
3. Инструмент с подачей фрезерования перемещается в конечную точку 2. Конечная точка лежит за пределами обрабатываемой поверхности и её положение рассчитывается, исходя из заданной начальной точки, длины фрезерования вдоль оси X, безопасного расстояния сбоку и радиуса инструмента.
 4. Инструмент перемещается по оси Z на безопасное расстояние над текущей точкой врезания и возвращается в начальную точку следующей строки с подачей позиционирования. Величина смещения рассчитывается, исходя из заданной ширины обработки вдоль оси Y, радиуса инструмента и максимального коэффициента перекрытия траектории.
 5. Инструмент снова перемещается на текущую глубину обработки по оси Z, а затем осуществляет фрезерование в направлении коечной точки 2.

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

- Процесс построчного фрезерования повторяется до тех пор, пока заданная поверхность не будет полностью обработана. В конце последнего прохода инструмент перемещается по оси Z на следующую глубину обработки.
- Чтобы избежать холостых проходов, поверхность обрабатывается в обратном направлении.
- Процесс повторяется до тех пор, пока не будет выполнена обработка до заданной глубины. На последнем проходе выполняется фрезерование только заданного припуска на чистовую обработку с подачей чистовой обработки.
- Инструмент на быстром ходу отводится по оси шпинделя в исходную точку цикла (точку старта).

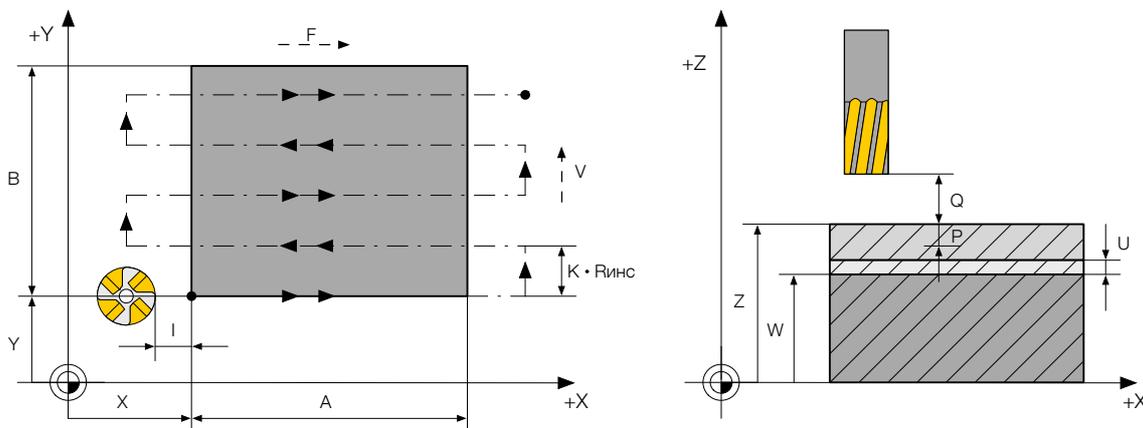


Рисунок 10.3

Формат цикла: G321 L_X_Y_Z_W_A_B_Q_P_K_F_V_I_U_T_

L — стратегия обработки:

- 0 — обработка в виде меандра, врезание с подачей позиционирования сбоку за пределами обрабатываемой поверхности;
- 1 — обработка в виде меандра, врезание с подачей фрезерования сбоку в пределах обрабатываемой поверхности;
- 2 — построчное фрезерование с обратным ходом на безопасном расстоянии и врезание сбоку с подачей позиционирования.

X — координата начальной точки обрабатываемой поверхности по оси X.

Y — координата начальной точки обрабатываемой поверхности по оси Y.

Z — высота по оси шпинделя (оси Z), от которой производится фрезерование.

W — высота по оси шпинделя (оси Z), до которой должно производиться фрезерование.

A — длина фрезеруемой поверхности вдоль оси X относительно точки старта ($A \geq 0$).

B — длина фрезеруемой поверхности вдоль оси Y относительно точки старта ($B \geq 0$).

Q — безопасное расстояние между вершиной инструмента и высотой фрезерования ($Q > 0$).

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

P — максимальная глубина, на которую каждый раз врезается инструмент по оси Z ($P > 0$).

K — максимальный коэффициент перекрытия траектории при резании сбоку ($0.1 \leq K \leq 1.999$).

F — подача при фрезеровании, мм/мин.

V — подача позиционирования при подводе к начальной точке и движении к следующей строке фрезерования, мм/мин. При $L = 1$ движение к следующей строке фрезерования осуществляется с подачей «F».

I — величина безопасного расстояния сбоку от инструмента до заготовки ($I > 0$).

U — припуск на чистовую обработку ($U \geq 0$).

T — подача при чистовой обработке, мм/мин.

10.3. Цикл фрезерования прямоугольного кармана G343

Цикл G343 позволяет полностью обработать прямоугольный карман. В зависимости от заданных параметров цикла возможны различные варианты обработки:

- полная обработка: черновая обработка, чистовая обработка боковой поверхности, чистовая обработка дна;
- только черновая обработка;
- только чистовая обработка боковой поверхности и чистовая обработка дна;
- только чистовая обработка боковой поверхности;
- только чистовая обработка дна.

Последовательность движений в цикле фрезерования кармана при черновой обработке:

1. Инструмент на быстром ходу позиционируется в центре кармана на заданном безопасном расстоянии над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Инструмент врезается в заготовку в центре кармана на заданную глубину врезания. При этом стратегия погружения определяется параметром «J».
3. Производится выборка материала от центра кармана к краю с учетом коэффициента перекрытия фрезы (параметр «K») и припуска на чистовую обработку (параметр «U»). В конце полной выборки инструмент по касательной отводится от стенки кармана.
4. Инструмент отводится по оси шпинделя (оси Z) на безопасное расстояние над текущей точкой врезания, а затем на быстром ходу в центр кармана.
5. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная глубина кармана.

Последовательность движений в цикле фрезерования кармана при чистовой обработке:

6. Если заданы припуски на чистовую обработку, то вначале производится обработка боковых стенок кармана за несколько проходов. При этом подвод к стенке кармана осуществляется по касательной.

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

7. Производится чистовая обработка дна кармана от центра к краю. При этом врезание осуществляется способом, определенным параметром «J».
8. Инструмент на быстром ходу отводится в исходную точку цикла (точку старта).

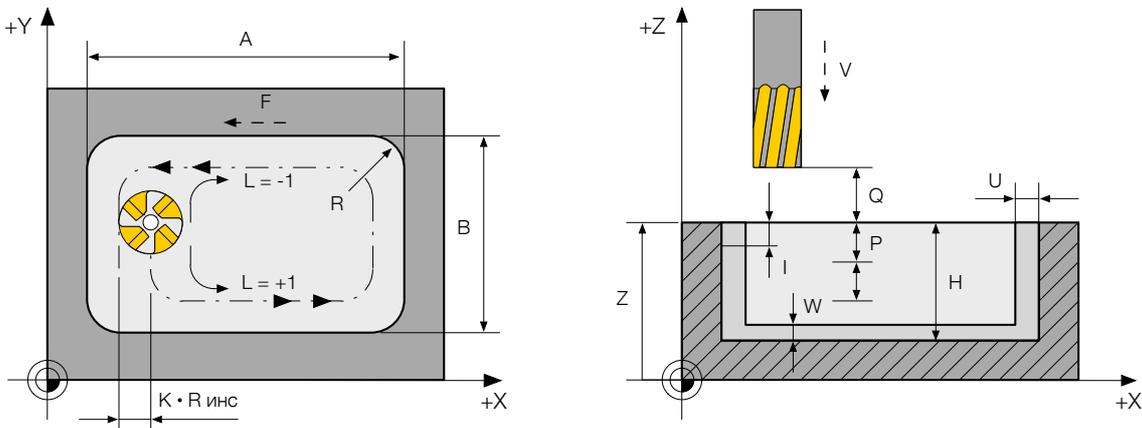


Рисунок 10.4

Формат цикла: G343 M_A_B_R_E_Z_H_P_Q_U_W_I_K_J_F_V_L_T_

M — объем обработки:

- 0 — черновая и чистовая обработка;
- 1 — только черновая обработка;
- 2 — только чистовая обработка.

Чистовая обработка боковой поверхности и дна кармана выполняется в том случае, если заданы припуски на чистовую обработку (параметры «U» и «W»).

A — длина кармана вдоль оси X ($A \geq 0$).

B — длина кармана вдоль оси Y ($B \geq 0$).

R — радиус угла кармана. Если заданное значение радиуса равно нулю или меньше радиуса инструмента, система ЧПУ задает радиус угла равным радиусу инструмента ($R \geq 0$).

E — угол, на который повернут карман в плоскости обработки ($-360 \leq E \leq 360$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

H — расстояние от поверхности заготовки до дна кармана ($H < 0$).

P — величина, на которую врезается инструмент по оси Z на каждом проходе ($P > 0$).

Q — расстояние между торцевой поверхностью инструмента и поверхностью заготовки ($Q > 0$).

U — величина припуска на чистовую обработку боковой поверхности кармана ($U \geq 0$).

W — величина припуска на чистовую обработку на дне кармана ($W \geq 0$).

I — величина, на которую врезается инструмент по оси Z при чистовой обработке. Если параметр «I» задан нулевым, то чистовая обработка осуществляется за одно врезание ($I \geq 0$).

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

K — коэффициент перекрытия траектории ($0.1 \leq K \leq 1.4$). Величина врезания в плоскости обработки определяется произведением параметра «K» и радиуса инструмента.

J — стратегия врезания в материал:

- 0 — перпендикулярное врезание;
- 1 — врезание по спирали. При этом в таблице инструментов значение параметра «угол врезания» для активного инструмента должно быть отлично от нуля, в противном случае система ЧПУ выдаст сообщение об ошибке;
- 2 — врезание маятниковым способом. При этом в таблице инструментов значение параметра «угол врезания» для активного инструмента должно быть отлично от нуля, в противном случае система ЧПУ выдаст сообщение об ошибке. Длина маятникового движения зависит от угла врезания, при этом в качестве минимального значения используется двойной диаметр инструмента.

F — подача при фрезеровании, мм/мин.

V — подача при врезании на глубину, мм/мин.

L — вид фрезерования при активной функции «M3»:

- +1 — попутное фрезерование;
- -1 — встречное фрезерование.

T — подача при чистовой обработке, мм/мин.

- Примечание:**
1. В конце операции чистовой обработки инструмент на быстром ходу позиционируется в центр кармана. При этом инструмент находится на безопасной высоте над текущей точкой врезания, поэтому безопасное расстояние необходимо задать таким, чтобы инструмент не заклинивало снятой стружкой.
 2. Перед чистовой обработкой дна кармана инструмент на быстром ходу позиционируется в центре кармана на безопасном расстоянии над дном кармана с учетом заданного припуска.

10.4. Цикл фрезерования круглого кармана G344

Цикл G344 позволяет полностью обработать круглого карман. В зависимости от заданных параметров цикла возможны различные варианты обработки:

- полная обработка: черновая обработка, чистовая обработка боковой поверхности, чистовая обработка дна;
- только черновая обработка;
- только чистовая обработка боковой поверхности и чистовая обработка дна;
- только чистовая обработка боковой поверхности;
- только чистовая обработка дна.

Последовательность движений в цикле фрезерования кармана при черновой обработке:

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

1. Инструмент на быстром ходу позиционируется в центре кармана на заданном безопасном расстоянии над поверхностью заготовки по оси шпинделя (оси Z).
2. Инструмент врезается в заготовку в центре кармана на заданную глубину врезания. При этом стратегия погружения определяется параметром «J».
3. Производится выборка материала от центра кармана к краю с учетом коэффициента перекрытия фрезы (параметр «K») и припуска на чистовую обработку (параметр «U»). В конце полной выборки инструмент по касательной отводится от стенки кармана.
4. Инструмент отводится по оси шпинделя (оси Z) на безопасное расстояние над текущей точкой врезания, а затем на быстром ходу в центр кармана.
5. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная глубина кармана.

Последовательность движений в цикле фрезерования кармана при чистовой обработке:

6. Если заданы припуски на чистовую обработку, то вначале производится обработка боковых стенок кармана за несколько проходов. При этом подвод к стенке кармана осуществляется по касательной.
7. Производится чистовая обработка дна кармана от центра к краю. При этом врезание осуществляется способом, определенным параметров «J».
8. Инструмент на быстром ходу отводится в исходную точку цикла (точку старта).

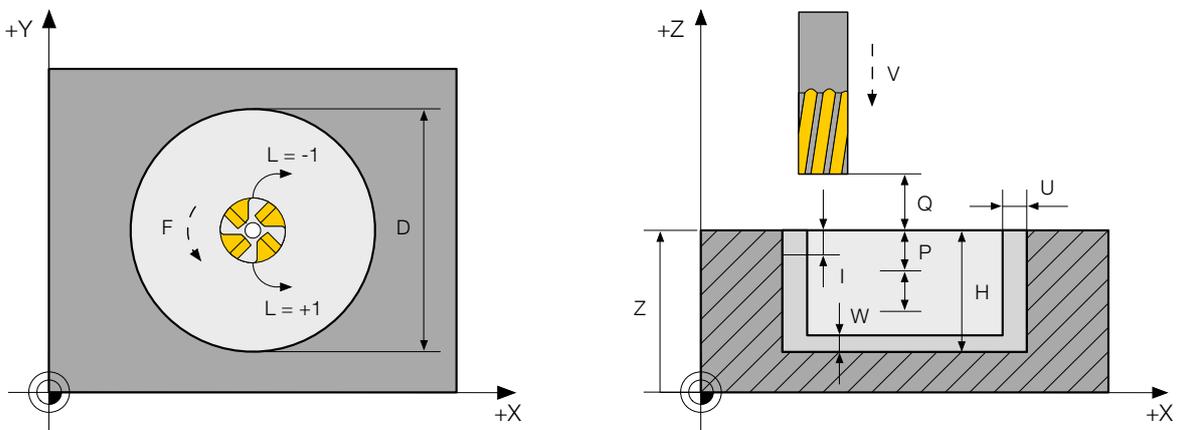


Рисунок 10.5

Формат цикла: G344 M_D_Z_H_P_Q_U_W_I_K_J_F_V_L_T_

M — объем обработки:

- 0 — черновая и чистовая обработка;
- 1 — только черновая обработка;
- 2 — только чистовая обработка.

Чистовая обработка боковой поверхности и дна кармана выполняется в том случае, если заданы припуски на чистовую обработку (параметры «U» и «W»).

10. ЦИКЛЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

D — диаметр полностью обработанного кармана ($D > 0$).

Z — координата поверхности заготовки (программируется абсолютное значение).

H — расстояние от поверхности заготовки до дна кармана ($H < 0$).

P — величина, на которую врезается инструмент по оси Z на каждом проходе ($P > 0$).

Q — расстояние между торцевой поверхностью инструмента и поверхностью заготовки ($Q > 0$).

U — величина припуска на чистовую обработку боковой поверхности кармана ($U \geq 0$).

W — величина припуска на чистовую обработку на дне кармана ($W \geq 0$).

I — величина, на которую врезается инструмент по оси Z при чистовой обработке. Если параметр «I» задан нулевым, то чистовая обработка осуществляется за одно врезание ($I \geq 0$).

K — коэффициент перекрытия траектории ($0.1 \leq K \leq 1.4$). Величина врезания в плоскости обработки определяется произведением параметра «K» и радиуса инструмента.

J — стратегия врезания в материал:

- 0 — перпендикулярное врезание;
- 1 — врезание по спирали. При этом в таблице инструментов значение параметра «угол врезания» для активного инструмента должно быть отлично от нуля, в противном случае будет выдано сообщение об ошибке.

F — подача при фрезеровании, мм/мин.

V — подача при врезании на глубину, мм/мин.

L — вид фрезерования при активной функции «M3»:

- +1 — попутное фрезерование;
- -1 — встречное фрезерование.

T — подача при чистовой обработке, мм/мин.

- Примечание:**
1. В конце операции чистовой обработки инструмент на быстром ходу позиционируется в центр кармана. При этом инструмент находится на безопасной высоте над текущей точкой врезания, поэтому безопасное расстояние необходимо задать таким, чтобы инструмент не заклинивало снятой стружкой.
 2. Перед чистовой обработкой дна кармана инструмент на быстром ходу позиционируется в центре кармана на безопасном расстоянии над дном кармана с учетом заданного припуска.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ.

12.1. Разворот плоскости обработки G400

Измерительный цикл G400 позволяет определить и скомпенсировать неровную установку детали на столе станка посредством проведения измерений в двух точках, лежащих на одной прямой. Компенсация измеренного значения осуществляется с помощью функции разворота плоскости обработки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом измерительный щуп смещается на величину безопасного расстояния в направлении, противоположном заданному направлению измерения.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой заданной точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп перемещается ко 2-ой заданной точке и осуществляет второе измерение.
5. Щуп позиционируется на безопасную высоту, а затем осуществляется разворот плоскости обработки на величину измеренного угла.

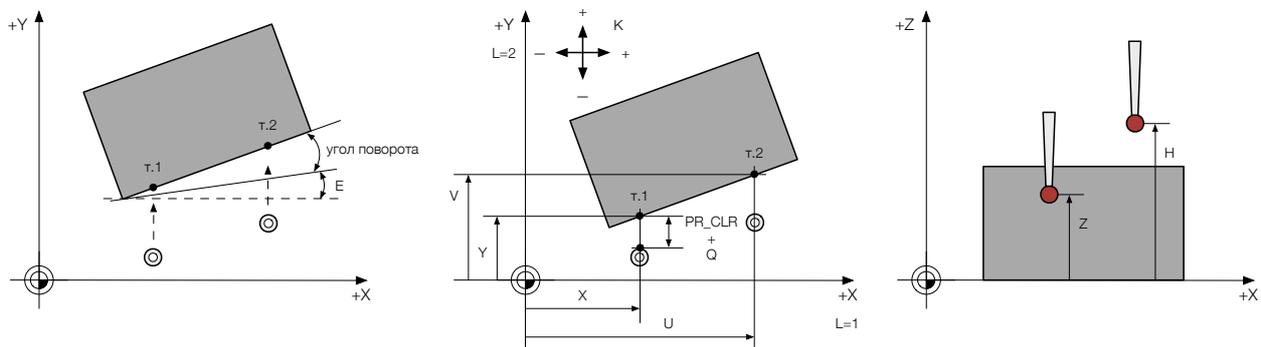


Рисунок 12.1

Формат цикла: G400 X_Y_U_V_K_L_Q_Z_H_P_E_W_

X — координата 1-ой точки измерения по оси X.

Y — координата 1-ой точки измерения по оси Y.

U — координата 2-ой точки измерения по оси X.

V — координата 2-ой точки измерения по оси Y.

L — ось в плоскости обработки, вдоль которой проводится измерение:

- 1 — ось измерения - ось X;
- 2 — ось измерения - ось Y.

K — направление перемещения щупа к детали при измерении:

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- -1 — перемещение в отрицательном направлении;
- +1 — перемещение в положительном направлении.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производится измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

R — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

E — определяет угол поворота базовой прямой относительно оси X ($-360 \leq E \leq +360$). При задании значения отличного от нулевого измеренное значение угла будет определяться относительно базовой прямой, а не относительно оси X.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранен угол разворота плоскости обработки. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

Примечание: В начале цикла измерения производится отмена активного разворота плоскости обработки.

12.2. Разворот плоскости обработки на заданный угол G404

Цикл G404 позволяет во время отработки программы задать разворот плоскости обработки на заданный угол.

Формат цикла: G404 E_ W_

E — величина угол, на который будет осуществлен разворот плоскости обработки ($-360 \leq E \leq +360$).

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранен угол разворота плоскости обработки. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

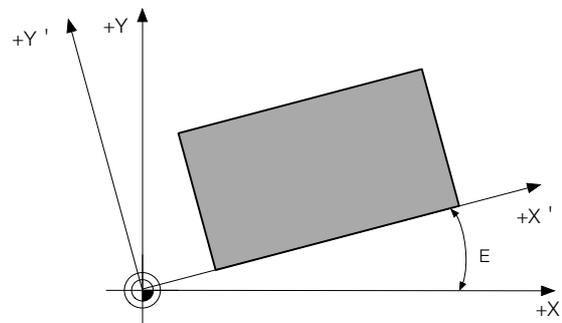


Рисунок 12.2

12.3. Цикл привязки к центру канавки G408

Измерительный цикл G408 позволяет определить центр канавки и задать его в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- Измерительный щуп перемещает на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
- Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
- Измерительный щуп перемещается ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
- Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.
- При необходимости производится дополнительное измерение вдоль оси шпинделя и определяется точка привязки по оси Z.

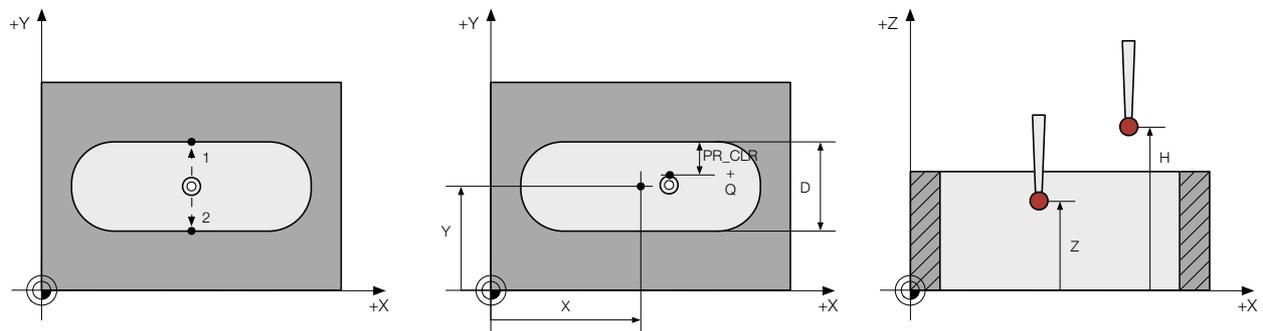


Рисунок 12.3

Формат цикла: G408 X_Y_D_L_Q_Z_H_P_W_U_S_F_I_J_K_R_

X — координата центра канавки по оси X.

Y — координата центра канавки по оси Y.

D — ширина канавки ($D \geq 0$).

L — ось в плоскости обработки, вдоль которой должно проводиться измерение:

- 1 — ось измерения - ось X;
- 2 — ось измерения - ось Y.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранен центр канавки. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

U — координата по оси измерения в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр канавки.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

F — определяет, должно ли проводиться дополнительное измерение по оси щупа для установки точки привязки по оси Z:

- 0 — не устанавливать точку привязки по оси Z;
- 1 — устанавливать точку привязки по оси Z.

I — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если F = 1.

J — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если F = 1.

K — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки. Необходимо задавать, если F = 1.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

- Примечание:**
1. Во избежание столкновения измерительного щупа с деталью ширину канавки лучше задавать заниженной.
 2. Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 3. Если ширина канавки и безопасное расстояние не позволяют выполнить предварительное позиционирование перед точками измерения, то производится измерение из центра канавки. При этом измерительный щуп между точками измерения не перемещается на безопасную высоту.

12.4. Цикл привязки к центру ребра G409

Измерительный цикл G409 позволяет определить центр ребра и задать его в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп перемещается ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

6. При необходимости производится дополнительное измерение вдоль оси шпинделя и определяется точка привязки по оси Z.

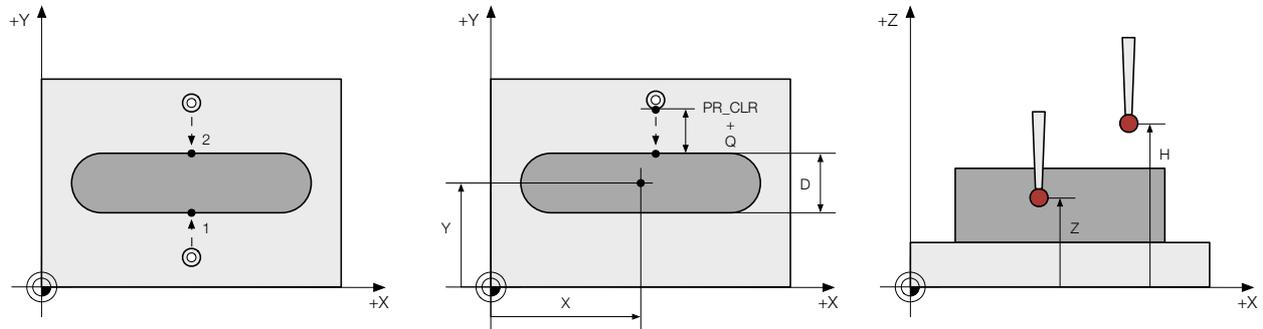


Рисунок 12.4

Формат цикла: G409 X_Y_D_L_Q_Z_H_W_U_S_F_I_J_K_R_

X — координата центра ребра по оси X.

Y — координата центра ребра по оси Y.

D — ширина ребра ($D \geq 0$).

L — ось в плоскости обработки, вдоль которой должно проводиться измерение:

- 1 — ось измерения - ось X;
- 2 — ось измерения - ось Y.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранен центр ребра. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

U — координата по оси измерения в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр ребра.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

F — определяет, должно ли проводиться дополнительное измерение по оси щупа для установки точки привязки по оси Z:

- 0 — не устанавливать точку привязки по оси Z;
- 1 — устанавливать точку привязки по оси Z.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

I — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если $F = 1$.

J — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если $F = 1$.

K — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки. Необходимо задавать, если $F = 1$.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

- Примечание:**
1. Во избежание столкновения измерительного щупа с деталью, ширину ребра лучше задавать завышенной.
 2. Перед отработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.5. Цикл привязки к центру кармана G410

Измерительный цикл G410 позволяет определить центр прямоугольного кармана и задать его в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерение соответственно.
6. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.
7. При необходимости производится дополнительное измерение вдоль оси шпинделя и определяется точка привязки по оси Z.

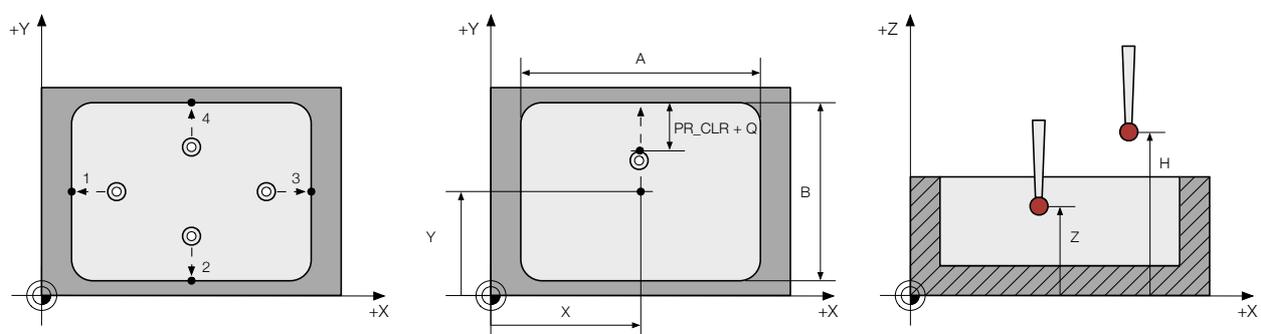


Рисунок 12.5

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

Формат цикла: G410 X_Y_A_B_Q_Z_H_P_W_U_V_S_F_I_J_K_R_

X — координата центра кармана по оси X.

Y — координата центра кармана по оси Y.

A — длина кармана вдоль оси X.

B — длина кармана вдоль оси Y.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранен центр кармана. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

U — координата по оси X в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр кармана.

V — координата по оси Y в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр кармана.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

F — определяет, должно ли проводиться дополнительное измерение по оси щупа для установки точки привязки по оси Z:

- 0 — не устанавливать точку привязки по оси Z;
- 1 — устанавливать точку привязки по оси Z.

I — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если $F = 1$.

J — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если $F = 1$.

K — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки. Необходимо задавать, если $F = 1$.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- Примечание:**
1. Во избежание столкновения измерительного щупа с деталью длины 1-й и 2-й стороны кармана лучше задавать заниженными.
 2. Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 3. Если длины кармана и безопасное расстояние не позволяют выполнить предварительное позиционирование перед точками измерения, то измерения производятся из центра кармана. При этом измерительный щуп между точками измерения не перемещается на безопасную высоту.

12.6. Цикл привязки к центру острова G411

Измерительный цикл G411 позволяет определить центр прямоугольного острова и задать его в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерение соответственно.
6. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.
7. При необходимости производится дополнительное измерение вдоль оси шпинделя и определяется точка привязки по оси Z.

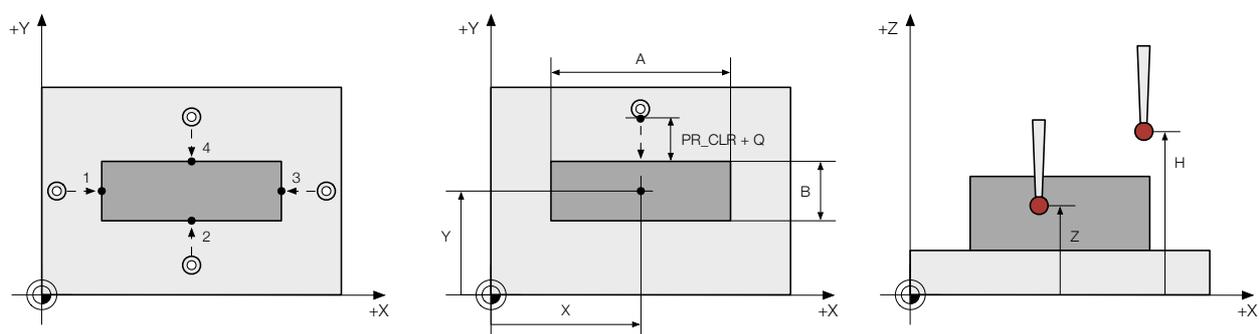


Рисунок 12.6

Формат цикла: G411 X_Y_A_B_Q_Z_H_P_W_U_V_S_F_I_J_K_R_

X — координата центра острова по оси X.

Y — координата центра острова по оси Y.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

A — длина острова вдоль оси X.

B — длина острова вдоль оси Y.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранен центр острова. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

U — координата по оси X в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр острова.

V — координата по оси Y в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр острова.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

F — определяет, должно ли проводиться дополнительное измерение по оси щупа для установки точки привязки по оси Z:

- 0 — не устанавливать точку привязки по оси Z;
- 1 — устанавливать точку привязки по оси Z.

I — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если $F = 1$.

J — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если $F = 1$.

K — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки. Необходимо задавать, если $F = 1$.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

- Примечание:**
1. Во избежание столкновения измерительного щупа с деталью длины 1-й и 2-й стороны острова лучше задавать завышенными.
 2. Перед отработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

12.7. Цикл привязки к центру отверстия или круглого кармана G412

Измерительный цикл G412 позволяет определить центр круглого кармана и задать его в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям через центр кармана ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерение соответственно.
6. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.
7. При необходимости производится дополнительное измерение вдоль оси шпинделя и определяется точка привязки по оси Z.

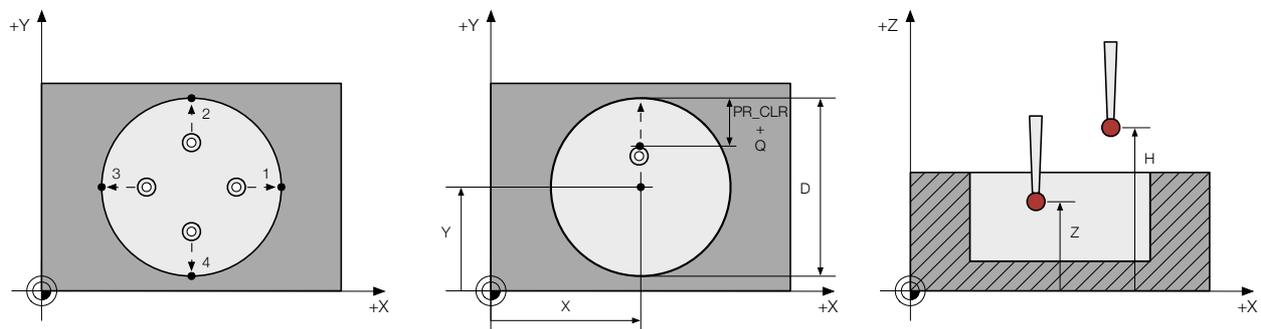


Рисунок 12.7

Формат цикла: G412 X_Y_D_Q_Z_H_P_W_U_V_S_F_I_J_K_R_

X — координата центра круглого кармана или отверстия по оси X.

Y — координата центра круглого кармана или отверстия по оси Y.

D — диаметр круглого кармана или отверстия.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранен центр круглого кармана. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

U — координата по оси X в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр кармана или отверстия.

V — координата по оси Y в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр кармана или отверстия.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

F — определяет, должно ли проводиться дополнительное измерение по оси щупа для установки точки привязки по оси Z:

- 0 — не устанавливать точку привязки по оси Z;
- 1 — устанавливать точку привязки по оси Z.

I — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если F = 1.

J — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если F = 1.

K — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки. Необходимо задавать, если F = 1.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

- Примечание:**
1. Во избежание столкновения измерительного щупа с деталью диаметр кармана лучше задавать заниженным.
 2. Перед отработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 3. Если размер кармана и безопасное расстояние не позволяют выполнить предварительное позиционирование перед точками измерения, то измерения производятся из центра кармана. При этом измерительный щуп между точками измерения не перемещается на безопасную высоту.

12.8. Цикл привязки к центру круглого острова G413

Измерительный цикл G413 позволяет определить центр круглого острова и задать его в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
- Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
- Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
- Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерение соответственно.
- Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.
- При необходимости производится дополнительное измерение вдоль оси шпинделя и определяется точка привязки по оси Z.

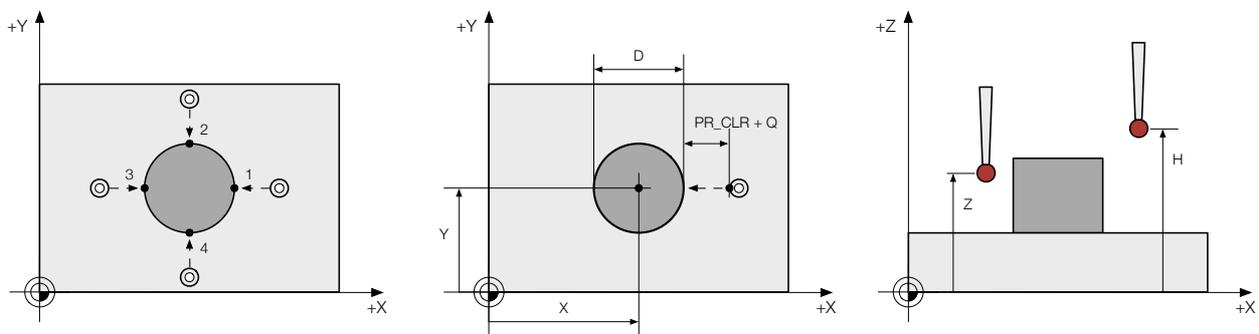


Рисунок 12.8

Формат цикла: G413 X_Y_D_Q_Z_H_P_W_U_V_S_F_I_J_K_R_

X — координата центра круглого острова по оси X.

Y — координата центра круглого острова по оси Y.

D — диаметр круглого острова.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранен центр круглого острова. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

U — координата по оси X в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр острова.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

V — координата по оси Y в новой системе координат, в которую необходимо установить полученный центр острова.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

F — определяет, должно ли проводиться дополнительное измерение по оси щупа для установки точки привязки по оси Z:

- 0 — не устанавливать точку привязки по оси Z;
- 1 — устанавливать точку привязки по оси Z.

I — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если F = 1.

J — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если F = 1.

K — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки. Необходимо задавать, если F = 1.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

- Примечание:**
1. Во избежание столкновения измерительного щупа с деталью диаметр острова лучше задавать завышенным.
 2. Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.9. Цикл привязки к внешнему углу G414

Измерительный цикл G414 позволяет определить точку пересечения двух прямых и задать его в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом измерительный щуп смещается на величину безопасного расстояния в направлении, противоположном заданному направлению измерения.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения. При этом направление измерения определяется автоматически, исходя из заданной координаты 3-ей точки измерения.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерение соответственно.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.
- При необходимости производится дополнительное измерение вдоль оси шпинделя и определяется точка привязки по оси Z.

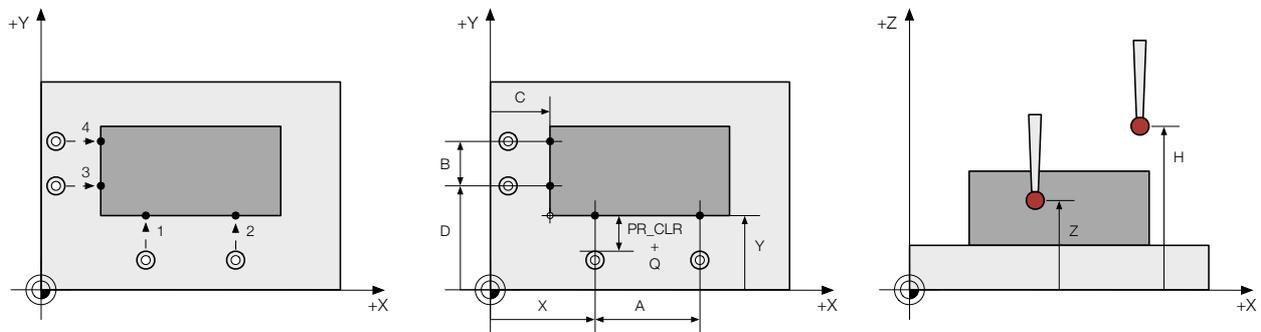


Рисунок 12.9

Формат цикла: G414 X_Y_A_C_D_B_Q_Z_H_P_E_W_U_V_S_F_I_J_K_R_

X — координата 1-ой точки измерения по оси X.

Y — координата 1-ой точки измерения по оси Y.

A — расстояние между 1-ой и 2-ой точками по оси X ($A > 0$).

C — координата 3-ей точки измерения по оси X.

D — координата 3-ей точки измерения по оси Y.

B — расстояние между 3-ей и 4-ой точками по оси Y ($B > 0$).

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

E — определяет, необходимо ли компенсировать неровную установку детали посредством разворота плоскости обработки (действует в случае, когда $S = 1$):

- 0 — не выполнять разворот плоскости обработки;
- 1 — выполнить разворот плоскости обработки.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будут сохранены координаты угла. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

U — координата по оси X в новой системе координат, в которую необходимо установить полученную вершину угла.

V — координата по оси Y в новой системе координат, в которую необходимо установить полученную вершину угла.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

F — определяет, должно ли проводиться дополнительное измерение по оси щупа для установки точки привязки по оси Z:

- 0 — не устанавливать точку привязки по оси Z;
- 1 — устанавливать точку привязки по оси Z.

I — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если F = 1.

J — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если F = 1.

K — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки. Необходимо задавать, если F = 1.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

С помощью положения 1-ой и 3-ей точек измерения можно определить угол, которой будет установлен в качестве точки привязки (см. рисунок 12.10).

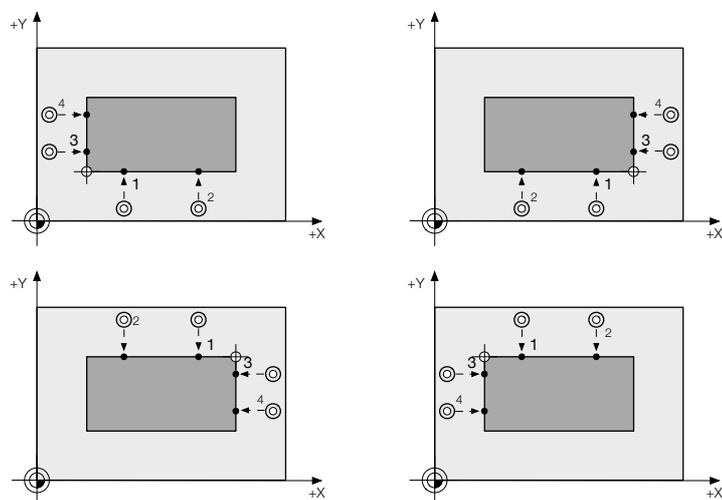


Рисунок 12.10

- Примечание:**
1. Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 2. Первое и второе измерения всегда делаются в направлении оси Y.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

12.10. Цикл привязки к внутреннему углу G415

Измерительный цикл G415 позволяет определить точку пересечения двух прямых и задать его в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом измерительный щуп смещается на величину безопасного расстояния в направлении, противоположном заданному направлению измерения.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения. При этом направление измерения определяется, исходя из заданного номера угла.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерение соответственно.
6. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.
7. При необходимости производится дополнительное измерение вдоль оси шпинделя и определяется точка привязки по оси Z.

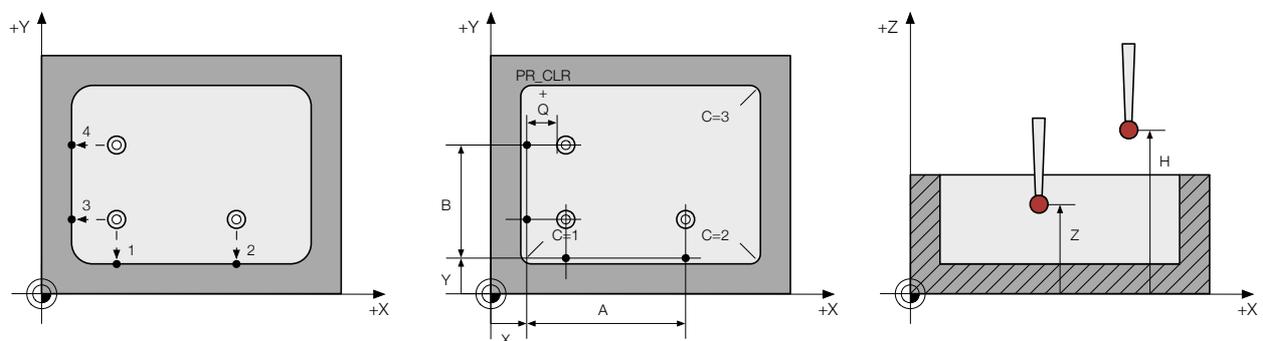


Рисунок 12.11

Формат цикла: G415 X_Y_A_B_C_Q_Z_H_P_E_W_U_V_S_F_I_J_K_R_

X — координата 1-ой точки измерения по оси X.

Y — координата 1-ой точки измерения по оси Y.

A — расстояние между 1-ой и 2-ой точками по оси X ($A > 0$).

B — расстояние между 1-ой и 4-ой точками по оси Y ($B > 0$).

C — номер угла, для которого производится измерение, и в котором будет установлена точка привязки ($1 \leq C \leq 4$).

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния, задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

E — определяет, необходимо ли компенсировать неровную установку детали посредством разворота плоскости обработки (действует в случае, когда $S = 1$):

- 0 — не выполнять разворот плоскости обработки;
- 1 — выполнить разворот плоскости обработки.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будут сохранены координаты угла. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

U — координата по оси X в новой системе координат, в которую необходимо установить полученную вершину угла.

V — координата по оси Y в новой системе координат, в которую необходимо установить полученную вершину угла.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

F — определяет, должно ли проводиться дополнительное измерение по оси щупа для установки точки привязки по оси Z:

- 0 — не устанавливать точку привязки по оси Z;
- 1 — устанавливать точку привязки по оси Z.

I — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если $F = 1$.

J — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z). Необходимо задавать, если $F = 1$.

K — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки. Необходимо задавать, если $F = 1$.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

- Примечание:**
1. Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 2. Первое и второе измерения всегда проводится в направлении оси Y.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

12.11. Цикл привязки по оси Z G417

Измерительный цикл G417 позволяет измерить произвольную точку по оси Z и задать ее в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в заданную точку измерения. При этом измерительный щуп смещается на величину безопасного расстояния в положительном направлении оси Z.
2. Измерительный щуп с подачей измерения перемещается по оси Z в заданную координату точки измерения и определяет ее фактическое положение.
3. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.

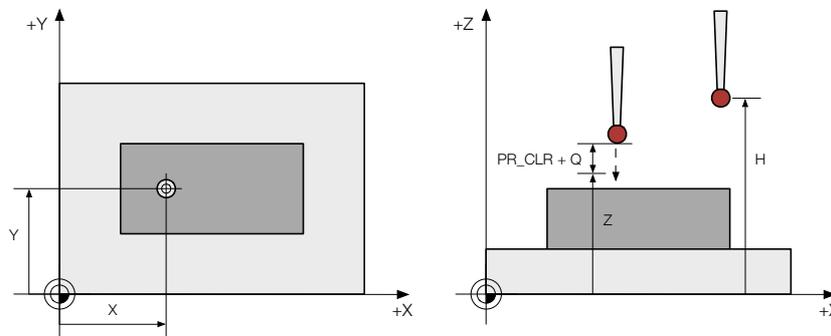


Рисунок 12.12

Формат цикла: G417 X_Y_Z_Q_H_W_R_S_

X — координата X точки измерения по оси щупа (оси Z).

Y — координата Y точки измерения по оси щупа (оси Z).

Z — координата Z точки измерения по оси Z, в которой должна находиться точка привязки.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

H — безопасная высота по оси Z.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будут сохранена координата точки касания. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

R — координата по оси Z в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку по оси щупа.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

Примечание: Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.12. Цикл привязки по оси X/Y G419

Измерительный цикл G419 позволяет измерить произвольную точку в плоскости обработки и задать ее в качестве точки привязки.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в заданную точку измерения. При этом измерительный щуп смещается на величину безопасного расстояния в направлении, противоположном заданному направлению измерения.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп с подачей измерения перемещается вдоль заданной оси в точку измерения и определяет ее фактическое положение.
4. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. В зависимости от заданных параметров, устанавливается и сохраняется полученная точка привязки.

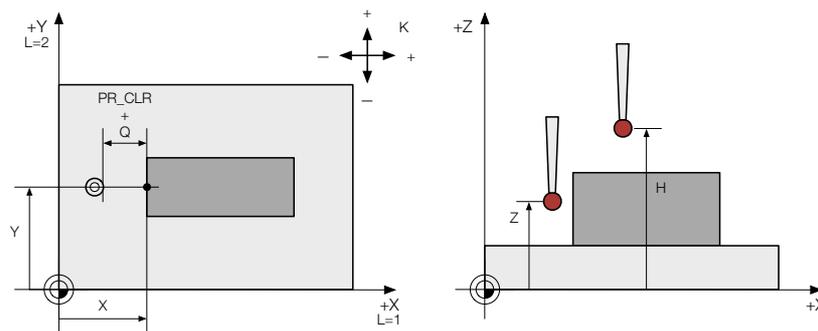


Рисунок 12.13

Формат цикла: G419 X_ Y_ L_ K_ Q_ Z_ H_ W_ U_ S_

X — координата по оси X точки измерения.

Y — координата по оси Y точки измерения.

L — ось в плоскости обработки, вдоль которой проводится измерение:

- 1 — ось измерения - ось X;
- 2 — ось измерения - ось Y.

K — направление перемещения щупа к детали при измерении:

- -1 — перемещение в отрицательном направлении;
- +1 — перемещение в положительном направлении.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производится измерение.

H — безопасная высота по оси Z.

W — номер в таблице нулевых точек, под которым будет сохранена координата точки касания. При вводе нулевого значения сохранение не производится.

U — координата по оси измерения в новой системе координат, в которую необходимо установить измеренную точку.

S — определяет, должна ли система ЧПУ применить новую систему координат после измерения:

- 0 — не применять;
- 1 — применить.

Примечание: Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.13. Цикл измерения угла в плоскости XY G420

Цикл G420 позволяет измерить угол между произвольной прямой и осью X. Значение полученного угла сохраняется в переменную Q319.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционирует в 1-ую точку измерения. При этом измерительный щуп смещается на величину безопасного расстояния в направлении, противоположном заданному направлению измерения.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой заданной точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп перемещается ко 2-ой заданной точке и осуществляет второе измерение.
5. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. Значение полученного угла сохраняется в Q-переменную.

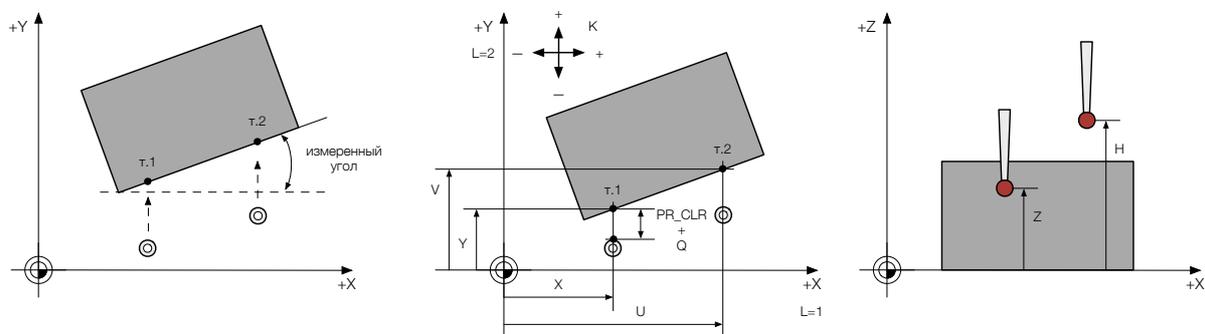


Рисунок 12.14

Формат цикла: G420 X_Y_U_V_L_K_Q_Z_H_P_M_

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

X — координата 1-ой точки измерения по оси X.

Y — координата 1-ой точки измерения по оси Y.

U — координата 2-ой точки измерения по оси X.

V — координата 2-ой точки измерения по оси Y.

L — ось в плоскости обработки, вдоль которой проводится измерение:

- 1 — ось измерения - ось X;
- 2 — ось измерения - ось Y.

K — направление перемещения щупа к детали при измерении:

- -1 — перемещение в отрицательном направлении;
- +1 — перемещение в положительном направлении.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

M — вывод результатов измерения:

- 0 — не составлять протокол измерений;
- 1 — составить протокол измерений. Файл протокола сохраняется в директории: meas_prot.

Результаты измерения:

Q319 — значение измеренного угла, отсчитываемого относительно оси X.

Примечание: Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.14. Цикл измерения отверстия G421

Цикл G421 позволяет определить координаты центра и диаметр отверстия или круглого кармана. При необходимости фактические значения сравниваются с заданными предельными отклонениями и результат сравнения сохраняется в переменные.

Последовательность движений в цикле измерения:

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

1. Система ЧПУ позиционирует измерительный щуп в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещает на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям через центр кармана ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерение соответственно.
6. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. Фактические значения центра отверстия, диаметра и отклонения сохраняются в Q-переменные.

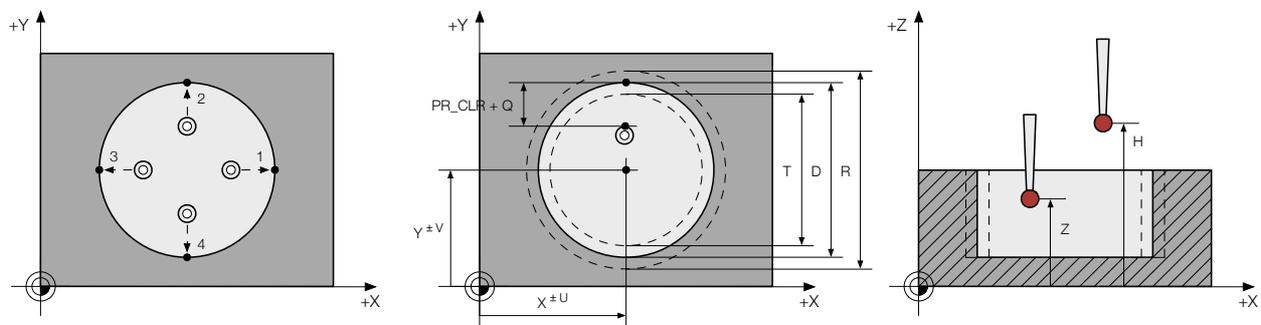


Рисунок 12.15

Формат цикла: G421 X_Y_D_Q_Z_H_P_R_T_U_V_L_E_

X — координата центра круглого кармана или отверстия по оси X.

Y — координата центра круглого кармана или отверстия по оси Y.

D — диаметр круглого кармана или отверстия.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

R — максимально допустимый размер отверстия или кармана.

T — минимально допустимый размер отверстия или кармана.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

U — допустимое отклонение центра отверстия или кармана по оси X.

V — допустимое отклонение центра отверстия или кармана по оси Y.

L — вывод результатов измерения:

- 0 — не составлять протокол измерений;
- 1 — составить протокол измерений. Файл протокола сохраняется в директории: meas_prot.

E — определяет, необходимо ли прерывать выполнение программы при ошибке допуска:

- 0 — не прерывать программу, не выводить сообщение об ошибке;
- 1 — прервать программу, выдать сообщение об ошибке.

Результаты измерения:

Q314 — измеренное положение центра отверстия по оси X.

Q315 — измеренное положение центра отверстия по оси Y.

Q318 — значение измеренного диаметра отверстия.

Q234 — отклонение положения центра по оси X.

Q235 — отклонение положения центра по оси Y.

Q236 — отклонение диаметра.

- Примечание:**
1. Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 2. Если размер кармана и безопасное расстояние не позволяют выполнить предварительное позиционирование перед точками измерения, то измерения производятся из центра кармана. При этом измерительный щуп между точками измерения не перемещается на безопасную высоту.

12.15. Цикл измерения круглого острова G422

Цикл G422 позволяет определить координаты центра и диаметр круглого острова. При необходимости фактические значения сравниваются с заданными предельными отклонениями и результат сравнения сохраняется в переменные.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерение соответственно.
- Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. Фактические значения центра острова, диаметра и отклонения сохраняются в Q-переменные.

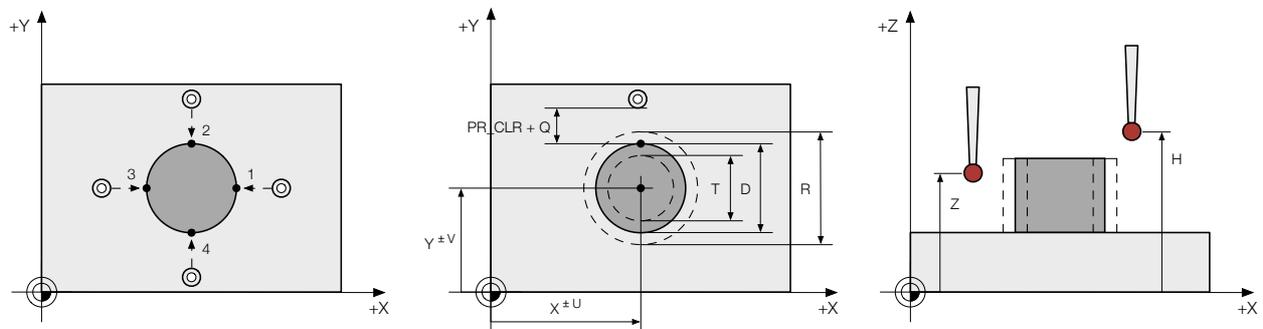


Рисунок 12.16

Формат цикла: G422 X_Y_D_Q_Z_H_P_R_T_U_V_L_E_

X — координата центра круглого острова по оси X.

Y — координата центра круглого острова по оси Y.

D — диаметр круглого острова.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

R — максимально допустимый размер острова.

T — минимально допустимый размер острова.

U — допустимое отклонение центра острова по оси X.

V — допустимое отклонение центра острова по оси Y.

L — вывод результатов измерения:

- 0 — не составлять протокол измерений;
- 1 — составить протокол измерений. Файл протокола сохраняется в директории: meas_prot.

E — определяет, необходимо ли прерывать выполнение программы при ошибке допуска:

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- 0 — не прерывать программу, не выводить сообщение об ошибке;
- 1 — прервать программу, выдать сообщение об ошибке.

Результаты измерения:

Q314 — измеренное положение центра круглого острова по оси X.

Q315 — измеренное положение центра круглого острова по оси Y.

Q318 — значение измеренного диаметра круглого острова.

Q234 — отклонение положения центра по оси X.

Q235 — отклонение положения центра по оси Y.

Q236 — отклонение диаметра.

Примечание: Перед отработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.16. Цикл измерения прямоугольного кармана G423

Цикл G423 позволяет определить координаты центра и длины сторон прямоугольного кармана. При необходимости фактические значения сравниваются с заданными предельными отклонениями и результат сравнения сохраняется в переменные.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерения соответственно.
6. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. Фактические значения центра кармана, его длин и отклонения сохраняются в Q-переменные.

- Примечание:**
1. Перед отработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 2. Если длины кармана и безопасное расстояние не позволяют выполнить предварительного позиционирования перед точками измерения, то измерения производятся из центра кармана. При этом измерительный щуп между точками измерения не перемещается на безопасную высоту.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

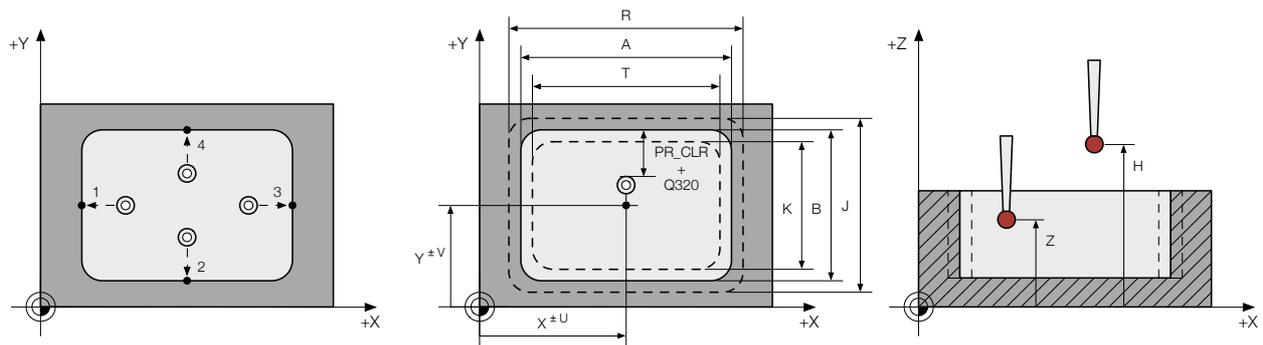


Рисунок 12.17

Формат цикла: G423 X_Y_A_B_Q_Z_H_P_R_T_J_K_U_V_L_E_

X — координата центра прямоугольного кармана по оси X.

Y — координата центра прямоугольного кармана по оси Y.

A — длина кармана вдоль оси X.

B — длина кармана вдоль оси Y.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

R — максимально допустимый размер кармана вдоль оси X.

T — минимально допустимый размер кармана вдоль оси X.

J — максимально допустимый размер кармана вдоль оси Y.

K — минимально допустимый размер кармана вдоль оси Y.

U — допустимое отклонение центра кармана по оси X.

V — допустимое отклонение центра кармана по оси Y.

L — вывод результатов измерения:

- 0 — не составлять протокол измерений;
- 1 — составить протокол измерений. Файл протокола сохраняется в директории: meas_prot.

E — определяет, необходимо ли прерывать выполнение программы при ошибке допуска:

- 0 — не прерывать программу, не выводить сообщение об ошибке;

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- 1 — прервать программу, выдать сообщение об ошибке.

Результаты измерения:

Q314 — измеренное положение центра кармана по оси X.

Q315 — измеренное положение центра кармана по оси Y.

Q316 — значение измеренной длины кармана вдоль оси X.

Q317 — значение измеренной ширины кармана вдоль оси Y.

Q234 — отклонение положения центра по оси X.

Q235 — отклонение положения центра по оси Y.

Q237 — отклонение длины кармана по оси X.

Q238 — отклонение ширины кармана по оси Y.

12.17. Цикл измерения прямоугольного острова G424

Цикл G424 позволяет определить координаты центра и длины сторон прямоугольного острова. При необходимости фактические значения сравниваются с заданными предельными отклонениями и результат сравнения сохраняется в переменные.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения.
4. Измерительный щуп на высоте измерения или на безопасной высоте перемещается параллельно осям ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение.
5. Измерительный щуп последовательно перемещается к 3-ей и 4-ой точкам измерения и осуществляет там третье и четвертое измерения соответственно.
6. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. Фактические значения центра кармана, его длин и отклонения сохраняются в Q-переменные.

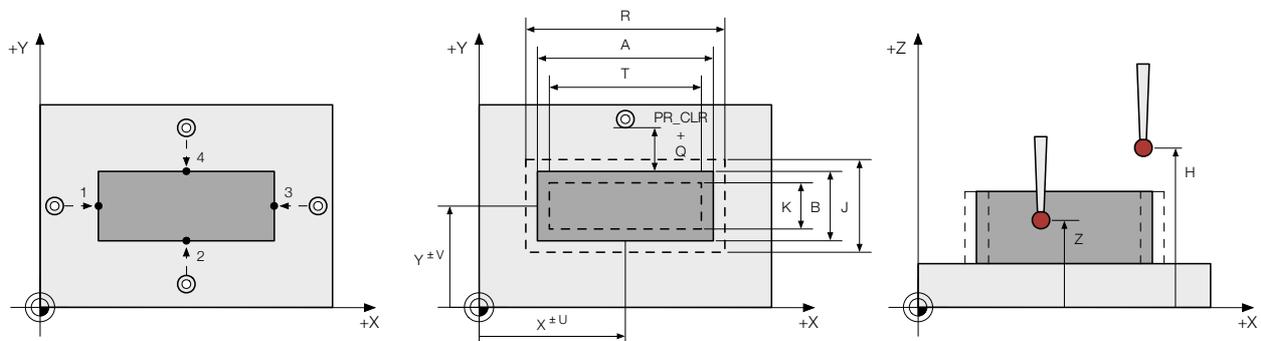


Рисунок 12.18

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

Формат цикла: G424 X_Y_A_B_Q_Z_H_P_R_T_J_K_U_V_L_E_

X — координата центра прямоугольного острова по оси X.

Y — координата центра прямоугольного острова по оси Y.

A — длина острова вдоль оси X.

B — длина острова вдоль оси Y.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

R — максимально допустимый размер острова вдоль оси X.

T — минимально допустимый размер острова вдоль оси X.

J — максимально допустимый размер острова вдоль оси Y.

K — минимально допустимый размер острова вдоль оси Y.

U — допустимое отклонение центра острова по оси X.

V — допустимое отклонение центра острова по оси Y.

L — вывод результатов измерения:

- 0 — не составлять протокол измерений;
- 1 — составить протокол измерений. Файл протокола сохраняется в директории: meas_prot.

E — определяет, необходимо ли прерывать выполнение программы при ошибке допуска:

- 0 — не прерывать программу, не выводить сообщение об ошибке;
- 1 — прервать программу, выдать сообщение об ошибке.

Результаты измерения:

Q314 — измеренное положение центра острова по оси X.

Q315 — измеренное положение центра острова по оси Y.

Q316 — значение измеренной длины острова вдоль оси X.

Q317 — значение измеренной ширины острова вдоль оси Y.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

Q234 — отклонение положения центра по оси X.

Q235 — отклонение положения центра по оси Y.

Q237 — отклонение длины острова по оси X.

Q238 — отклонение ширины острова по оси Y.

Примечание: Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.18. Цикл измерения ширины канавки G425

Цикл G425 позволяет определить положение центра канавки или кармана по измеряемой оси, а также длину/ширину канавки или кармана. При необходимости фактические значения сравниваются с заданными предельными отклонениями и результат сравнения сохраняется в переменные.

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения. При этом измерение всегда производится в положительном направлении запрограммированной оси.
4. Если было задано смещение для второго измерения, то измерительный щуп перемещается на высоте измерения или на безопасной высоте ко 2-ой точке измерения и осуществляет там второе измерение. Если смещение не было задано, то второе измерение производится в противоположном направлении.
5. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. Фактические значения центра канавки, ширина и отклонение сохраняются в Q-переменные.

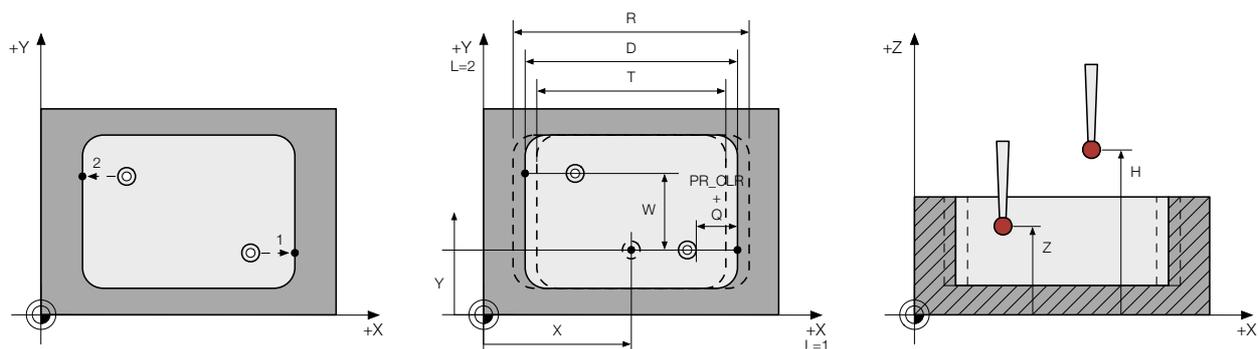


Рисунок 12.19

Формат цикла: G425 X_ Y_ W_ L_ Q_ Z_ H_ D_ P_ R_ T_ M_ E_

X — начальная точка измерения по оси X.

Y — начальная точка измерения по оси Y.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

W — величина, на которую смещается щуп перед вторым измерением.

L — ось в плоскости обработки, вдоль которой проводится измерение:

- 1 — ось измерения - ось X;
- 2 — ось измерения - ось Y.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

D — ширина/длина канавки или кармана.

P — определяет способ перемещения измерительного щупа между точками измерения:

- 0 — перемещение между точками на высоте измерения;
- 1 — перемещение между точками измерения на безопасной высоте.

R — максимально допустимый размер канавки или кармана.

T — минимально допустимый размер канавки или кармана.

M — вывод результатов измерения:

- 0 — не составлять протокол измерений;
- 1 — составить протокол измерений. Файл протокола сохраняется в директории: meas_prot.

E — определяет, необходимо ли прерывать выполнение программы при ошибке допуска:

- 0 — не прерывать программу, не выводить сообщение об ошибке;
- 1 — прервать программу, выдать сообщение об ошибке.

Результаты измерения:

Q312 — измеренное положение центра канавки по запрограммированной оси.

Q313 — значение измеренной ширины.

Q239 — отклонение измеренной ширины.

Примечание: Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.19. Цикл измерения ширины ребра G426

Цикл G426 позволяет определить положение центра ребра по измеряемой оси, а также ширину ребра. При необходимости фактические значения сравниваются с заданными предельными отклонениями и результат сравнения сохраняется в переменные.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

Последовательность движений в цикле измерения:

1. Измерительный щуп позиционируется в 1-ую точку измерения. При этом положение 1-ой точки определяется на основании данных цикла и безопасного расстояния, заданного в таблице щупов.
2. Измерительный щуп перемещается на заданную высоту измерения с подачей позиционирования.
3. Измерительный щуп осуществляет измерение в 1-ой точке с подачей измерения. При этом измерение всегда производится в отрицательном направлении запрограммированной оси.
4. На безопасной высоте измерительный щуп перемещается ко 2-ой точке измерения и выполняет там второе измерение.
5. Измерительный щуп позиционируется на безопасную высоту. Фактические значения центра ребра, ширина и отклонение сохраняются в Q-переменные.

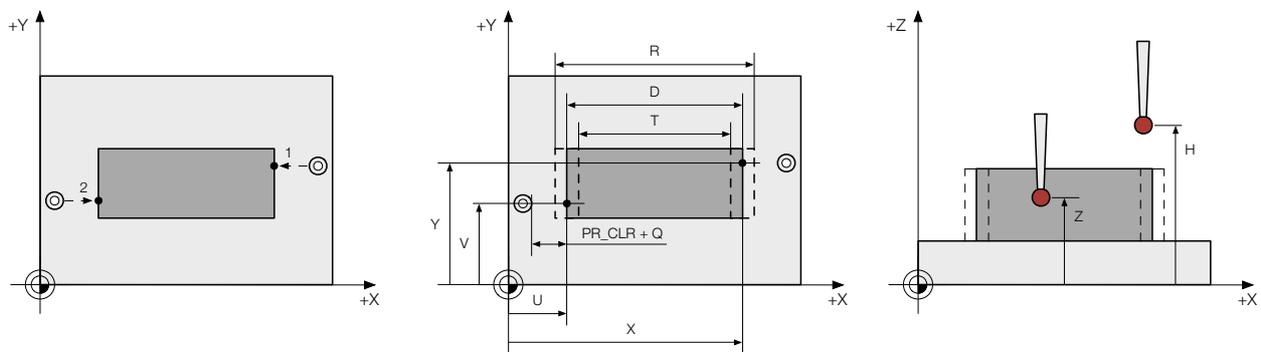


Рисунок 12.20

Формат цикла: G426 X_Y_U_V_L_Q_Z_H_D_R_T_M_E_

X — координата 1-й точки по оси X.

Y — координата 1-й точки по оси Y.

U — координата 2-й точки по оси X.

V — координата 2-й точки по оси Y.

L — ось в плоскости обработки, вдоль которой проводится измерение:

- 1 — ось измерения - ось X;
- 2 — ось измерения - ось Y.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

H — безопасная высота по оси Z.

D — ширина ребра.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

R — максимально допустимый размер ребра.

T — минимально допустимый размер ребра.

M — вывод результатов измерения:

- 0 — не составлять протокол измерений;
- 1 — составить протокол измерений. Файл протокола сохраняется в директории: meas_prot.

E — определяет, необходимо ли прерывать выполнение программы при ошибке допуска:

- 0 — не прерывать программу, не выводить сообщение об ошибке;
- 1 — прервать программу, выдать сообщение об ошибке.

Результаты измерения:

Q312 — измеренное положение центра ребра по запрограммированной оси.

Q313 — значение измеренной ширины.

Q239 — отклонение измеренной ширины.

Примечание: Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.

12.20.Безопасное перемещение измерительного щупа G490

Функция G490 позволяет выполнить безопасное перемещение щупа в заданную координату, при этом перемещение осуществляется с подачей позиционирования, указанной в таблице щупов. Если во время движения наконечник щупа отклоняется по причине наезда на препятствие или деталь, то движение по осям останавливается и выполнение УП прерывается. В этом случае выдается сообщение об ошибке: «Путь нарушен. Движение измерительного щупа остановлено».

Формат: G490 X_ Y_ Z_

где X — координата, в которую нужно переместиться или расстояние, на которое нужно переместиться по оси X;

Y — координата, в которую нужно переместиться или расстояние, на которое нужно переместиться по оси Y;

Z — координата, в которую нужно переместиться или расстояние, на которое нужно переместиться по оси Z.

12.21.Измерение по одной из координат G499

Цикл G499 позволяет выполнить измерение положения плоскости по одной из координат: X, Y или Z. Максимальное расстояние перемещения и подача, с которой осуществляется измерение, определяются параметрами из таблицы щупов. По окончании измерения щуп возвращается в исходную точку. Количество измерений, проводимых в одной точке, определяется соответствующим технологическим параметром в настройках системы ЧПУ.

Формат: G490 X_ Y_ Z_

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

где X – направление измерения по оси X:

- -1 — в отрицательном направлении оси;
- +1 — в положительном направлении оси;
- 0 — не проводить измерение.

Y – направление измерения по оси Y:

- -1 — в отрицательном направлении оси;
- +1 — в положительном направлении оси;
- 0 — не проводить измерение.

Z – направление измерения по оси Z:

- -1 — в отрицательном направлении оси;
- +1 — в положительном направлении оси;
- 0 — не проводить измерение.

- Примечание:**
1. Измерение можно проводить только по одной оси. Если одновременно задать значения, отличные от нуля для двух или трех параметров цикла, то в этом случае выдается сообщение об ошибке.
 2. Если на заданном расстоянии перемещения не произошло срабатывание щупа, то выдается сообщение об ошибке.

Результаты измерения:

Q312 — координата точки касания по выбранной оси.

12.22.Измерение в произвольном направлении G491

Цикл G491 позволяет провести однократное измерение в произвольном направлении, задаваемом через полярный угол. Цикл позволяет определить дистанцию измерения и подачу измерения. После измерения щуп на быстром отходе на безопасное расстояние, задаваемое в цикле.

Формат цикла: G491 L_ E_ P_ Q_ F_ W_

L — ось, в направлении которой проводится измерение:

- 1 — ось измерения - ось X;
- 2 — ось измерения - ось Y;
- 3 — ось измерения - ось Z.

E — угол относительно определенной оси измерения, вдоль которой перемещается щуп ($-180 \leq E \leq 180$).

P — максимальное расстояние, на которое перемещается щуп от начальной точки (может принимать отрицательные значения).

Q — расстояние отхода после измерения в направлении, противоположном направлению измерения ($Q > 0$). Во избежание столкновения измерительный щуп перемещается не дальше начальной точки.

F — подача измерения, мм/мин.

W — система координат, в которой будет сохранен результат измерения:

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

- 0 — в активной системе координат детали;
- 1 — в системе координат станка.

Результаты измерения:

Q314 — измеренное положение для центра сферического наконечника по оси X.

Q315 — измеренное положение для центра сферического наконечника по оси Y.

Q312 — измеренное положение для центра сферического наконечника по оси Z.

12.23.Измерение в произвольном направлении G492

Цикл G492 позволяет провести однократное измерение в произвольном направлении, определяемом вектором направления. Цикл позволяет определить дистанцию измерения и подачу измерения. После измерения щуп на быстром отходит на безопасное расстояние, задаваемое в цикле.

Формат цикла: G492 X_ Y_ Z_ P_ Q_ F_ W_

X — составляющая вектора направления по оси X.

Y — составляющая вектора направления по оси Y.

Z — составляющая вектора направления по оси Z.

P — максимальное расстояние, на которое перемещается щуп от начальной точки вдоль вектора (может принимать отрицательные значения).

Q — расстояние отхода после измерения в направлении, противоположном направлению измерения ($Q > 0$). Во избежании столкновения измерительный щуп перемещается не дальше начальной точки.

F — подача измерения, мм/мин.

W — система координат, в которой будет сохранен результат измерения:

- 0 — в активной системе координат детали;
- 1 — в системе координат станка.

Результаты измерения:

Q314 — измеренное положение для центра сферического наконечника по оси X.

Q315 — измеренное положение для центра сферического наконечника по оси Y.

Q312 — измеренное положение для центра сферического наконечника по оси Z.

Примечание: Значения измеренного положения наконечника щупа сохраняются без учета данных калибровки и без учета поправки на длину инструмента.

12.24.Калибровка датчика по длине G460

Перед использованием измерительного щупа его необходимо откалибровать. Цикл G460 позволяет выполнить калибровку щупа по длине.

Последовательность действий при калибровке измерительного щупа:

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

1. В таблице инструментов для щупа заносится приблизительное значение коррекции на длину инструмента.
2. Выполняется установка датчика вблизи базовой поверхности, перпендикулярной оси Z.
3. Производится запуск цикла калибровки, в ходе которого выполняется измерение координаты Z опорной поверхности и возврат в исходную точку.
4. Производится автоматическое обновление корректора на длину инструмента (щупа).

- Примечание:**
1. Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 2. Перед обработкой цикла необходимо активировать инструмент (щуп) с помощью команды «T_».
 3. Измерение опорной поверхности осуществляется в отрицательном направлении оси Z.

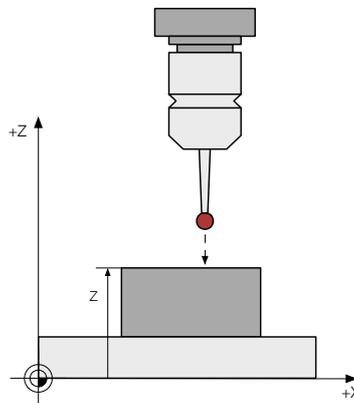


Рисунок 12.21

Формат цикла: G460 Z_

Z — координата опорной измеряемой поверхности по оси Z.

12.25. Калибровка смещений щупа по осям X и Y, калибровка радиуса щупа G461

Цикл G461 позволяет определить смещения центра наконечника щупа по оси X и по оси Y относительно оси вращения шпинделя, а также определить радиус наконечника, используя калибровочное кольцо с заданным диаметром.

Последовательность действий при калибровке измерительного щупа:

1. Выполняется установка наконечника щупа в центр калибровочного кольца с точностью ± 5 мм на высоте, позволяющей выполнить касания внутренних стенок кольца.
2. Производится запуск цикла калибровки, в ходе которого выполняются четыре измерения в плоскости XY и определяется центр отверстия. Затем производится переориентация шпинделя на 180 градусов и повторяют четыре измерения в плоскости XY.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

3. На основании полученных измерений осуществляется расчет значений смещения щупа по оси X и оси Y, а также значения радиуса наконечника щупа. Полученные результаты автоматически заносятся в таблицу измерительных щупов и в таблицу инструментов.

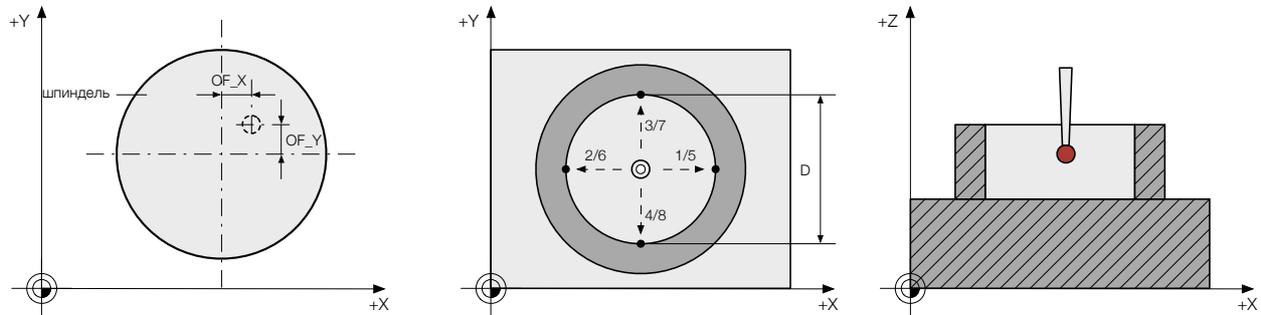


Рисунок 12.22

Формат цикла: G461 D_

D — диаметр калибровочного кольца.

- Примечание:**
1. Перед обработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 2. Перед обработкой цикла необходимо активировать инструмент (щуп) с помощью команды «T_».

12.26. Калибровка смещений щупа по осям X и Y, калибровка радиуса щупа G462

Цикл G462 позволяет определить смещения центра наконечника щупа по оси X и по оси Y относительно оси вращения шпинделя, а также определить радиус наконечника, используя калибровочный остров с заданным диаметром.

Последовательность действий при калибровке измерительного щупа:

1. Выполняется установка наконечника щупа в центр калибровочного острова с точностью ± 5 мм на безопасной высоте над поверхностью острова.
2. Производится запуск цикла калибровки, в ходе которого выполняются четыре измерения в плоскости XY и определяется центр острова. Затем производится переориентация шпинделя на 180 градусов и повторяются четыре измерения в плоскости XY. В конце измерений щуп позиционируется в исходную точку.
3. На основании полученных измерений осуществляется расчет значений смещения щупа по оси X и оси Y, а также значения радиуса наконечника щупа. Полученные результаты автоматически заносятся в таблицу измерительных щупов и в таблицу инструментов.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

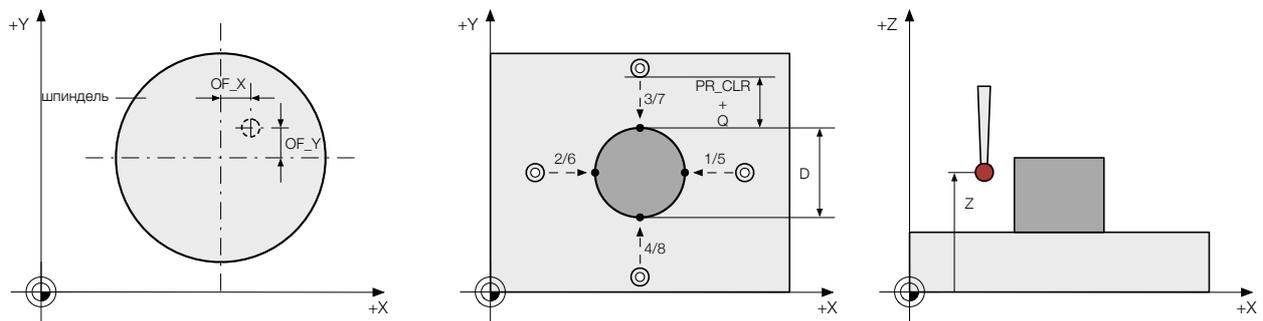


Рисунок 12.23

Формат цикла: G462 D_ Q_ Z_

D — диаметр калибровочного острова.

Q — дополнительное расстояние между точкой измерения и наконечником измерительного щупа ($Q \geq 0$). Значение «Q» добавляется к значению безопасного расстояния (PR_CLR), задаваемого в таблице щупов.

Z — координата центра сферического наконечника щупа по оси Z, на которой производятся измерения.

- Примечание:**
1. Перед отработкой цикла функции масштабирования и зеркального отображения должны быть отключены.
 2. Перед отработкой цикла необходимо активировать инструмент (щуп) с помощью команды «T_».

12.27. Калибровка лазерного измерителя инструмента по уровню G470

Цикл G470 позволяет определить величину отклонения лазерного луча датчика по оси шпинделя от параллельности плоскости обработки.

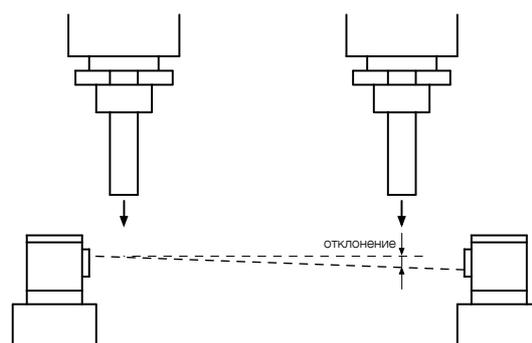


Рисунок 12.24

Перед вызовом цикла калибровочный (эталонный) инструмент или стержень необходимо расположить в 1-ую точку измерения на безопасном расстоянии над лазерным лучом с одной из сторон лазерного измерителя.

Последовательность действий в цикле при калибровке датчика:

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

1. Калибровочный инструмент с подачей измерения перемещается в отрицательном направлении по оси Z до момента срабатывания датчика, а затем на быстром ходу возвращается в исходное положение.
2. Калибровочный инструмент позиционируется во 2-ую точку измерения, исходя из заданных параметров цикла. Перемещение всегда осуществляется по одной оси, вдоль которой установлен лазерный измеритель.
3. Калибровочный инструмент с подачей измерения перемещается в отрицательном направлении по оси Z до момента срабатывания датчика, а затем на быстром ходу возвращается в исходное положение.
4. На основании полученных измерений осуществляется расчет отклонения лазерного луча по оси шпинделя (оси Z) и формируется отчет об измерении.

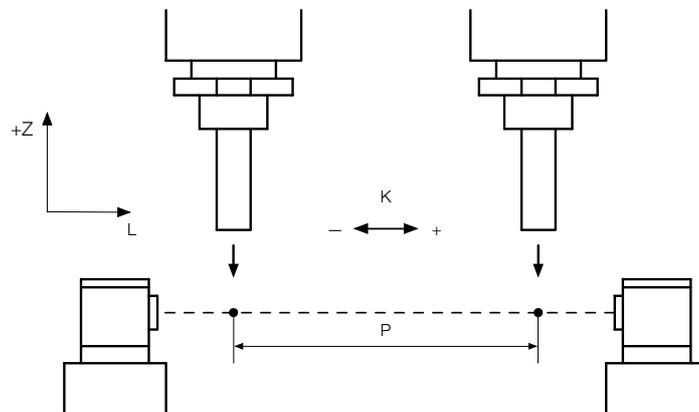


Рисунок 12.25

Формат цикла: G470 L_ K_ P_

L — ось, вдоль которой установлен лазерный измеритель:

- 1 — ось лазерного измерителя - ось X;
- 2 — ось лазерного измерителя - ось Y.

K — направление перемещения инструмента ко 2-ой точке измерения при позиционировании:

- -1 — перемещение в отрицательном направлении по оси измерителя;
- +1 — перемещение в положительном направлении по оси измерителя.

P — расстояние между точками измерения ($Q1375 > 0$).

Примечание: Перед обработкой цикла функции масштабирования, зеркального отображения и разворота плоскости обработки должны быть отключены.

12.28. Калибровка лазерного измерителя по оси Z G471

Цикл G471 позволяет определить и сохранить в памяти системы ЧПУ координату положения лазерного измерителя по оси Z.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

Перед вызовом цикла калибровочный (эталонный) инструмент или стержень необходимо расположить на безопасном расстоянии над лазерным лучом по центру лазерного измерителя.

Последовательность действий в цикле при калибровке лазерного измерителя:

1. Калибровочный инструмент с подачей измерения перемещается в отрицательном направлении по оси Z до момента срабатывания датчика, а затем на быстром ходу возвращается в исходное положение.
2. На основании полученного измерения определяется абсолютное положение лазерного луча по оси шпинделя и данное значение сохраняется в технологические параметры.

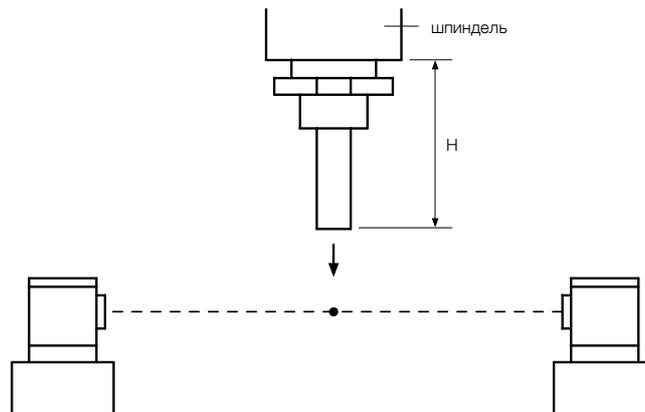


Рисунок 12.26

Формат цикла: G471 H_

H — длина эталонного инструмента ($H \geq 0$).

Примечание: Перед обработкой цикла функции масштабирования, зеркального отображения и разворот плоскости обработки должны быть отключены.

12.29. Калибровка лазерного измерителя по оси X и по оси Y G472

Цикл G472 позволяет определить и сохранить в памяти системы ЧПУ координаты положения лазерного измерителя по оси X и по оси Y.

Перед вызовом цикла калибровочный (эталонный) инструмент или стержень необходимо расположить на безопасном расстоянии над лазерным лучом по центру лазерного измерителя.

Последовательность действий в цикле при калибровке лазерного измерителя:

1. Калибровочный инструмент позиционируется в положительном направлении оси, перпендикулярной оси установки лазерного измерителя, а затем перемещается в отрицательном направлении по оси Z на величины, определяемые параметрами цикла.
2. Калибровочный инструмент с подачей измерения перемещается в направлении лазерного измерителя до момента срабатывания датчика, а затем на быстром ходу возвращается в исходное положение перед измерением.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

3. Калибровочный инструмент позиционируется с противоположной стороны от лазерного измерителя и осуществляет второе измерение. После срабатывания датчика инструмент на быстром ходу возвращается в исходное положение над лазерным измерителем.
4. На основании полученных измерений определяется абсолютное положение лазерного луча по осям X, Y, а также направление установки лазера. Данные значения сохраняются в технологических параметрах.

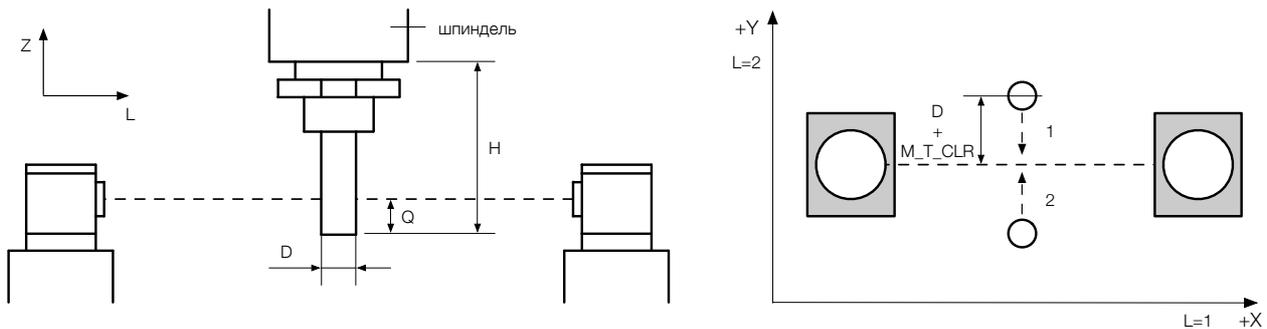


Рисунок 12.27

Формат цикла: G472 H_ D_ Q_ L_

H — длина эталонного инструмента ($H \geq 0$).

D — диаметр эталонного инструмента ($D > 0$).

Q — глубина от поверхности лазера, на которой производится измерение ($Q > 0$).

L — ось, вдоль которой установлен лазерный измеритель:

- 1 — ось лазерного измерителя - ось X;
- 2 — ось лазерного измерителя - ось Y.

- Примечание:**
1. Перед обработкой цикла функции масштабирования, зеркального отображения и разворота плоскости обработки должны быть отключены.
 2. Цикл G472 необходимо использовать после того как была проведена калибровка с использованием цикла G471, в противном случае возможно столкновение инструмента с измерителем.

12.30. Цикл измерения инструмента G480

Цикл G480 позволяет определить длину и радиус инструмента и сохранить результаты измерения в таблицу инструментов.

Последовательность действий при измерении инструмента:

1. Перейти в таблицу инструментов и для измеряемого инструмента задать ориентировочные значения длины и радиуса инструмента, если они не были определены ранее. Если измерение какого-то параметра проводиться не будет, то его можно не задавать.
2. Активировать измеряемый инструмент в режиме «MDI» или в программном режиме, используя команду «T_».

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

3. Расположить инструмент в произвольной точке, расположенной выше уровня луча лазерного измерителя.
4. Вызвать цикл измерения инструмента, указав в параметрах цикла соответствующий тип измерения.

Последовательность движений в цикле при измерении длины инструмента:

1. Автоматически запускается вращение шпинделя на максимально возможное количество оборотов по команде «МЗ».
2. Инструмент позиционируется по осям X и Y в точку над лазерным измерителем, полученную при калибровке, а затем на быстром ходу осуществляет поиск лазерного луча по оси Z. После срабатывания датчика, инструмент отходит по оси Z на безопасное расстояние.
3. Осуществляется измерение длины инструмента по оси Z с подачей измерения, а затем инструмент на быстром ходу возвращается в исходную точку цикла.
4. Результаты измерения обрабатываются и рассчитанное значение длины сохраняется в таблице инструментов для активного инструмента, при этом величина поправки на длину обнуляется.

Последовательность движений в цикле при измерении радиуса инструмента:

1. Автоматически запускается вращение шпинделя на максимально возможное количество оборотов по команде «МЗ».
2. Инструмент позиционируется по осям X и Y в точку над лазерным измерителем, полученную при калибровке, а затем на быстром ходу осуществляет поиск лазерного луча по оси Z. После срабатывания датчика инструмент отходит по оси Z на безопасное расстояние.
3. Инструмента позиционируется с одной из сторон измерителя в точку, расположенную на высоте измерения, осуществляет перемещение к центру лазерного луча и отходит на величину безопасного расстояния.
4. С подачей измерения инструмент повторно перемещается к лазерному лучу до срабатывания датчика, а затем отводится на быстром ходу на безопасное расстояние.
5. Инструмента позиционируется с противоположной стороны измерителя в точку, расположенную на высоте измерения, осуществляет перемещение к центру лазерного луча и отходит на величину безопасного расстояния.
6. С подачей измерения инструмент повторно перемещается к лазерному лучу до срабатывания датчика, а затем отводится на быстром ходу в исходную точку цикла.
7. Результаты измерения обрабатываются и рассчитанное значение радиуса сохраняет в таблице инструментов для активного инструмента, при этом величина поправки на радиус обнуляется.

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

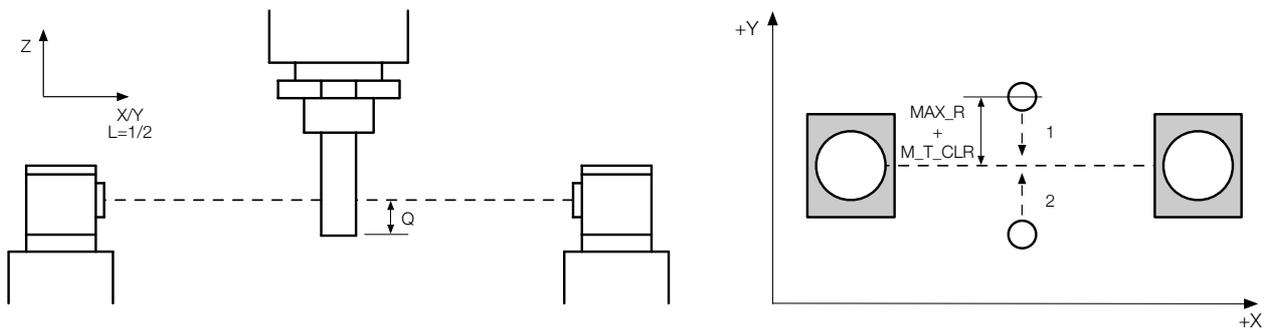


Рисунок 12.28

Формат цикла: G480 P_ Q_ L_

P — вид измерения:

- 1 — измерение длины инструмента;
- 2 — измерение радиуса инструмента;
- 3 — измерение длины и радиуса инструмента.

Q — глубина от поверхности лазера, на которой производится измерение ($Q > 0$). Параметр необходимо указывать в случае измерения радиуса инструмента.

L — ось, вдоль которой установлен лазерный измеритель:

- 1 — ось лазерного измерителя - ось X;
- 2 — ось лазерного измерителя - ось Y.

12.31. Цикл контроль длины инструмента G481

Цикл G481 позволяет осуществить контроль длины уже измеренного инструмента. При этом выполняется сравнение измеренной длины инструмента с текущей активной длиной инструмента. В результате рассчитанное отклонение длины заносится в качестве значения поправки на длину инструмента. Если полученное отклонение длины превышает максимальное отклонение, заданное в цикле, то система приостанавливает выполнение программы и формирует сообщение об износе или поломке инструмента.

Последовательность движений в цикле G481 аналогична той, что была описана в цикле G480 для измерения длины инструмента.

Формат цикла: G481 H_

H — допустимое отклонение длины инструмента.

12.32. Цикл контроля радиуса инструмента G482

Цикл G482 позволяет осуществить контроль радиуса уже измеренного инструмента. При этом выполняется сравнение измеренного радиуса инструмента с текущим активным радиусом инструмента. В результате рассчитанное отклонение радиуса заносится в качестве значения поправки на радиус инструмента. Если полученное отклонение радиуса превышает максимальное отклонение,

12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ

заданное в цикле, то система приостанавливает выполнение программы и формирует сообщение об износе или поломке инструмента.

Последовательность движений в цикле G482 аналогична той, что была описана в цикле G480 для измерения радиуса инструмента.

Формат цикла: G482 D_ Q_

D — допустимое отклонение радиуса инструмента.

Q — глубина от поверхности лазера, на которой производится измерение ($Q > 0$).