

## G-коды

G00 – ускоренное перемещение. Код G00 используется для выполнения ускоренного перемещения. Ускоренное перемещение, или позиционирование, необходимо для быстрого перемещения режущего инструмента к позиции обработки или к безопасной позиции. Ускоренное перемещение никогда не используется для выполнения обработки, так как скорость движения исполнительного органа станка очень высока и непостоянна. Код G00 отменяется при программировании следующих кодов: G01, G02, G03.

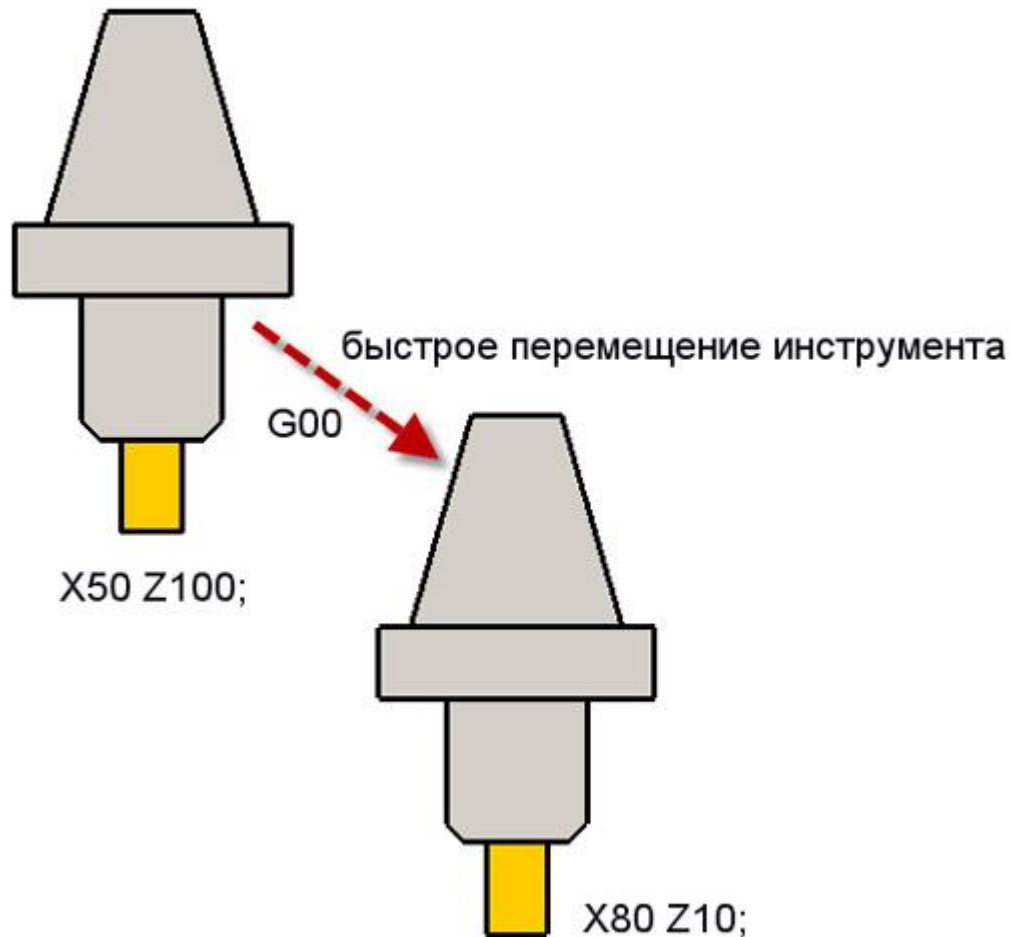


Рис. 16.1. Пример ускоренного перемещения. G00 X80 Z10 – позиционирование в точку с координатами (80; 10). Более подробную информацию вы найдете в главе 6

G01 – линейная интерполяция. Код G01 – команда линейной интерполяции, обеспечивающая перемещение инструмента по прямой линии с заданной скоростью. Скорость перемещения указывается F-адресом. Код G01 отменяется с помощью кодов G00, G02HG03.

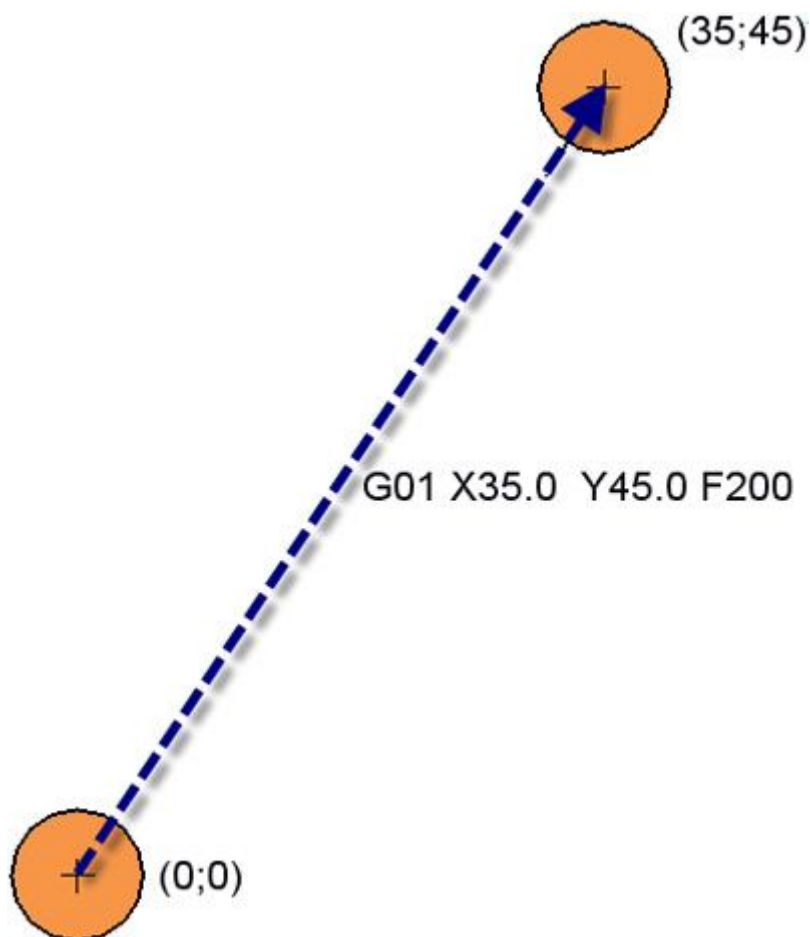


Рис. 16.2. Пример линейной интерполяции.  $G01\ X35\ Y45\ F200$  – перемещение по прямой в точку с координатами (35; 45) со скоростью подачи 200 мм/мин. Более подробную информацию вы найдете в главе 6

$G02$  – круговая интерполяция (дуга в направлении часовой стрелки). Код  $G02$  предназначен для выполнения круговой интерполяции, то есть для перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении часовой стрелки с заданной скоростью. Скорость перемещения указывается F-адресом. Код  $G02$  отменяется с помощью кодов  $G00$ ,  $G01$  и  $G03$ .

$G03$  – круговая интерполяция (дуга против часовой стрелки). Код  $G03$  предназначен для выполнения круговой интерполяции, то есть для перемещения инструмента по дуге (окружности) против часовой стрелки с заданной скоростью. Скорость перемещения указывается F-адресом. Код  $G03$  отменяется с помощью кодов  $G00$ ,  $G01$  и  $G02$ .

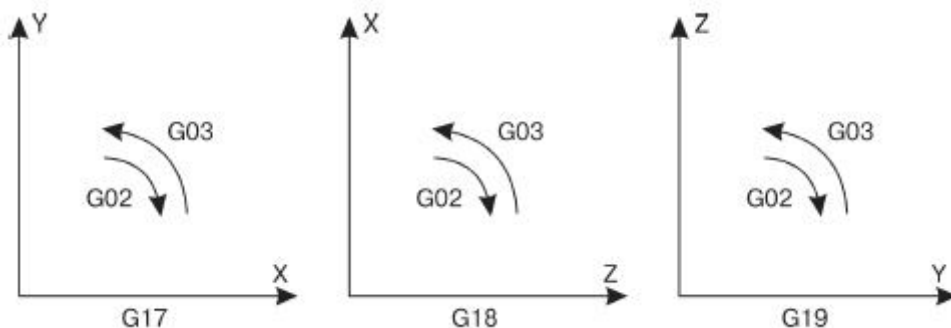


Рис. 16.3. Круговая интерполяция в разных плоскостях

$G04$  – выдержка. Код  $G04$  – команда на выполнение выдержки (паузы) с заданным временем. Этот немодальный код программируется вместе с X- или P-адресом, который указывает длительность времени выдержки. Обычно это время составляет от 0.001 до 99999.999 секунды. Код  $G04$ , X- или P-адрес программируются вместе в одном кадре, который не содержит никаких перемещений.

Если для определения времени выдержки используется P, то нельзя программировать десятичную точку. Адрес P определяет время выдержки в миллисекундах, а X – в секундах. Если команда G04 программируется без временного фактора, то она воспринимается системой ЧПУ как немодальная команда для точного останова.

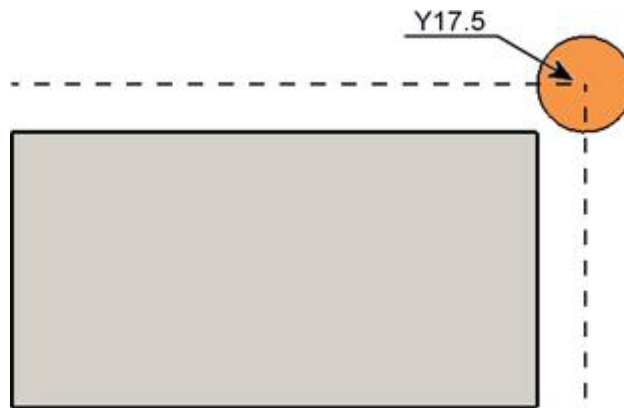
Пример:

G04 X1.5 – выдержка 1.5 секунды;

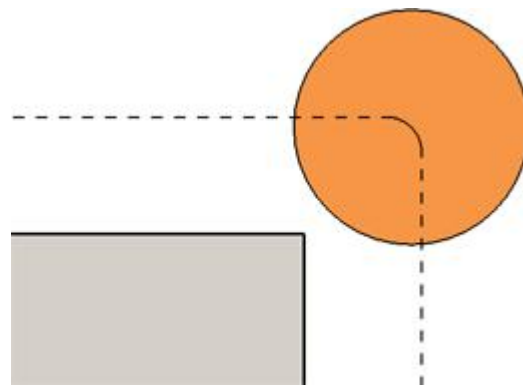
G04 P2000 – выдержка 2 секунды.

G09 – точный останов. Из-за автоматического ускорения и замедления осевых перемещений исполнительных органов станка с ЧПУ не происходит точная обработка кромок углов при переходе от одного движения резания к другому. Эта неточность обработки выражается в закруглении или притуплении углов.

Предположим, вы обрабатываете прямоугольный контур и стремитесь получить острую кромку в углу (рис. 16.4). Если вы работаете в обычном режиме, то возможно, что при переходе от движения по оси Y к движению по оси X произойдет небольшое скругление этой самой кромки (рис. 16.5). Особенно сильно данный эффект проявляется при работе с высокими скоростями подачи и на больших обрабатываемых центрах.



*Рис. 16.4. Необходимо получить острую кромку в правом верхнем углу контура*



*Рис. 16.5. Скругление кромки*

Немодальный код G09 предназначен для согласования фактической траектории инструмента с запрограммированной траекторией. То есть при переходе от одного движения к другому СЧПУ обеспечит законченное и точное перемещение в указанную координату.

Код G09 обычно указывается вместе с координатой, в которой необходимо выполнить точный останов. Управляющая программа, гарантирующая получение острой кромки правого верхнего угла прямоугольного контура, будет выглядеть следующим образом:

```
%  
O0005  
N100 G21  
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
```

N104 T1 M6  
N106 G0 G90 G54 X30. Y-22.5 S1000 M3  
N108 G43 H1 Z100.  
N110 Z10.  
N112 G1 Z-2. F100.  
N114 Y-12.5  
N116 G09 Y17.5  
N118 X-25.  
N120 X-35.  
N122 Z8.  
N124 G0 Z100.  
N126 M5  
N132 M30  
%

Когда инструмент приходит в координату Y17.5, то СЧПУ выполняет точный останов. Время выдержки в этой координате определяется значением специального параметра системы.

Чуть позже вы познакомитесь с кодом G61, который работает аналогично G09, но является модальным.

G10 – включение режима ввода данных в СЧПУ. Команда G10 позволяет устанавливать или смещать рабочую систему координат и вводить определенные значения в регистры коррекции инструмента памяти СЧПУ при помощи управляющей программы или специальной (отдельной) программы.

Если вы хотите ввести какие-либо значения в регистры коррекции при помощи УП, то они должны находиться в начале программы. Этим вы обеспечиваете согласованность значений в регистрах коррекции и самой программы обработки.

Обычно для ввода значений в регистры коррекции применяется следующий формат:

G10 L11 P\_R\_;

где G10 – включение режима ввода данных; L11 – настройка регистра коррекции инструмента; P – выбор регистра коррекции, который необходимо изменить; R – вводимое значение коррекции.

Если команда G10 используется одновременно с кодом G90, то значения в регистрах коррекции переписываются (заменяются новыми значениями). Когда G10 работает вместе с кодом G91, то значения в корректорах складываются (или вычитаются) с числовым значением при R. К примеру, кадр G10 G90 L11 P12 R100.05 заменяет существующее значение в регистре коррекции № 12 на новое значение 100.05.

Для того чтобы установить или сместить рабочую систему координат, используется следующий формат:

G10 L2 P\_X\_Y\_Z\_;

где G10 – включение режима ввода данных; L2 – определение стандартной рабочей системы координат; P – выбор рабочей системы координат; X, Y, Z – значения, определяющие новое положение рабочей системы координат.

Подготовительная функция G10 является модальной и остается активной до тех пор, пока не будет отменена кодом G11. Перед использованием G10 внимательно ознакомьтесь с документацией к станку, так как формат кадра с G10 может быть различным.

G11 – выключение режима ввода данных в СЧПУ. При помощи команды G11 отменяется команда G10 для включения режима ввода данных в СЧПУ.

G15 – выключение режима полярных координат. При помощи команды G15 вы отменяете режим работы в полярной системе координат и возвращаетесь к программированию в прямоугольной системе координат.

G16 – включение режима полярных координат. Подготовительная функция G16 позволяет работать в полярной системе координат. При этом запрограммированная позиция определяется углом и расстоянием от нулевой точки рабочей системы координат или от текущей действительной позиции.

Работать в полярной системе координат можно в одной из трех плоскостей. С кодом G17 вы работаете в плоскости XY, с кодом G18 – в плоскости XZ, а с помощью кода G19 – в плоскости YZ.

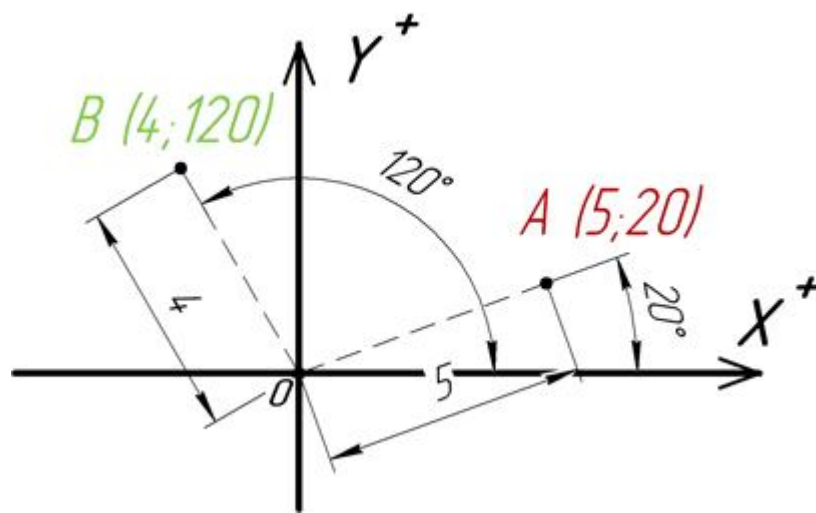


Рис. 16.6. Полярные координаты: точка A (5;20) и точка B (4; 120)

Если активна плоскость XY, то X-адрес определяет радиус, а Y устанавливает угол относительно оси X. Если активна плоскость XZ, то X адрес определяет радиус, а Z устанавливает угол относительно оси X. Если активна плоскость YZ, то Y-адрес определяет радиус, а Z устанавливает угол относительно оси Y. Положительным считается угол, который отсчитывается против часовой стрелки.

Полярные перемещения, которые указываются при действующей команде G90, выполняются относительно нулевой точки активной рабочей системы координат. Если же действует код G91, то полярные перемещения выполняются относительно текущей позиции. Значения угла и радиуса могут быть запрограммированы независимо как абсолютные или относительные значения. То есть полярное перемещение может быть одновременно определено углом от нулевой точки рабочей системы координат и расстоянием (радиусом) от текущей позиции.

Нередки случаи, когда на чертежах отверстия указываются при помощи полярных координат. Чтобы не пересчитывать полярные координаты в прямоугольные, можно воспользоваться подготовительной функцией G16.

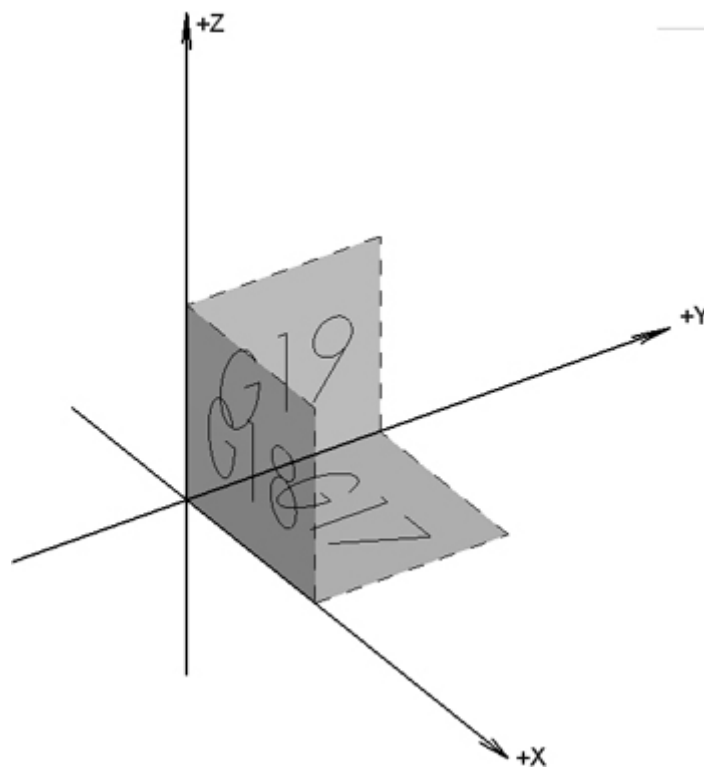
```
...
G90 G17 G16
G81 G98 X4 Y30 Z-2 R0.5 F50
Y60
Y90
G15 G80
...
```

Команда G16 является модалной, поэтому остается активной до тех пор, пока ее не отменят командой G15.

G17 – выбор плоскости XY. Подготовительная функция G17 предназначена для выбора плоскости XY в качестве рабочей (рис. 16.7). Плоскость XY становится определяющей при использовании круговой интерполяции, вращения системы координат и постоянных циклов сверления.

G18 – выбор плоскости XZ. Подготовительная функция G18 предназначена для выбора плоскости XZ в качестве рабочей (рис. 16.7). Плоскость XZ становится определяющей при использовании круговой интерполяции, вращении системы координат и постоянных циклов сверления.

G19 – выбор плоскости YZ. Подготовительная функция G19 предназначена для выбора плоскости YZ в качестве рабочей (рис. 16.7). Плоскость YZ становится определяющей при использовании круговой интерполяции, вращения системы координат и постоянных циклов сверления.



*Рис. 16.7. G17, G18, G19 используются для выбора активной плоскости системы координат*

G20 – ввод дюймовых данных. Код G20 активирует режим работы с дюймовыми данными. Пока действует этот режим, все вводимые данные воспринимаются как дюймовые. Рекомендуется во всех программах, которые написаны в дюймовых размерах, поставить команду G20 в начало программы (в строку безопасности), чтобы в случае, если в программе, выполняемой до этого, действовал метрический режим, обеспечить выбор корректного формата.

Пример:

N10 G20 G40 G49 G54 G80 G90 – код G20 в строке безопасности.

Команда является модальной и действует до тех пор, пока ее не отменят командой G21.

G21 – ввод метрических данных. Код G21 активирует режим работы с метрическими данными. Пока действует этот режим, все вводимые данные воспринимаются как метрические. Рекомендуется во всех программах, которые написаны в метрических размерах, поставить команду G21 в начало программы (в строку безопасности), чтобы в случае, если в программе, выполняемой до этого, действовал дюймовый режим, обеспечить выбор корректного формата.

Пример:

N10 G21 G40 G49 G54 G80 G90 – код G21 в строке безопасности.

Команда является модальной и действует до тех пор, пока ее не отменят командой G20.

G22 – включение режима предельных перемещений. Код G22 активирует установленный предел перемещений. В этом случае инструмент не может выйти за пределы ограничивающей области. Эта область, как правило, устанавливается с помощью параметров СЧПУ.

G23 – выключение режима предельных перемещений. При выполнении команды G23 установленные пределы перемещений не действуют. То есть код G23 отменяет действие кода G22 и позволяет инструменту перемещаться в любую точку рабочей зоны станка.

G27 – проверка возврата к исходной позиции. Код G27 работает аналогично коду G28 (см. далее).

Единственная разница заключается в том, что если позиция, к которой произошло перемещение исполнительного органа, не соответствует исходной позиции, то в случае с G27 система ЧПУ станка выдает аварийное сообщение или сигнал.

Команды G27 и G28 могут использоваться в циклах и макросах автоматической смены инструмента. Перед выполнением этих G-кодов обычно отменяют коррекцию инструмента.

G28 – автоматический возврат в исходную позицию. Команда G28 предназначена для возврата станка в исходную позицию. Под этим понимается ускоренное перемещение исполнительных органов в нулевую точку станка. Возврат в исходную позицию предназначен прежде всего для возможности проверки размеров и качества обрабатываемой детали в середине программы обработки. Иногда код G28 ставят в конец управляющей программы, чтобы после ее завершения рабочий стол переместился в положение, удобное для съема обработанной детали.

Условный кадр для автоматического возврата в исходную позицию выглядит так:

```
G91G28X0.0Y0.0Z0.0
```

Если в кадре с G28 указываются оси X, Y и Z с нулевыми значениями, то возврат в исходную позицию происходит по этим трем осям. Однако не всегда нужно выполнять эту операцию со всеми осями. Возможно, что вам потребуется перемещение только по двум из них. Например, для возврата по осям Z и Y в программе обработки должен стоять следующий кадр:

```
G91 G28 Y0.0. Z0.0
```

Обратите особое внимание на находящийся в кадре код G91. Как вы знаете, этот код активирует работу в относительных координатах. Дело в том, что G28 позволяет запрограммировать некоторую промежуточную точку, в которую будет совершено перемещение, перед тем как станок вернется в исходную позицию. На самом деле координаты, указанные в кадре, являются координатами именно промежуточной точки. В приведенных ранее примерах мы указывали в качестве координат промежуточной точки нулевые значения. Так как в кадре стоит код относительных координат G91, то станок должен переместиться относительно текущей позиции на нуль миллиметров по каждой из осей. То есть не должен никуда двигаться. Вот поэтому при наличии в УП кадра G91 G28 X0.0 Y0.0 Z0.0 станок будет сразу возвращен в исходную позицию без «заезда» в промежуточную точку.

Если в программе обработки находится кадр G91 G28 X10.0 Z20.0, то станок сначала переместится вправо и вверх, а только затем вернется в нулевую точку. Для чего нужна эта промежуточная точка? Код G28 вызывает ускоренное перемещение, аналогичное G00, а в этом случае оно может быть непрямолинейным. То есть можно запросто что-нибудь «зацепить». Опытный программист старается сначала поднять инструмент вверх, а уже затем «отпустить» станок в нулевую точку:

```
G91 G28 X0.0 Y0.0 Z20.0
```

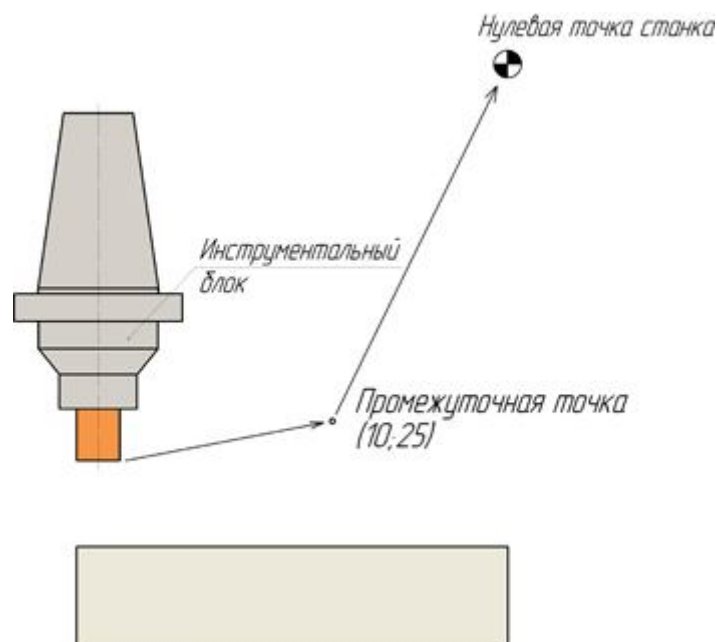


Рис. 16.8. Если в УП присутствует команда G91 G28 X10 Y25, то инструмент сначала переместится в промежуточную точку, а затем вернется в нуль станка

Опасайтесь указывать в кадре с G28 код абсолютных координат G90. Если в УП находится кадр G90 G28 X0.0 Y0.0 Z0.0, то очень высока вероятность столкновения режущего инструмента с частями станка или деталью.

G30 – возврат к позиции смены инструмента. При помощи команды G30 осуществляется автоматический возврат оси Z к позиции смены инструмента и отменяется действующая коррекция инструмента. Кадр для выполнения возврата к позиции смены инструмента должен выглядеть так:

G30 G91 Z0

Будьте внимательны: если в кадре вместо G90 находится код G91, то шпиндель будет перемещаться к поверхности рабочего стола.

G31 – функция пропуска с реакцией на внешний сигнал. В некоторых станках можно использовать функцию пропуска с реакцией на внешний сигнал. При помощи немодального кода G31 программист программирует линейную интерполяцию аналогично G01, но скомбинированную с возможной реакцией на внешний сигнал. Внешний сигнал подается при нажатии на определенную клавишу панели УЧПУ, например на клавишу Старт цикла.

Если сигнал пропуска не подавать, то программа будет выполняться таким образом, как если бы была запрограммирована команда G01. Если СЧПУ получит внешний сигнал, то выполнение программы переходит сразу же к следующему кадру данных.



Рис. 16.9. Функция пропуска с реакцией на внешний сигнал

G40 – отмена автоматической коррекции радиуса инструмента. Автоматическая коррекция радиуса инструмента отменяется программированием команд G40 и D00. Обычно код G40 находится в кадре с командой прямолинейного холостого перемещения от контура детали.

G1 G40 X100

Некоторые станки отменяют автоматическую коррекцию радиуса инструмента при нажатии на кнопку аварийного останова или сброса, в случае возврата к нулевой точке станка и с помощью кодов окончания программы.

G41 – коррекция на радиус, инструмент слева от детали. Код G41 применяется для включения автоматической коррекции радиуса инструмента, находящегося слева от детали. Направление смещения определяется, если смотреть на траекторию сверху вниз, то есть со стороны «+Z» в направлении «-Z».

G42 – коррекция на радиус, инструмент справа от детали. Код G42 применяется для включения автоматической коррекции радиуса инструмента, находящегося справа от детали. Направление смещения определяется, если смотреть на траекторию сверху вниз, то есть со стороны «+Z» в направлении «-Z».



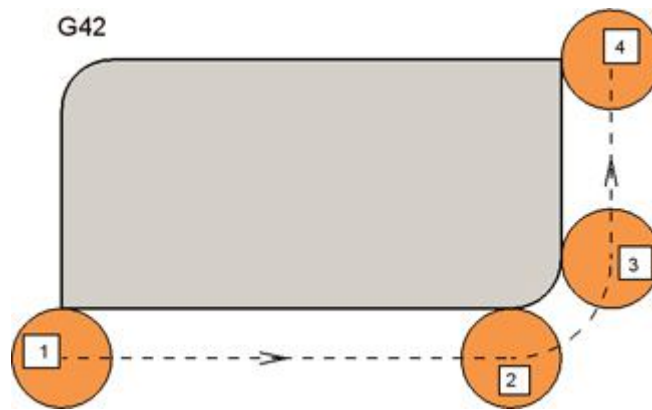


Рис. 16.11. Коррекция справа

G43 –Компенсировать длину инструмента положительно. При выполнении УП базовая позиция шпинделя (точка пересечения торца и оси вращения) определяется запрограммированными координатами. Проблема заключается в том, что в базовой позиции шпинделя обработка резанием не осуществляется. Обработка производится кромкой режущего инструмента, которая находится на некотором расстоянии от базовой точки шпинделя. Для того чтобы в запрограммированную координату приходила именно режущая кромка, а не шпиндель, необходимо «объяснить» СЧПУ, на какую величину по оси Z нужно сместить эту базовую точку.

Компенсация длины инструмента осуществляется путем программирования команды G43 и H-слова данных. Обычно компенсация длины активируется совместно с холостым перемещением по оси Z.

Пример: G43 H01 Z100

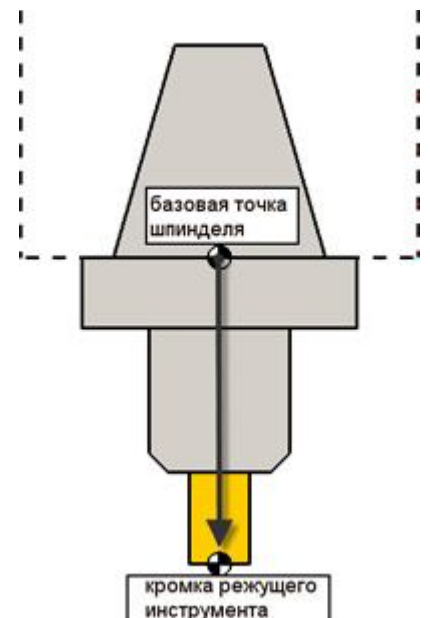
G44 - Компенсировать длину инструмента отрицательно

Пример: G44 X15. Y15. Z4. H1 S1000 M3

G49 – отмена компенсации длины инструмента. Компенсация длины инструмента отменяется путем программирования команды G49 или H00.

G50 – выключение режима масштабирования. Код G50 предназначен для выключения режима масштабирования G51.

G51 – включение режима масштабирования. В этом режиме программист изменяет коэффициент масштаба для координатных осей станка. Режим активируется при помощи модального кода G51 и отменяется кодом G50.



Можно указать коэффициент масштаба для всех осей одновременно или отдельно для каждой оси. Если коэффициент масштаба более 1, то система координат увеличивается. Если же коэффициент масштаба менее 1, то система координат уменьшается.

*Рис. 16.12. Команда G43H\_ смещает базовую точку шпинделя к кромке режущего инструмента*

Для единого изменения масштаба обычно используется следующий формат:

G51 X\_Y\_Z\_P\_

где G51 – включение режима масштабирования; X – координата по оси X для средней точки масштаба; Y – координата по оси Y для средней точки масштаба; Z – координата по оси Z для средней точки масштаба; P – коэффициент масштаба для всех осей.

При независимом изменении масштаба возможно также зеркальное отображение с помощью отрицательных коэффициентов масштаба. Для независимого изменения масштаба обычно используется следующий формат:

G51 X Y Z I J K

где G51 – включение режима масштабирования; X – координата по оси X для средней точки масштаба; Y – координата по оси Y для средней точки масштаба; Z – координата по оси Z для средней точки масштаба; I – коэффициент масштаба для оси X; J – коэффициент масштаба для оси Y; K – коэффициент масштаба для оси Z.

В функции зеркального отображения комбинируются между собой независимое изменение масштаба и возможность зеркального отображения запрограммированных координат по одной или нескольким осям. В следующем программном примере поясняется функция зеркального отображения без изменения масштаба.

## Основная программа

```
...
G90 G01 F100
M98 P101
G51 X5 Y5 I-1 J1 K1
M98 P101
G51 X5 Y5 I-1 J-1 K1
M98 P101
G51 X5 Y5 I1 J-1 K1
M98 P101
...
```

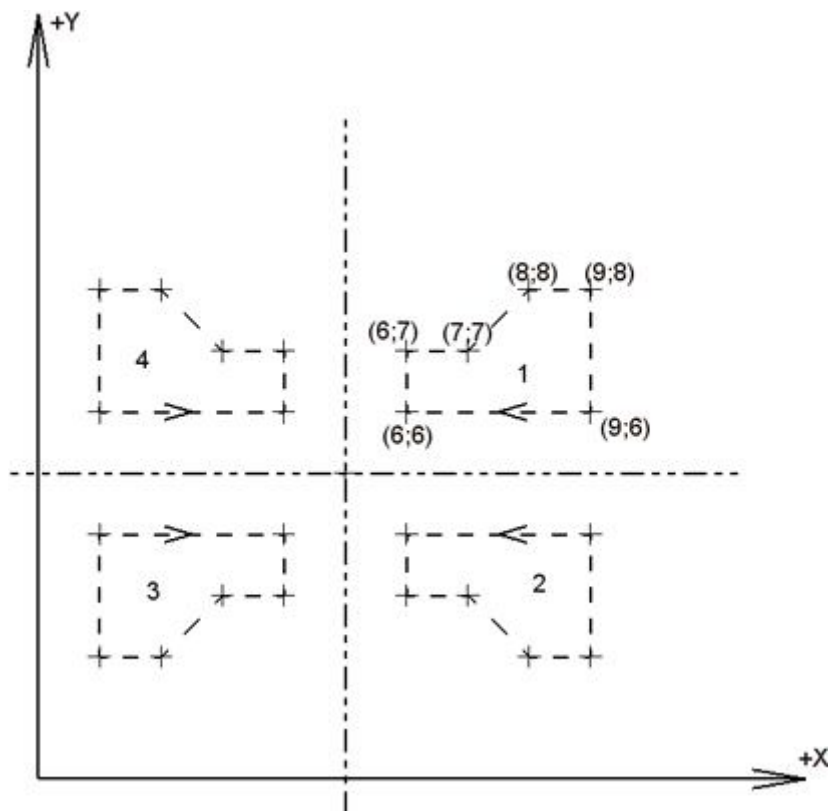


Рис. 16.13. Зеркальное отображение траектории

## Подпрограмма

```
O0101
G90 X6 Y6
Y7
X7
X8 Y8
X9
Y6
X6
M99
```

G52 – локальная система координат. СЧПУ позволяет устанавливать, кроме стандартных рабочих систем координат, еще и локальные системы координат. Код G52 используется для определения подчиненной системы координат в пределах действующей рабочей системы (G54–G59).

Когда СЧПУ станка исполняет команду G52, то начало действующей рабочей системы координат смещается на значение, указанное при помощи слов данных X, Y и Z:

```
G52 X_Y_Z_
```

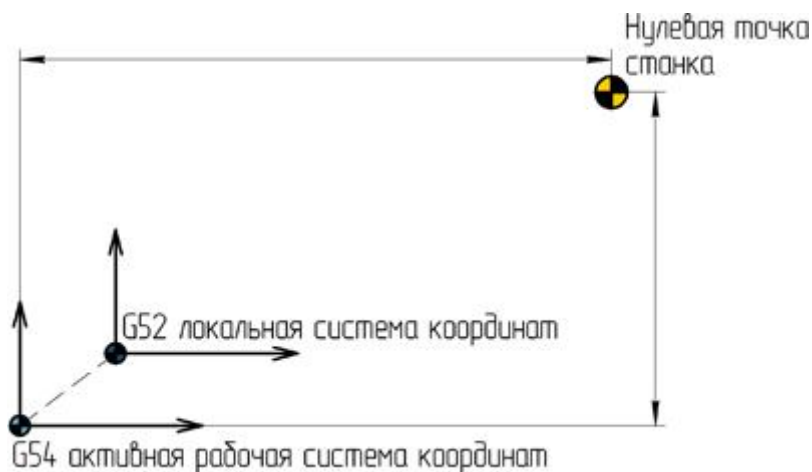


Рис. 16.14. Локальная система координат

Команда G52 автоматически отменяется, если программируется другая рабочая система координат G54–G59 или с помощью команды G52 X0. Y0. Z0.

Команда G53 используется для отключения смещения начала системы координат.

При выполнении команды G53 временно отменяются смещения рабочих координат и используется систему координат станка. G53 X0.Y0.Z0.

G54–G59 – стандартные рабочие системы координат. При помощи кодов G54, G55, G56, G57, G58 и G59 определяется, в какой рабочей системе координат будет производиться обработка детали. Подробную информацию об этих кодах и о взаимосвязи рабочей системы координат с системой координат станка вы можете найти в главе 3. Путем выбора различных координатных систем программист может при помощи одной и той же программы обрабатывать различные детали. Если была выбрана одна из координатных систем G54–G59, то она действует до тех пор, пока не будет активирована другая координатная система.

G60 – позиционирование в одном направлении. С помощью команды G60 ко всем запрограммированным позициям по каждой оси можно перемещаться из определенного направления («+» или «-»). Благодаря этому появляется возможность исключить ошибки позиционирования, которые могут возникать из-за мертвого хода в системах сервопривода. Чаще всего направление и величина перемещения задаются параметрами СЧПУ.

G61 – режим точного останова. Команда G61 предназначена для включения режима точного останова. Функция точного останова подробно описана в характеристике кода G09. Единственная разница между кодами G61 и G09 заключается в том, что G09 является немодальной командой, то есть действует только в определенном кадре. Модальный код G61 остается активным, пока не будет запрограммирована команда на изменение этого режима, например с помощью кода G63 для включения режима нарезания резьбы метчиком или кода G64 режима резания.

G63 – режим нарезания резьбы метчиком. Режим нарезания резьбы метчиком активируется при помощи кода G63 и используется в циклах нарезания резьбы. В этом режиме невозможна корректировка скорости подачи при помощи специальной рукоятки на панели УЧПУ станка. Режим отменяется программированием команды режима резания G64.

G64 – режим резания. Стандартный режим резания активируется кодом G64. С помощью этого кода отменяются другие специальные режимы – режим нарезания резьбы метчиком и режим точного останова.

G65 – немодальный вызов макропрограммы. Код G65 позволяет выполнить макропрограмму, находящуюся в памяти СЧПУ. Формат для немодального вызова макропрограммы выглядит следующим образом:

G65 P\_L\_

где G65 – команда для вызова макропрограммы; P – номер макропрограммы; L – количество выполнений макропрограммы. Если L не указывается, то СЧПУ считает, что L = 1.

G66 – модальный вызов макропрограммы. Команда G66 предназначена для вызова макропрограммы, как и команда G65. Единственная разница между двумя этими кодами заключается в том, что G66 является модальным кодом и макропрограмма выполняется при каждом перемещении, пока не будет запрограммирована команда G67. Формат для модального вызова макропрограммы:

G66 P\_L\_

где G66 – команда для вызова макропрограммы; P – номер макропрограммы; L – количество выполнений макропрограммы.

Если L не указывается, то СЧПУ считает, что L = 1.

G67 – отмена модального вызова макропрограммы. При помощи кода G67 отменяется режим модального вызова макропрограммы G66.

G68 – вращение координат. Модальная команда G68 позволяет выполнить поворот координатной системы на определенный угол. Для выполнения такого поворота требуется указать плоскость вращения, центр вращения и угол поворота. Плоскость вращения устанавливается при помощи кодов G17 (плоскость XY), G18 (плоскость XZ) и G19 (плоскость YZ). Если желаемая плоскость вращения уже активирована, то программирование команд G17, G18 и G19 в кадре с G68 не требуется.

При действующей команде G90 центр вращения указывается абсолютными координатами относительно нулевой точки станка, если не выбрана одна из стандартных рабочих систем координат. Если выбрана одна из рабочих систем координат G54–G59, то центр вращения устанавливается относительно нулевой точки активной рабочей системы координат. В случае действующей команды G91 центр вращения указывается относительно текущей позиции. Если же координаты цент ра вращения не будут указаны, то в качестве центра вращения будет принята текущая позиция.

Угол вращения указывается при помощи R-слова данных. Формат для команды вращения координат обычно следующий:

G17 G68 X\_Y\_R\_

G69 – отмена вращения координат. При помощи кода G68 отменяется режим вращения координат.

G73–G89 – постоянные циклы

G код	Описание
G80	Отмена постоянного цикла
G81	Стандартный цикл сверления
G82	Сверление с выдержкой
G83	Цикл прерывистого сверления
G73	Высокоскоростной цикл прерывистого сверления
G84	Цикл нарезания резьбы
G74	Цикл нарезания левой резьбы
G85	Стандартный цикл растачивания

О работе с постоянными циклами сверления, растачивания и нарезания резьбы вы можете узнать из главы 8.

G90 – режим абсолютного позиционирования. В режиме абсолютного позиционирования G90 перемещения исполнительных органов производятся относительно нулевой точки станка или относительно нулевой точки рабочей системы координат G54–G59. Код G90 является модальным и отменяется при помощи кода относительного позиционирования G91.

G91 – режим относительного позиционирования. При помощи кода G91 активируется режим относительного (инкрементального) позиционирования. При относительном способе отсчета за нулевое положение каждый раз принимается положение исполнительного органа, которое он занимал перед началом перемещения к следующей опорной точке. Код G91 является модальным и отменяется при помощи кода абсолютного позиционирования G90.

G92 – сдвиг абсолютной системы координат. Возникают ситуации, когда у оператора станка появляется необходимость установить определенные значения в регистрах абсолютной системы координат для перемещения нулевой точки в новое положение. Дело в том, что не все станки имеют набор из стандартных рабочих систем координат, устанавливаемых с помощью кодов G54–G59. Команда G92 применялась на станках еще до появления функции работы с несколькими стандартными системами координат.

Код G92 используют для сдвига текущего положения нулевой точки путем изменения значений в регистрах рабочих смещений. Когда СЧПУ выполнит команду G92, то значения в регистрах смещений изменятся и станут равными значениям, которые определены X-, Y- и Z-словами данных. Самое главное – учтите, что X-, Y-, Z-слова данных будут показывать текущее положение инструмента в новой координатной системе.

#### G92X Y Z

Рассмотрим, как работает команда G92, на конкретном примере. На рис. 16.15 изображены две заготовки. Заготовка А находится в начальной нулевой точке, которую установил оператор. Нам необходимо обработать заготовку В, которая расположена на 60 мм правее заготовки А, путем смещения начальной нулевой точки.

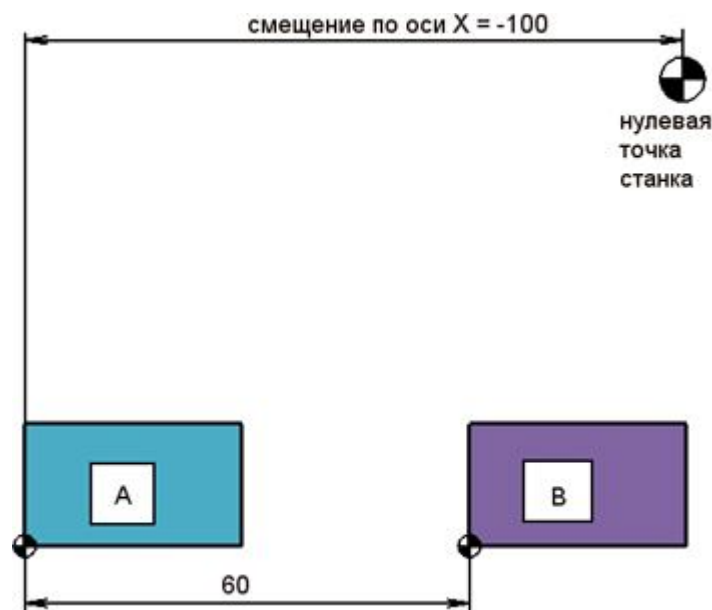


Рис. 16.15. С помощью G92 мы заменяем регистры абсолютной позиции станка и смещаем нулевую точку

Сначала переместим инструмент в известную нам начальную нулевую точку, а затем используем G92:

```
...  
G00 X0 Y0  
G92 X-60 Y0  
...
```

Кадр G92 X-60 Y0 означает, что новое текущее положение инструмента определено координатами  $(-60; 0)$ , то есть на 60 мм левее требуемой нулевой точки. Таким образом, искомая нулевая точка будет находиться на 60 мм правее текущего положения инструмента.

Существует другой метод для достижения этого же результата. Можно сначала переместить инструмент в позицию, которую мы хотим сделать новой нулевой точкой, и затем выполнить команду G92 X0 Y0.

```
...  
G00 X60 Y0  
G92 X0 Y0  
...
```

Команда G92 сама по себе не вызывает осевых перемещений. Указанное при помощи G92 смещение координатной системы на большинстве станков может быть отменено возвратом в нулевую точку или выключением станка.

G94 – скорость подачи в дюймах/миллиметрах в минуту. При помощи команды G94 указанная скорость подачи устанавливается в дюймах за 1 минуту или в миллиметрах за 1 минуту.

Если действует дюймовый режим G20, то скорость подачи F определяется как подача в дюймах за 1 минуту. Если же активен метрический режим G21, то скорость подачи F определяется как подача в миллиметрах за 1 минуту.

G20 F10 – скорость подачи 10 дюймов в минуту; G21 F10 – скорость подачи 10 миллиметров в минуту.

Модальный код G94 остается активным до тех пор, пока не будет запрограммирован код G95.

G95 – скорость подачи в дюймах/миллиметрах на оборот. При помощи команды G95 указанная скорость подачи устанавливается в дюймах на 1 оборот шпинделя или в миллиметрах на 1 оборот шпинделя. То есть скорость подачи F синхронизируется со скоростью вращения шпинделя S. При одном и том же значении F скорость подачи будет увеличиваться при увеличении числа оборотов шпинделя.

G20 F0.1 – скорость подачи равна 0.1 дюйма на оборот; G21 F0.1 – скорость подачи равна 0.1 миллиметра на оборот. Модальный код G95 остается активным до тех пор, пока не будет запрограммирован код G94.

G98 – возврат к исходной плоскости в цикле. Если постоянный цикл станка работает совместно с кодом G98, то инструмент возвращается к исходной плоскости в конце каждого цикла и между всеми обрабатываемыми отверстиями. Исходная плоскость – это координата по оси Z (уровень), в которой находится инструмент перед вызовом постоянного цикла. Команда G98 отменяется при помощи команды G99.

G99 – возврат к плоскости отвода в цикле. Если цикл сверления работает совместно с кодом G99, то инструмент возвращается к плоскости отвода между всеми обрабатываемыми отверстиями. Плоскость отвода – это координата по оси Z (уровень), с которой начинается сверление на рабочей подаче и в которую возвращается инструмент после того, как он достиг дна обрабатываемого отверстия. Плоскость отвода обычно устанавливается в кадре цикла с помощью R-адреса. Команда G99 отменяется при помощи команды G98.

## Адреса/слова данных

X является командой осевого перемещения. Как правило, за X принимают ось, вдоль которой возможно наибольшее перемещение исполнительного органа станка. При этом ось X перпендикулярна к оси Z и параллельна плоскости рабочего стола.

Положительное или отрицательное число, входящее в состав этого слова данных, определяет конечную позицию исполнительного органа станка вдоль оси X. В кадре можно запрограммировать X только один раз. Если в одном кадре будет несколько команд X, то СЧПУ будет работать с последней из них (которая ближе к знаку конца кадра).

Пример:

G01 G90 X100 F200 – линейное перемещение в координату  $X = 200$  со скоростью 200 мм/мин.

Когда  $X$  находится в одном кадре с кодом выдержки G04, то оно определяет время этой выдержки в секундах (паузы).

Пример:

G04 X5.0 – выполнить выдержку продолжительностью 5 секунд.

$Y$  является командой осевого перемещения. Ось  $Y$  перпендикулярна осям  $X$  и  $Z$ . Положительное или отрицательное число, входящее в состав этого слова данных, определяет конечную позицию исполнительного органа станка вдоль оси  $Y$ . В кадре можно запрограммировать  $Y$  только один раз. Если в кадре будут указаны несколько команд  $Y$ , то СЧПУ будет работать с последней из них (которая ближе к знаку конца кадра).

Пример:

G01 G90 Y102 F200 – линейное перемещение в координату  $Y = 102$  со скоростью 200 мм/мин.

$Z$  является командой осевого перемещения. В качестве положительного направления оси  $Z$  принимают вертикальное направление вывода инструмента (например, сверла) из заготовки. То есть ось  $Z$  всегда связана со шпинделем станка. Положительное или отрицательное число, входящее в состав этого слова данных, определяет конечную позицию исполнительного органа станка вдоль оси  $Z$ . В кадре можно запрограммировать  $Z$  только один раз. Если в кадре будут указаны несколько команд  $Z$ , то СЧПУ будет работать с последней из них (которая ближе к знаку конца кадра).

Пример:

G01 G90 Z0.5 F200 – линейное перемещение в координату  $Z = 0.5$  со скоростью 200 мм/мин.

$A$ ,  $B$ ,  $C$  являются командами кругового перемещения. Под круговым перемещением понимается угловое перемещение (поворот) оси шпинделя фрезерного станка или угловое перемещение (поворот) управляемого поворотного стола (4-ая ось).

Круговые перемещения инструмента обозначают латинскими буквами –  $A$  (вокруг оси  $X$ ),  $B$  (вокруг оси  $Y$ ) и  $C$  (вокруг оси  $Z$ ). Положительные направления вращений вокруг этих осей определяются очень просто. Если расположить большой палец по направлению оси, то другие согнутые пальцы покажут положительное направление вращения.

Пример:

G01 G90 C90 F200 – поворот стола на  $90^\circ$  со скоростью 200 мм/мин.

Для некоторых СЧПУ адрес  $C$  может являться командой на выполнение фаски при действующей линейной интерполяции. Числовое значение, входящее в состав  $C$ -слова данных, определяет размер фаски.

$I$ ,  $J$ ,  $K$  применяются во время круговой интерполяции и служат для указания относительных расстояний от начальной точки дуги до ее центра. Слово данных с  $I$  относится к оси  $X$ , слово данных с  $J$  – к оси  $Y$ , а слово данных с  $K$  – к оси  $Z$ . При этом в зависимости от расположения дуги значения могут быть положительными или отрицательными.

$R$ . При действующей круговой интерполяции (G02/G03)  $R$  определяет радиус, который соединяет начальную и конечную точки дуги.

Для некоторых СЧПУ адрес  $R$  может являться командой на выполнение скругления при действующей линейной интерполяции. Числовое значение, входящее в состав  $R$ -слова данных, определяет радиус скругления.

В постоянных циклах  $R$  определяет положение плоскости отвода. При работе с командой вращения координат  $R$  определяет угол поворота координатной системы.



Р обычно используется в постоянных циклах обработки отверстий и определяет время выдержки (паузы) на дне отверстия. Числовое значение, входящее в состав Р-слова данных, обычно определяет время выдержки в 1/1000 секунды.

Когда Р появляется в одном кадре с кодом вызова подпрограммы M98, то оно обозначает номер вызываемой подпрограммы. В ряде случаев это же слово данных может указывать на частоту вызова подпрограммы.

Пример:

M98 P1001 – вызов подпрограммы O1001.

Q часто используется в циклах прерывистого сверления и определяет относительную глубину каждого рабочего хода инструмента.

В цикле растачивания Q определяет расстояние сдвига расточного инструмента от стенки обработанного отверстия для обеспечения аккуратного вывода инструмента из отверстия.

При помощи D выбирается значение коррекции на радиус инструмента. Коррекция радиуса инструмента активируется командами G41 и G42. При помощи команды D00 можно отменить действующую коррекцию.

При помощи H выбирается значение компенсации длины инструмента. Компенсация длины инструмента обычно активируется командой G43. При помощи команды H00 можно отменить действующую компенсацию длины инструмента.

Для определения скорости подачи служит F-адрес. Если в одном кадре будут запрограммированы несколько скоростей подач, то СЧПУ будет работать с последней из них. В случае программирования F с кодом G94 скорость подачи будет установлена в дюймах (G20) или миллиметрах (G21) в минуту (минутная подача). А в случае использования с G95 скорость подачи будет установлена в дюймах (G20) или миллиметрах (G21), наоборот. F-адрес является модальным, то есть установленная скорость подачи остается неизменной до тех пор, пока не указано новое числовое значение вместе с F или не изменен режим перемещений при помощи G00.

С помощью S определяется число оборотов шпинделя. S-адрес является модальным, то есть установленное число оборотов остается неизменным до тех пор, пока не указано новое числовое значение вместе с S.

При помощи T осуществляется управление магазином инструментов. Числовое значение с T определяет номер инструмента (ячейки), который необходимо переместить в позицию смены путем поворота инструментального магазина. Обычно T программируют в одном кадре с командой смены инструмента M06. В этом случае числовое значение при T будет определять номер инструмента, который необходимо вызвать из магазина и установить в шпиндель.

Пример:

T2 M06 – вызвать инструмент № 2. Как правило, адрес O указывает системе ЧПУ на номер управляющей программы.

Пример:

O2007 – программа обработки будет зарегистрирована в памяти СЧПУ под номером 2007.

С помощью N производится нумерация кадров УП. При использовании номера кадра он может быть поставлен в кадре в любую позицию, но обычно его указывают в самом начале. Номер кадра не влияет на работу станка, а помогает оператору ориентироваться в содержании программы обработки.

## М-коды

M00 – запрограммированный останов. Когда СЧПУ исполняет команду M00, то происходит так называемый запрограммированный останов. Все осевые перемещения останавливаются и возобновляются лишь после того, как оператор станка нажмет клавишу Старт цикла на панели УЧПУ. При этом шпиндель продолжает вращаться (у большинства станков) и другие функции остаются активными. Если оператор станка нажимает клавишу Старт цикла, то выполнение программы будет продолжено с кадра, следующего за M00.

M01 – останов по выбору. Код M01 предназначен для останова по выбору. Действует он аналогично коду M00, однако предоставляет выбор оператору – нужно или не нужно прерывать выполнение управляющей программы. На панели УЧПУ практически любого станка имеется клавиша (или переключатель) M01. Если эта клавиша нажата, то при чтении кадра с M01 происходит останов. Если же клавиша не нажата, то кадр M01 пропускается и выполнение УП не прерывается.

M02 – конец программы. Код M02 информирует СЧПУ о завершении программы.

M03 – прямое вращение шпинделя. При помощи кода M03 включается прямое (по часовой стрелке) вращение шпинделя с запрограммированным числом оборотов (S-слово). Команда M03 остается действующей до тех пор, пока она не будет отменена с помощью M04 или M05.

M04 – обратное вращение шпинделя. При помощи кода M04 включается обратное (против часовой стрелки) вращение шпинделя с запрограммированным числом оборотов (S-слово). Команда M04 остается действующей до тех пор, пока она не будет отменена с помощью M03 или M05.

M05 – останов шпинделя. Команда M05 останавливает вращение шпинделя, но не останавливает осевые перемещения (за исключением режима G95).

M06 – автоматическая смена инструмента. При помощи команды M06 инструмент, закрепленный в шпинделе, меняется на инструмент, находящийся в положении готовности в магазине инструментов.

M07 – включение подачи СОЖ в распыленном виде. Команда M07 включает подачу СОЖ в зону обработки в распыленном виде, если станок обладает такой возможностью.

M08 – включение подачи СОЖ. Команда M08 включает подачу СОЖ в зону обработки в виде струи.

M09 – выключение подачи СОЖ. Команда M09 выключает подачу СОЖ и отменяет команды M07 и M08.

M10 - зажим.

Код M10 относится к работе с зажимным приспособлением подвижных органов станка.

M11 - разжим.

Код M11 относится к работе с зажимным приспособлением подвижных органов станка.

M13 Включить охлаждение и вращение шпинделя по часовой стрелке

M14 Включить охлаждение и вращение шпинделя против часовой стрелки

M17 Конец подпрограммы

M19 – юстировка шпинделя. При помощи команды M19 осуществляется радиальная юстировка шпинделя (поворот в определенное положение), чтобы выставить приводной носик шпинделя на позицию смены инструмента. В этом положении шпиндель обычно зажимается и его не проверить рукой.

M20 – отмена юстировки шпинделя. При помощи команды M20 отменяется команда юстировки шпинделя M19.

M25 Замена инструмента вручную

M30 – конец программы. Код M30 информирует СЧПУ о завершении программы.

М48 Разрешить переопределять скорость подачи

М49 Запретить переопределение скорости подачи

М98 – вызов подпрограммы. Команда М98 предназначена для вызова подпрограммы. Вместе с этой командой программируется Р-слово данных, которое обозначает номер вызываемой подпрограммы.

Пример:

М98 Р1001 – вызвать подпрограмму О1001.

М99 – конец подпрограммы. При помощи команды М99 по окончании подпрограммы осуществляется возврат к главной программе, из которой была вызвана подпрограмма.

## Специальные символы в УП

«/» – пропуск кадра. Пропуск кадра – полезная функция, позволяющая оператору станка выбрать определенные кадры, которые не нужно выполнять. Эта функция реализуется, если в начало кадра поставить «/» (косая черта, слэш). Для того чтобы СЧПУ не выполнила кадр, в самом начале которого стоит «/», необходимо, чтобы специальный переключатель Пропуск кадра на панели УЧПУ станка находился в положении Вкл.

В этом случае система пропускает данный кадр и переходит к выполнению следующего. Если же переключатель Пропуск кадра на панели УЧПУ станка находится в положении Выкл., то кадр с кодом «/» обрабатывается как обычно. Таким образом, с помощью кода «/» и переключателя Пропуск кадра оператор станка может влиять на выполнение УП.

Пример:

```
...
N50 G81 X0 Y0 Z-10 R2 F50
N60 X10 Y20
N70 X10 Y30
/N80 X20 Y20
/N90 X20 Y30
N100 M05
...
```

Положение переключателя	Поведение станка
Пропуск кадра	
Вкл.	Кадры с кодом «/» не будут выполнены
Выкл.	Кадры с кодом «/» будут выполнены нормально

«;» или «(...)» – комментарии в УП. Комментарии представляют собой обычные предложения, при помощи которых программист доводит до оператора станка определенную технологическую информацию. Как правило, в комментариях содержатся следующие данные:

- дата и время создания УП;
- номер чертежа;
- материал заготовки;
- данные о рабочей системе координат;
- размеры инструмента;
- названия технологических операций.

Для того чтобы ввести комментарии в УП, необходимо использовать специальные символы (знаки) программирования. В качестве таких символов для большинства СЧПУ применяются круглые скобки или точка с запятой. Перед символами комментариев не принято ставить номера кадров, если комментарии занимают кадр полностью.

-----

## Дополнительные параметры команд

Параметры команд задаются буквами латинского алфавита.

X, Y, Z - команды осевого перемещения.

A, B, C - команды кругового перемещения вокруг осей X, Y, Z соответственно.

I, J, K - параметры круговой интерполяции параллельные осям X, Y, Z соответственно.

I - Параметр дуги при круговой интерполяции. Инкрементальное расстояние от начальной точки до центра дуги по оси X. G03 X10 Y10 I0 J0 F10

J - Параметр дуги при круговой интерполяции. Инкрементальное расстояние от начального G03 X10 Y10 I0 J0 F10

K - Параметр дуги при круговой интерполяции. Инкрементальное расстояние дуги по оси Z.

R - При круговой интерполяции (G02 или G03) R определяет радиус, который соединяет начальную и конечную точки дуги. В постоянных циклах «R» определяет положение плоскости отвода. При работе с командой вращения R определяет угол поворота координатной системы.

P - При постоянных циклах обработки отверстий «P» определяет время выдержки на дне отверстия. Совместно с кодом вызова подпрограммы M98 - номер вызываемой подпрограммы.

Q - В циклах прерывистого сверления Q определяет относительную глубину каждого рабочего хода инструмента. В цикле растачивания - расстояние сдвига расточного инструмента от стенки обработанного отверстия для обеспечения аккуратного вывода инструмента из отверстия.

D - значение коррекции на радиус инструмента.

H - значение компенсации длины инструмента.

F - функция подачи.

S - функция главного движения.

T - значение определяющее номер инструмента, который необходимо переместить в позицию смены, путем поворота инструментального магазина.

N - нумерация кадров УП.

L - Вызов подпрограммы с данной меткой.

/ - пропуск кадра.

(...) - комментарии в УП.

