

## Практическое занятие №9

### Тема: Составление управляющей программы для обработки детали на токарном станке с ЧПУ

**Цель работы:** Получить знания по созданию управляющих программ для деталей на токарном станке с ЧПУ

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить основные команды программирования токарного станка.
2. Изучить способы задания перемещения инструмента.
3. Изучить принципы написания управляющей программы.
4. Создать управляющую программу для токарной обработки.

### Траектория движений инструмента

Любую траекторию перемещения, которую должен пройти режущий инструмент при механообработке, можно разложить на элементарные перемещения из отрезков прямых линий и дуг окружности. Такие перемещения в ЧПУ называются. Все производимые в настоящее время системы ЧПУ оснащаются специальным электронным блоком – интерполятором, благодаря которым они имеют способность управлять взаимным перемещением инструмента и заготовки по прямой линии или по окружности путем автоматического расчета промежуточных точек траектории выполняемого перемещения.

Современные изделия, производимые на станках с ЧПУ, отличаются разнообразной и сложной формой, часто состоящей из параболических, винтовых или сплайновых поверхностей (сплайн – это гладкая кривая, которая проходит через заданный набор точек в прямоугольной системе координат). Каждую такую поверхность также можно представить в виде сочетания элементарных отрезков прямых линий и круговых дуг. Но при этом количество элементарных перемещений становится неоправданно большим, а управляющая программа громоздкой и сложной (объем такой управляющей программы может составить больше 100 мегабайт и более). Для того чтобы многократно уменьшить и упростить управляющую программу по обработке поверхностей сложной формы, системы ЧПУ большинства современных станков оснащаются не только линейными и круговыми интерполяторами, но и винтовыми, параболическими, сплайновыми и т.п.

Если на станке с ЧПУ необходимо выполнить прямолинейное перемещение инструмента (линейную интерполяцию) вдоль одной из осей координат станка, то такое перемещение система ЧПУ исполняет включением привода подач по данной оси, а по другим осям привод подач не включается. Если же необходимо выполнить круговую интерполяцию или линейную интерполяцию в направлении, непараллельном какой-либо оси координат, то механизм работы системы ЧПУ существенно усложняется.

В этом случае система ЧПУ реализует перемещение инструмента при помощи аппроксимации. Под аппроксимацией в теории ЧПУ понимается замена одной функциональной зависимости на другую более простую функцию с определенной степенью точности. В данном случае аппроксимация сводится к тому, что вместо одного прямолинейного перемещения или перемещения по дуге от исходной точки до точки с заданными координатами система ЧПУ задает инструменту перемещения по ломаной линии, элементарные отрезки которой параллельны координатным осям.

На рис.1 показан случай прямолинейного перемещения режущего инструмента (линейная интерполяция), на рис. 2 – аппроксимация данного перемещения системой ЧПУ станка. На рис. 3 - случай перемещения режущего инструмента по дуге окружности (круговая интерполяция), на рис. 4 – его аппроксимация.

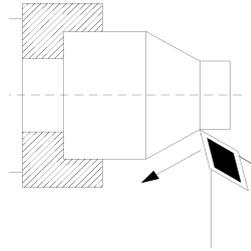


Рис. 1. Прямолинейное перемещение режущего инструмента (линейная интерполяция)

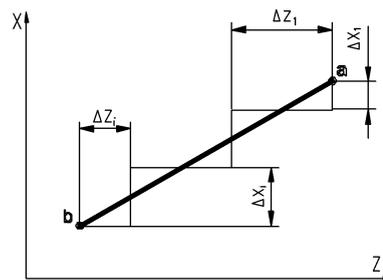


Рис. 2. Аппроксимация линейной интерполяции

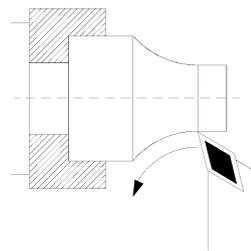


Рис. 3. Перемещение режущего инструмента по дуге (круговая интерполяция)

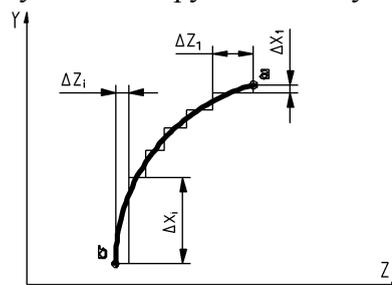


Рис. 4. Аппроксимация круговой интерполяции

На рисунках 2 и 4 линиями от точки а до точки b показаны траектории перемещения инструмента, заданные управляющей программой. Отрезками от  $X_1$  до  $X_i$  и от  $Y_1$  до  $Y_i$  показаны замены заданного перемещения на элементарные перемещения соответственно вдоль координатных осей X и Y. Как видно из изображений элементарные перемещения не всегда одинаковы по своей величине в процессе одного заданного перемещения. Система ЧПУ сама определяет величину каждого элементарного перемещения, исходя из двух условий:



Санкт-Петербургское государственное бюджетное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Малоохтинский колледж»

- отклонение траектории элементарного перемещения от траектории заданного перемещения не должно превышать установленную программой величину аппроксимации (общепринятым считается погрешность аппроксимации равная 15-25% всего поля допуска на неточность обработки данного размера);
- элементарные перемещения вдоль разных координатных осей должны быть так согласованы между собой, чтобы они одновременно начались в исходной точке и прекратились так же одновременно при достижении конечной точки заданного перемещения.

#### Формат кадра УП

УП состоит из нескольких кадров, а кадры - из слов. Каждое слово, в свою очередь, состоит из буквы, называемой адресом и следующей за ней группы цифр (по ГОСТ 20999-93). В начале кадра стоит номер кадра N, в конце – конец кадра «;». Каждый кадр состоит из переменного числа слов, причем, любое слово (кроме начала N кадра) может отсутствовать. Условная запись кадра с максимально возможным объемом информации называется форматом кадра. Формат кадра, реализуемого в УЧПУ типа PCNC, представляется следующим образом:

N03 X±043 Z±043 U±043 W±043 F023 T2 M2 S10 D043 C±043 Q±043 R±043  
V3 H3 L2 P11 A11 E G2 ;

Значения символов даны в табл.1

Таблица 1

Значения символов адресов

Адресная буква	Назначение
N	Порядковый номер кадра
G	Команда задания режима операции (линейная, круговая интерполяция и т.д.)
X, Y, Z	Значения координат
I, J, K	Координаты центра дуги окружности
F	Скорость суппорта
S	Скорость вращения шпинделя
T	Номер корректора инструмента
M	Вспомогательная команда
R	Радиус дуги окружности
P	Длительность паузы, номер подпрограммы, номер фиксированной точки, параметр команды
Q	Параметр команды

После адресов N, X, Z и других указано число десятичных разрядов, предписанных данному адресу. Например, запись G2 означает, что подготовительная функция задается адресом G и двумя десятичными разрядами: X±043 означает, что перемещение по координате программируется адресом X знаками + или – и семью десятичными разрядами, из которых первые четыре – тысячи, сотни, десятки, единицы, а три последних – десятые,



сотые, тысячные (нули в старших порядках можно опустить). Такой способ записи формата кадра называют адресным. Порядок слов в кадре произвольный, причем любое слово может отсутствовать. Но в одном кадре нельзя программировать два слова одинакового адреса.

На рис. 5 показано положение осей координат станка. Ноль системы координат станка определяет в данном случае оператор (наладчик), устанавливая положение плавающего нуля, от которого обеспечивается связь с нулем системы координат детали. Ноль системы координат детали назначает технолог, исходя из схемы размерного анализа. Относительно этого нуля и пишется управляющая программа для обработки данной детали.

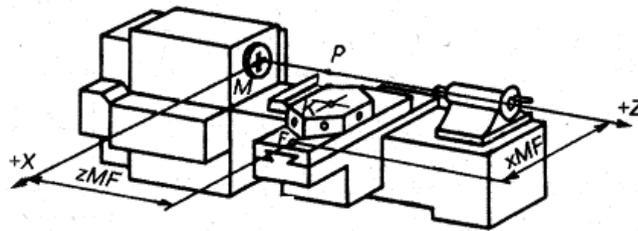


Рис. 5. Направления осей на станке

### Программирования перемещения

Величины перемещений могут задаваться в абсолютных или относительных координатах с точностью до 0,001мм с программированием десятичной точки (если программа вводится с пульта управления УЧПУ). При абсолютном задании координат перемещения производятся относительно выбранной нулевой точки детали, а при относительном (в приращениях) задании - перемещения производятся относительно предыдущей запрограммированной точки. Перемещения в абсолютных значениях задаются по адресам X и Z, а в приращениях - по адресам U и V с указанием знака + или - (знак + допускается не указывать).

При программировании перемещений на токарном станке следует иметь в виду следующее. Одной дискрете по оси Z (или W) соответствует перемещение 0,001мм, а по оси X (или U) - 0,001мм. Значение X (U) задается на диаметр или в радиусах, настраивается в параметрах УЧПУ. При задании координат в диаметрах упрощает программирование перемещений с непосредственным использованием данных чертежа детали.

### Команды управления станкам G и M коды

**G0, G1** – линейная интерполяция (прямоугольная система координат). (рис. 4)

G0: Перемещение с быстрой подачей, например, для быстрого позиционирования.

G1: Перемещение с запрограммированной скоростью подачи F, например, при обработке детали.

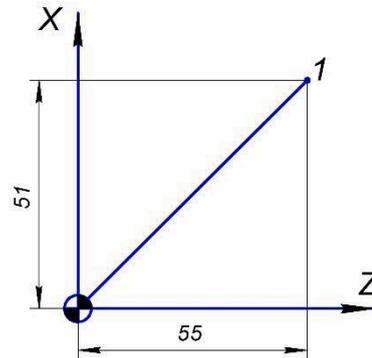


Рис. 4. Линейная интерполяция

G0 X.. Z..

G0 X51. Z55.

G1 X.. Z.. F..

G1 X51. Z55. F0.2

**G2, G3**, – круговая интерполяция (рис. 5)

G2 – перемещение по часовой стрелке;

G3 – перемещение против часовой стрелки;

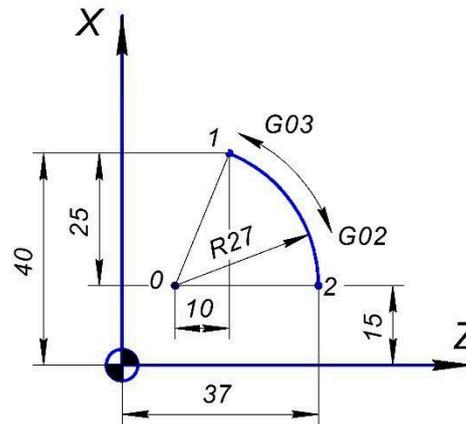


Рис. 5. Круговая интерполяция с радиусом окружности и с указанием центра окружности

Программирование с начальной точкой, конечной точкой, центральной точкой (рис. 5)

G2/G3 X.. Z.. I.. K..

G2 X15. Z37. I-25. K-10.

X, Z – конечная точка 2 в прямоугольных координатах; I, K – точка центра круга  
0 в прямоугольных координатах, относительно начальной точки 1.

**G4** – время выстоя

Формат

N... G04 P... [с]

**G20** - цикл продольного точения (рис. 6)

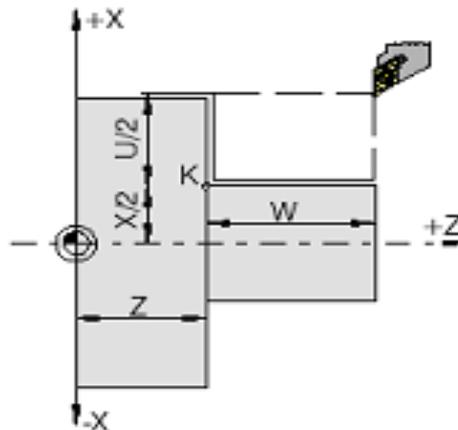


Рис. 6. Цикл продольного точения

N...G20 X(U)...Z(W)...F...

- Данный цикл модальный, и отменяется командой G из той же группы.
- Для последующих кадров, необходимо программировать только измененные координаты, указывая обе координаты X и Z, а так же R, если требуется конус.

G24 - Цикл торцевой обработки (рис. 7)

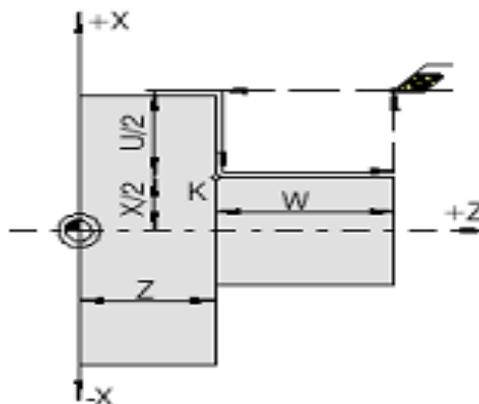


Рис. 7. Цикл торцевой обработки

N...G24 X(U)...Z(W)...F.

- Данный цикл модальный, и отменяется командой G из той же группы.
  - Для последующих кадров, необходимо программировать только измененные координаты, указывая обе координаты X и Z, а так же R, если требуется конус.
- Отрицательный параметр конуса (-R) определяет конус, как показано на чертеже

G25 – Включение контроля Зон запрета перемещений.

Зоны должны быть определены через меню “Токарный станок -> Зоны запрета”.

G26 – Отмена контроля зон запрета.

G28 – Возврат в исходную позицию станка.



Санкт-Петербургское государственное бюджетное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Малоохтинский колледж»

Команда G28 служит для возврата станка с числовым программным управлением в исходную позицию, используя промежуточную точку.

Команда G28 осуществляет ускоренное перемещение в исходную позицию станка, подобно команде [G00](#).

G28 не является модальной командой.

Возврат в исходную позицию посредством команды G28 предназначен прежде всего для возможности проверки размеров и качества обрабатываемой детали в какой-то части управляющей программы обработки.

G53 – Отмена установки G54.

G54 – Система координат детали, смещает ноль детали в системе координат станка.

При выходе в точку с координатой X0, Z0 инструмент пойдет в точку со значением заданным функцией G54, заданной ранее.

N01 G54 X0. Z100.

G70 – Возврат из подпрограммы.

N01 G70 – Последний кадр подпрограммы.

G71 – Вызов подпрограммы

N01 G71 P200 – Вызов подпрограммы, которая начинается с кадра N200. Подпрограмма должна завершаться командой G70.

G72 – Безусловный переход на заданный кадр

N01 G72 N150 – Переход к кадру N150.

Тоже самое N01 G72 P150 – Переход к кадру N150.

G92 – Задание смещения центра координатной системы

N01 G92 Xn Yn Zn

G93 – Отмена смещения центра координатной системы

N01 G93

G500 – Вывод на экран сообщения с указанным номером.

Выполнение УП прерывается. Система ожидает нажатия на кнопку ОК.

N102 G500 P4 – вывод сообщения с номером 4.

Редактирование сообщений осуществляется через меню Настройка->Функция G500.

N102 G500 Px En – вывод сообщения с номером x и значение переменной En.

Сплайновая интерполяция



Следует отметить, что команды сплайновой интерполяции, хотя и записываются в виде нескольких кадров, выполняются как один кадр управляющей программы за один проход управляющей процедуры.

Последовательность команд на воспроизведение инструментом токарного станка траектории, заданной в виде В-сплайна, имеет следующий обобщенный формат:

```
N<номер>B1
N<номер>X<x1>Z<z1>
N<номер>X<x2>Z<z2>
...
N<номер>X<xn-1n-1nn
```

В первом кадре последовательности присутствует ключевой символ В, обозначающее применение В-сплайна. После ключевого символа, идет цифра 1, сигнализирующая о том, что это начальный кадр последовательности.

После первого кадра следуют кадры, задающие контрольные точки В-сплайна. Первой контрольной точкой считается точка, в которой находится инструмент токарного станка перед началом отработки кадра.

В завершающем кадре после ключевого символа В следует цифра 2, указывающая, что данный кадр является заключительным.

Важно: При задании траектории в виде В-сплайна, кривая проходит только через начальную и конечную точки. Остальные контрольные точки оказывают влияние на форму кривой, но последняя через них не проходит. Это неудобно для задания траектории вручную, однако контрольные точки В-сплайна обычно рассчитываются автоматически с помощью систем автоматизированного проектирования.

Пример программы для ЧПУ токарного станка, использующей сплайновую интерполяцию:

```
N1 F100 – первая команда задает подачу
N5 B1 – начало последовательности кадров задающих сплайн
N15 X-32. Z-55. – вторая точка сплайна (первая точка – текущее положение резца)
N20 X-32. Z-65. – третья точка сплайна
N25 X-28. Z-80. – четвертая точка сплайна
N30 X-37. Z-85. – пятая точка сплайна
N35 X-0. Z-120. – шестая точка сплайна
N40 B2 – окончание последовательности кадров, задающих сплайн и одновременно сигнал на начало отработки всей последовательности.
```

#### М02 – Остановка выполнения программы

Пример: N01 M02

#### М03 – Включение шпинделя по часовой стрелке

Пример: N01 S1000 M03 – включение шпинделя на частоту 1000 об/мин.

#### М04 – Включение шпинделя против часовой стрелке

Пример: N01 S1000 M04 – включение шпинделя на частоту 1000 об/мин.

#### М05 – Останов шпинделя



Пример: N01 M05

M06 – Смена инструмента на одну позицию Револьверной головки

Пример: N01 M06

В режиме ИМИТАТОР, совместно с параметром Т смена инструмента производится в позицию Револьверной головки, указанную параметром Т.

Пример: N10 T2 M06 – выбор 2-ой позиции РГ

При этом так же устанавливаются вылеты инструмента для 2-ой позиции револьверной головки.

Остальные команды управления станком приведены в руководстве по программированию [2].

### Примеры программ для токарного станка

Линейная интерполяция.

S1000 M03 - Включаем шпиндель на 1000 об/мин

T01 M06 - Устанавливаем первый инструмент

G01 X-20. Z-40. F300 - Выполняем перемещения

G01 X-30.

G01 Z-100.

G01 X-25. Z-120.

G01 X0.

G01 Z0.

M05 - Останавливаем шпиндель

M02 Завершаем выполнение программы

Круговая интерполяция.

S1000 M03 Включаем шпиндель на 1000 об/мин

T01 M06 - Устанавливаем первый инструмент

G01 X-25. Z-50. F300 Выполняем перемещения

G01 X-35.

G03 X-30. Z-70. R30. Выполняем движение по дуге окружности в точку X-30. Z-70. по радиусу R30.

G01 X0.

G01 Z0.

M05 Останавливаем шпиндель

M02 Завершаем выполнение программы

### Варианты заданий

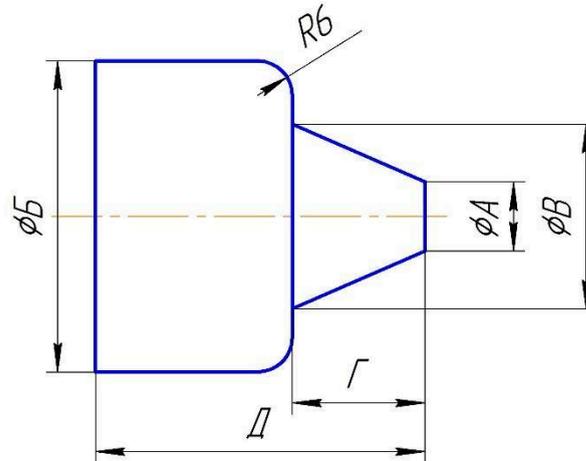


Таблица 2

Варианты размеров

№	А	Б	В	Г	Д
1	14	44	15	10	75
2	14	45	24	15	75
3	11	41	27	26	80
4	11	55	30	15	75
5	24	50	28	15	50

### Содержания отчета по практической работе

1. Наименование и цель работы.
2. Эскиз заданной преподавателем детали с указанием исходных точек для постоянных программы.
3. Составленная УП обработки заданной детали.
4. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Как записывается команда круговой интерполяции?
2. Как записывается цикл продольной обработки?
3. Что такое сплайновая интерполяция?
4. Какие команды отвечают за работу шпинделя?
5. Какая команда отвечает за паузу?