

# ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

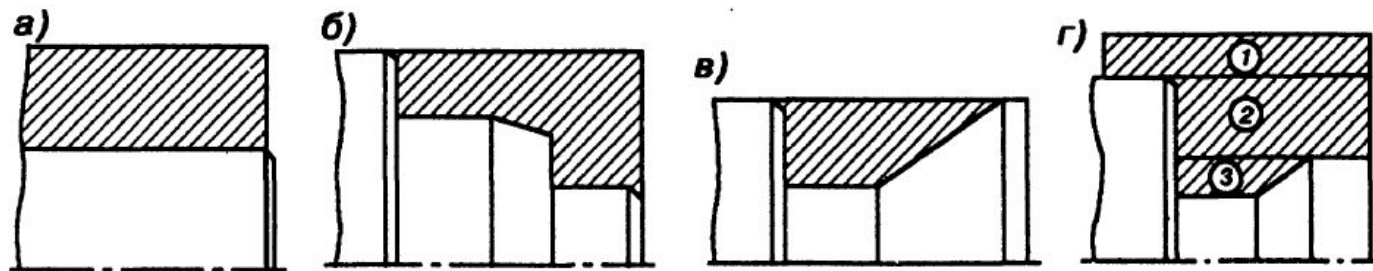
---

Геометрические расчеты при программировании токарной обработки сводится к решению задач на плоскости, в осевом сечении. В системе координат детали, в которой выполняются расчеты, осью Z служит ось вращения детали, а ось X лежит в одной из торцевых плоскостей.

К **основным** элементам контура детали относят образующие поверхностей, которые могут быть обработаны резцом для контурной обработки с главным углом в плане  $\phi = 95^\circ$  и вспомогательным углом в плане  $\phi_1 = 30^\circ$ . Для наружных и торцовых поверхностей такой резец принадлежит к числу проходных, а для внутренних - к числу расточных. Элементы образующих поверхностей, формообразование которых не может быть выполнено указанным резцом, принадлежит к числу **дополнительных**. К ним относят торцовые и угловые канавки для выхода шлифовального круга, канавки на наружной, внутренней и торцовой поверхностях, резьбовые поверхности, и т. п.

# Зоны токарной обработки

---



**Открытая** зона (рис. а) формируется при снятии припуска с цилиндрической или конической поверхности. При выборе резца для этой зоны не накладывают ограничений на  $\Phi$ .

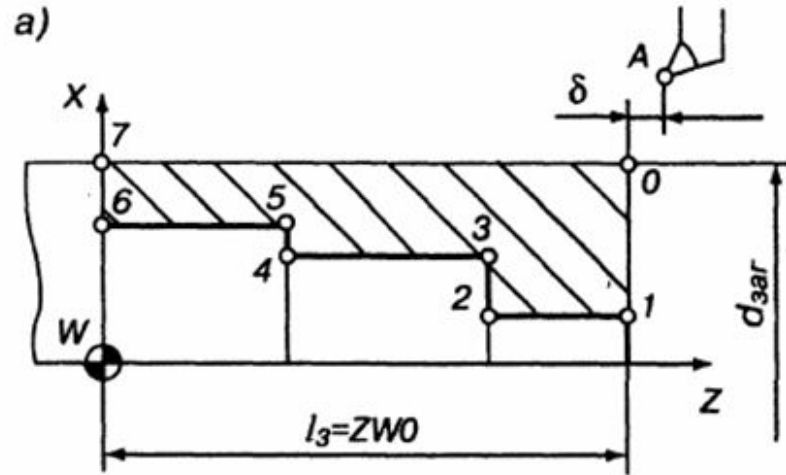
**Полуоткрытая зона** (рис. б) конфигурация которой регламентирует  $\Phi$ .

**Закрытые** зоны (рис. в), встречающиеся при обработке дополнительных поверхностей, накладывают ограничения на  $\Phi$  и  $\Phi_1$ .

**Комбинированная** зона (рис. г) представляет собой объединение двух или трех зон.

---

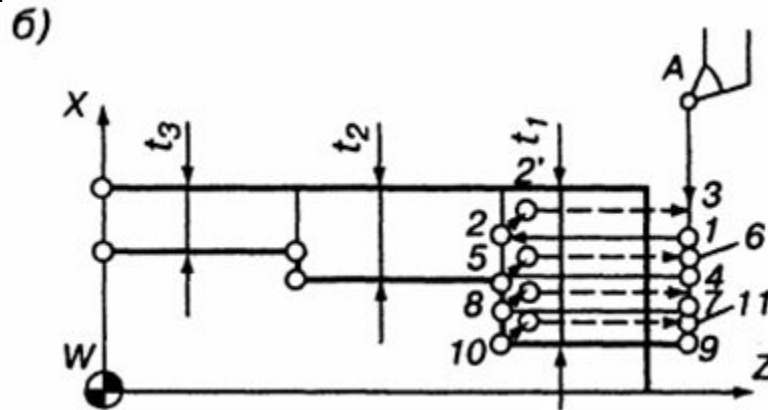
# Схемы удаления припуска при черновой обработке



Граница черновой зоны обработки. Определяется черновым контуром детали (точки 1-7), образованным с учетом припусков на цилиндрические и торцовые поверхности, и контуром заготовки.

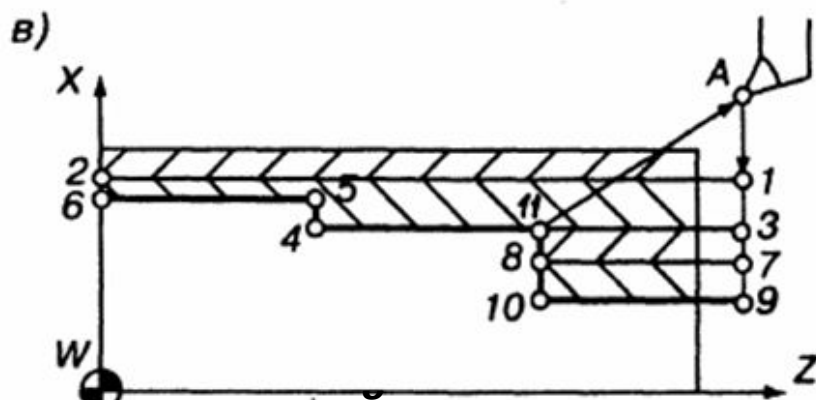
# Схемы удаления припуска при черновой обработке

Можно выделить три основные схемы удаления припуска.



В схеме **по циклам вертикалей** припуск удаляют последовательно в каждой области. При такой схеме сначала удаляют припуск  $t_1$  (рис. б), потом  $t_2$ , потом  $t_3$ . Траектория резца проходит по следующим точкам: А, 1, 2, отход на 0,5 мм в точку 2' и на ускоренном ходу в точки 3, 4. Далее резец движется по точкам: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, А.

# Схемы удаления припуска при черновой обработке



В схеме **по циклам уровней** припуск снимают последовательно вниз при продольных перемещениях резца в пределах уровня во всех областях (рис. 7 в). Верхний слой будет удаляться при движениях резца через точку *A*, *1*, *2*, отход на  $0,5$  мм, ускоренный возврат в точку *1*, радиальное смещение (на  $t + 0,5$  мм) в точку *3*. Далее на рабочей подаче происходит удаление следующего слоя при траектории движения резца через точки *4*, *5*, *6*. Потом (после возврата резца на исходную вертикаль) срезают припуск при рабочих ходах резца из точки *7* в точку *8* и из точки *9* в точку *10*. Ходом *10-11* подчищают торец и резец возвращается в точку *A*.

# Схемы удаления припуска при черновой обработке

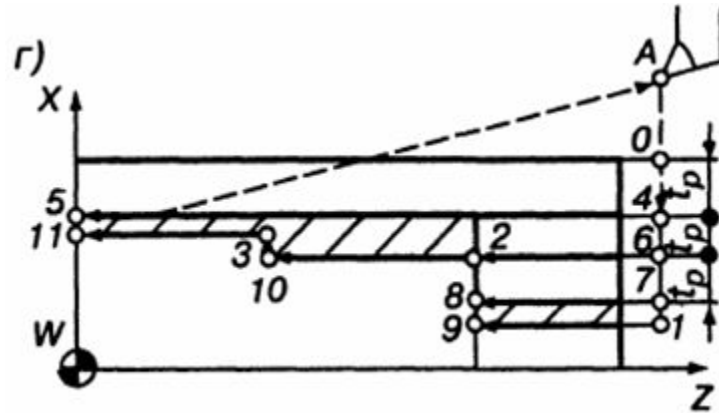
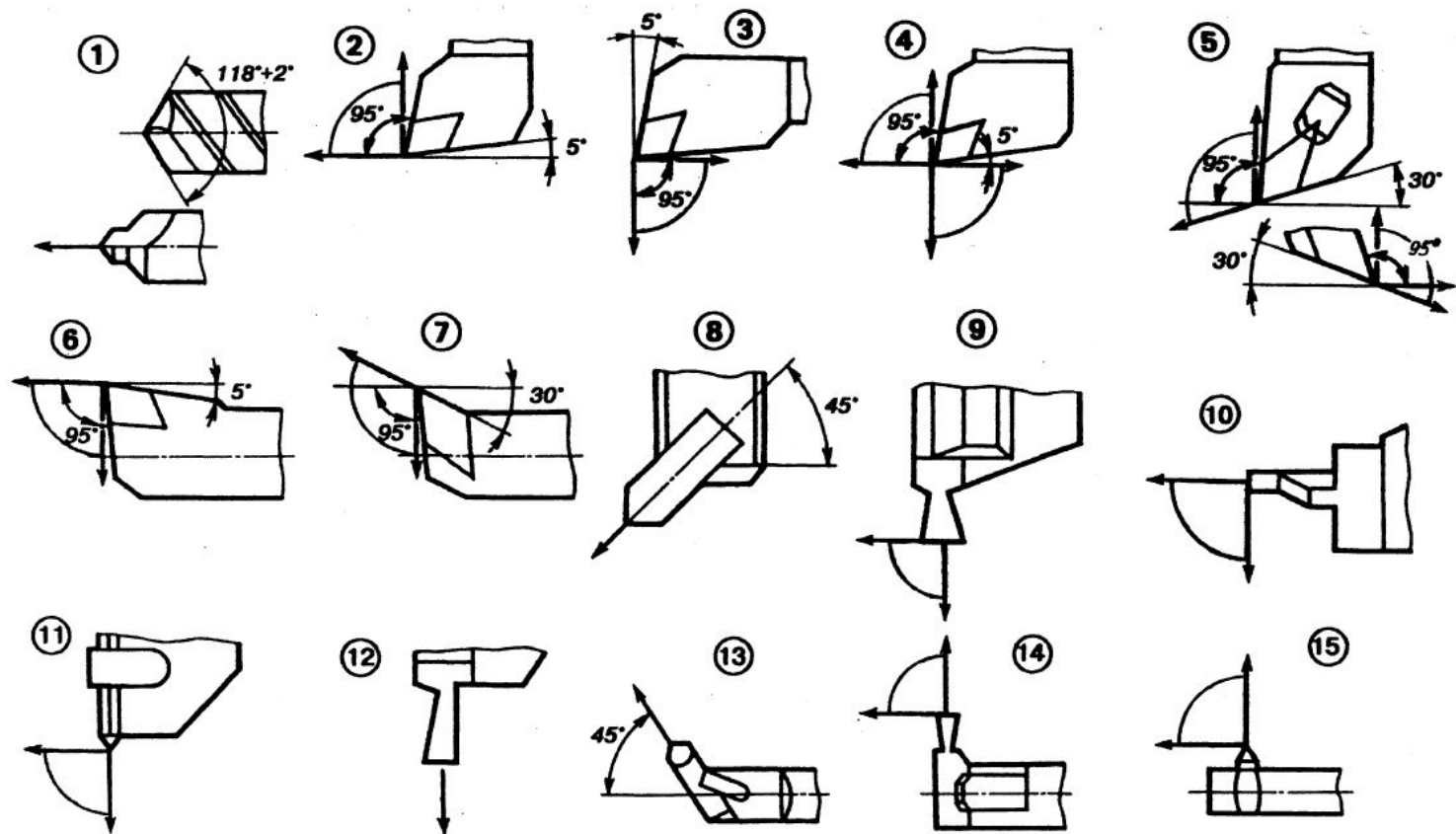


Схема **по циклам горизонталей чернового контура** (рис. г)  
Сначала удаляет припуск  $t$  продольным ходом по всем зонам (траектория A-4-5). Далее такой же припуск удаляется в первой зоне за два хода (траектория 4-6-2 и 6-7-8), а затем следует окончательный проход, формирующий черновой контур заготовки, — движение резца от точки 1 через точки 9, 2, 10, 3, 11.

# Номенклатура инструментов



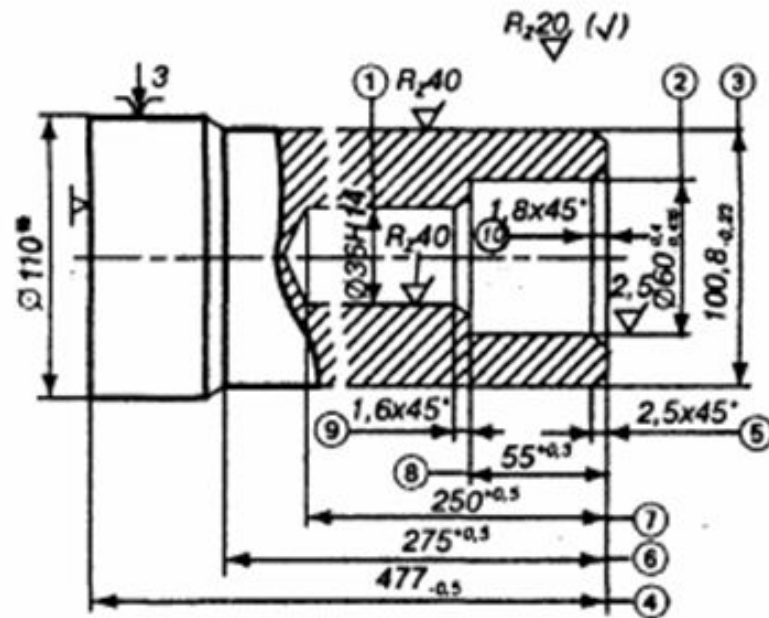
# Номенклатура инструментов

---

- 1- сверла спиральное и центровочное;
  - 2 - резец проходной левый;
  - 3 - резец проходной (подрезной) правый;
  - 4 - резец проходной (подрезной) левый;
  - 5 - резцы контурные левый и правый;
  - 6- резец расточной проходной;
  - 7 - резец расточной контурный;
  - 8 - резец для угловых канавок;
  - 9 - резец прорезной;
  - 10 - резец для проточки торцовых канавок;
  - 11 - резец резьбовой;
  - 12 - резец отрезной;
  - 13 - резец расточной для угловых канавок;
  - 14 - резец прорезной расточной;
  - 15 - резец резьбовой расточной
-

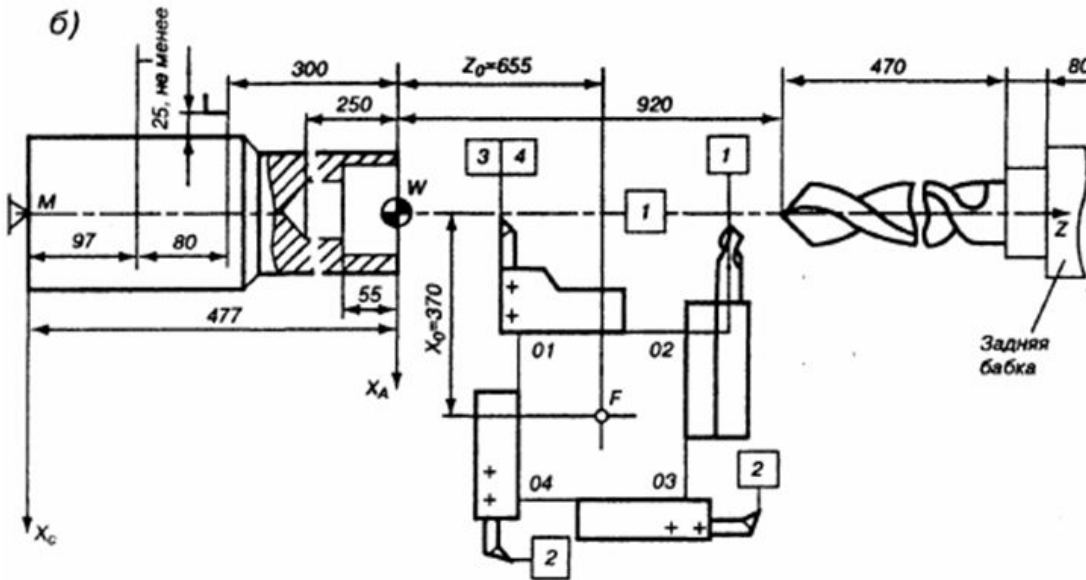


# Составление расчетно-технологической карты токарной операции



ОПЕРАЦИОННЫЙ  
ЭСКИЗ

# Составление расчетно-технологической карты токарной операции



№ позиции	01	02	03	04	Задняя бабка				
Режущий инструмент	Резец 2102-0315 T15K6 ГОСТ21151-75	Сверло 20-3 ГОСТ10903-64 P6M5K5	Резец 2145-0555 T15K6 ГОСТ20874-75	Резец 2141-0042 T15K6 ГОСТ18883-73	Сверло 36-4 ГОСТ10903-64 P6M5K5				
Вспомогательный инструмент	Резцовый блок 6725-4004	Центровой блок 6725-4001	Резцовый блок 6725-4001	Резцовый блок 6725-4001	Втулка 6611-4008				
	Вт.6611-4006								
$W_x$	245	210	135	135	0				
$W_z$	180	265	230	240	282				
№ корректора	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Корректируемый размер	100,8 <sub>±0,025</sub>	∅60 <sub>±0,025</sub>	2,5x45°						

Карта наладки на обработку детали на токарном станке с ЧПУ

# Кодирование и запись управляющей программы

---

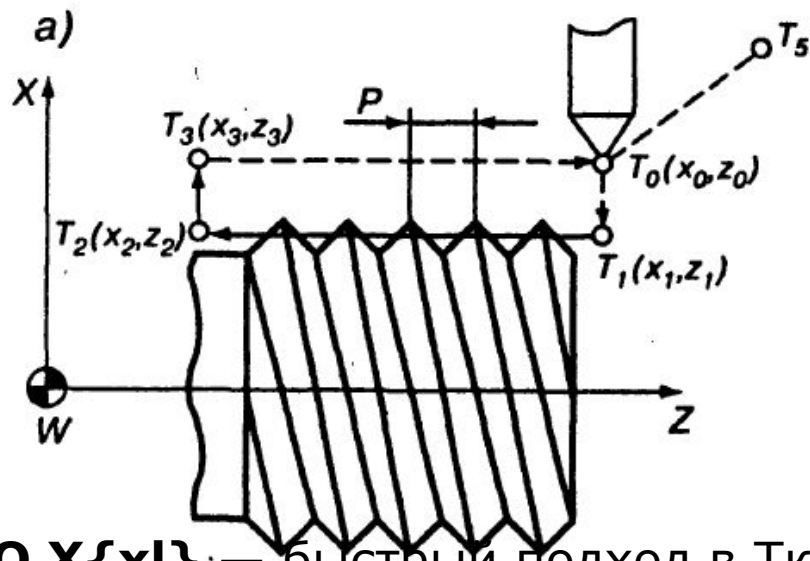
Размерные перемещения у токарных станков в большинстве случаев

кодируют с адресами X (радиальное) и Z (продольное). С адресом X в абсолютных значениях X указывают диаметральный размер, а в приращениях - радиальное смещение.

Проход для нарезания винтовой поверхности с постоянным шагом кодируют подготовительной функцией G33. Шаги винтовой поверхности в направлении осей координат X и Z задают параметры I и K. Например, участок траектории инструмента T0-T1-T2-T3-T0 (рис.), включающий проход для нарезания цилиндрической резьбы (T1-T2), записывается кадрами

---

# Кодирование и запись управляющей программы



**N {i} G90 G00 X{x1}** — быстрый подход в Tk1

**N {i+1} G33 Z{z2} K{P}** — проход нарезания резьбы с шагом P

**N {i+2} G00 X{x3}** — быстрый отход в Tk3

**N {i+3} Z{z0}** — быстрое перемещение в Tk0

Данными кадрами запрограммирован *один* ход нарезания резьбы.

# Кодирование и запись управляющей программы

---

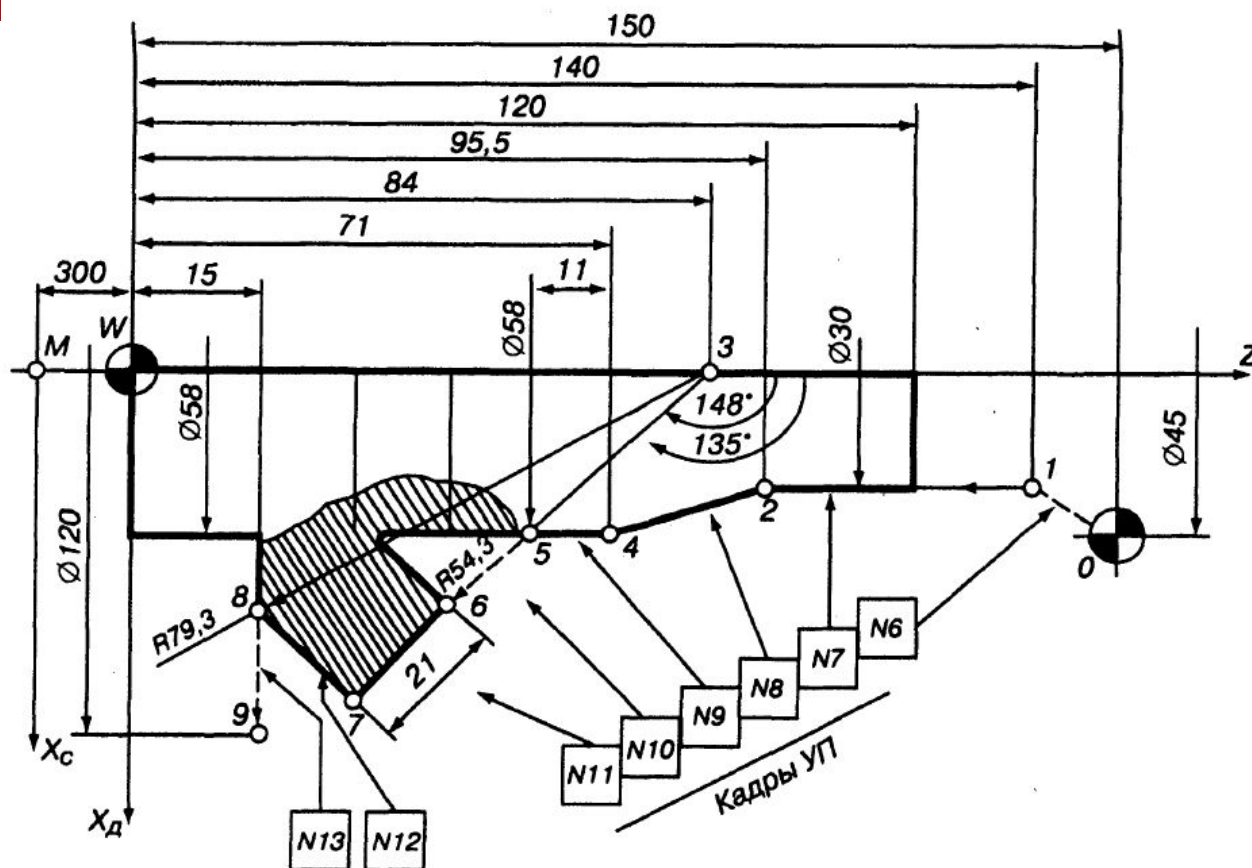
Для уменьшения динамической ошибки траектории при изменении направления движения инструмента подготовительной функцией G09 кодируют торможение в конце отработки кадра. Например, участок траектории T5 – T0 (рис.), на котором при подходе к точке T0 необходимо снизить скорость подачи, записывается кадром

**N{i} G90 G10 G09 X{x0} Z{z0}**

---

Пример.

## Обточка детали "вал"



Построение траектории инструмента при обточке вала

## Пример.

# Обточка детали "вал"

Все указываемые в УП размеры относятся к нулевой точке детали  $W$ , в которую по команде **N{i} G92 Z300. LF** смещают нуль станка. Все значения по координате  $X$  задаются диаметрами.

В ТкО центр инструмента выводится пятью предыдущими кадрами. Далее следуют перемещения из ТкО в Тк1, из Тк1 в Тк2, из Тк2 в Тк4:

**N6 G90 G00 G60 X30. Z140. LF**

**N7 G01 Z95.5 F85. S800 LF**

В **шестом** кадре подготовительные функции определяют G00 - позиционирование на быстром ходу, G60 - точный подход к заданной точке, G90 - указание, что размеры задаются в абсолютной системе координат. Значения  $x = 30$  мм и  $z = 140$  мм определяют положение Тк1. В **седьмом** кадре G01 - линейная интерполяция (или перемещение с рабочей подачей) при подаче (адрес  $F$ ), равной 85 мм/мин до Тк2, определенной координатой  $z = 95,5$  мм. Частота вращения шпинделя 800 об/мин.

Пример.

## Обточка детали "вал"

---

**N8 G96 X58 Z71 S75 LF**

По команде **восьмого** кадра инструмент перемещается из Тк2 в Тк4, координаты которой  $x = 58$  мм,  $z = 71$  мм.

На кадр N8 распространяется подготовительная функция G01 (линейная интерполяция) кадра N7, поэтому в кадре N8 она не повторяется. Новыми в кадре N8 являются команды G96 и S75. Сочетание этих команд определяет условие обработки участка от Тк2 до Тк4 с постоянной скоростью резания 75 м/мин. Эта скорость в м/мин программируется с адресом S, а подготовительная функция G96 показывает, что частота вращения шпинделя при точении рассматриваемого участка будет регулироваться автоматически в целях поддержания запрограммированной скорости. Подача остается прежней, заданной в кадре N7.

---



Пример.

## Обточка детали "вал"

---

**N9 G91 G97 Z-11. S410 LF** — перемещение в Тк 5

**N10 G53 Z84. X0 LF**

**N11 G90 G10 B54.3 A+135. LF** перемещение в Тк 6

**N12 G11 G96 B(54.3 + 21 ) F45. S75. LF**

**N13 B79.3 A+148. LF** перемещение в Тк 8

**N14 G53 Z0. X0. LF**

**N15 G63 G00 Z15. X120. F180. LF**

В кадре **N9** подготовительная функция G91 указывает, что размеры заданы в приращениях ( $z = - 11$  мм), знак минус определяет направление перемещения. В кадре задается также новая частота вращения шпинделя, равная 410 об/мин (адрес S). На то, что она выражена в об/мин, указывает подготовительная функция G97.

---

Пример.

## Обточка детали "вал"

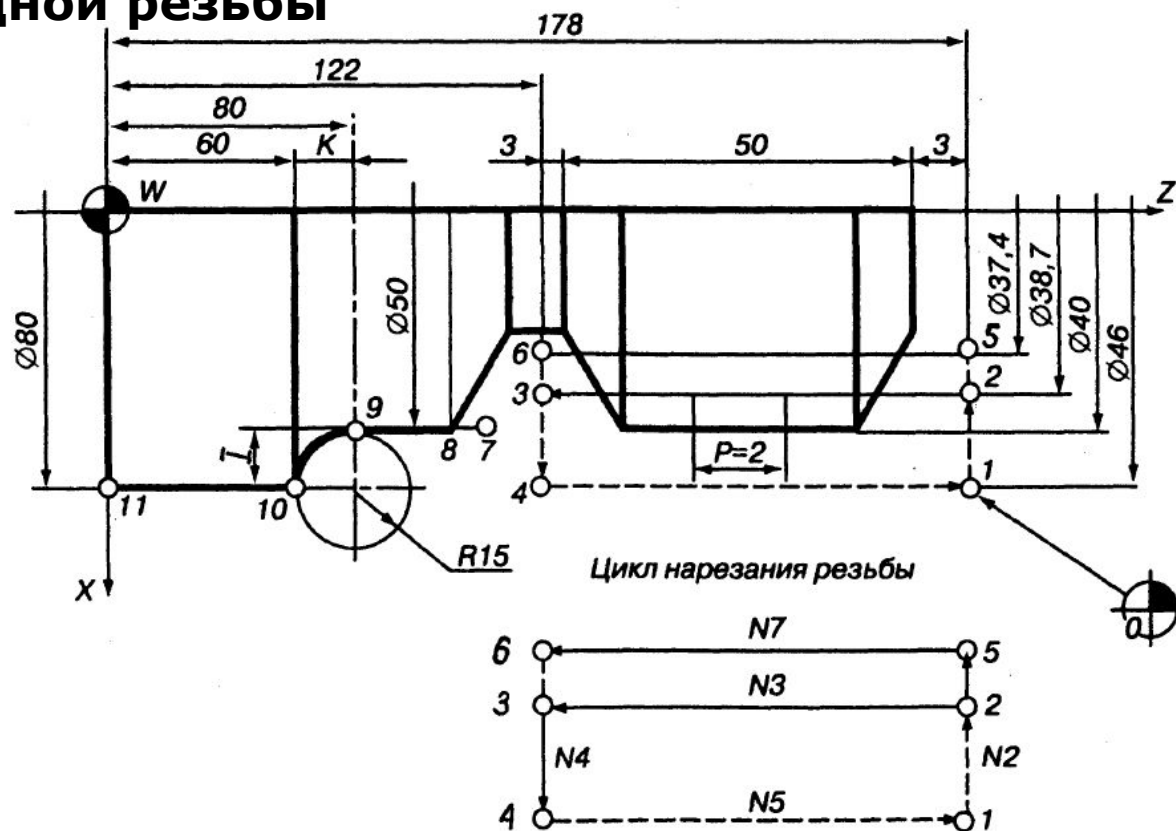
---

Задать и закодировать в УП перемещение инструмента от Тк5 до Тк8 целесообразно в **полярных координатах**, которые также являются абсолютными. Поэтому кадром **N10** происходит смещение начала координат (функция G53) в **Тк3**, где Z84. и X0. - координаты центра полярной системы координат, т е координаты **Тк3**. Перемещение до Тк6 задано кадром **N11**, в котором подготовительные функции означают: G90 - абсолютная система координат; G10 - линейная интерполяция быстрого хода; B54.3 - радиус (мм), соответствующий положению Тк6, т. е. точки, в которую должен прийти инструмент, A + 135 - угол, который составляет радиус с осью Z. Угол всегда относится (указывается) к первой запрограммированной в кадре оси в положительном направлении, т. е. в данном случае от +Z к +X.

---

# Пример Обработка валика с однозаходной резьбой

Построение траектории инструмента при нарезании  
однозаходной резьбы



## Пример

# Обработка валика с однозаходной резьбой

---

### Кадры УП для нарезания

~~N1 G90 G00 G60 Z178. X46. S800 LF~~  
N1 G90 G00 G60 Z178. X46. S800 LF  
N2 X38. 7 LF  
N3 G33 Z122. K2 M08 LF  
N4 G00 X46 LF  
N5 Z178. LF  
N6 X37. 4 LF  
N7 G33 Z122. K2 LF  
N8 G00 X46. M09 LF

В **кадре N1** кодируются позиционирование на быстром ходу (G00), точный выход в заданную точку Tk1 (G60), абсолютное задание размеров (G90), координаты точки, в которую должен выйти инструмент ( $z = 178$  мм;  $x = 46$  мм), частота вращения шпинделя 800 об/мин.

~~**Кадр N2** кодирует переход из Tk1 в Tk2.~~

---

## Пример

# Обработка валика с однозаходной резьбой

---

В **кадре N3** дается команда на осуществление первого прохода при нарезании резьбы. Подготовительная функция G33 устанавливает зависимость между частотой вращения шпинделя и подачей. По адресу Z указывается координата конечной точки прохода (Тк3), по адресу К задается шаг резьбы. Функцией M08 кодируется включение охлаждения.

**Кадрами N4 и N5** инструмент на быстром ходу последовательно смещается из Тк3 в Тк4 (**кадр N4**) и из Тк4 в Тк1 (**кадр N5**).

**Кадром N6**) инструмент выводится в Тк5 и **кадром N7** в Тк6.

**Кадром N8** инструмент выводится в Тк4, при этом отключается охлаждение (функция M09).

---

## Пример

# Обработка валика с однозаходной резьбой

---

**Перемещения по дуге окружности** кодируют с указанием подготовительных функций круговой интерполяции G02 (перемещение по часовой стрелке) и G03 (перемещение против часовой стрелки).

Перемещение инструмента из Tk9 в Tk10 определяется кадром  
**N{i} G90 G03 X80. Z65. I 15. KO. LF**

Здесь G90, G03 - подготовительные функции, определяющие соответственно задание координат опорных точек в абсолютных размерах и круговую интерполяцию против часовой стрелки, X80, Z65 - координаты конечной точки (Tk10), I — параметр интерполяции по оси X, равный проекции радиуса R (15 мм) на ось X (радиус проведен в Tk9) K -параметр интерполяции по оси Z, равный проекции радиуса на ось Z.

---

## Пример

# Обработка валика с однозаходной резьбой

---

Если перемещение инструмента предполагается от Тк10 к Тк9, то оно будет выражено кадром

**N {i} G90 G02 X50 Z80 I O K-15 LF**

Здесь конечной точкой является Тк9 с координатами  $x = 50$  мм и  $z = 80$  мм, круговая интерполяция по часовой стрелке (G02). Круговая интерполяция может быть задана и через радиус. В этом случае перемещение из Тк9 в Тк10 определяется кадром

**N {i} G90 G03 X80 Z65 B15 LF**

т. е. указывают координаты конечной точки (Тк10) и радиус (15 мм), адрес радиуса В с его значением. При задании круговой интерполяции через радиус его знак определяется углом дуги. Если угол дуги меньше  $180^\circ$ , то радиус указывают с плюсом, если больше  $180^\circ$  - с минусом.

---