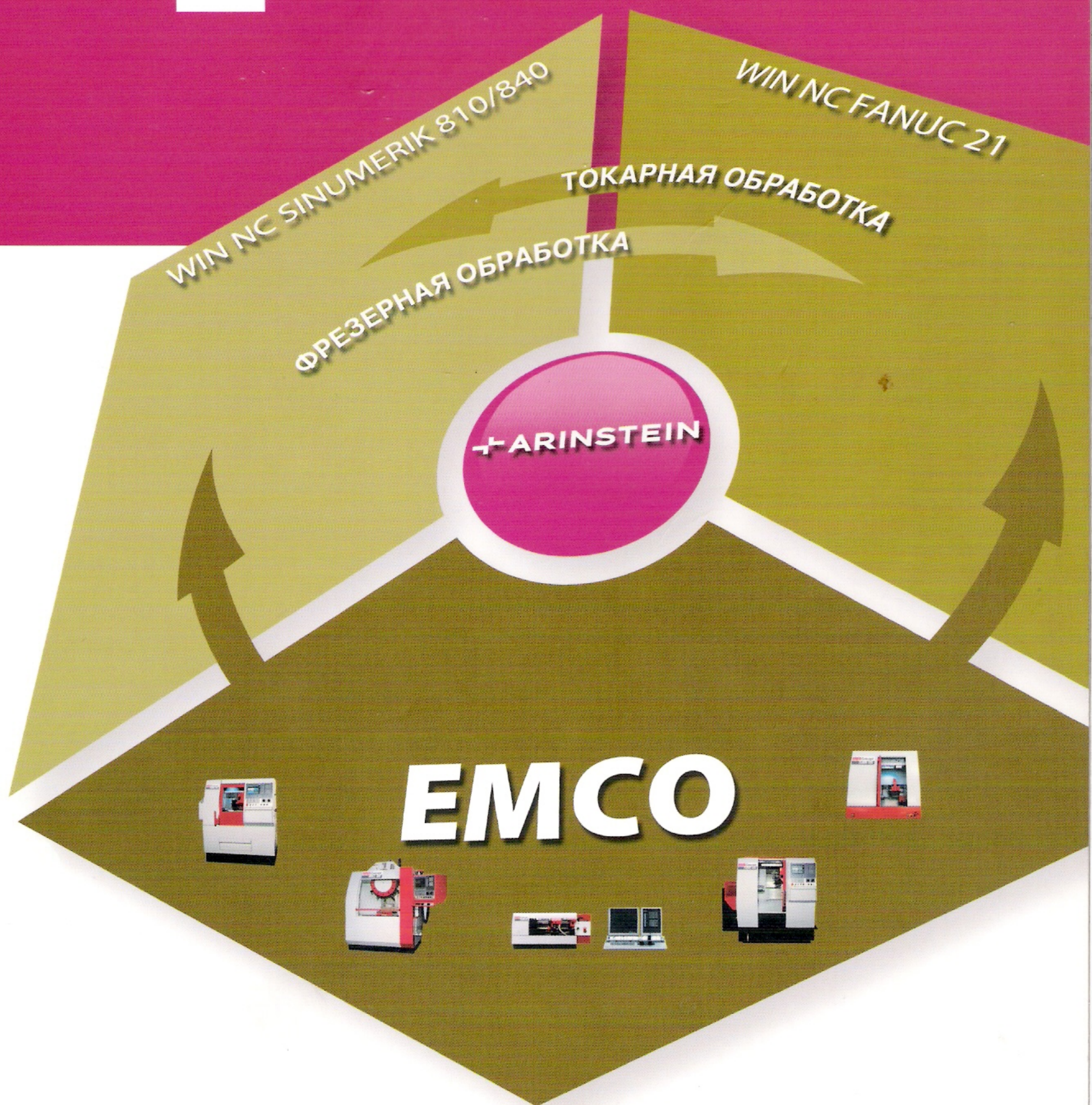


01

ОСНОВЫ ТОКАРНОЙ И ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ



Революция пришла незаметно, как весна после холодной зимы, продвигаясь в конце 20 века так, что никто и не заметил её бурного дыхания. Основным элементом производства стал компьютер, который изменил нашу жизнь. Производство выдвинуло новые требования к подготовке инженеров, программистов и технологов. Настал новый век. Век глобализации, интернета, сетей и электронной почты.

Глобализация мировой экономики и будущее любой развитой страны невозможно без станкостроения и металлообработки.

Именно станкостроение, оснащенное мощными промышленными компьютерами, позволяет заглянуть в будущее.

Сегодня станки - это автоматизация производства, многофункциональность, прецизионность, скорость, точность, новые неограниченные возможности и, конечно, ЧПУ!

Станкостроительная компания Mark Arinstein Maschinen und Anlagen GmbH, Дальвитц, Германия успешно разрабатывает гибкие технологические системы на базе станков ARINSTEIN A 500 с ЧПУ Siemens 840 D или Fanuc 21i.

Данное руководство является результатом плодотворного сотрудничества компаний Siemens, Arinstein и EMCO (Австрия), попыткой принести на рынок СНГ свежий ветер перемен - перемен к лучшему!

Руководство снабжено компакт-дисками и является учебным пособием для широкого круга пользователей – преподавателей и учащихся ПТУ, техникумов, студентов и технологов. Оно позволяет с помощью мощного современного персонального компьютера погрузиться в мир обработки детали на реальном ЧПУ, войти в режим моделирования токарной и фрезерной обработки.

Мы надеемся, что работа с нашими учебными программами доставят Вам удовольствие.

Вы быстро научитесь работать на реальных станках с ЧПУ.

Удачи Вам!

Dr. Mark Arinstein

В этой главе рассматриваются некоторые общие геометрические и технологические основы программирования для процессов фрезерной и токарной обработки.

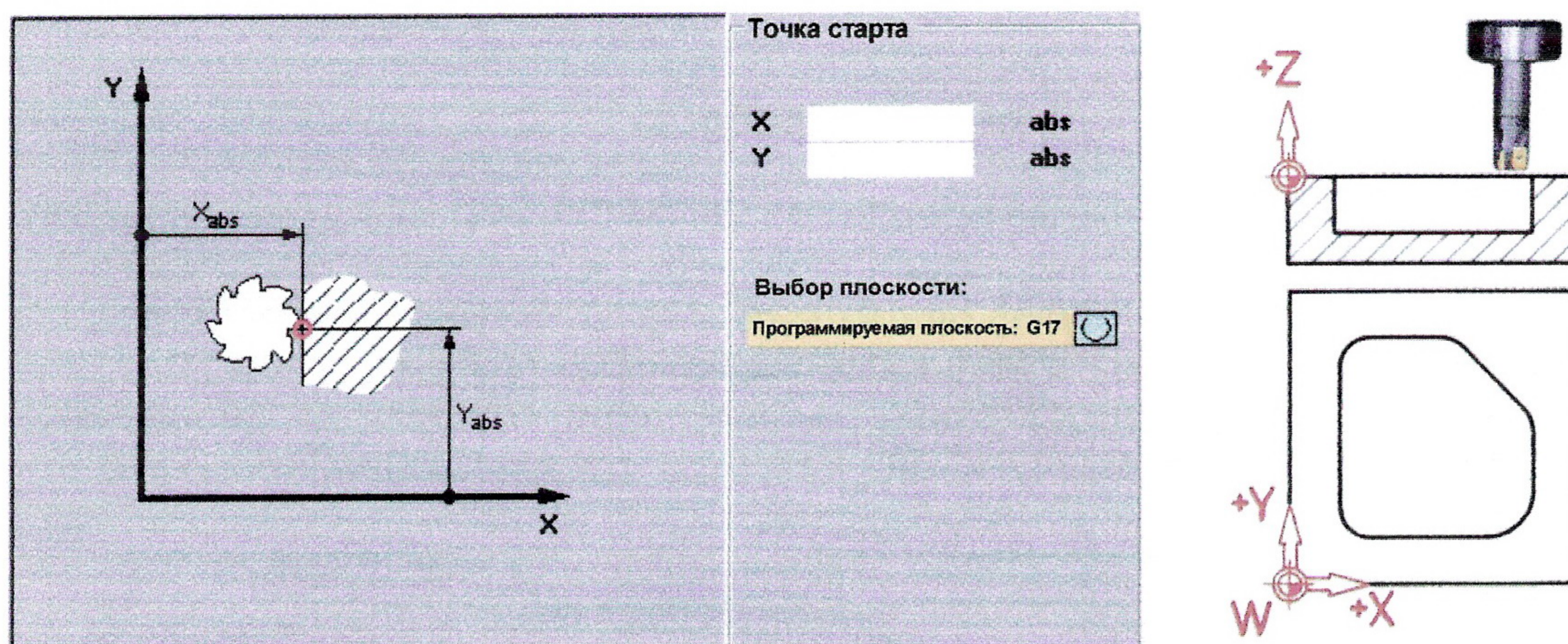
Рассмотренные здесь геометрические основы относятся большей частью к ЧПУ SINUMERIK с графической поддержкой. При этом изображения экрана служат для иллюстрации теоретических положений.

Практические примеры, в которых показаны действия, выполняемые на компьютере при создании контура, Вы найдете в последующих главах.

ФРЕЗЕРОВАНИЕ

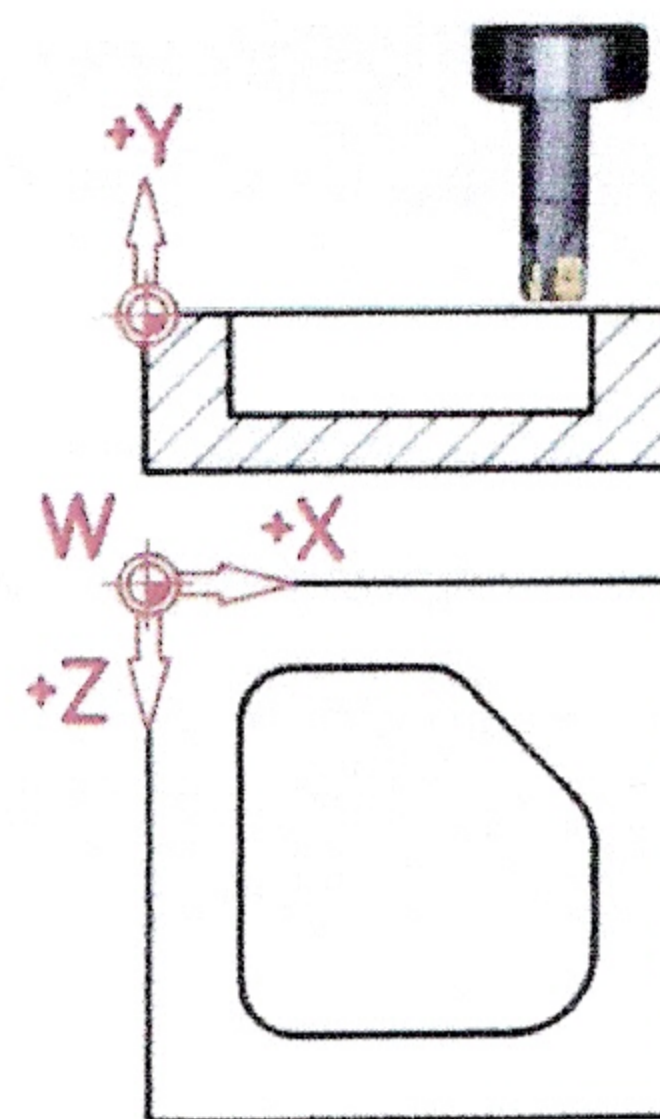
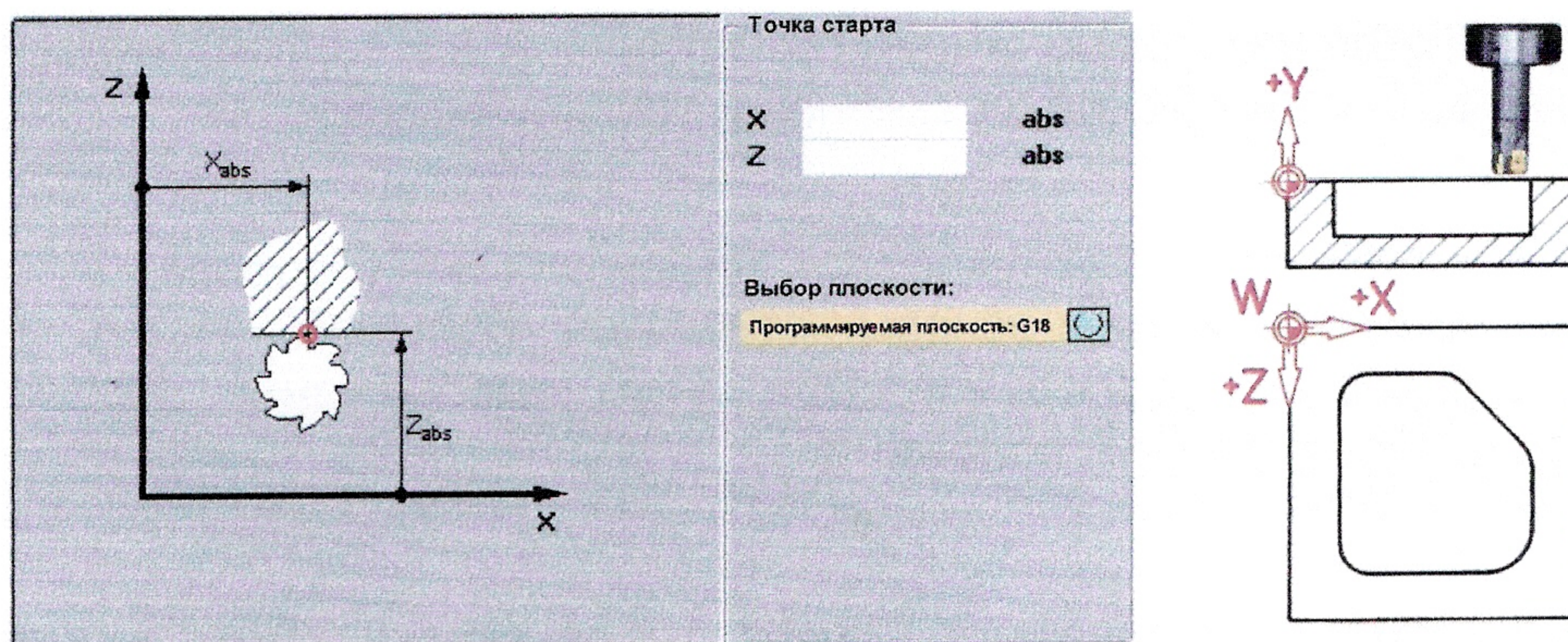
На универсальных фрезерных станках инструмент устанавливается, как правило, параллельно главным осям. Эти оси, находящиеся под прямым углом по отношению друг к другу, ориентированы на траектории главных направляющих станка в соответствии с DIN 66217 и ISO 841. Положение установки инструмента образует соответствующую рабочую плоскость. В основном, при фрезеровании, осью инструмента является ось Z.

Ось инструмента Z — плоскость G17



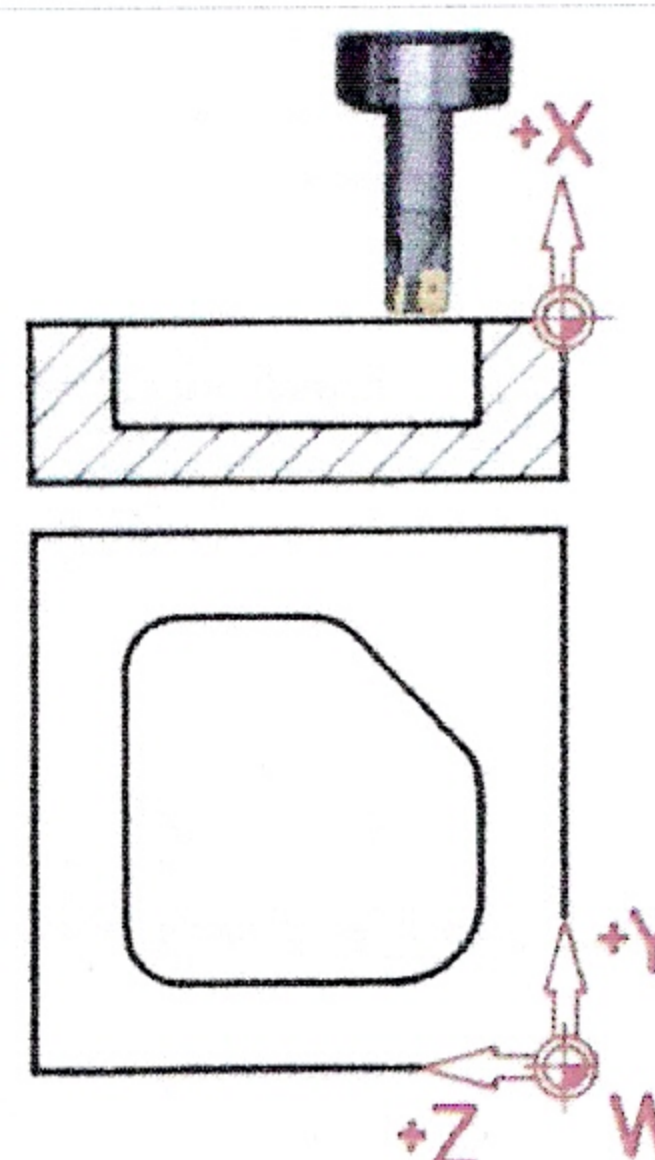
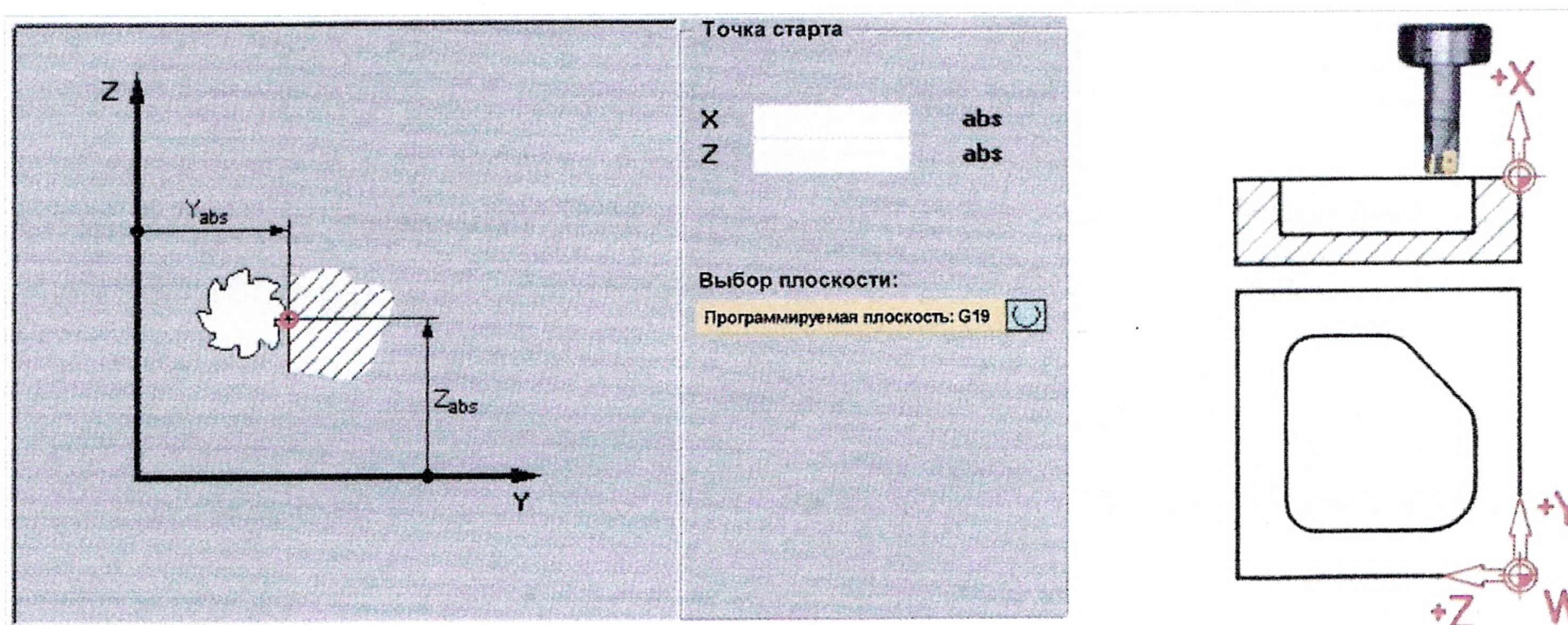
Если происходит поворот показанной системы координат, то меняются оси и их направления в соответствующей рабочей плоскости (DIN 66217).

Ось инструмента Y – плоскость G18



Указание: Может быть так, что в версии программного обеспечения на Вашем ЧПУ рабочей плоскостью является X Z (G18). Это касается также и обточки (см. ниже).

Ось инструмента X – плоскость G19

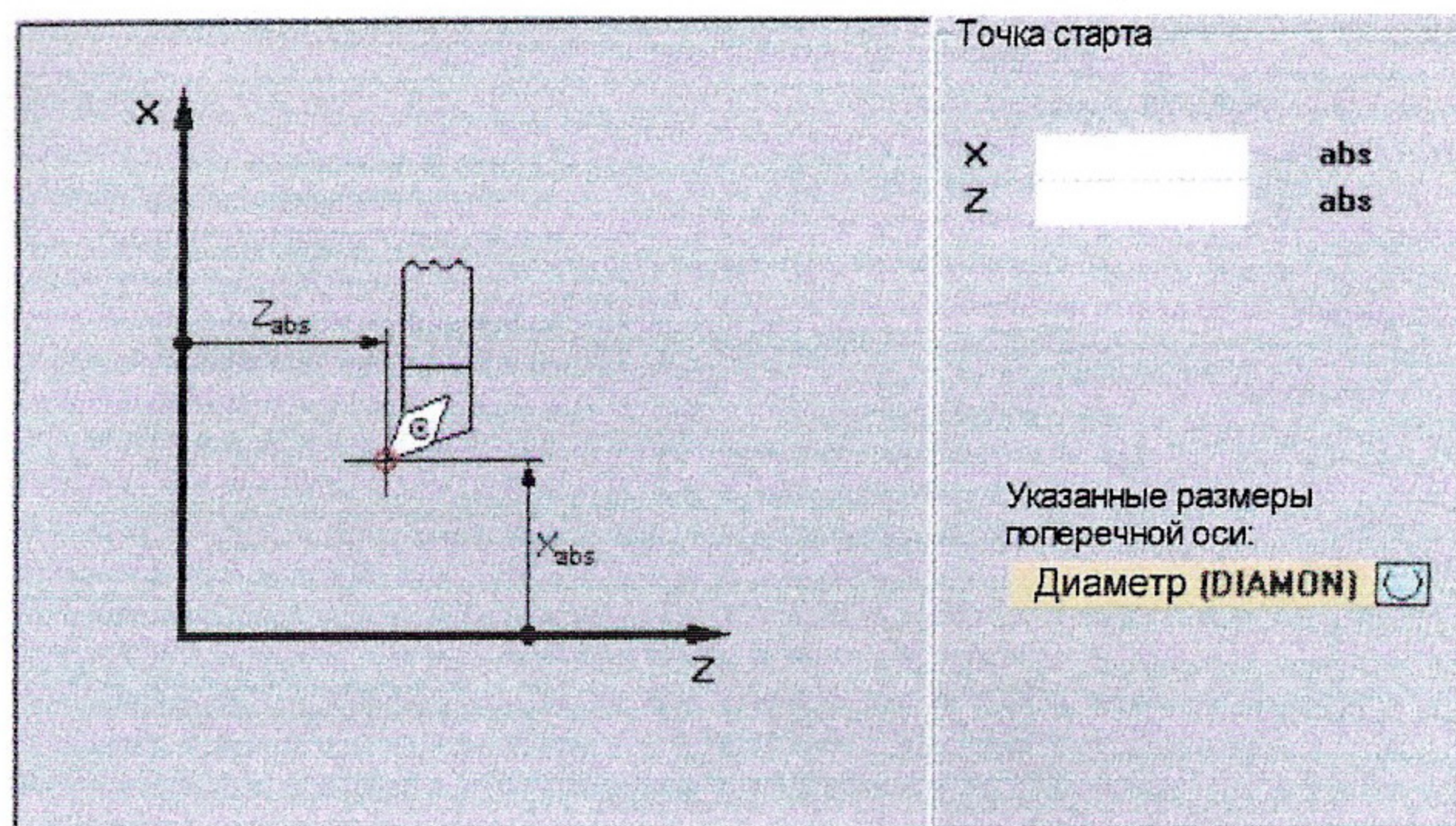



Токарная обработка

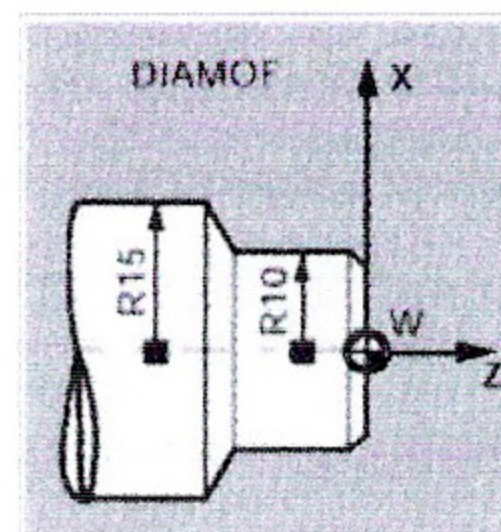
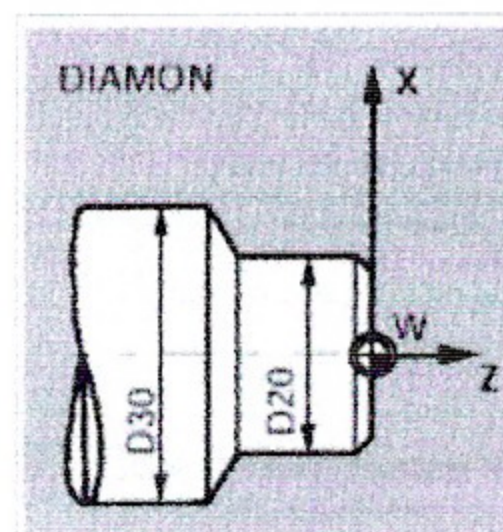
На универсальных токарных станках инструмент, как правило, встраивается параллельно основным осям. Эти оси, находящиеся под прямым углом по отношению друг к другу, ориентированы на траектории главных направляющих станка в соответствии с DIN 66217 и ISO 841. При токарной обработке осью заготовки является ось Z.

Ось инструмента Z – плоскость G18*

Так как диаметр вращающихся заготовок контролируется относительно просто, то задание размера поперечной оси связано с диаметром. Профессиональный рабочий сможет, таким образом, сравнить истинный размер непосредственно с размерами чертежа.



Кнопкой  можно вызвать вспомогательное изображение для выбора оси инструмента



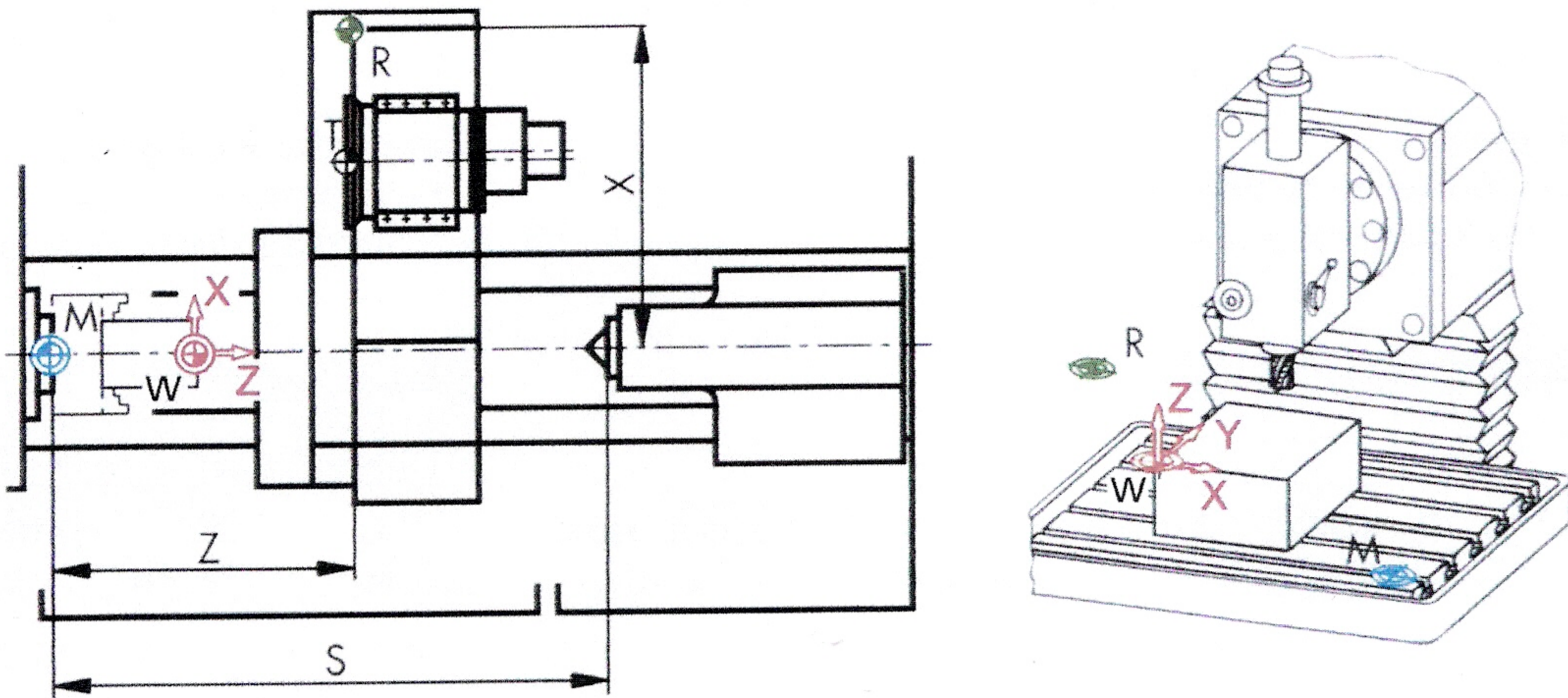
Указанный здесь способ задания радиуса также проиллюстрирован в системе справки; однако он слабо распространен.

* В плоскости **G18** программируются все **операции токарной обработки**.

Операции сверления и фрезерования на торце вращающейся детали программируются в плоскости **G17**.

Операции сверления и фрезерования на наружной боковой поверхности вращающейся детали программируются в плоскости **G19**.

Чтобы такое ЧПУ, как SINUMERIK 840D, могло ориентироваться в системе измерения в имеющейся зоне обработки, существует несколько важных базовых точек.



Нулевая (опорная) точка машины M



Нулевая точка станка M определяется изготовителем и не может быть изменена. При фрезеровании она находится в начале системы координат станка и при токарной обработке на опорной поверхности передней части шпинделя.

Нулевая точка заготовки W



Нулевая точка заготовки W, называемая также нулевой точкой программы, является началом системы координат заготовки. Она может выбираться свободно и должна быть расположена при фрезеровании там, откуда на чертеже исходит большинство размеров.

При токарной обработке нулевая точка заготовки всегда лежит на оси вращения шпинделя и, как правило, на торцевой поверхности детали.

Точка отсчета R

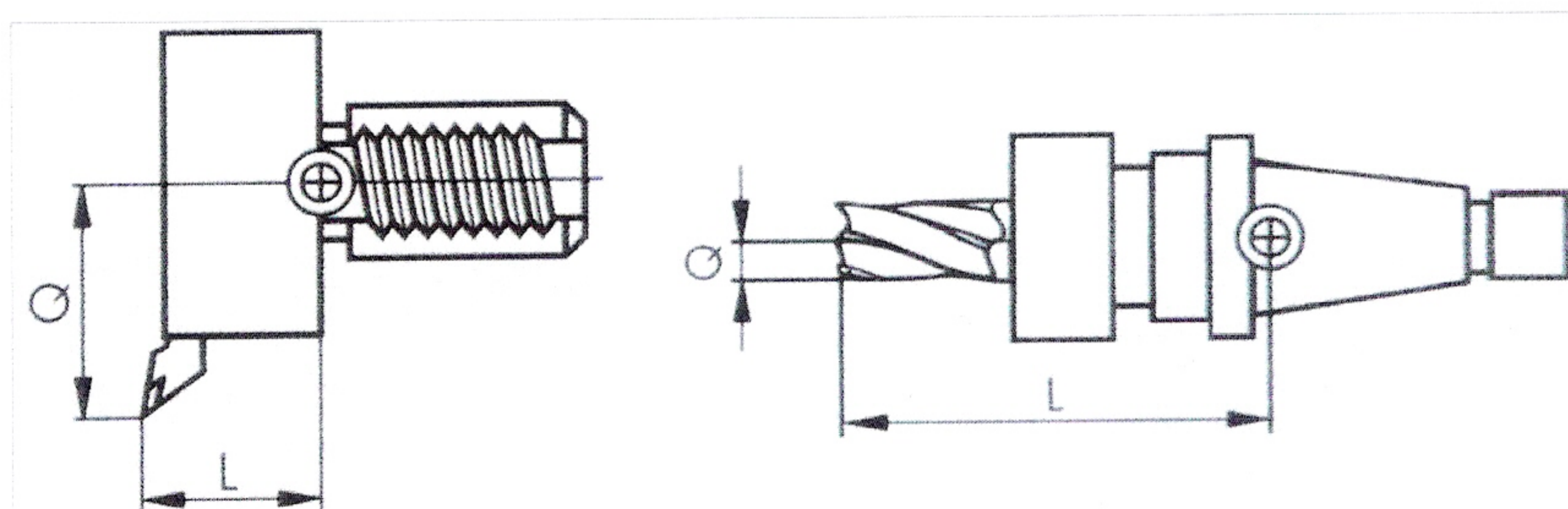


Выход в исходную точку R происходит для приравнивания к нулю системы измерения, так как нельзя выйти в нулевую точку станка M. Таким образом, ЧПУ получает свою опорную точку в системе измерения перемещения.

Опорная точка инструментального суппорта T



Опорная точка инструментального суппорта T необходима при использовании инструмента с известными длиной и радиусом. Показанные на диаграмме L и Q служат расчетными величинами инструмента и вводятся в память ЧПУ.



1.1 Основы — Геометрические основы фрезерной и токарной обработки

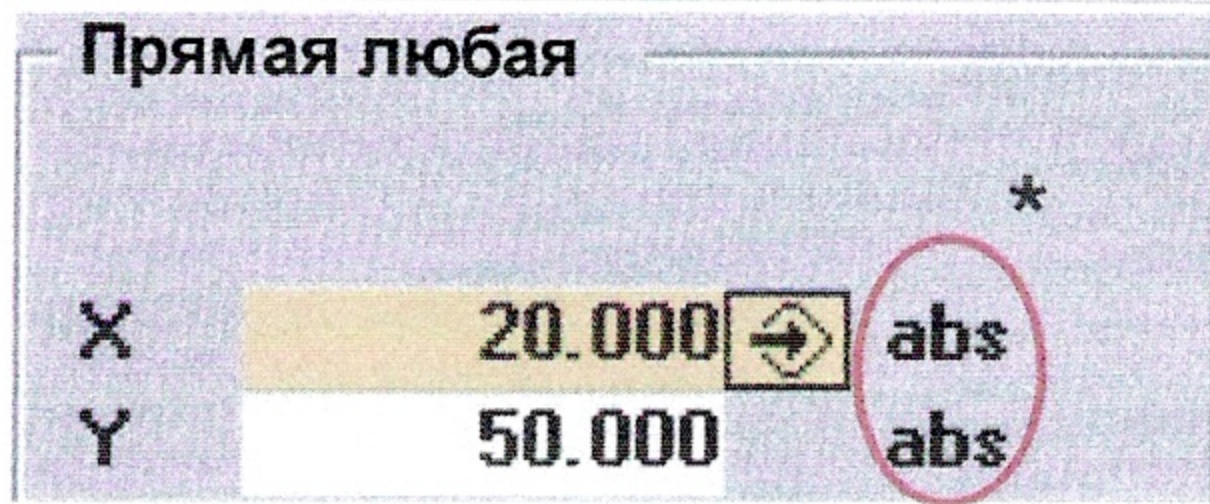
Абсолютные вводы:

Вводимые величины относятся к нулевой точке

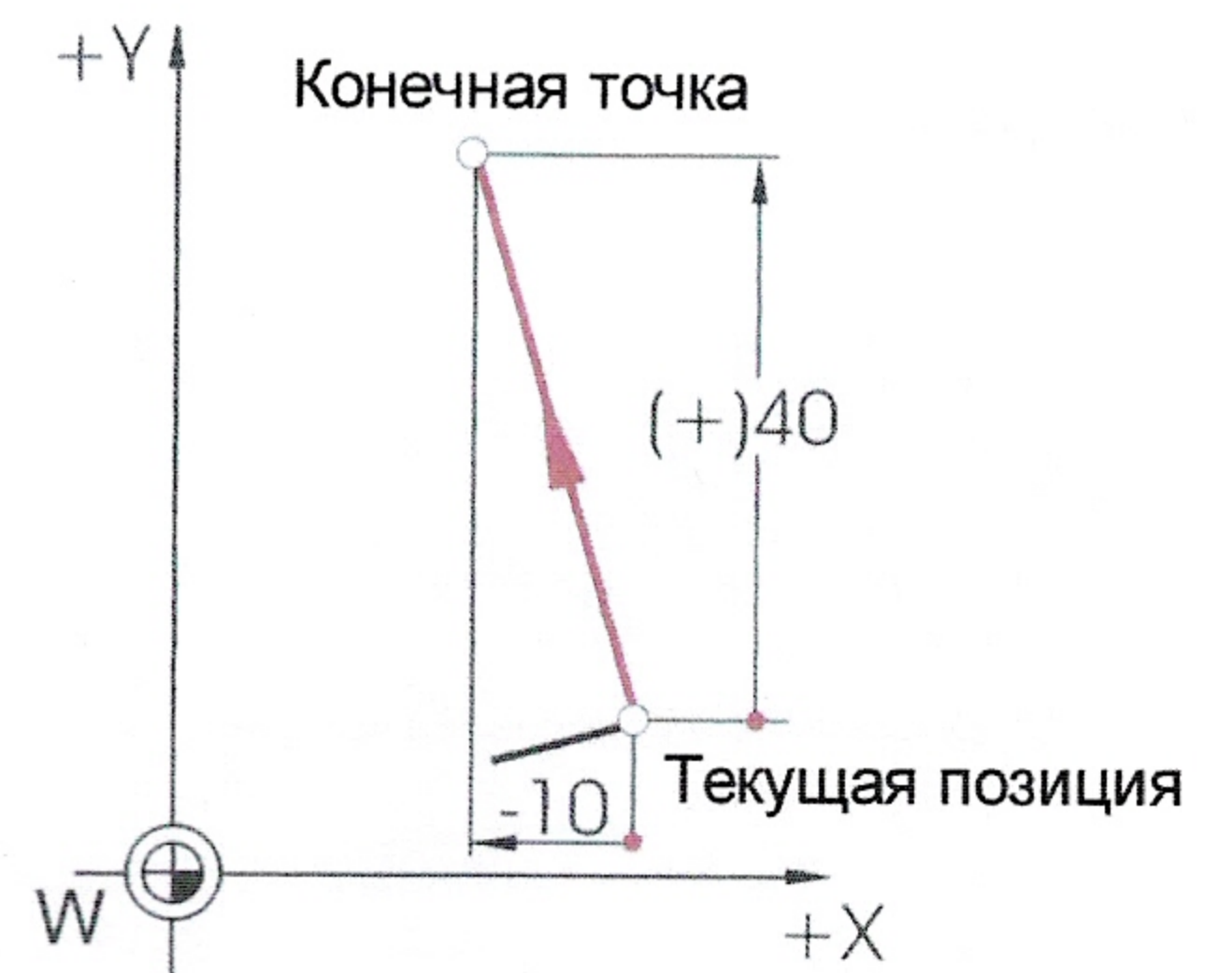
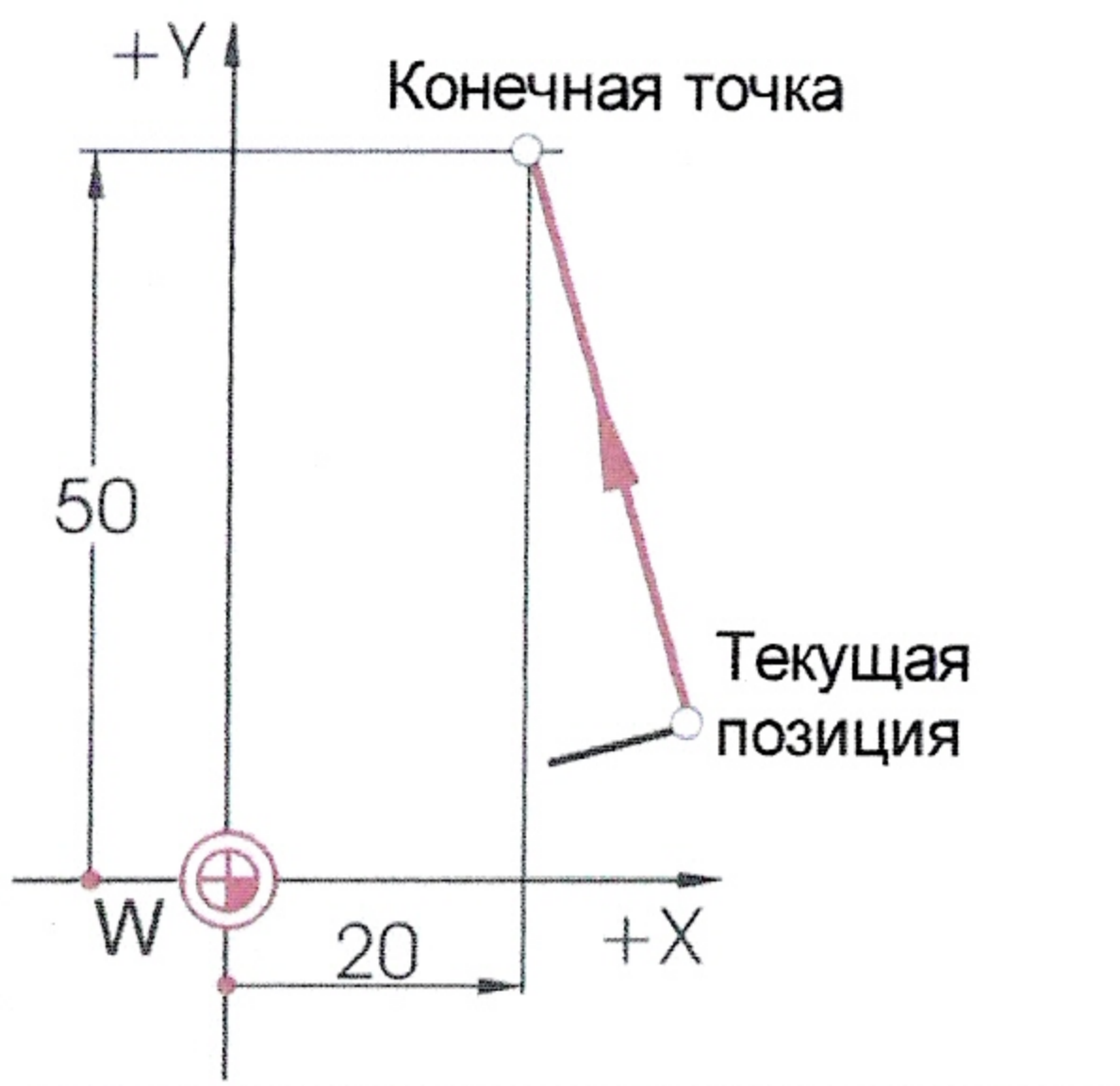
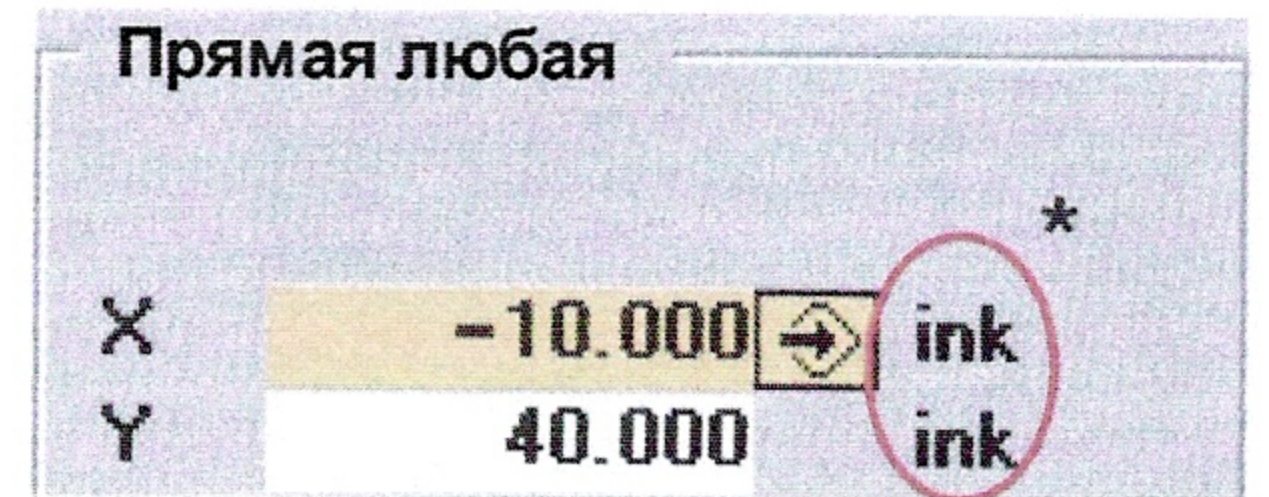
заготовки.

Инкрементные вводы:

Вводимые величины относятся к актуальной позиции.



Кнопкой **Alternative** можно переключаться в любое время



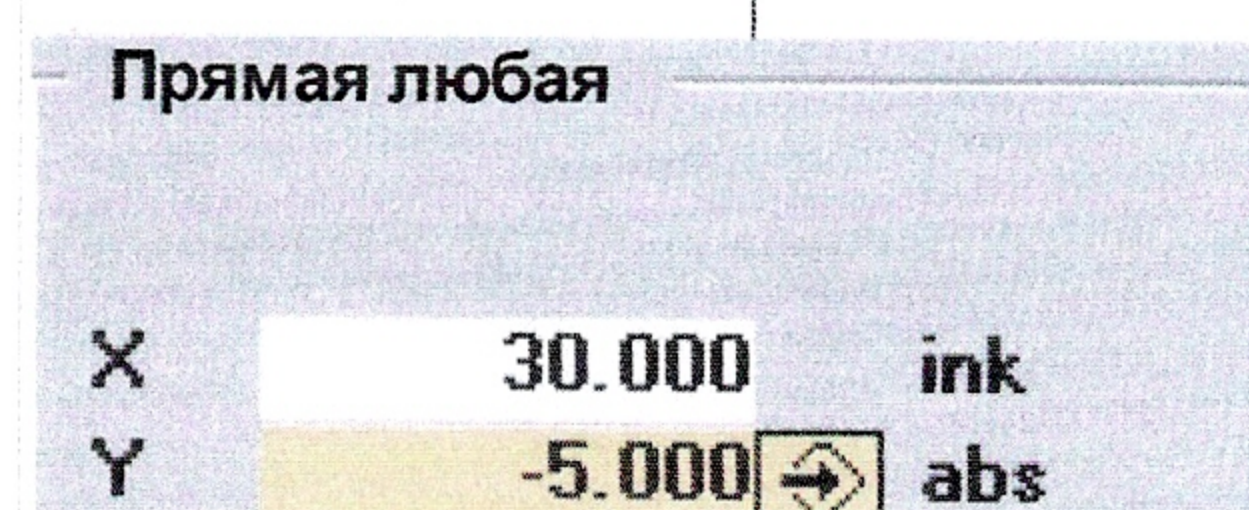
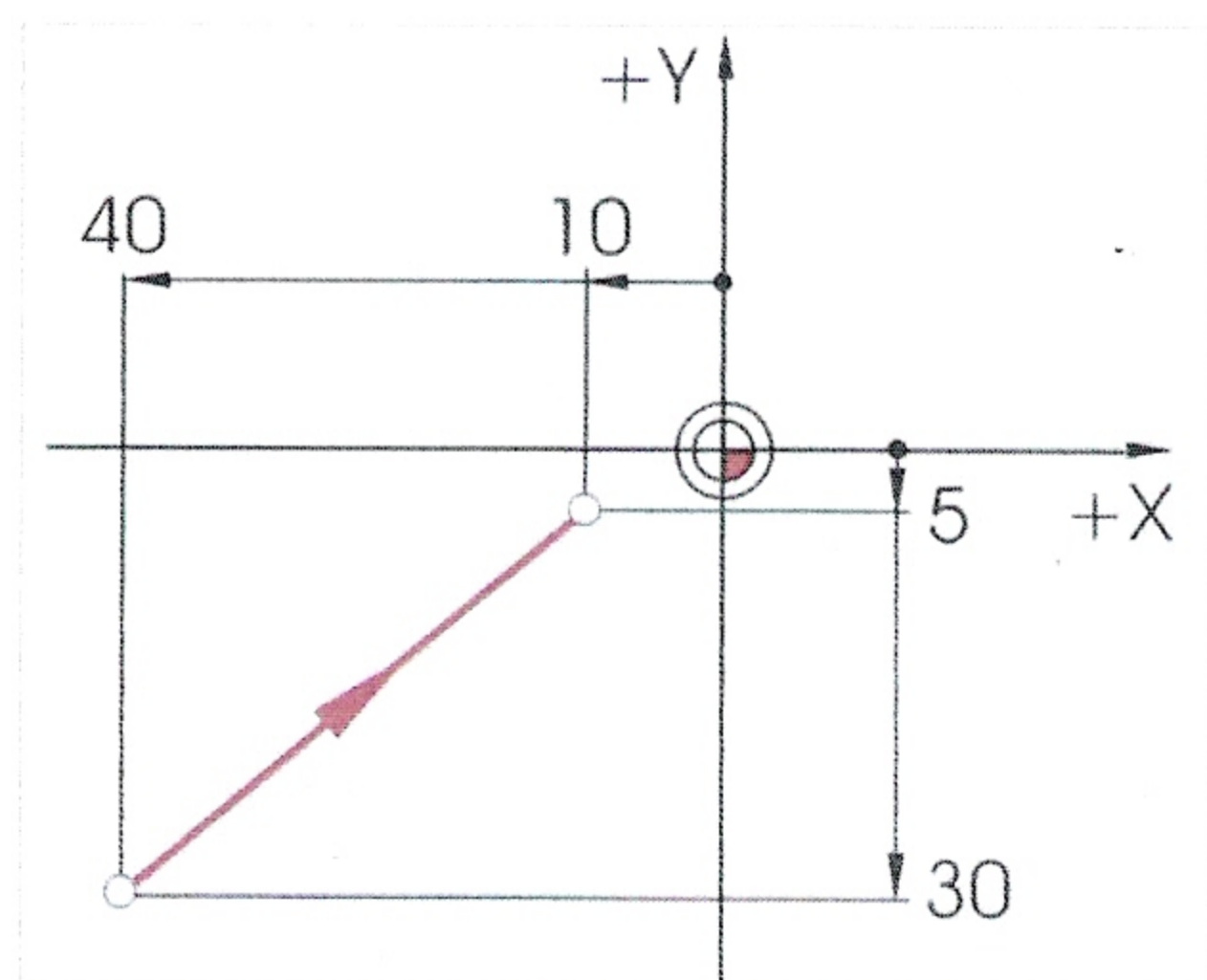
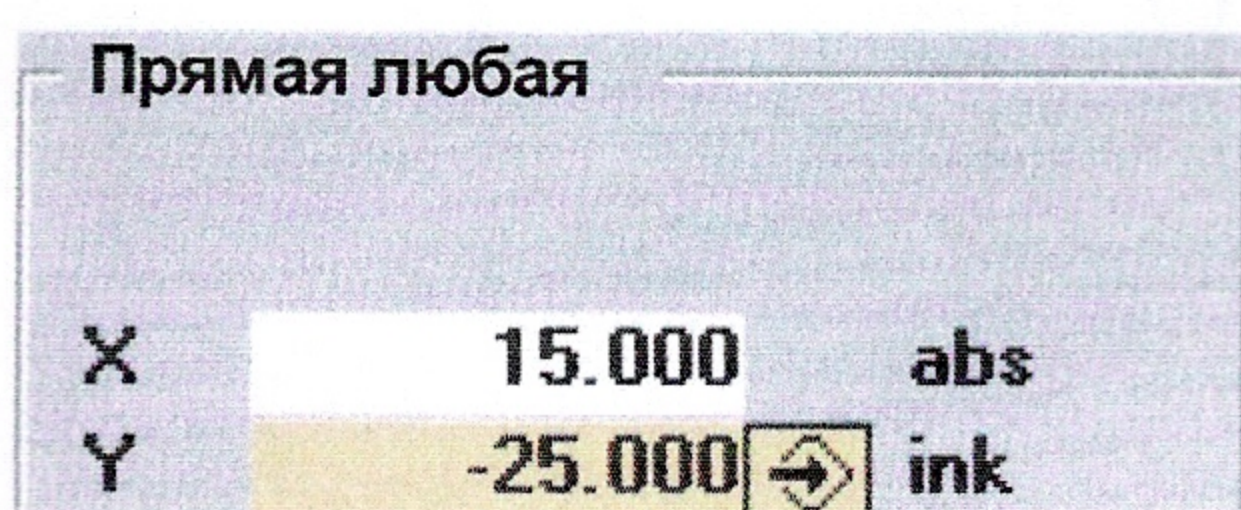
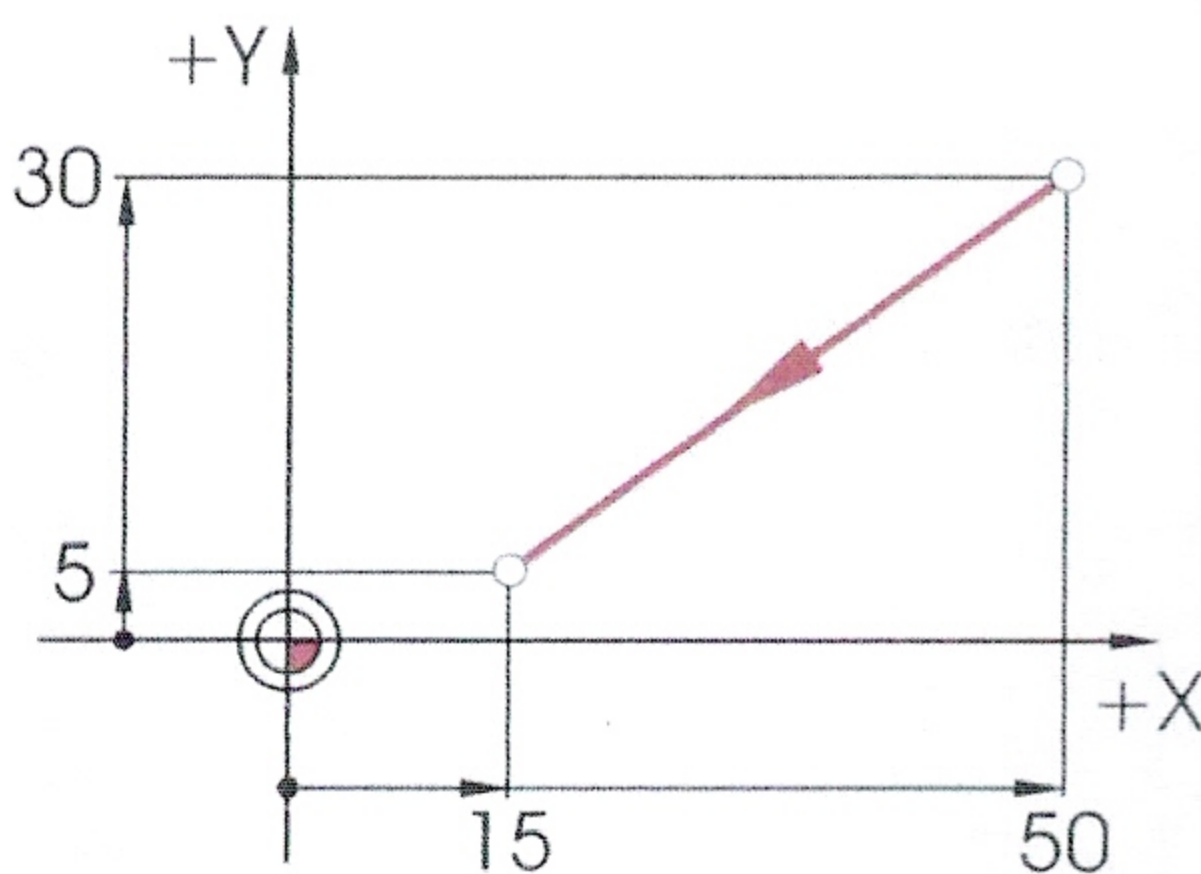
***G90 абсолютные задания размеров**

При вводе абсолютных размеров всегда должны вводиться **абсолютные** значения координат **конечной точки** в активной системе координат (актуальная позиция не рассматривается).

***G91 инкрементные задания размеров**

При вводе инкрементальных размеров должны всегда вводиться значения **разности** между **актуальной позицией** и **конечной точкой** при соблюдении **направления**.

Здесь показаны два примера комбинации абсолютный/инкрементный:



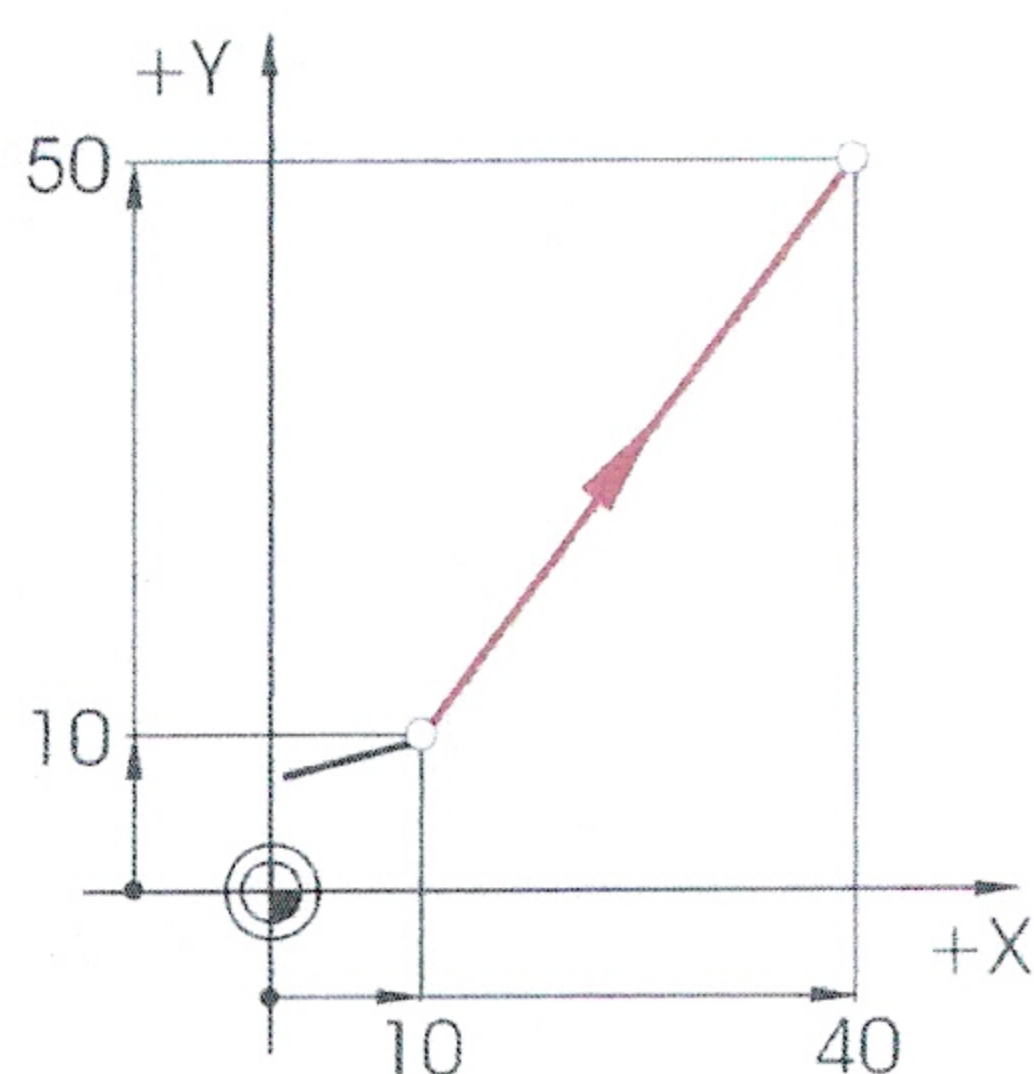
Для определения конечной точки прямой применяются две величины. Они могут выглядеть следующим образом:

Декартовые: ввод координат X и Y

Полярные: ввод длины и угла

Прямая любая		
X	30.000	ink
X	40.000	abs
Y	40.000	ink
Y	50.000	abs
L	50.000	
$\alpha 1$	53.130	°
$\alpha 2$	39.094	°

Все значения, выделенные серым цветом, рассчитываются и отображаются автоматически

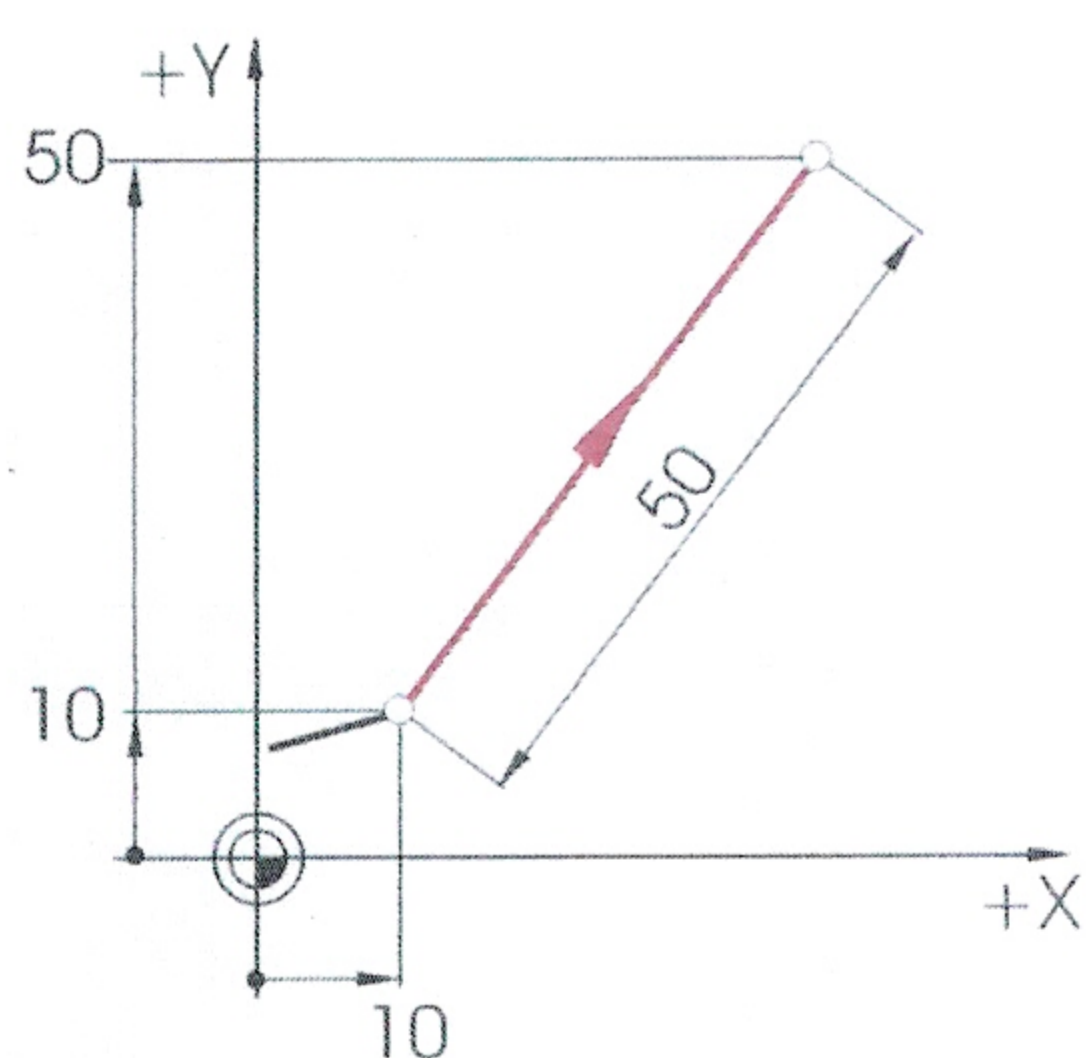


Угол $53,13^\circ$ = Угол вылета к положительной оси X или Угол $39,094^\circ$ = Угол к элементу-прототипу

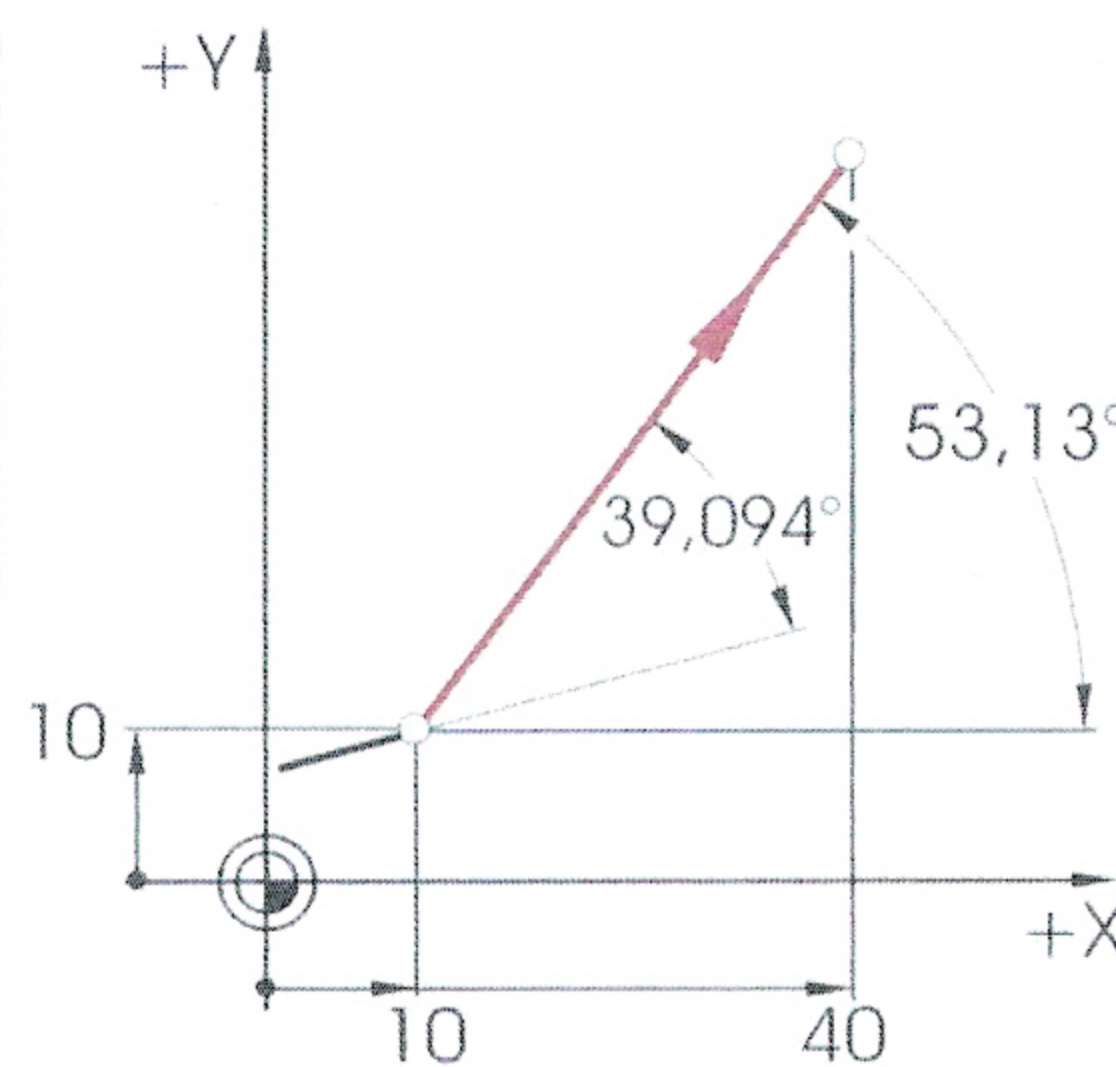
Декартовые и полярные вводы могут комбинироваться, например:

Ввод конечной точки по X и длине

Ввод конечной точки по Y и углу

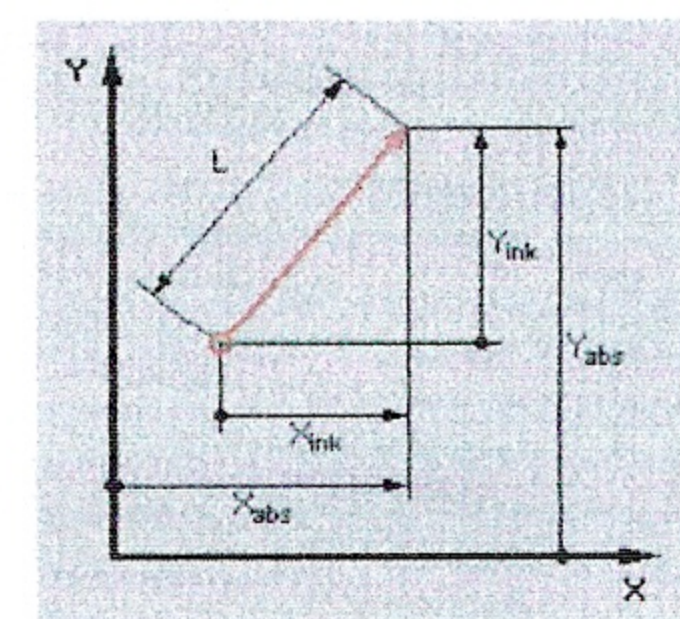
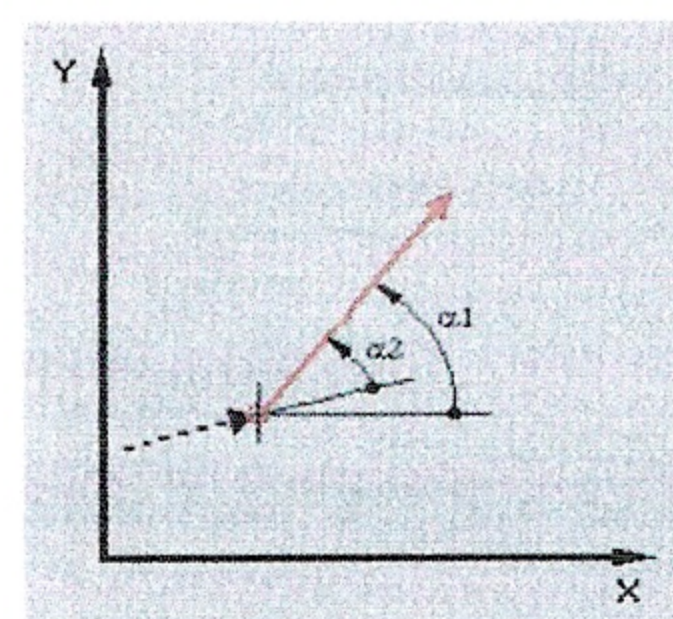


Прямая любая		
X	30.000	ink
X	40.000	abs
Y	40.000	ink
Y	50.000	abs
L	50.000	
$\alpha 1$	53.130	°
$\alpha 2$	39.094	°



Прямая любая		
X	30.000	ink
X	40.000	abs
Y	40.000	ink
Y	50.000	abs
L	50.000	
$\alpha 1$	53.130	°
$\alpha 2$	39.094	°

Во время ввода можно вызывать иллюстрации контекстной справки, отображающие обозначения отдельных полей ввода



1.1 Основы — Геометрические основы фрезерной и токарной обработки

В соответствии с нормами DIN для дуг окружностей задается конечная точка (координаты X, Y и средняя точка I, J в плоскости G17).

SINUMERIK дает Вам возможность даже при работе с дугами окружности свободно брать любой размер из чертежа, не теряя время на пересчет. Ниже Вы видите пример с двумя дугами.

Ввод средней точки (абсолютная величина):

Дуга окружности

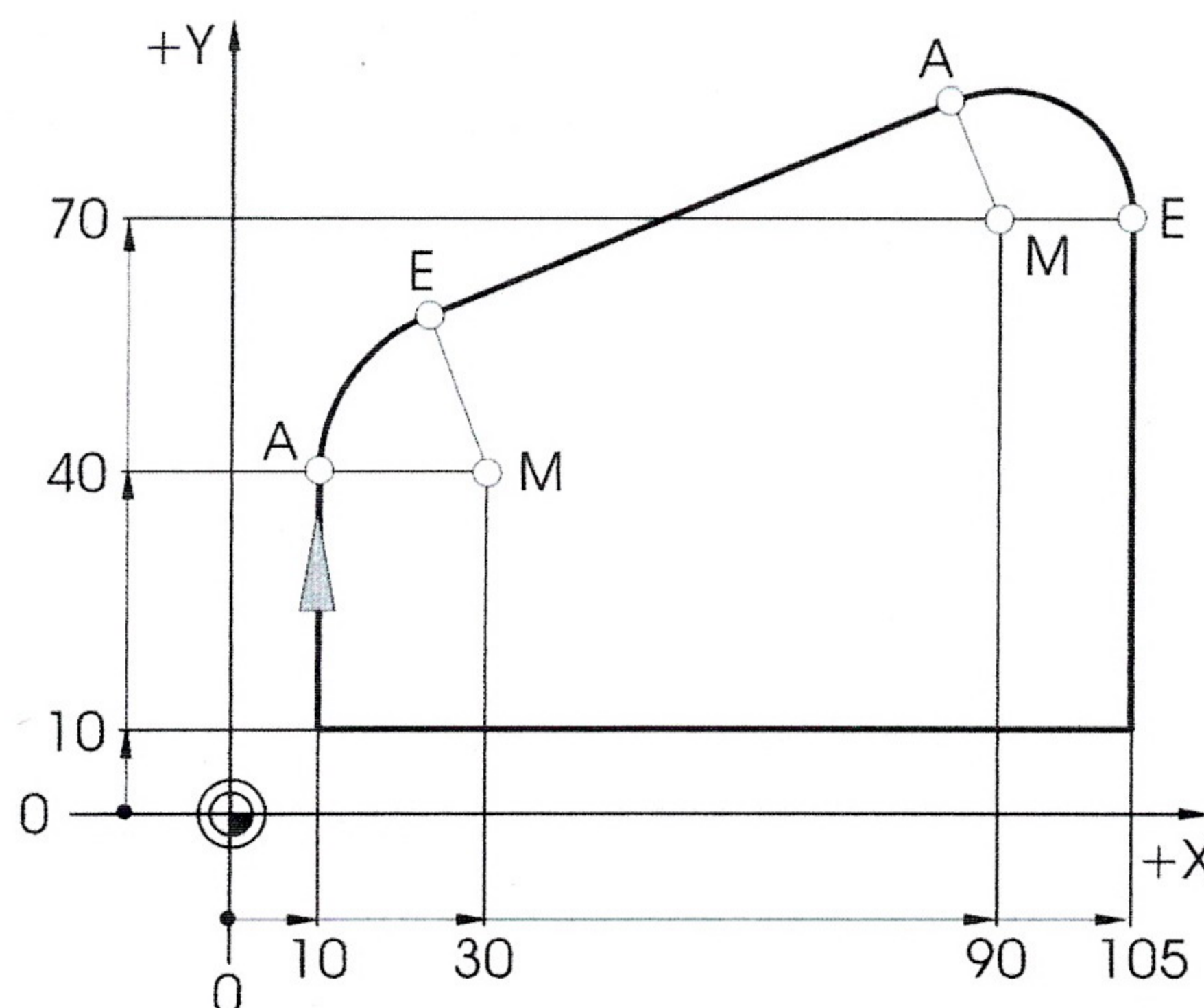
Направ. вращения ↻

R		
X		abs
Y		abs
I	30.000	abs
J	40	abs

Дуга окружности

Направ. вращения ↻

R		
X	105.000	abs
Y	70.000	abs
I	90.000	abs
J	70	abs



После ввода:

Дуга окружности

Направ. вращения ↻

R	20.000	
X		abs
Y		abs
I	30.000	abs
J	40.000	abs

После ввода:

Дуга окружности

Направ. вращения ↻

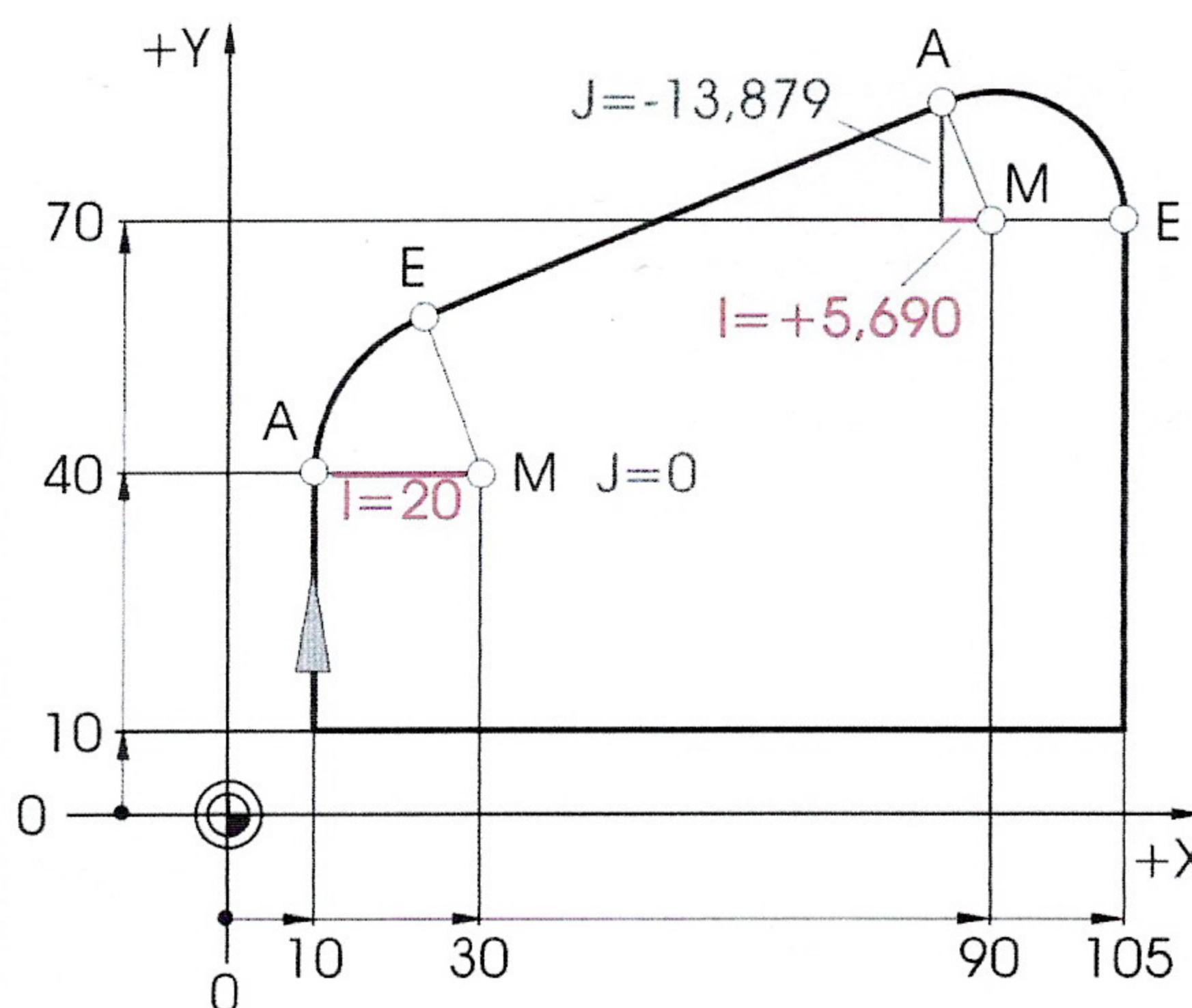
R	15.000	
X	105.000	abs
Y	70.000	abs
I	90.000	abs
J	70.000	abs

Когда Вы внесли все известные размеры в окна ввода соответствующей дуги и нажали на функциональную клавишу Alle Parameter (все параметры), получаются следующие показания величин.

Дуга окружности

Направ. вращения ↻

R	20.000	
X	12.414	ink
X	22.414	abs
Y	18.505	ink
Y	58.505	abs
I	20.000	ink
I	30.000	abs
J	0.000	ink
J	40.000	abs
α1	90.000	•
α2	0.000	•
β1	22.291	•
β2	67.709	•



Дуга окружности

Направ. вращения ↻

R	15.000	
X	20.690	ink
X	105.000	abs
Y	-13.879	ink
Y	70.000	abs
I	5.690	ink
I	90.000	abs
J	-13.879	ink
J	70.000	abs
α1	22.291	•
α2	0.000	•
β1	270.000	•
β2	112.291	•

Ввод дуг в текстовом редакторе программ выглядел бы следующим образом:

G2 X22.414 Y58.505 I20 J0

G2 X105 Y70 I=AC(90) J=AC(70)

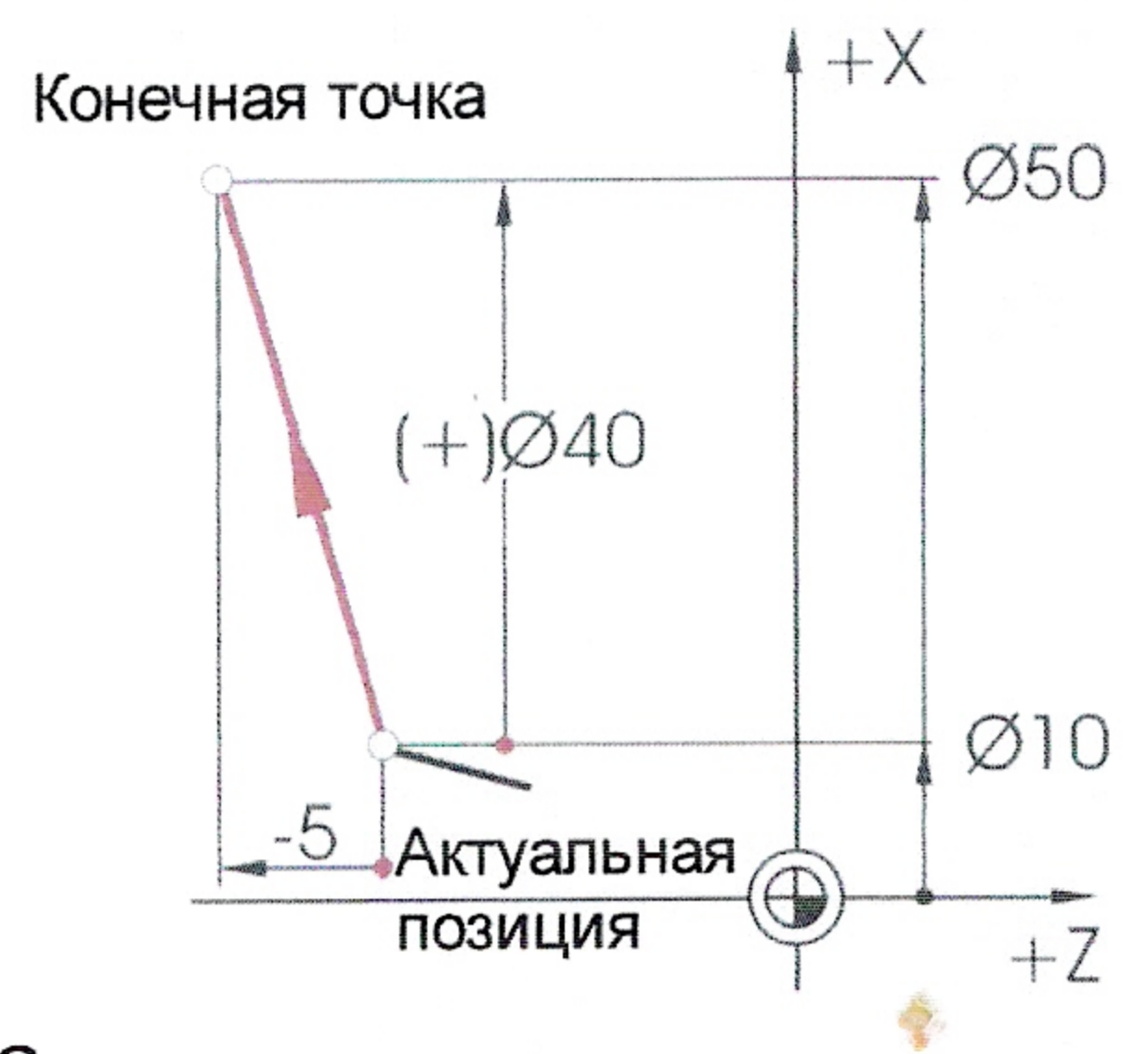
Вводы абсолютных размеров:

Вводимые величины относятся к нулевой точке заготовки.



Вводы инкрементных размеров:

Вводимые величины относятся к актуальной позиции.



Клавишей Alternativ любое время можно переключиться между разными режимами ввода.

функции «DIAMON»

Внимание: При настройке с использованием требований по DIN 66025 вводятся и показываются также величины, относящиеся к диаметру.

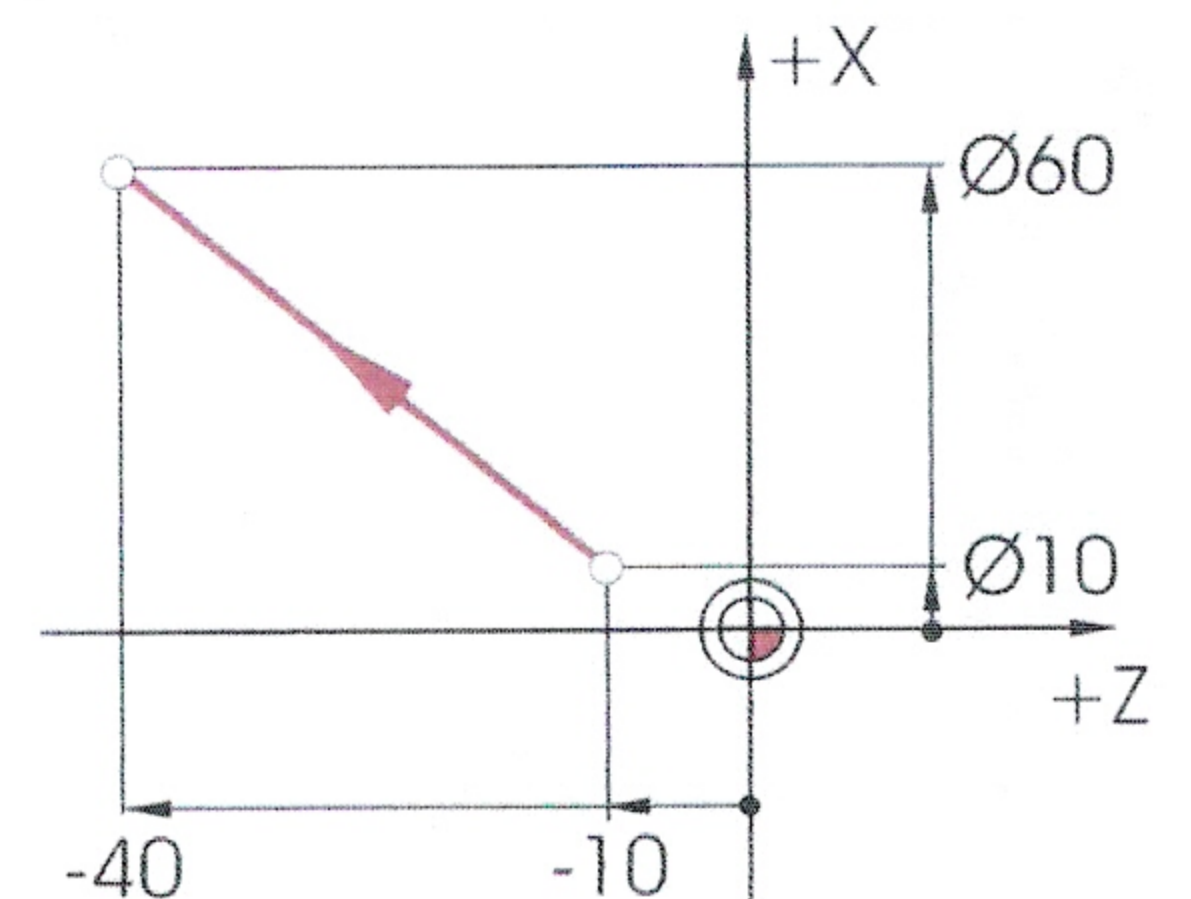
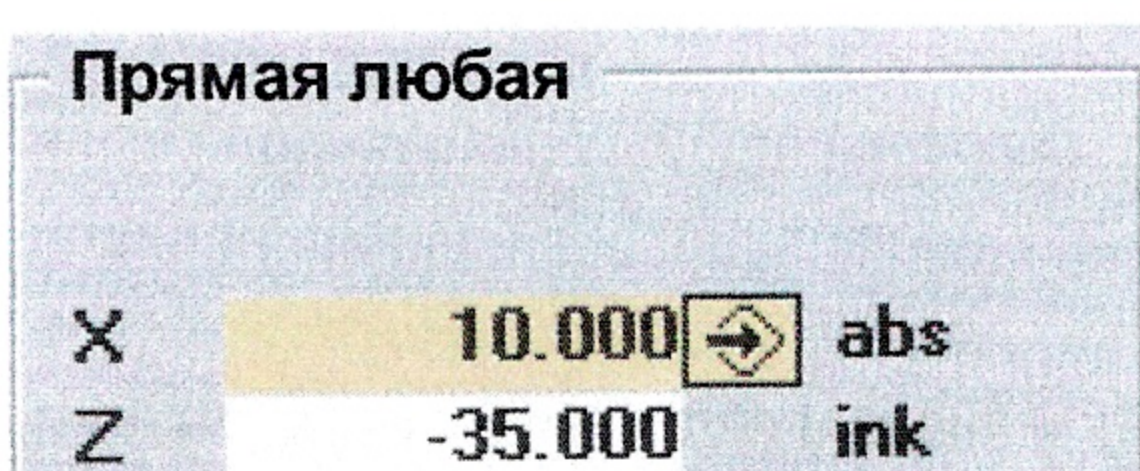
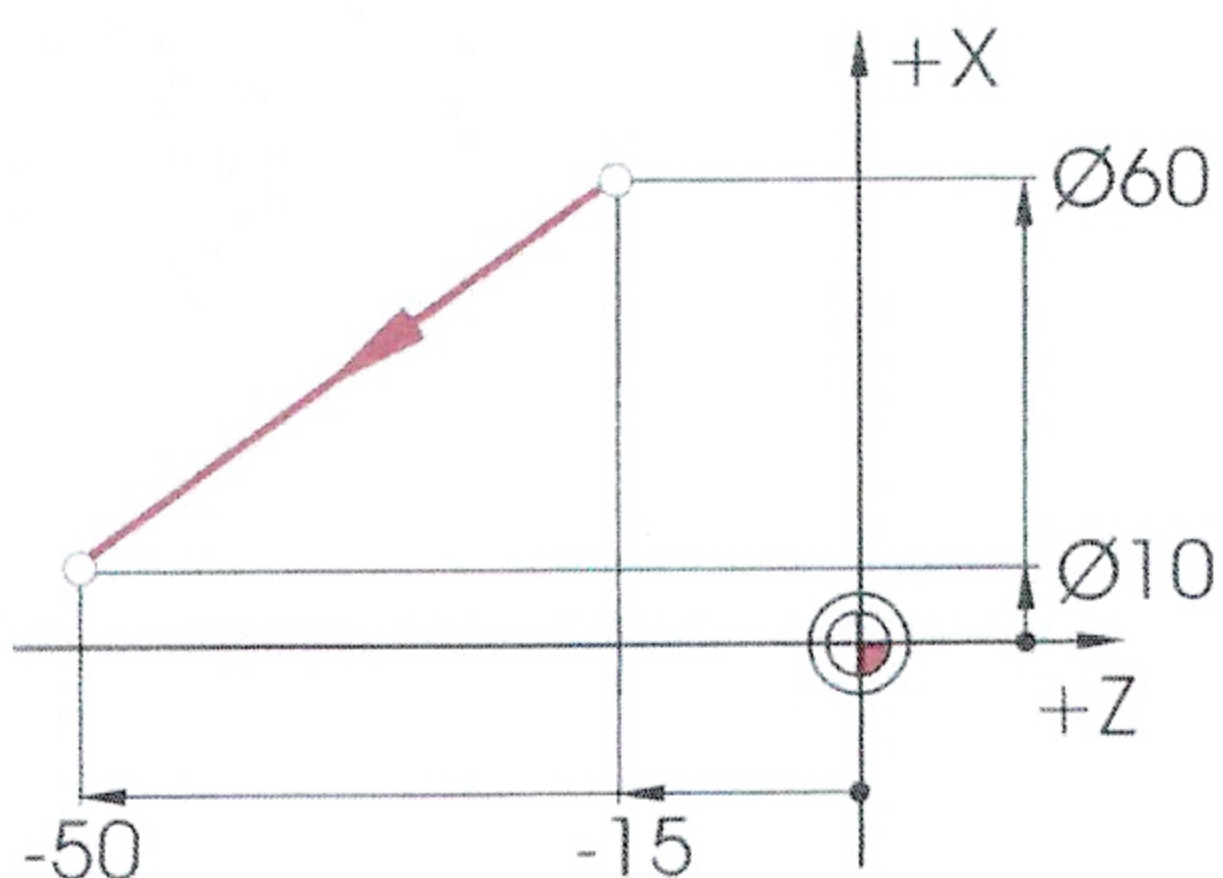
***G90 задание абсолютных размеров**

При вводе абсолютных размеров всегда должны вводиться **абсолютные** значения координат **конечной точки** в активной системе координат (актуальная позиция не рассматривается).

***G91 задание инкрементных размеров**

При вводе инкрементных размеров всегда вводятся значения **разности** между **актуальной позицией** и **конечной точкой** при соблюдении **направления**.

Здесь показаны два примера комбинации абсолютный/инкрементный:



1.1 Основы — Геометрические основы фрезерной и токарной обработки

Для определения конечной точки прямой применяются две величины. Они могут выглядеть следующим образом: см. рис.

Декартовые: ввод координат X и Y

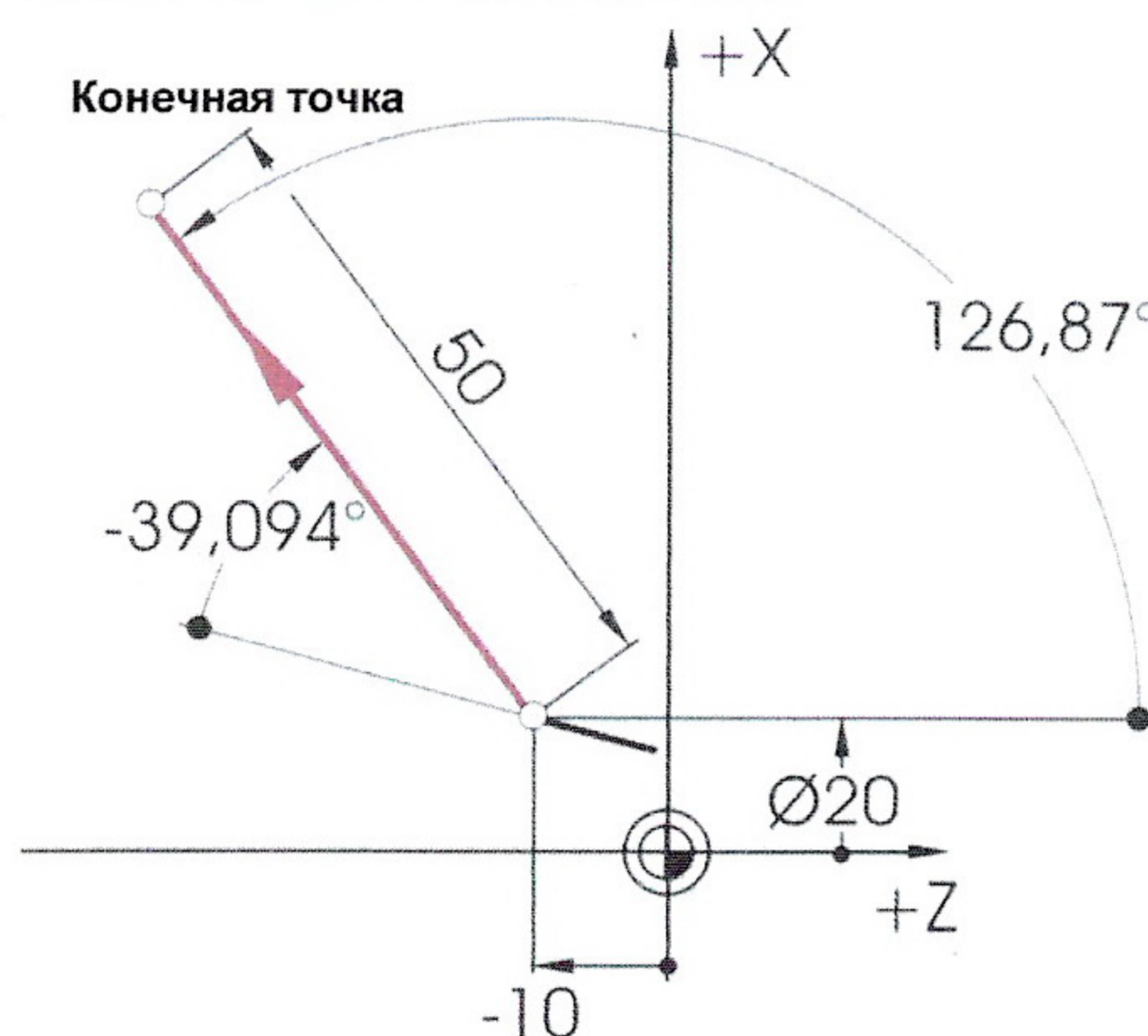
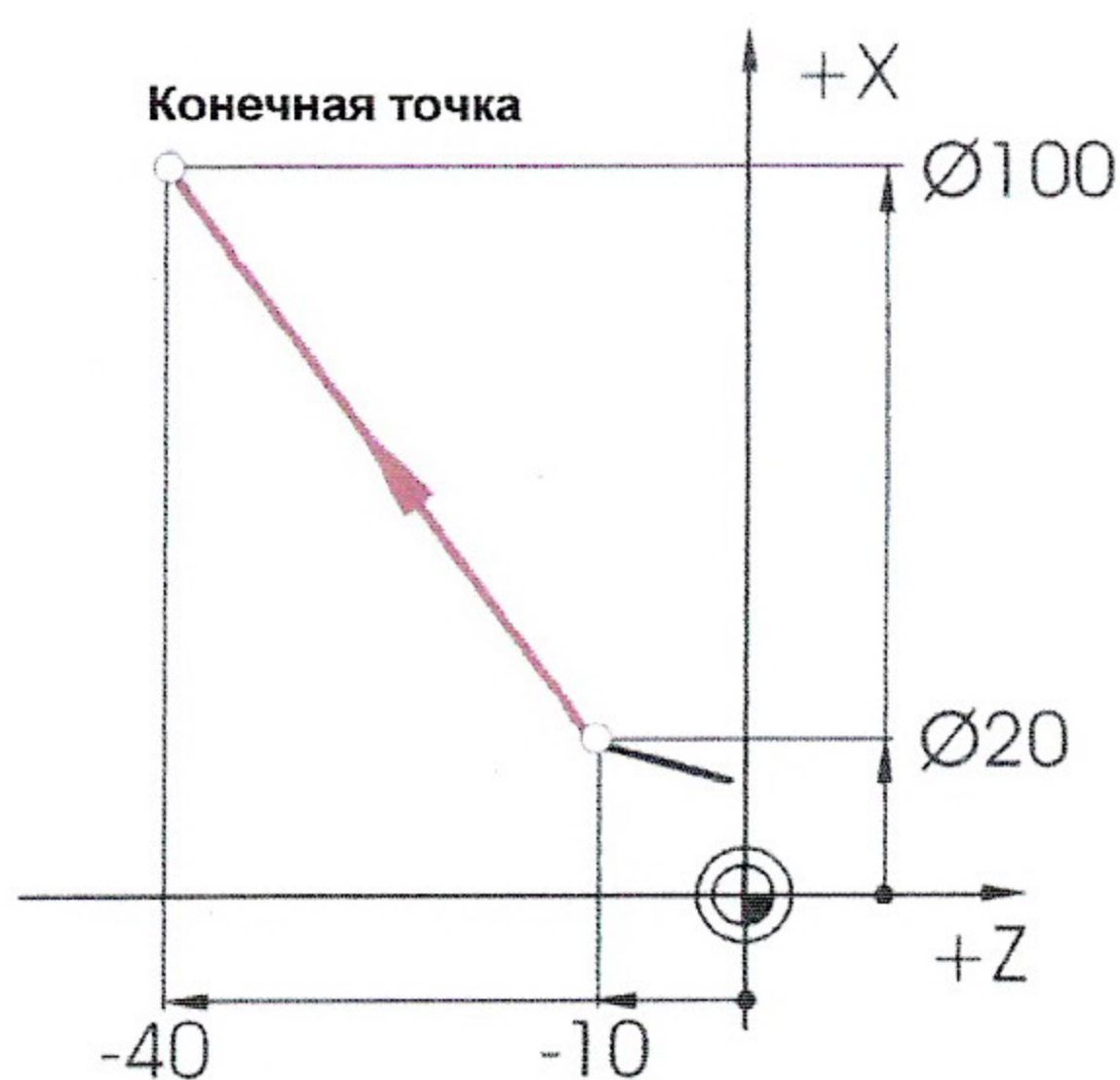
Полярные: ввод длины и угла

Прямая любая		
X	80.000	ink
X	100.000	abs
Z	-30.000	ink
Z	-40.000	abs
L	50.000	
$\alpha 1$	126.870	°
$\alpha 2$	320.906	°

Все значения, выделенные серым цветом, рассчитываются

и отображаются автоматически

Прямая любая		
X	80.000	ink
X	100.000	abs
Z	-30.000	ink
Z	-40.000	abs
L	50.000	
$\alpha 1$	126.870	°
$\alpha 2$	320.906	°



Угол $126,87^\circ$ = Угол вылета к положительной оси X

или

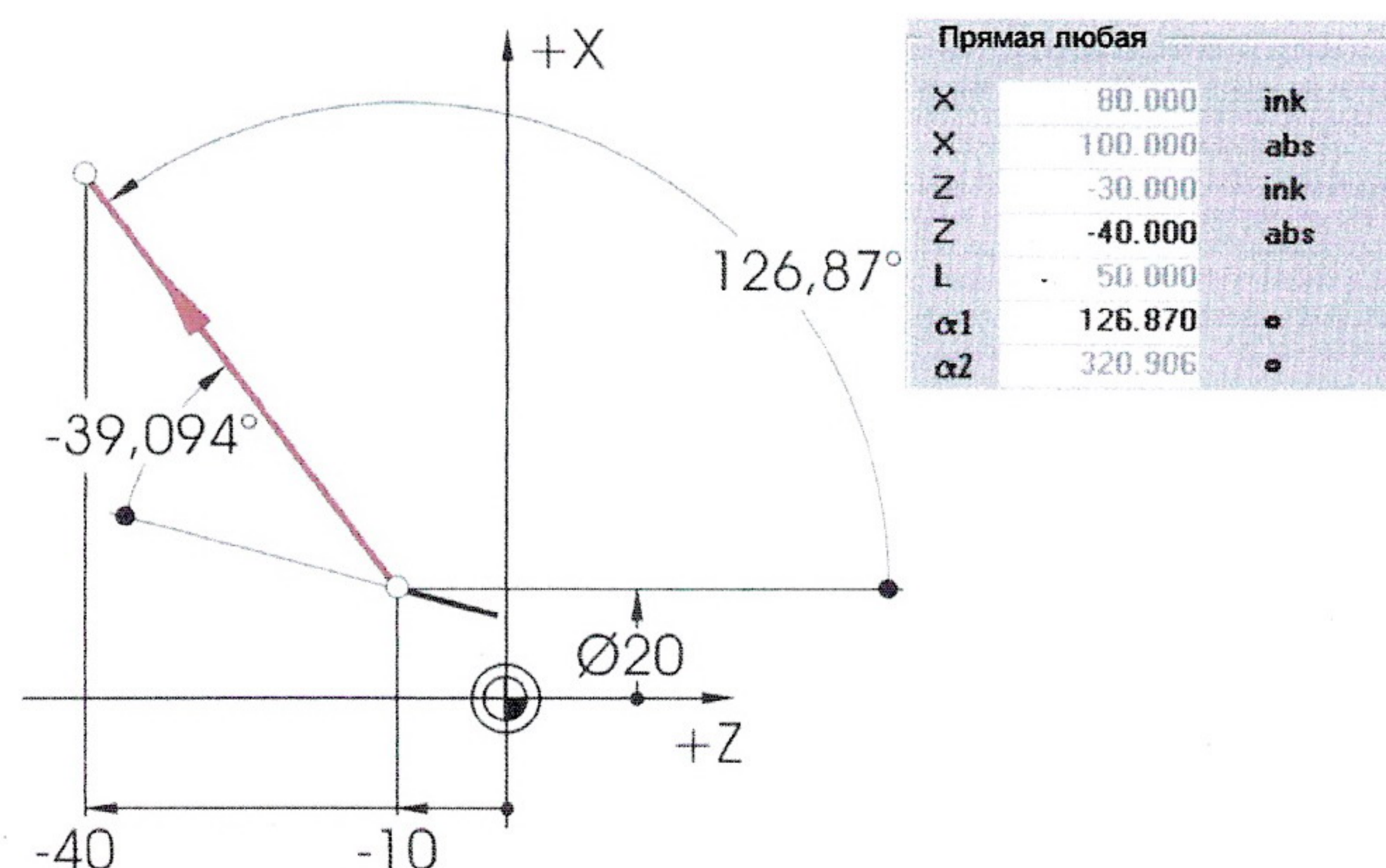
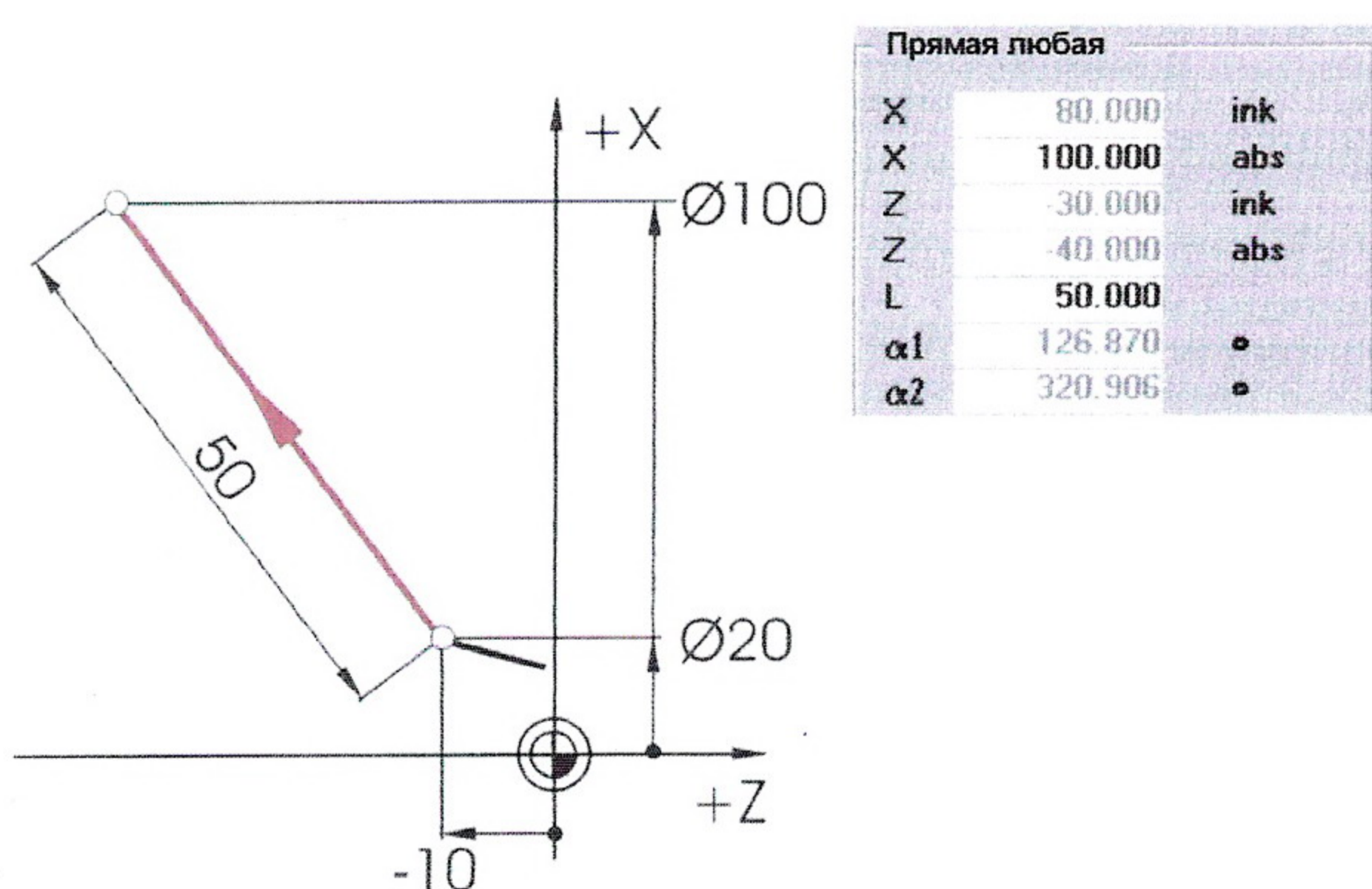
Угол $-39,094^\circ$ = Угол к элементу-прототипу

($39,094^\circ = 360^\circ - 320,906^\circ$)

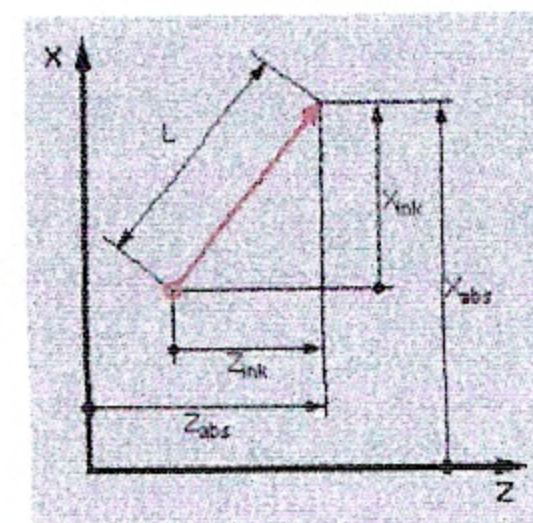
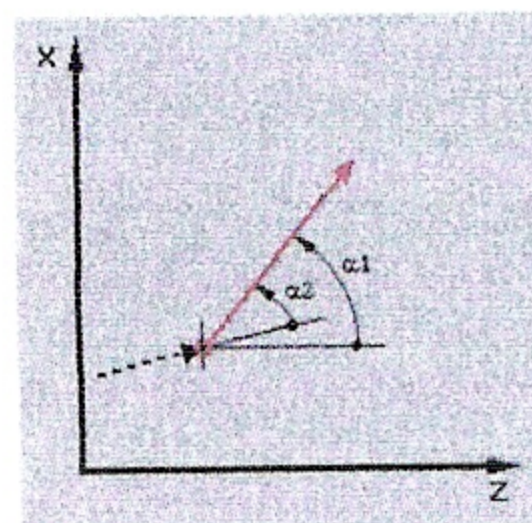
Декартовые и полярные вводы могут комбинироваться, например:

Ввод конечной точки по X и длине

Ввод конечной точки по Y и углу



Во время ввода можно вызывать иллюстрации контекстной справки, отображающие обозначения отдельных полей ввода



В соответствии с нормами DIN для дуг окружностей задается конечная точка (координаты X, Z и средняя точка I, J в плоскости G18).

SINUMERIK дает Вам возможность даже при работе с дугами окружности свободно брать любой размер из чертежа, не теряя время на пересчет.

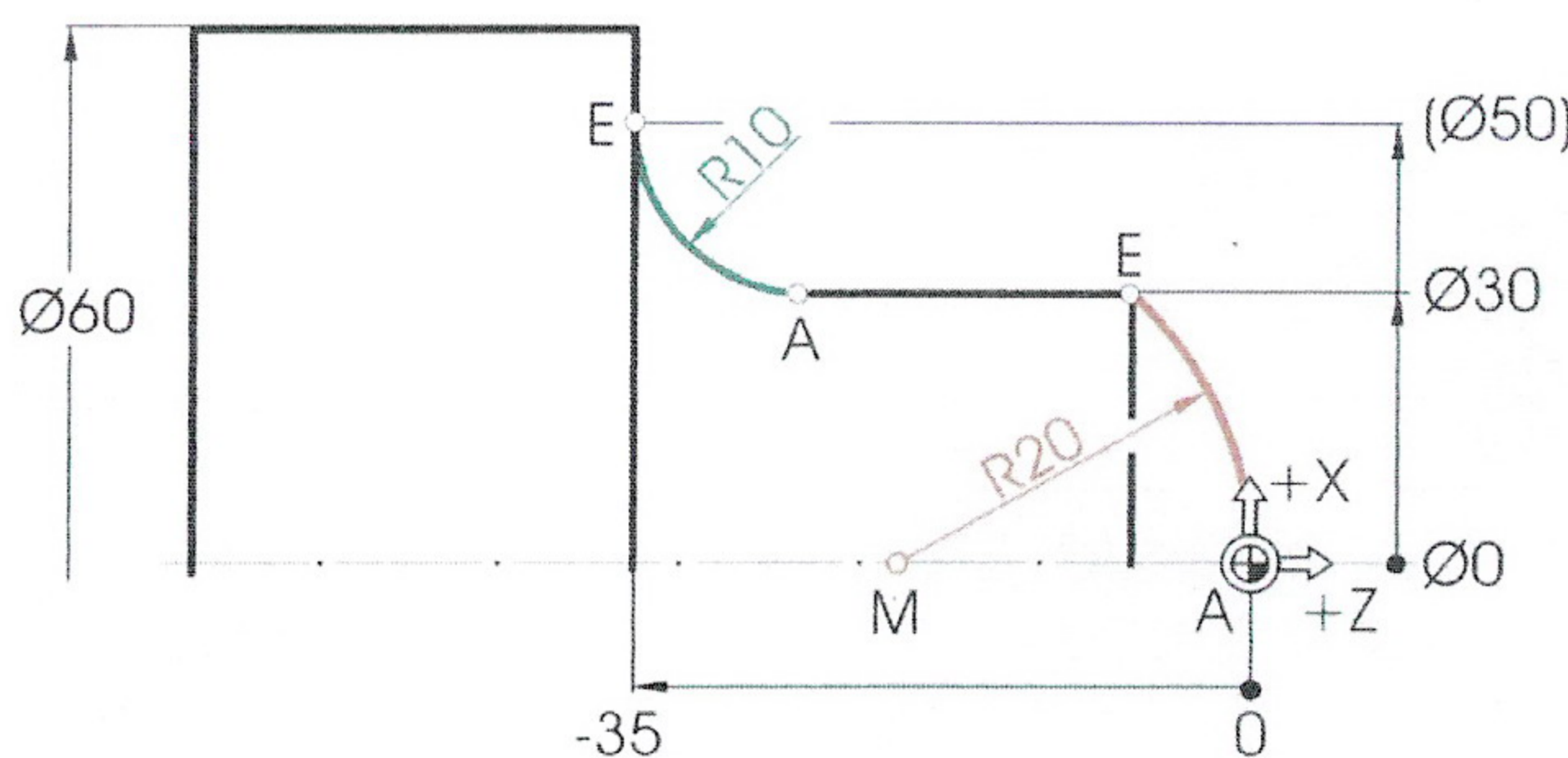
Ниже Вы видите пример с двумя дугами.

Ввод дуги R 10:

Дуга окружности		
Направ. вращения ↻		
R	10.000	
X	50.000	abs
Z	-35	abs
I		abs
K		abs

После ввода:

Дуга окружности		
Направ. вращения ↻		
R	10.000	
X	50.000	abs
Z	-35.000	abs
I	50.000	abs
K	-25.000	abs



Ввод дуги R 20:

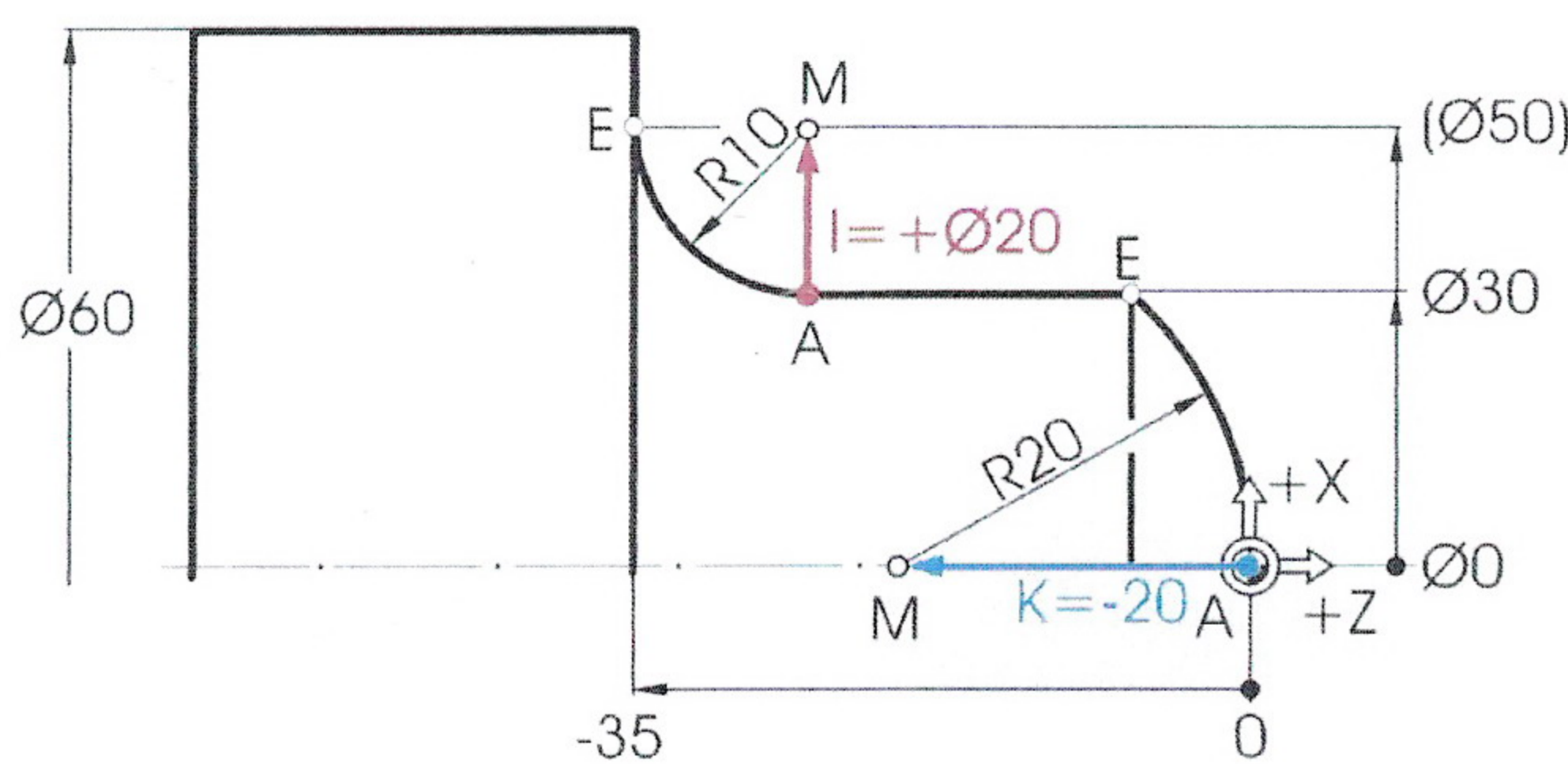
Дуга окружности		
Направ. вращения ↻		
R		
X	30.000	abs
Z		abs
I	0.000	abs
K	-20	abs

После ввода:

Дуга окружности		
Направ. вращения ↻		
R	20.000	
X	30.000	abs
Z	-6.771	abs
I	0.000	abs
K	-20.000	abs

Следующие показания величин получатся, если Вы внесете все известные размеры и нажмете в окне ввода соответствующей дуги многофункциональную клавишу Alle Parameter (все параметры).

Дуга окружности		
Направ. вращения ↻		
R	10.000	
X	20.000	ink
X	50.000	abs
Z	-10.000	ink
Z	-35.000	abs
I	20.000	ink
I	50.000	abs
K	0.000	ink
K	-25.000	abs
$\alpha 1$	180.000	•
$\alpha 2$	0.000	•
$\beta 1$	90.000	•
$\beta 2$	90.000	•



Дуга окружности		
Направ. вращения ↻		
R	20.000	
X	30.000	ink
X	30.000	abs
Z	-6.771	ink
Z	-6.771	abs
I	0.000	ink
I	0.000	abs
K	-20.000	ink
K	-20.000	abs
$\alpha 1$	90.000	•
$\beta 1$	138.590	•
$\beta 2$	48.590	•

Ввод дуг в текстовом редакторе выглядел бы так:

G2 X50 Z-35 CR=10 G3 X30 Z-6.771 I0 K-20

1.2 Технологические основы фрезерования и токарной обработки

Оптимальное число оборотов инструмента зависит от исполнения режущего инструмента и материала детали. На основе многолетнего опыта это число оборотов вводится на практике сразу, без расчетов. Но все же лучше рассчитывать число оборотов на основании сборника таблиц скоростей резания.

Определение скорости резания:

С помощью каталогов изготовителя или справочника определяется оптимальная скорость резания.

Материал режущего инструмента

Материал детали

Твердый сплав

C45



$$V_c = 80 - 150 \text{ м/мин}$$

Выбирается среднее значение $V_c = 115 \text{ м/мин}$

Расчет числа оборотов:

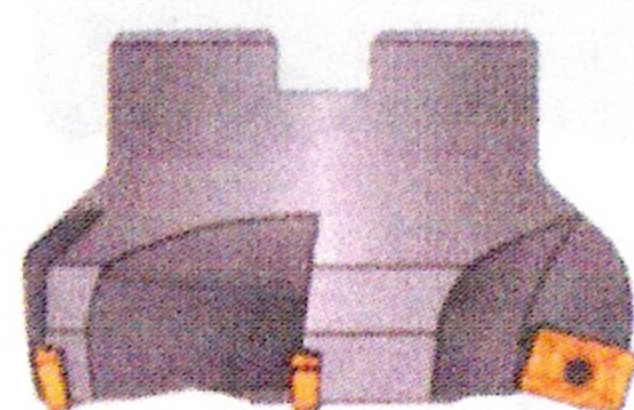
На основании величин скорости резания и диаметра инструмента рассчитывается число оборотов "n".

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

В качестве примера здесь рассчитывается число оборотов для двух инструментов:

$$n_1 = \frac{115 \text{ мм} \cdot 1000}{63 \text{ мм} \cdot \pi \cdot \text{мин}}$$

$$d_1 = 63 \text{ мм}$$



$$n_1 \approx 580 \frac{1}{\text{мин}}$$

$$d_2 = 40 \text{ мм}$$



$$n_2 \approx 900 \frac{1}{\text{мин}}$$

$$n_2 = \frac{115 \text{ мм} \cdot 1000}{40 \text{ мм} \cdot \pi \cdot \text{мин}}$$

(в цехе также часто используются «обороты в минуту»)

В эту число оборотов задается буквы S (английское speed).

Например: S580 и S900.

При таком числе оборотов достигается скорость резания в 115 м/мин.

В предыдущей главе Вы научились определять скорость резания и рассчитывать число оборотов. Чтобы инструмент резал правильно, нужно соотнести скорость подачи инструмента со скоростью резания или числом оборотов.

Базовой величиной для расчета скорости подачи является характеристика "Подача на оборот".

Определение подачи на оборот:

Так же как и скорость резания, величина подачи на оборот берется из справочника или документов изготовителя инструмента.

Материал режущего инструмента

Материал детали

Твердый сплав

C45



Подача на оборот $f_z=0,1 - 0,2$ мм

Выбирается средняя величина $f_z=0,15$ мм

Определение скорости подачи:

На основании величин шага подачи на оборот, количества шагов и числа оборотов рассчитывается скорость подачи.

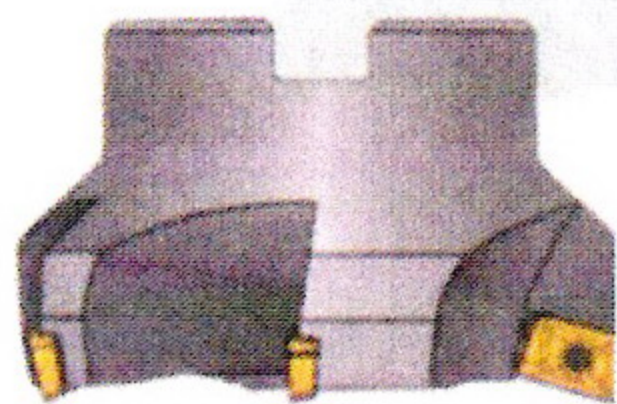
$$vf = fz \cdot z \cdot n$$

В качестве примера здесь рассчитывается скорость подачи для двух инструментов с различным количеством шагов:

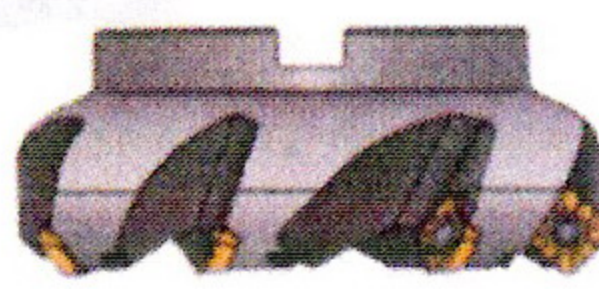
$$d_1 = 63\text{мм}, z_1 = 4$$

$$d_2 = 63\text{мм}, z_2 = 9$$

$$vf_1 = 0,15\text{мм} \cdot 4 \cdot 580 \frac{1}{\text{МИН}}$$



$$vf_1 = 348 \frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$$



$$vf_2 = 783 \frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$$

$$vf_2 = 0,15\text{мм} \cdot 9 \cdot 580 \frac{1}{\text{МИН}}$$

В ЧПУ скорость подачи задается F-функцией (английское Feed).

Например: F340 и F780.

При такой величине подачи достигается шаг подачи 0,15 мм.

2.1 Руководство для начинающих. Основы.

В процессе токарной обработки, в отличие от фрезерной, желаемая скорость резания, как правило, программируется напрямую, а именно в процессе обдирки, чистовой обработки и врезания.

Программирование желаемого числа оборотов выполняется только при сверлении и, в основном, при нарезке наружной резьбы.

Определение скорости резания:

С помощью каталогов изготовителя или справочника определяется оптимальная скорость резания.

Материал режущего инструмента

Твердый сплав

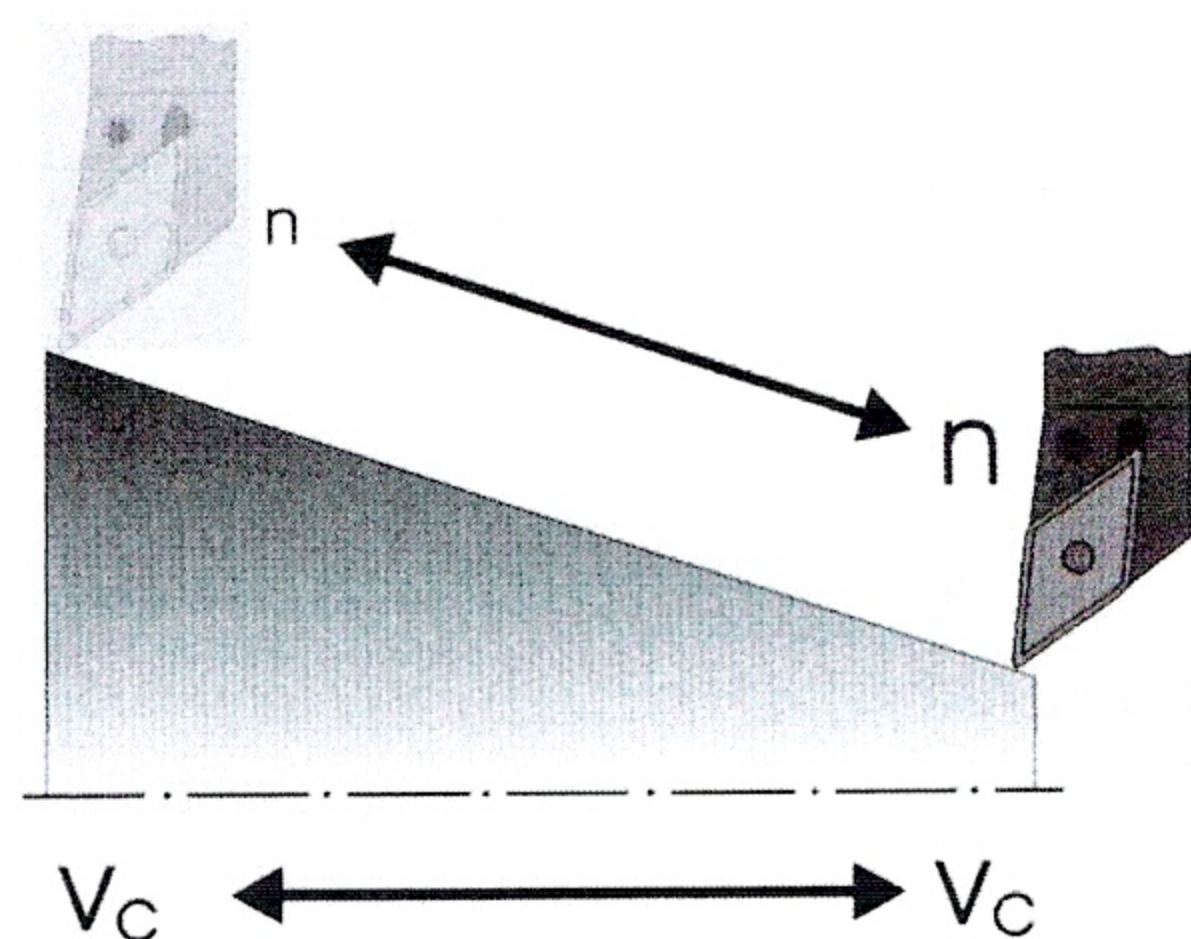
Материал детали

C45



$v_c = 180$
м/мин

Постоянная скорость резания v_c (G96) при обдирке, чистовой обработке и врезании:

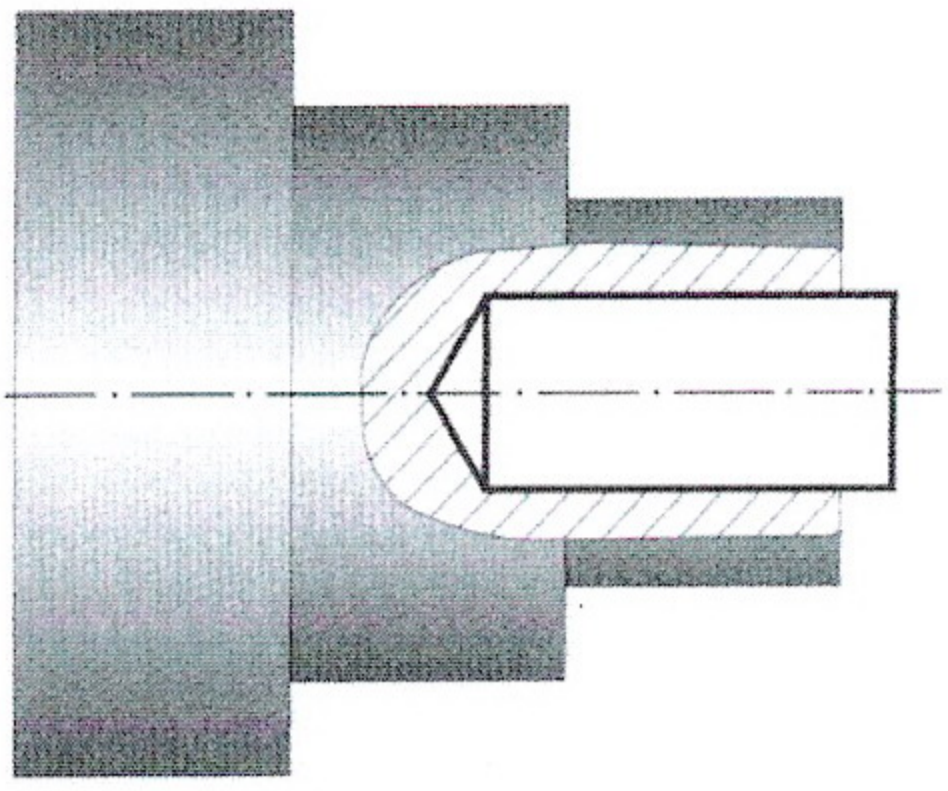


Для поддержания постоянной скорости резания, независимой от диаметра детали, используется функция G96 - постоянная скорость резания.

При уменьшении диаметра скорость вращения детали возрастает. Для предотвращения высокой скорости вращения детали предусмотрено программное ограничение числа оборотов.

Например: G96 S180 LIMS=3000.

Постоянное число оборотов n (G97) при сверлении и нарезке наружной резьбы:



$$n = \frac{vc \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

$d = 20$ мм (\varnothing инструмента)

$$n = \frac{120\text{мм} \cdot 1000}{20\text{мм} \cdot \pi \cdot \text{МИН}}$$

$$n \approx \frac{1}{1900} \text{ МИН}$$

Для поддержания постоянных оборотов используется функция G97 - постоянное число оборотов.

Число оборотов зависит от скорости резания и диаметра инструмента.

Например: G97 S1900.

В предыдущей главе Вы научились определять скорость резания и рассчитывать число оборотов. Чтобы инструмент резал правильно, нужно соотнести подачу для инструмента со скоростью резания или числом оборотов.

Определение подачи:

Так же как и скорость резания величина подачи берется из справочника или документов изготовителя инструмента или определяется на основании опыта.

Материал режущего инструмента

Материал детали

Твердый сплав

C45



Подача $f = 0,2 - 0,4 \text{ мм}$

Выбирается среднее значение $f = 0,3 \text{ мм}$ (в цехе также часто используются «мм за 1 оборот»)

Ввод выглядит тогда так: F0.3.

Связь между подачей и скоростью подачи:

При умножении величины постоянной подачи f на число оборотов получается скорость подачи v_f .

$V_C = 180 \text{ м/мин}$

$v_f = f \cdot n$

$V_C = 180 \text{ м/мин}$

$v_C = 180 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

$d_2 = 80 \text{ мм}$

$n_2 \approx 710 \frac{1}{\text{мин}}$

$v_{f_2} = 710 \frac{1}{\text{мин}} \cdot 0,3 \text{ мм}$

$v_{f_2} = 210 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$

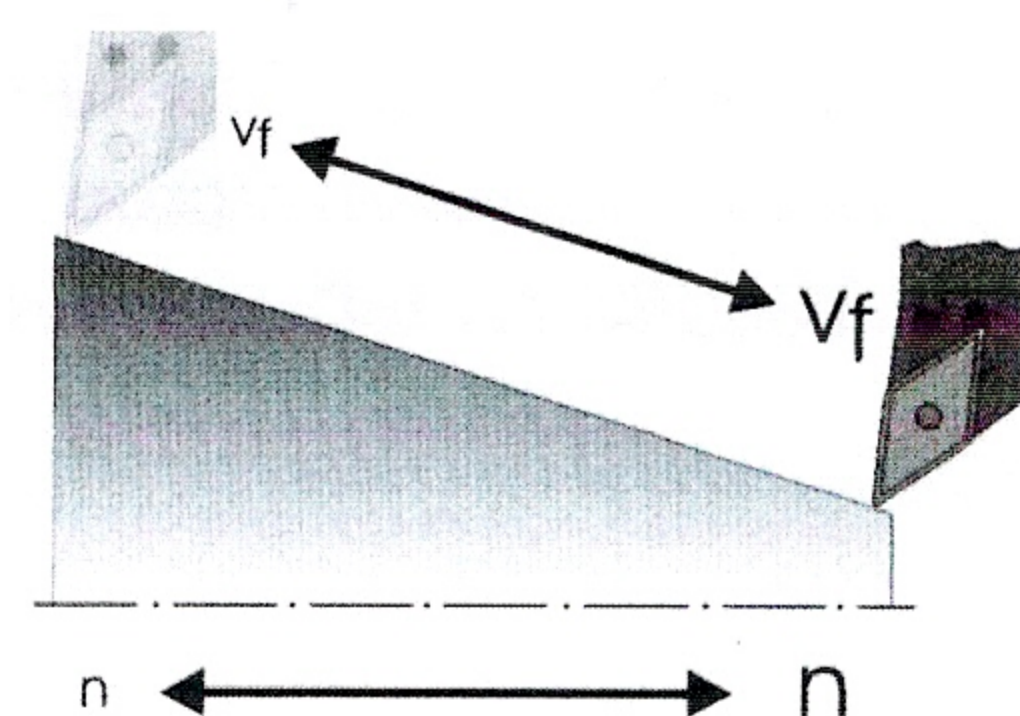
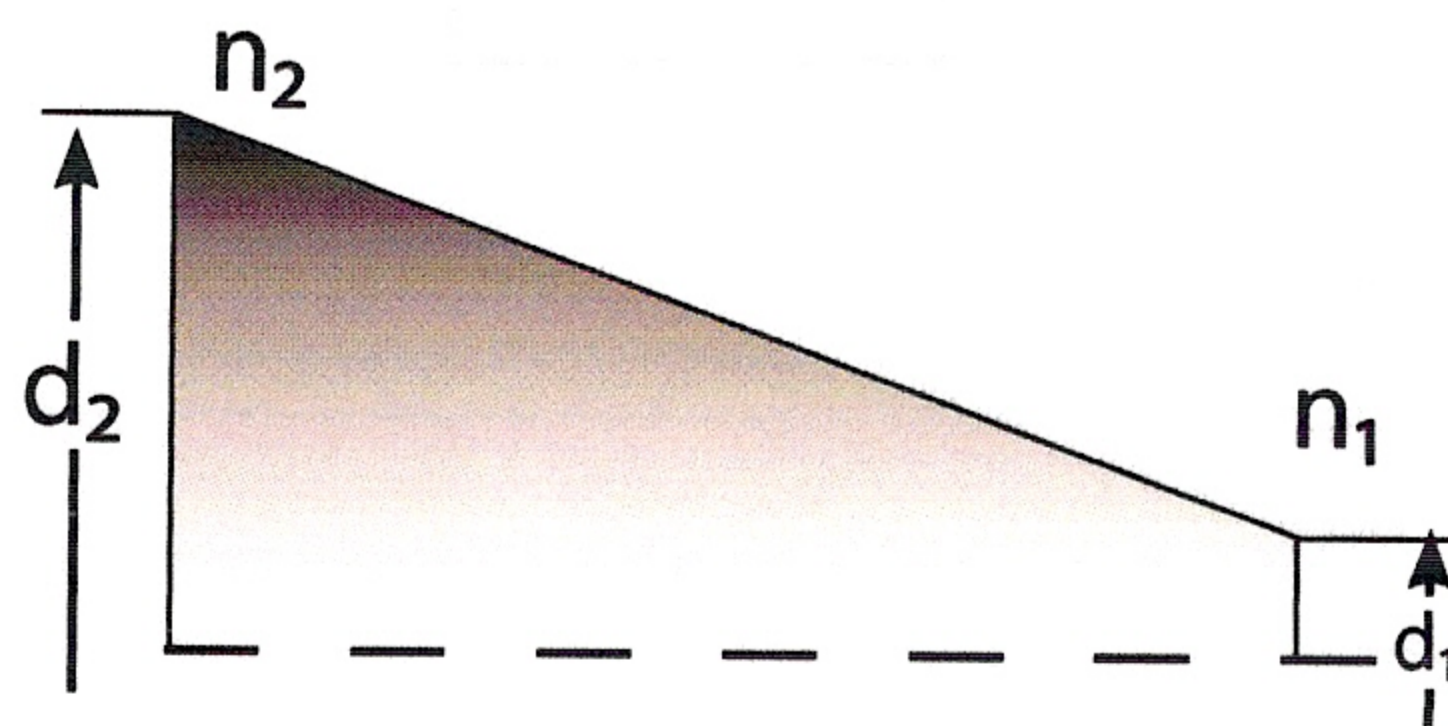
$v_C = 180 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

$d_1 = 20 \text{ мм}$

$n_1 \approx 2800 \frac{1}{\text{мин}}$

$v_{f_1} = 2800 \frac{1}{\text{мин}} \cdot 0,3 \text{ мм}$

$v_{f_1} = 840 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$



То есть скорость подачи будет зависеть от числа оборотов (несмотря на запрограммированную подачу)

ARINSTEIN

Mark Arinstein Maschinen
und Anlagen GmbH
Gewerbestraße 5a,
15366 Dahwitz-Hoppegarten,
Deutschland
T. +49 3342 / 212 23 -0
F. +49 3342 / 212 23 -28
www.arinstein.com

