

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «СТАНКИН»



*Методические указания к лабораторным работам  
по дисциплине*

## **Проектирование операций обработки на станках с ЧПУ**

*К.т.н., доцент Л.И. Мартинова*

*Аспирант Н.Н. Фокин*

Москва 2017

---

# Лабораторная работа №1.

## Составление управляющей программы обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ

**Цель работы:** получить навыки программирования токарной обработки на станках с числовым программным управлением.

### **Задачи:**

- 1) изучить основы токарной обработки на станках с ЧПУ;
- 2) ознакомиться с программным обеспечением для управления и программирования токарной обработки;
- 3) разработать расчетно-технологическую карту для выполнения операции;
- 4) составить управляющую программу (УП) для изготовления детали (по заданию).

### **Необходимое обеспечение:**

Персональный компьютер, программное обеспечение для управления и программирования токарной обработки Siemens 840Dsl Shopturn для ПК (Sinutrain 4.7).

## **1. Основные сведения по токарной обработке на станках с ЧПУ**

### **1.1. Основы токарной обработки**

Токарная обработка предназначена для изготовления деталей типа тел вращения. Обработка выполняется путем резания заготовки (съем стружки) инструментом. При обработке вращается заготовка (кроме случаев обработки внеосевых отверстий приводным инструментом на токарно-револьверных станках).

Процесс механической обработки заготовок на токарных станках с числовым программным управлением осуществляется в результате рабочих движений заготовки и инструмента, а точность получаемых при этом размеров определяется точностью расположения вершины резца относительно оси вращающейся заготовки.

Основными технологическими параметрами, используемыми при обработке заготовки резанием являются: частота вращения шпинделя ( $n$ ), скорость резания ( $v$ ), подача режущего инструмента ( $s$ ).

При выполнении данной работы можно придерживаться следующих значений технологических параметров:

Параметр	Черновое точение	Чистовое точение
$n$	500...600 об/мин	1000...1500 об/мин
$v$	150...200 м/мин	300...350 м/мин
$s$	0,2..0,25 мм/об	0,05 мм/об

### 1.2. Система координат и базовые точки токарного станка

На токарном станке с числовым программным управлением (ЧПУ) используется двухкоординатная система перемещений (рис. 1): продольная – ось заготовки (координата  $Z$ ) и поперечная (координата  $X$ ).

Ось  $Z$  совпадает с осью шпинделя станка, а ось  $X$  направлена перпендикулярно к оси  $Z$  и может располагаться в вертикальной либо горизонтальной плоскости в зависимости от компоновочной схемы токарного станка.

Движение по оси  $Z$ , как и по оси  $X$  в положительном направлении соответствует направлению отвода инструмента от заготовки.

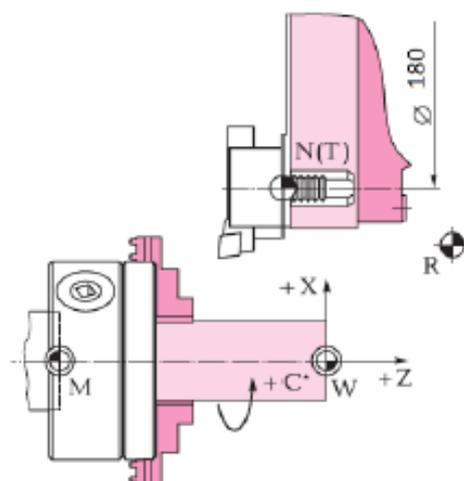


Рис. 1. Схема обработки на токарном станке с ЧПУ

*Нулевые (базовые) точки станка* (см. рис. 1.4, а, в) необходимы, чтобы ориентироваться в системах измерений, имеющихся в зоне обработки станка, и составлять управляющие программы.

Существуют следующие базовые точки:

**M** — нулевая точка станка. Это неизменная базовая точка, устанавливаемая производителем станка. Относительно данной точки выполняются все размерные функции станка, а также эта точка является началом системы координат;

**W** — нулевая точка детали. Эта точка является исходной позицией для размерных функций программы. Она свободно устанавливается

программистом и при необходимости может перемещаться к любой координате детали в пределах программы обработки;

**N** — базовая точка установки инструмента. Это исходная точка для выполнения размерной привязки инструмента, которая находится в определенной точке в системе резцедержателя и устанавливается производителем станка;

**R** — базовая, референтная точка. Это позиция в рабочей зоне станка, точно определяемая предельными выключателями. Позиции всех подвижных органов станка отображаются в системе управления посредством подвода к этой точке, что используется после каждого сбоя питания.

## **2. Краткие сведения из руководства по программированию**

**Управляющая программа (УП)** - упорядоченная совокупность команд, последовательное выполнение которых приводит к движению инструмента по заданной траектории детали на заданных режимах обработки с применением заранее обусловленных средств технологического оснащения, в том числе оборудования, приспособления и режущего инструмента, с получением требуемого контура.

**Кадр управляющей программы** - структурная единица УП, содержащая не менее одной команды. Каждый кадр УП считывается и обрабатывается системой ЧПУ как единое целое.

**Система ЧПУ** - электронное устройство, посредством которого обеспечивается управление металлорежущим станком или иным оборудованием на основе покадрового считывания и информации УП с технического носителя и преобразовании ее в управляющие импульсы, которые передаются на исполнительные органы оборудования.

### **2.1. Структура программы**

В структуре программы используется программирование **ЧПУ** для станков в соответствии со стандартом **DIN66025**. Управляющая программа является последовательностью программных кадров, сохраненных в системе управления. При выполнении обработки детали эти кадры считываются и проверяются компьютером в запрограммированном порядке. Соответствующие управляющие сигналы поступают на станок.

Программирование обработки на современных станках с ЧПУ осуществляется с помощью кодов. Коды с адресом G, называемые подготовительными, определяют настройку программного управления на определенный вид работы, а коды с адресом M, называемые вспомогательными, предназначены для управления режимами работы станка. Все станочные коды в зависимости от их способности сохраняться в памяти системы ЧПУ можно условно подразделить на немодальные и модальные.

Немодальные коды действуют в том кадре, в котором они находятся, а модальные — распространяются на множество кадров, пока их не отменит другой код.

### **Управляющая программа ЧПУ состоит из:**

- Номера программы;
- Кадров управляющей программы;
- Слов;
- Адресов;

Слово представляют собой совокупность адреса (кодируются буквами) числовой комбинации, которая может включать знаки «+», «-» и десятичный знак (обычно используется точка «.»).

УП обычно начинается символом % – начало программы. Кадр с символом % не нумеруется. Нумерация кадров программы начинается со следующего за знаком «%» кадра.

### **2.2. Применяемые адреса функций и команд в кодах ISO**

**N** – номер кадра от 1 до 9999;

**G** – подготовительная команда;

**X, Z** – позиционные данные в абсолютных значениях;

**F** – скорость подачи, шаг резьбы;

**S** – скорость вращения шпинделя, скорость резания;

**T** – вызов инструмента и коррекции на него;

**M** – вспомогательная команда.

### **2.3. Применяемые подготовительные G – команды**

G-команды предназначены для настройки *системы управления* на определенный режим работы:

**G00** – ускоренное перемещение;

**G01** – линейная интерполяция (на рабочей подаче);

**G02** – круговая интерполяция по часовой стрелке;

**G03** – круговая интерполяция против часовой стрелки;

**G54** – устанавливаемый сдвиг нуля;

**G90** – абсолютные размеры;

**G94** – подача в мм/мин;

**G95** – подача в мм/об;

G-команды разделяются на группы, например:

G00... G03 – группа команд, определяющая характер перемещения;

G17, G18, G19 – группа команд, определяющих плоскость интерполяции осей;

G94, G95 – группа команд, определяющих форму задания подачи.

Большинство G-команд модальны, то есть команда действует не только в кадре, в котором они объявлены, но и далее, пока она не будет отменена или заменена функций из ее же группы.

#### **2.4.Применяемые вспомогательные M – команды**

M-команды – это технологические команды, которыми задаются режимы работы *станка*:

**M02** – Вращение шпинделя по часовой стрелке;

**M03** – Вращение шпинделя против часовой стрелки;

**M05** – Останов шпинделя;

**M06** – Смена инструмента;

**M30** – Конец УП.

#### **2.5.Размерные перемещения**

Размерные перемещения состоят из буквенного обозначения, определяющего ось перемещения (X, Y, Z, A, B, C, I, J, K и др.), математического знака «+» (он обычно опускается), «-» и числовой информации. Линейные перемещения задаются в миллиметрах, гловые – в градусах или радианах.

Размерные перемещения могут задаваться в абсолютных значениях (отсчет от единой системы координат) или в приращениях (отсчет от точки к точке).

#### **2.6.Функция подачи**

Функция подачи программируется адресом F и числовой информацией.

#### **2.7.Скорость вращения шпинделя**

Скорость вращения шпинделя состоит из адреса S и числа, которое содержит информацию о скорости вращения в прямой или закодированной форме.

#### **2.8.Функция инструмента**

Функция инструмента состоит из адреса T и числа, определяющего номер инструмента, которым нужно вести обработку.

### **3. Программный модуль ShopTurn**

**ShopTurn** — это диалоговый программный модуль системы ЧПУ для управления и программирования для токарных станков, ориентированное на условия производственного цеха, позволяющие осуществлять производственный этап программирования отг и технология образуют один блок.

#### 4. Последовательность выполнения работы с примером

Задание:

Создать управляющую программу для обработки заготовки на токарном станке в соответствии с заданием (чертеж детали - рис. 1; чертеж заготовки - рис. 2).

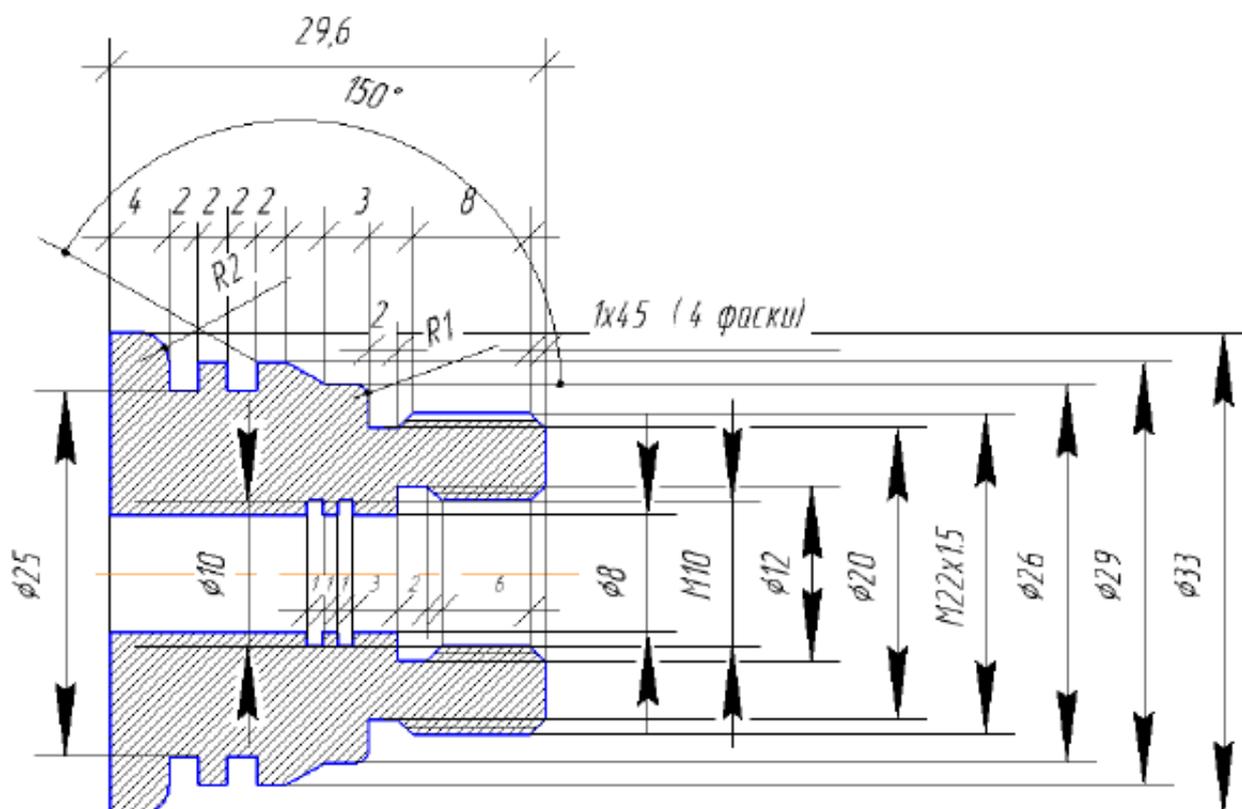


Рис. 1. Чертеж детали (материал: Сталь 30ХГСА).

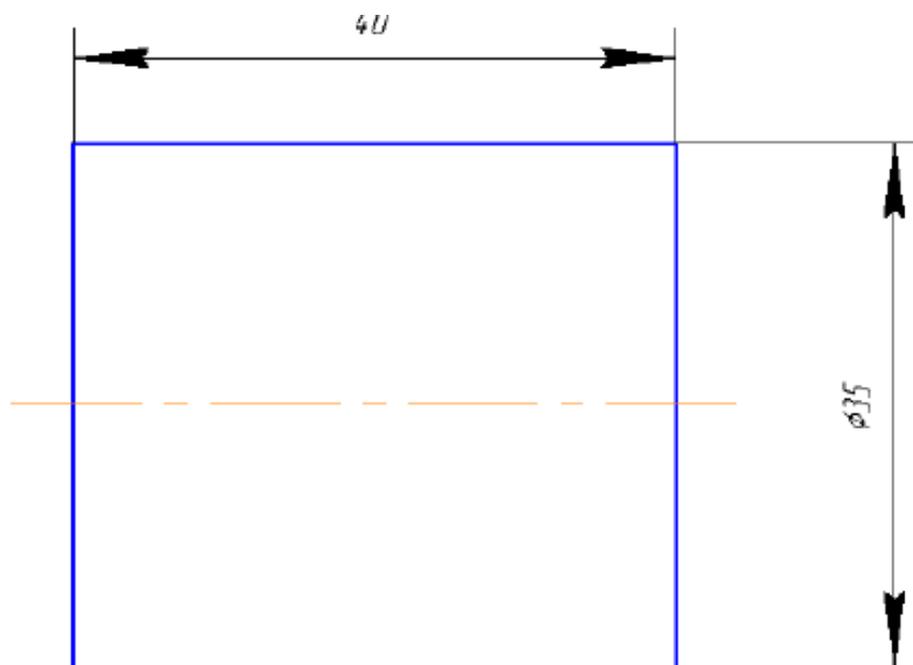


Рис. 2. Заготовка

**Последовательность выполнения работы:**

1. Для изготовления детали в соответствии с чертежом назначим следующую последовательность переходов:
  - 1) подрезка торца
  - 2) черновое наружное точение
  - 3) обработка выточки для выхода наружной резьбы
  - 4) чистовое наружное точение
  - 5) нарезание наружной резьбы резцом
  - 6) точение наружных канавок
  - 7) центрование торца
  - 8) сверление отверстия  $\varnothing 8$  мм
  - 9) чистовое растачивание отверстия
  - 10) обработка выточки для выхода внутренней резьбы
  - 11) нарезание внутренней резьбы метчиком
  - 12) точение внутренних канавок
  - 13) отрезка детали
2. Разработка управляющей программы
  - 2.1. Запуск программного обеспечения. Выбираем Sinutrain Demo-Lathe:



2.2. При помощи клавиши Program Manager переходим в систему каталогов:



SIEMENS		SINUMERIK OPERATE		07.09.17 09:55	
Имя	Тип	Длина	Дата	Время	
Программы обработки детали	DIR		24.04.17	15:46:39	
Подпрограммы	DIR		28.03.17	08:13:48	
Детали	DIR		28.08.17	10:13:47	

2.3. Создаем новый каталог, в котором будем сохранять все программы. В названии указываем фамилию и группу:

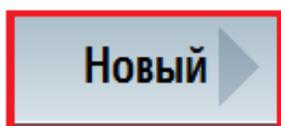


Новая деталь

Тип: Деталь UPD

Имя: IVANOV\_MDS\_

2.4. Находясь в своем каталоге, создаем новую программу. В правой колонке необходимо выбрать ShopTurn. Называем программу в соответствии с вариантом выданного задания:

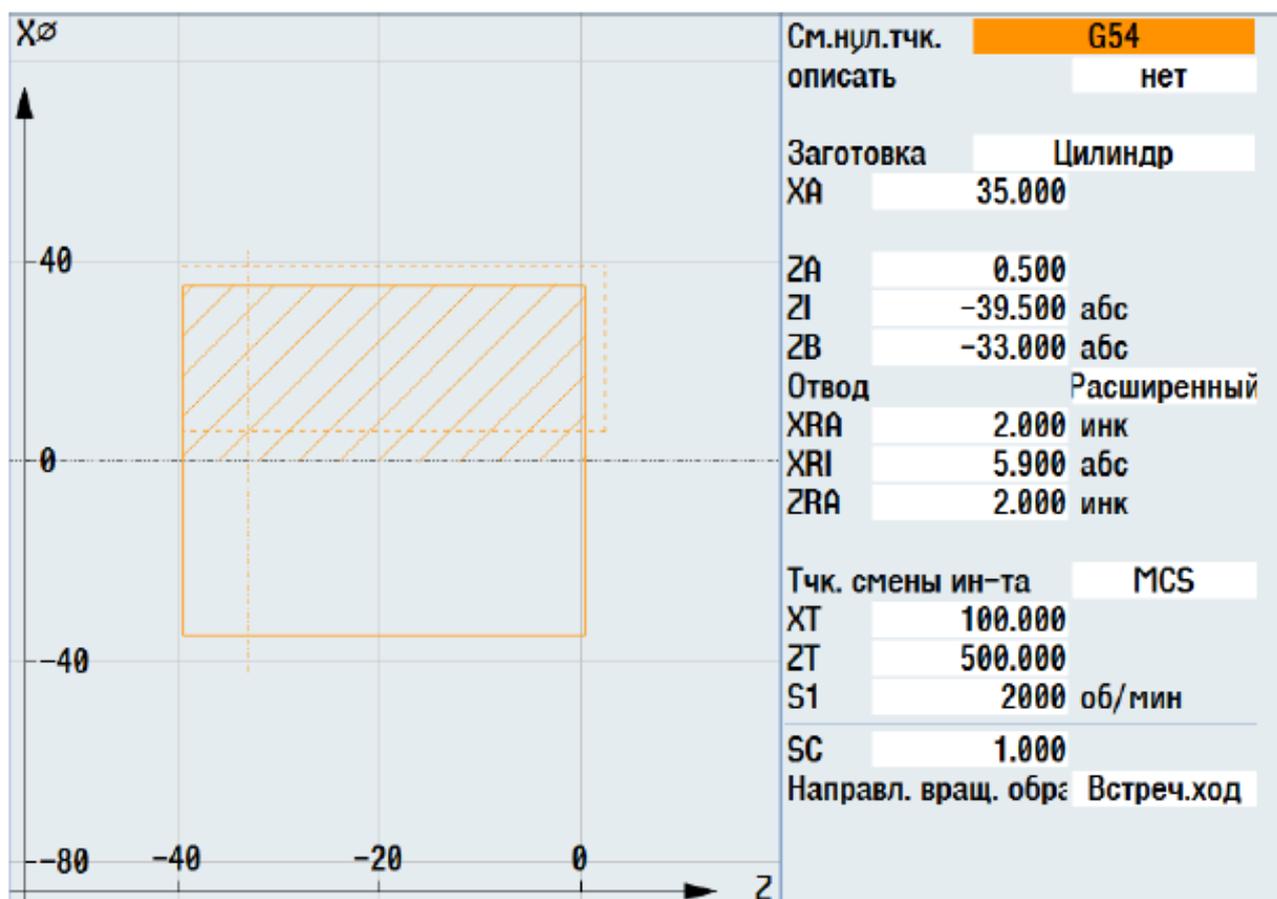


Новая программа рабочих операций

Тип: ShopTurn

Имя: VAR\_8

2.5. После ввода имени программы открывается цикл описания заготовки. Заполним таблицу в соответствии с заданными условиями:



### Пояснения:

Так как последний переход – отрезка детали отрезным резцом с шириной пластины 3 мм, то расстояние под обработку ZB должно быть больше длины детали и ширины отрезной пластины ( $34 > 29.5 + 3$ ).

Так как присутствует обработка отверстия, то в графе «Отвод» необходимо выбрать «Расширенный», и указать точку отвода инструмента в отверстии XRI: 5.9, так как резцу, выполняющему обработку внутренних канавок необходимо безопасное расстояние для отскока.

Максимальные обороты шпинделя выбираем, исходя из рекомендаций по режущему инструменту.

### 2.6. Заполняем таблицу инструментов.

Для этого нажимаем клавишу OffSet, после чего откроется таблица.



### Примечания:

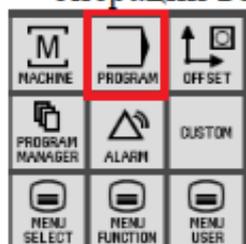
При заполнении таблицы используем параметры инструментов, выбранных в предыдущей работе).

Названия инструментов вводить только на латинице, количество символов не более 24. Для удобства названия инструментам можно давать соответственно переходам: CHERNOVOI\_NARUG – для черновой обработки снаружи, KANAVOCHNII\_VNUTR – для точения внутренних канавок и т.д.

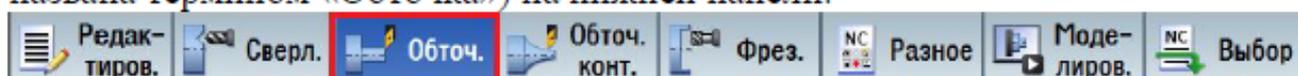
Место	Тип	Имя инструмента	ST	D	Длина X	Длина Z	Радиус				
1		NARUGNII_CHERNOVOI	1	1	0.000	0.000	1.200	←	95.0	80	12.0
2		NARUGNII_CHISTOVOI	1	1	0.000	0.000	0.400	←	98.0	35	16.0
3		NARUGNII_REZBOVOI	1	1	0.000	0.000	0.100				12.0
4		NARUGNII_KANAVOCHNII	1	1	0.000	0.000	0.100		1.500		10.0
5		CENTROVKA	1	1	0.000	0.000	3.150		140.0		
6		SVERLO_D8	1	1	0.000	0.000	8.000		120.0		
7		VNUTRENNII_CHISTOVOI	1	1	0.000	0.000	0.400	←	98.0	35	3.0
8		METCHIK_M10	1	1	0.000	0.000	10.000		1.500		
9		VNUTRENNII_KANAVOCHI	1	1	0.000	0.000	0.100		0.500		2.0
10		OTREZNOI	1	1	0.000	0.000	0.100		3.000		21.0

## 2.7. Выполняем программирование технологических переходов.

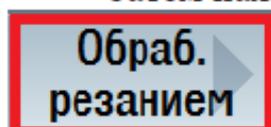
Первым переходом в операции является подрезка торца. Для выбора операции вернуться в редактирование программы клавишей Program.



Затем нажать клавишу «Обточка» (в данном пакете подрезка торца названа термином «Обточка») на нижней панели.



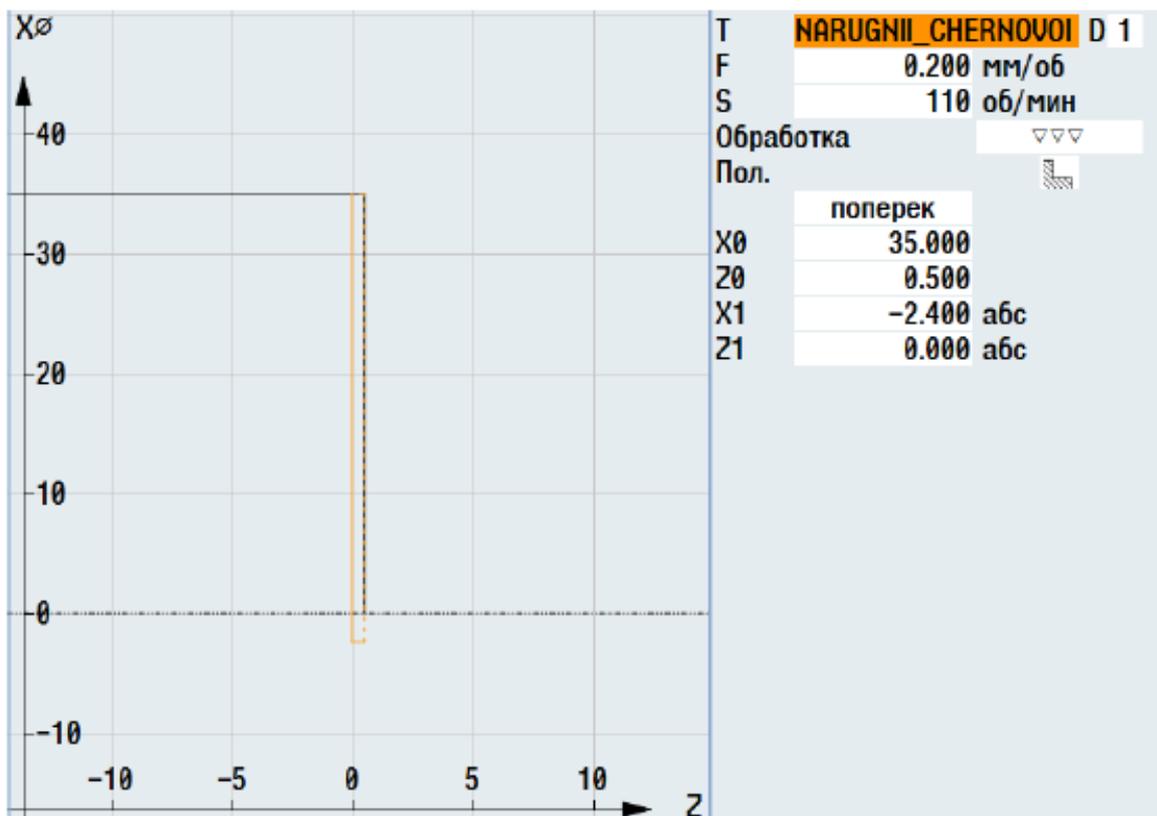
Затем нажать «обработка резанием» на правой боковой панели.



Обратите внимание на тип обработки (на панели справа) – простая обработка.



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подачу), выбираем тип обработки (черновая, чистовая), заполняем геометрические параметры обработки (направление, начальная точка, конечная точка).



### Примечание.

Как известно, по чистоте поверхности обработку разделяют на черновую, получистовую и чистовую. В данной системе программирования присутствуют следующие виды обработки их обозначения:

- черновая - обозначается одним перевернутым треугольником  $\nabla$ ;
- чистовая -  $\nabla\nabla\nabla$ ;
- получистовая - при ее программировании используется функция чистовой обработки (обозначается  $\nabla\nabla\nabla$ ) с заданием припуска;
- комбинированная - обозначается  $\nabla+\nabla\nabla\nabla$  (она содержит черновой и чистовой переходы, выполняемые одним резцом без вывода его в исходную точку).

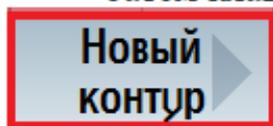
В нашем примере используется чистовая обработка, т.е. торец подрезается за один проход. Конечная точка  $X1=-2.4$ , т.к. при торцовке в данном цикле не учитывается радиус инструмента, а инструмент необходимо завести за центр на 2 радиуса.

2.8. Вторым переходом является черновое точение контура без выточки под сбег резьбы.

Для задания контура нажать клавишу «Обточка контура» на нижней панели.



Затем клавишу «Новый контур» на правой боковой панели.



Вводим имя контура. Для удобства можно назвать его как и переход:

Новый контур	
Ввести новое имя:	
	NARUGNII_CHERNOVOI

Строим контур по заданным точкам. Каждую введенную точку необходимо подтверждать клавишей «Перенести».



Согласно ГОСТ 19258-73 (стержни под нарезание метрической резьбы), диаметр вала под нарезание резьбы M22x1.5-6e равен 21.81-0.12 мм. Его и запишем в начальную точку по оси X. Так как торцевой припуск уже снят в 1-м переходе, то начальная точка по оси Z равна 0. Так как в чертеже указан размер фаски равный 1, то задаем этот размер в графе «Переход на начале контура».

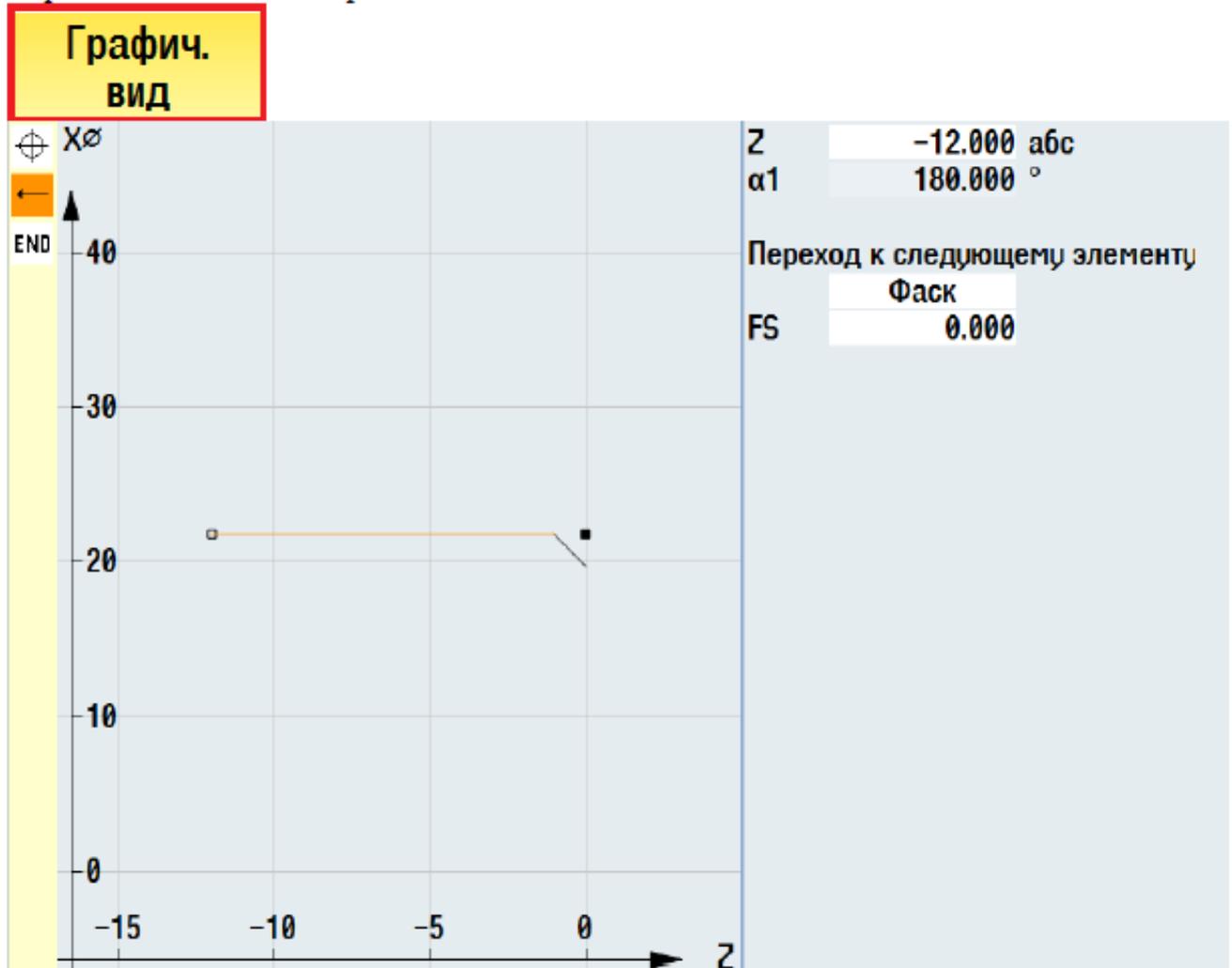
Начальн.точка	
NARUGNII_CHERNOVOI	
X	21.81-0.12/2 abc
Z	0.000 abc
Переход на начале контура	
Фаск	
FS	1.000 ↕

Далее строим прямую, параллельную оси Z. Все построения по оси Z производятся со знаком «-». Так как профиль черного резца не позволяет произвести обработку выточки под выход резьбы, то мы пропускаем этот элемент. Расчет конечной точки можно вести прямо в графе ввода. В данном случае можно записать как  $Z=-1-8-1-2=-12$ .

Прямая Z		
Z	-1-8-1-2	абс
$\alpha 1$	180.000	°
Переход к следующему элементу		
	Фаск	
FS	0.000	

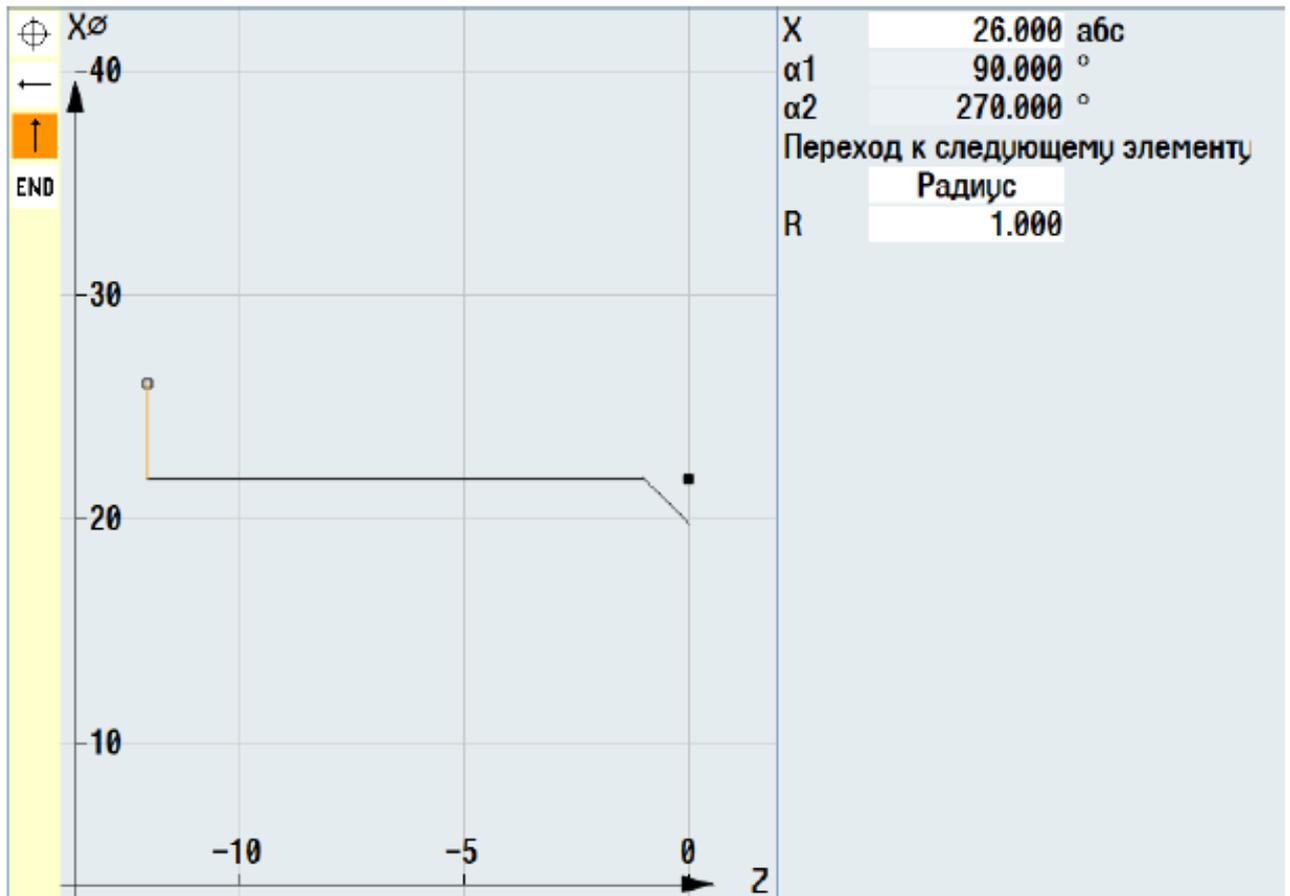


При нажатии клавиши «Графический вид» в меню построений на сетке справа можно посмотреть созданные нами линии.

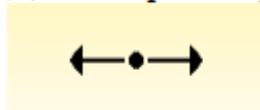


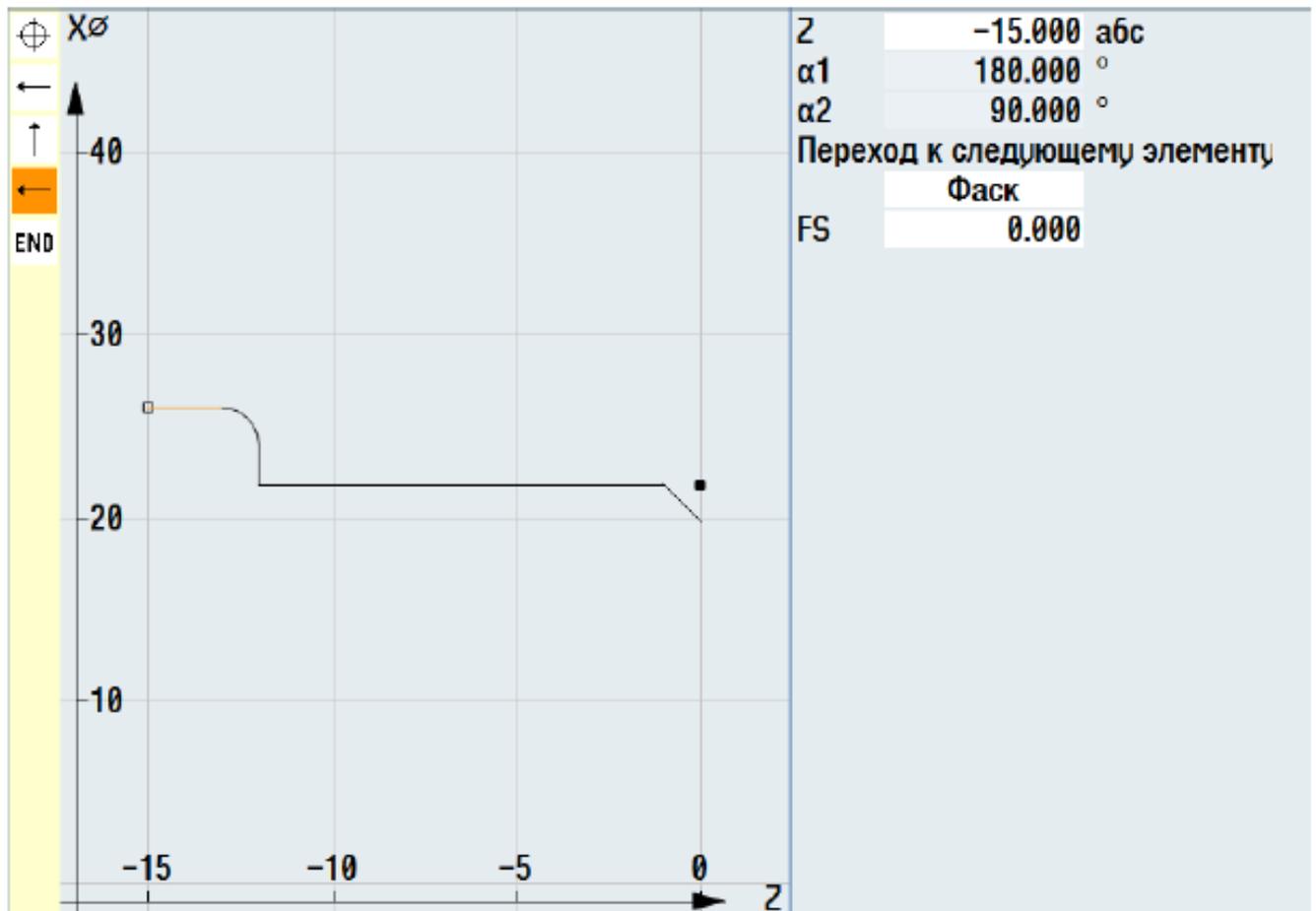
Далее строим прямую, параллельную оси X. Из пункта задания начальной точки контура мы узнали, что программирование ведется в диаметральных размерах. Сопряжение на конце прямой можно задать через графу «Переход к следующему элементу», где можно выбрать тип сопряжения и ввести его размер.





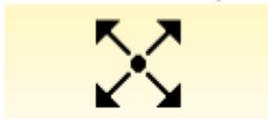
Далее строим прямую, параллельную оси Z.

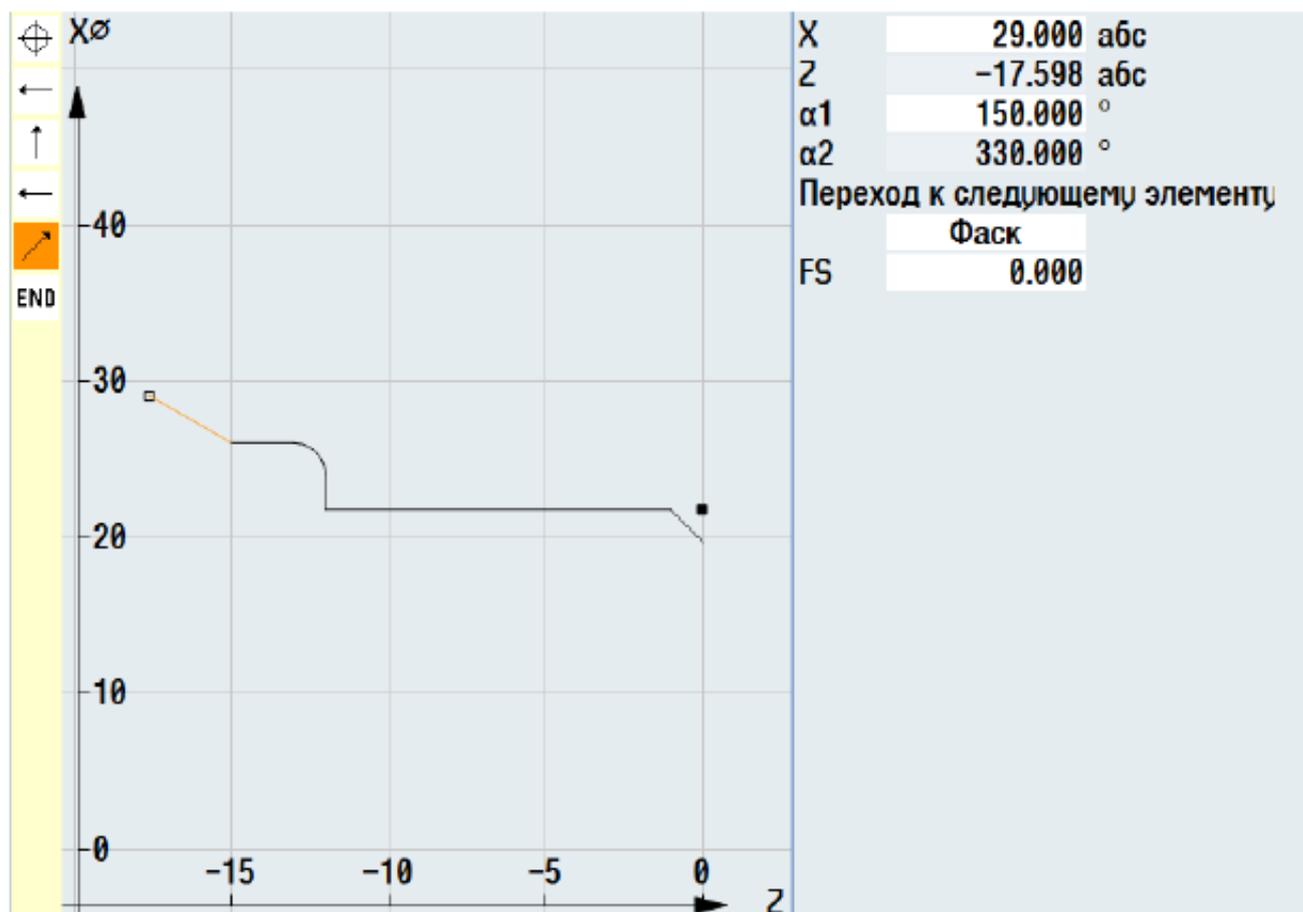




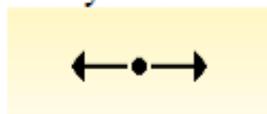
Далее строим наклонную прямую. Для построения прямых такого вида достаточно знать 2 из 3х параметров: конечная точка по оси X, конечная точка по оси Z и угол наклона касательной линии (отсчитывается от горизонтальной оси Z, имеющей положительное направление).

В соответствии с чертежом мы знаем конечную точку по оси X и угол. Введя эти значения, конечная точка по оси Z рассчитается автоматически.



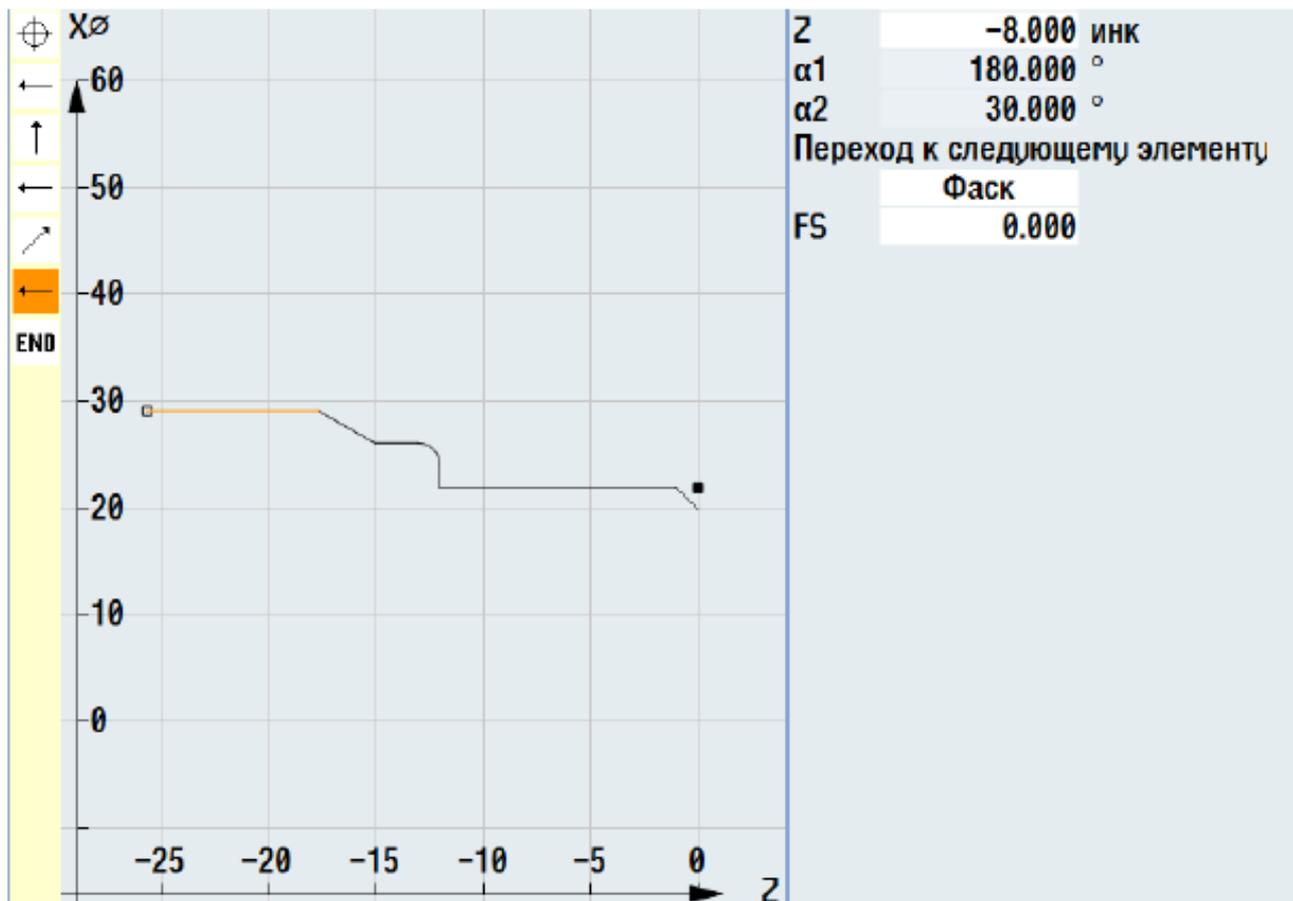


Далее строим прямую, параллельную оси Z. В данном случае можно воспользоваться вычисленной системой конечной точкой по оси Z от предыдущей линии и от нее построением конечную точку (инкрементный режим («инк» справа от вводимого значения)) или вычислить точку вычислением, зная размеры чертежа. Ниже рассмотрим оба варианта.



Вариант 1. Использование инкрементного режима.

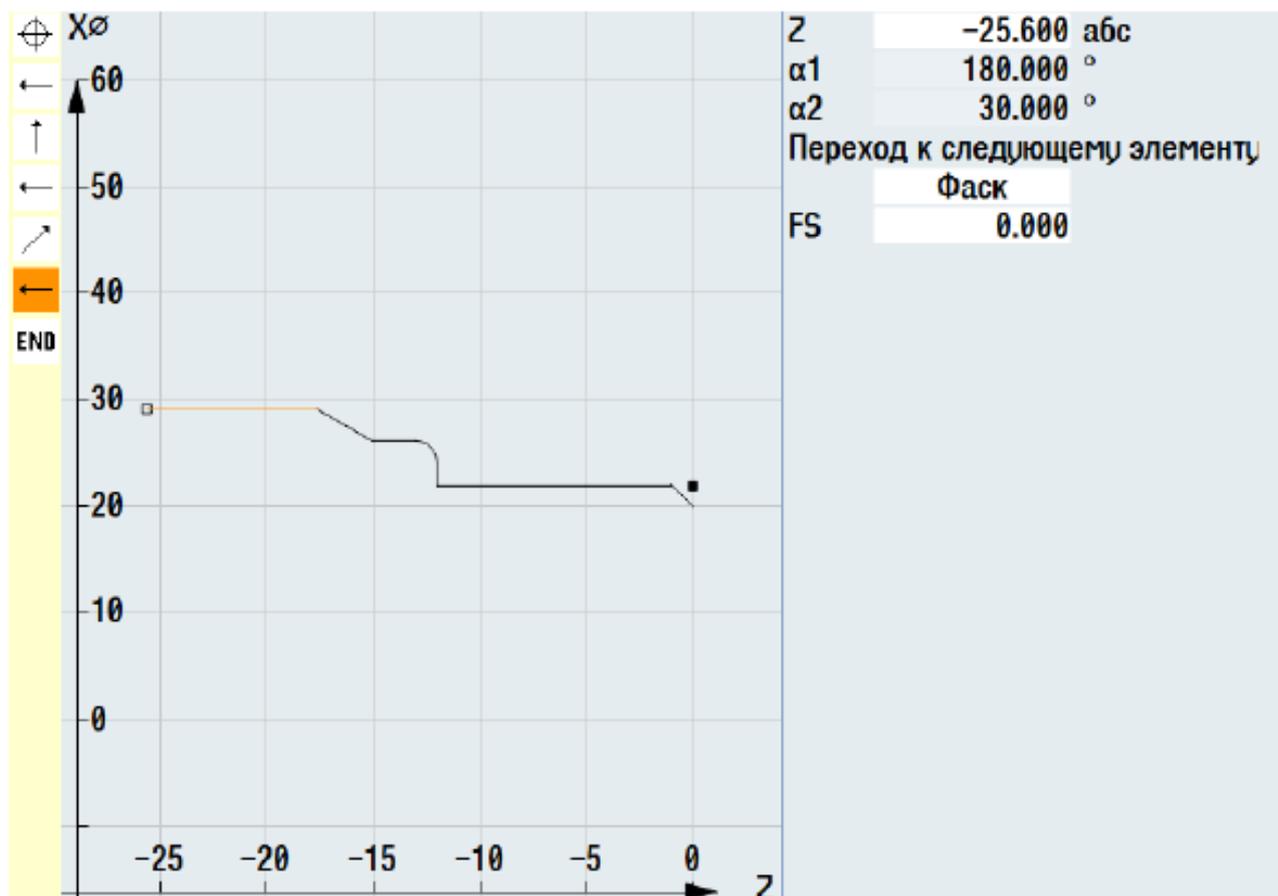
Прямая Z		
Z	-2-2-2-2	ИНК
$\alpha 1$		°
$\alpha 2$		°
Переход к следующему элементу		
	Фаск	
FS	0.000	



Вариант 2. Использование абсолютного режима.

**Прямая Z**

Z	-29.6+4	абс
$\alpha 1$	180.000 °	
$\alpha 2$	30.000 °	
Переход к следующему элементу		
	Фаск	
FS	0.000	



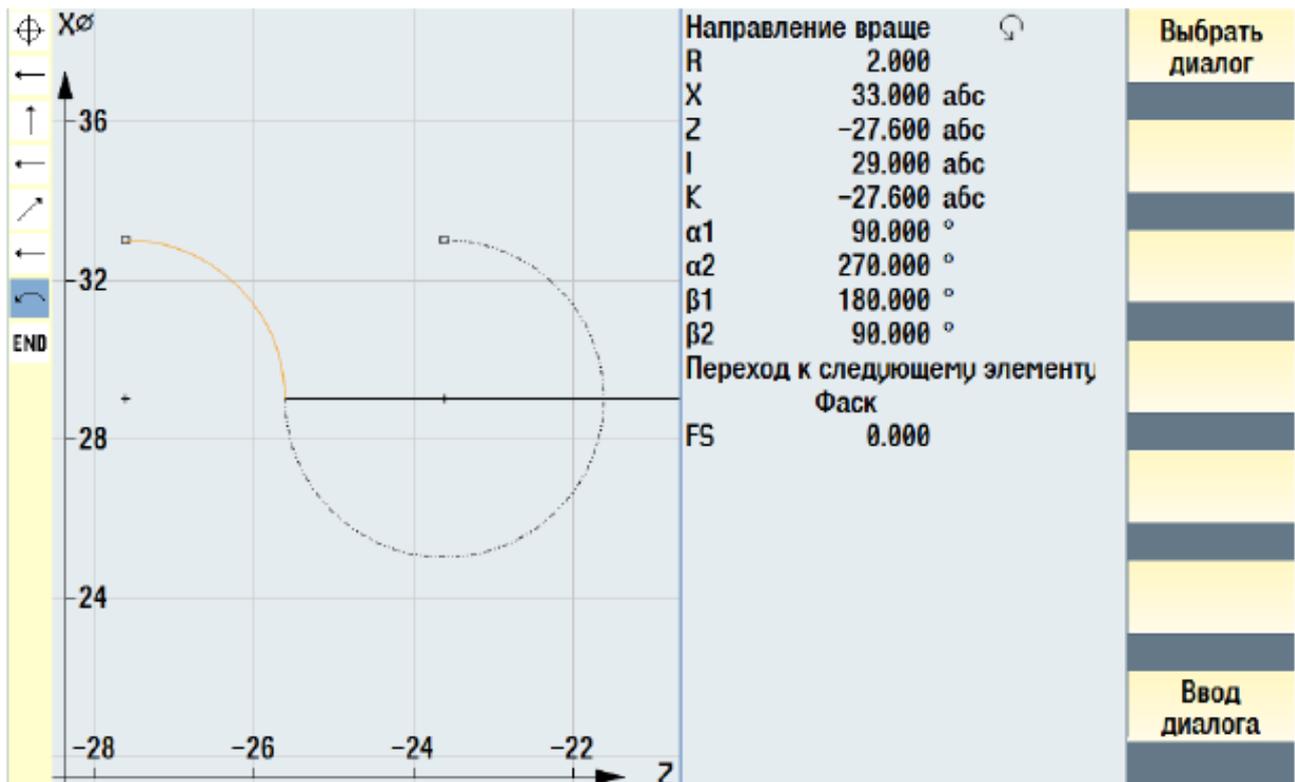
Так как следующий элемент – скругление выполнить через сопряжение невозможно, воспользуемся построением дуг по параметрам. Для построения окружности (или её части) необходимо знать 3 из 5 параметров: конечная координата по оси X, конечная координата по оси Z, радиус окружности, координата центра окружности по оси X, координата центра окружности по оси Z.

В нашем случае известно направление дуги (против часовой стрелки), радиус (2 мм), конечная точка по оси X (33 мм) и центр окружности по оси X (29 мм). Запишем эти значения в таблицу построений.

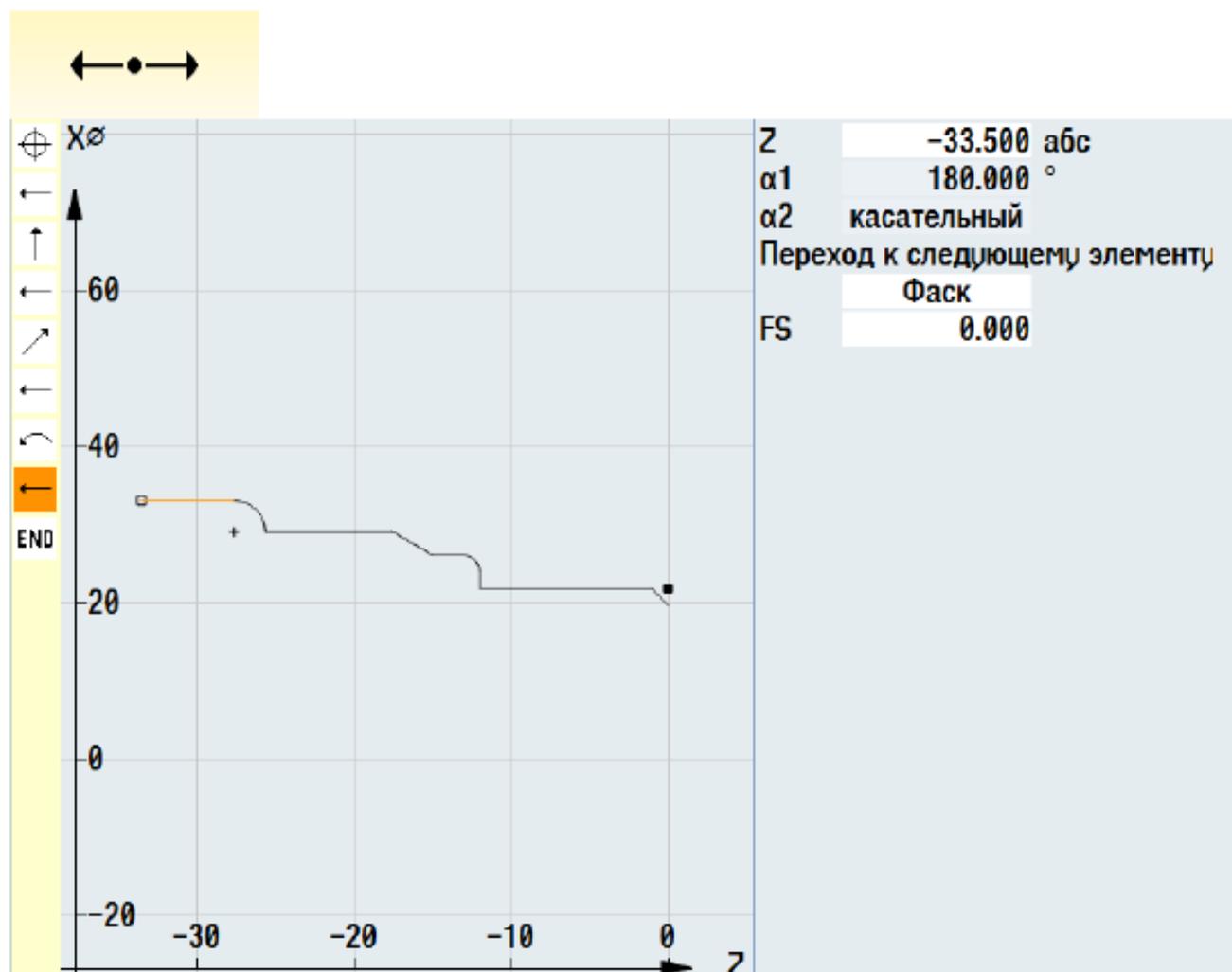




Примечание: в некоторых случаях система ЧПУ запросит выбор необходимой дуги из 2х предложенных. Определиться с выбором можно через графическое отображение этих дуг. Переключаться можно кнопкой «Выбрать диалог», а подтвердить выбор кнопкой «Ввод диалога».

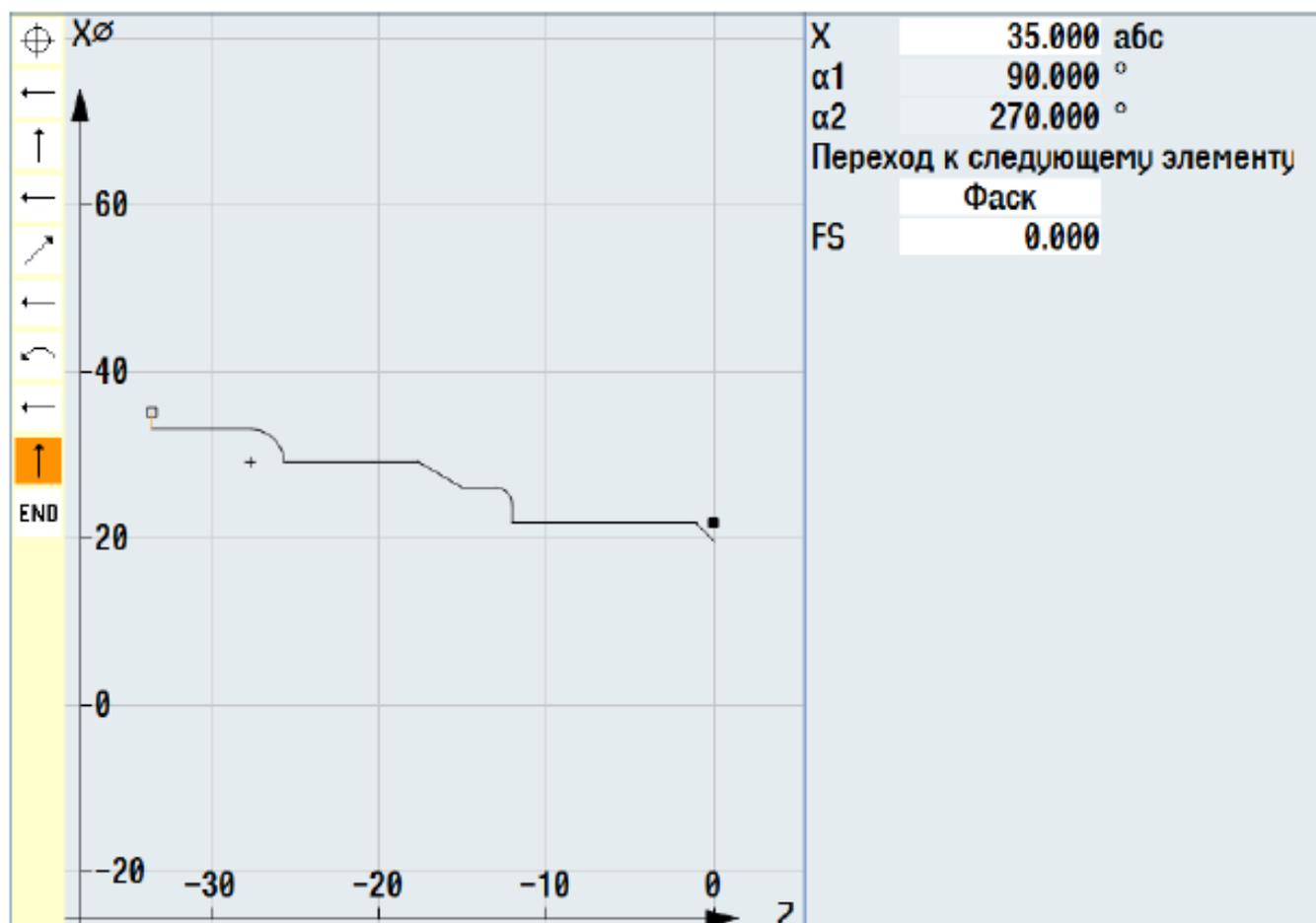


Далее строим прямую, параллельную оси Z. Конечная точка в этом случае должна быть дальше на радиус резца, выполняющего чистовую наружную обработку, чем длина детали и ширина отрезной пластины, но не меньше, чем расстояние до кулачков, заданное в режиме заготовки. То есть  $ZB = -34 < Z$  (конечная точка)  $\leq -29.6 - 3 - 0.4 = -33$ . Примем это значение, равным -33.5.

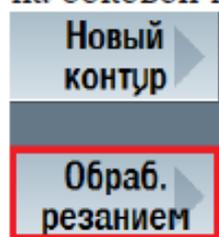


Последним элементом в данном контуре является выход по оси X на диаметр заготовки. Это необходимо, чтобы не резец не точил дальше конечной точки по оси Z, введенной в предыдущем пункте на величину радиуса. Также это действие заменяет ввод ограничений в меню обработки.

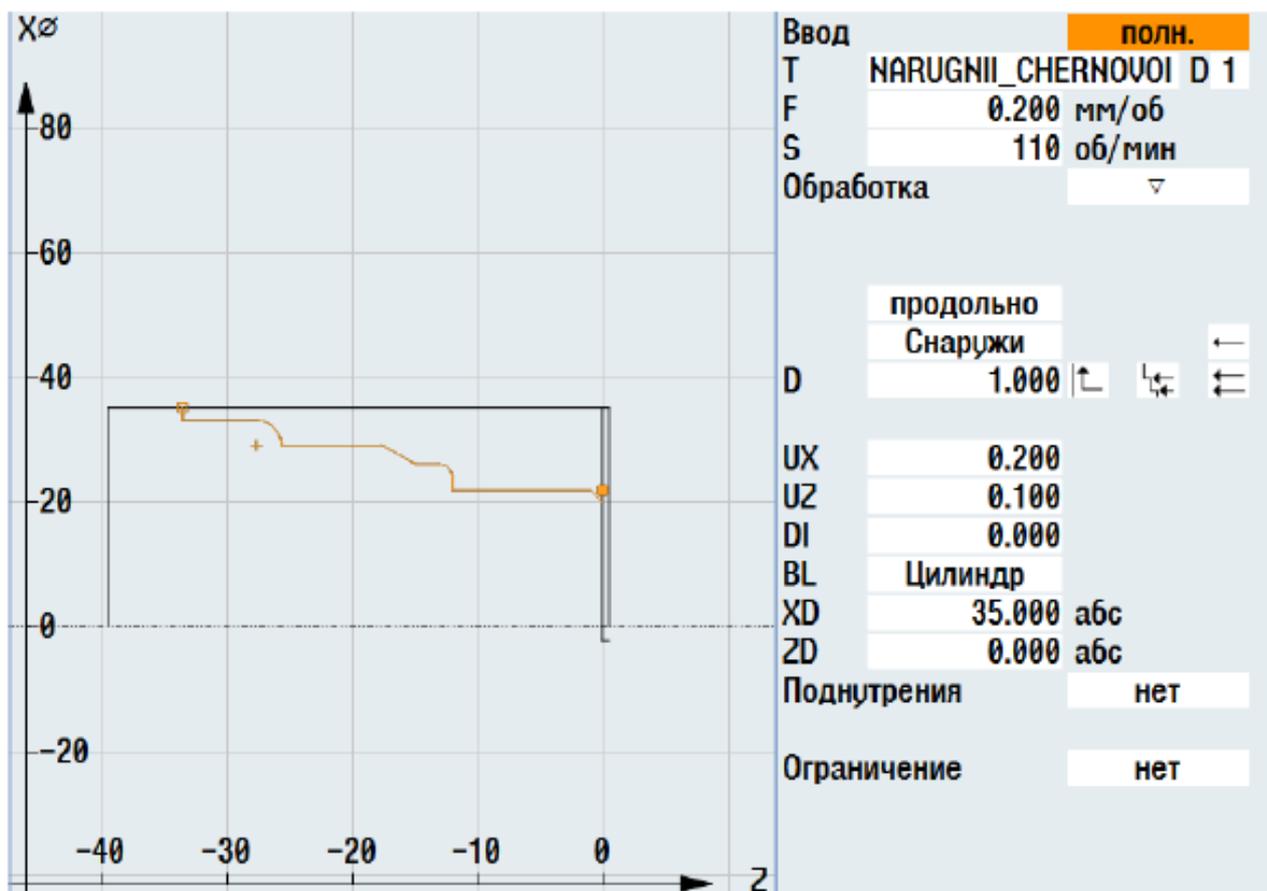




Далее задаем параметры обработки построенного контура. Для этого нужно на боковой панели нажать клавишу «Обработка резанием».



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подачу, величину съёма, припуск на чистовую обработку), выбираем тип обработки (черновая, чистовая, комбинированная), заполняем геометрические параметры заготовки (наружный или внутренний диаметр).

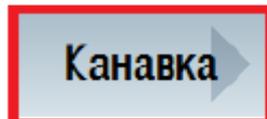


2.9. Третьим переходом является выточка под выход резьбы.

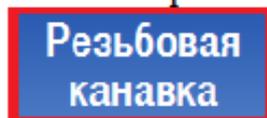
Для задания параметров выточки нажмите клавишу «Обточка» на нижней панели



Затем клавишу «Канавка» на правой боковой панели.



Затем выберите тип выточки. В нашем случае выточка образмерена как по ширине, так и по диаметру впадины, поэтому стандартные типы проточек нам не подойдут. Воспользуемся свободным типом «Резьбовая канавка» на панели справа.

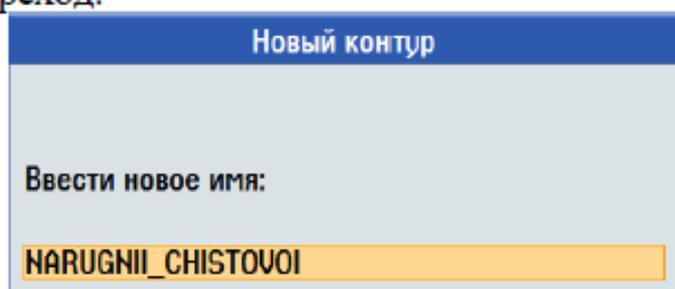


Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подачу, величину съёма, припуск на чистовую обработку), выбираем тип обработки (черновая, чистовая, комбинированная), заполняем геометрические параметры обработки (начальная точка, длина выточки, ширина выточки). Обработку выполнить черновой, но резец выбрать для чистовой, т.к. его геометрия позволяет обработать данный элемент. Припуски на чистовую

обработку задать такими же, как в черновом точении наружного контура, так как следующим переходом будет чистовое точение всего профиля, включая данную выточку. Так как радиусы скругления в углах не указаны, примем их равными радиусу инструмента, иначе выполнить обработку указанного цикла не получится. Так как диаметр 20 и фаску 1 выполнить не получится, можно использовать допуск на этот размер по качеству h14 и записать это значение в середине поля допуска  $20-0.5/2=19.75$ .



2.10. Четвертым переходом является чистовая обработка контура. Необходимо создать новый контур. Для удобства можно назвать его как и переход.



Теперь необходимо построить тот же контур, что и в черновой обработке, но добавив выточку под выход резьбы. Для этого необходимы следующие построения:

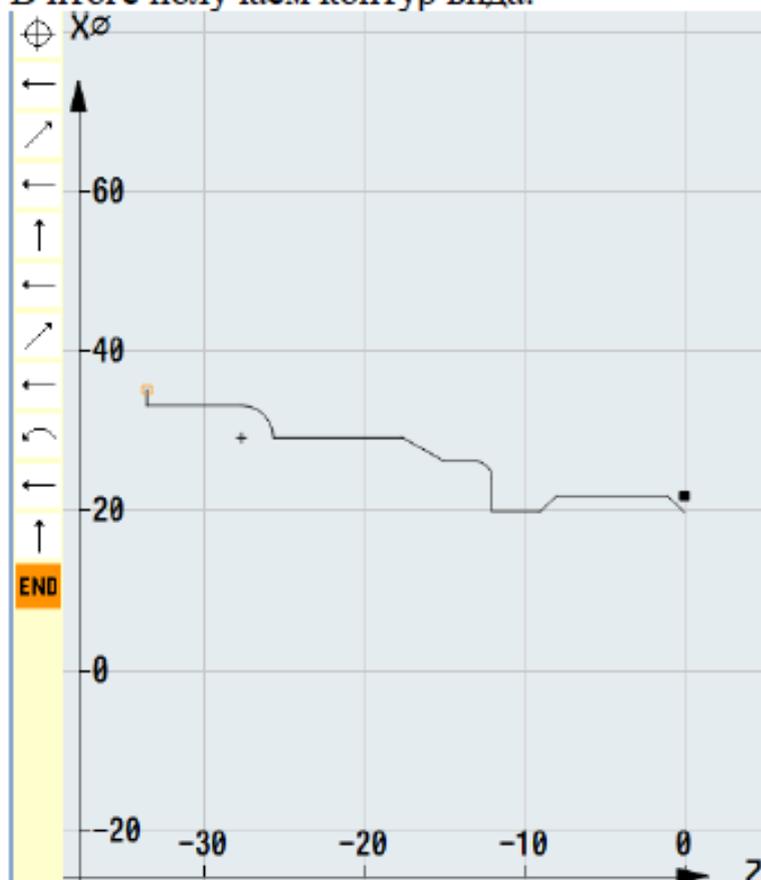
Прямая Z	
Z	-8.000 абс
$\alpha 1$	180.000 °
Переход к следующему элементу	
	Фаск
FS	0.000

Прямая ZX	
X	19.750 абс
Z	-9.000 абс
$\alpha 1$	225.000 °
$\alpha 2$	45.000 °
Переход к следующему элементу	
	Фаск
FS	0.000

Прямая Z	
Z	-12.000 абс
$\alpha 1$	180.000 °
$\alpha 2$	315.000 °
Переход к следующему элементу	
	Фаск
FS	0.000

Прямая X	
X	26.000 абс
$\alpha 1$	90.000 °
$\alpha 2$	270.000 °
Переход к следующему элементу	
	Радиус
R	1.000

В итоге получаем контур вида:



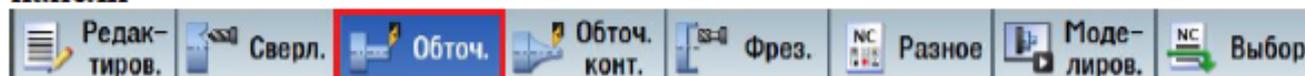
Далее необходимо задать параметры обработки построенного контура. Для этого нажать клавишу «Обработка резанием» на боковой панели.

Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подачу), выбираем тип обработки (черновая, чистовая, комбинированная), выбираем дополнительные возможности резания (поднутрения, ограничения).  
 Обработку выполнить чистовую резцом для чистовой, т.к. его геометрия позволяет обработать данный контур целиком. Чтобы резец проточил весь контур, включая выточку, необходимо выбрать «ДА» в графе «Поднутрения».

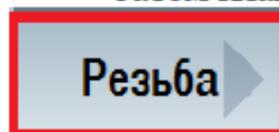
Ввод	<b>полн.</b>
T	NARUGNII_CHISTOVOI D 1
F	0.050 мм/об
S	150 об/мин
Обработка	▽▽▽
	продольно Снаружи ←
Припуск	нет
Поднутрения	<b>да</b>
Ограничение	нет

2.11. Пятым переходом является нарезание наружной резьбы.

Для задания параметров резьбы нажмите клавишу «Обточка» на нижней панели



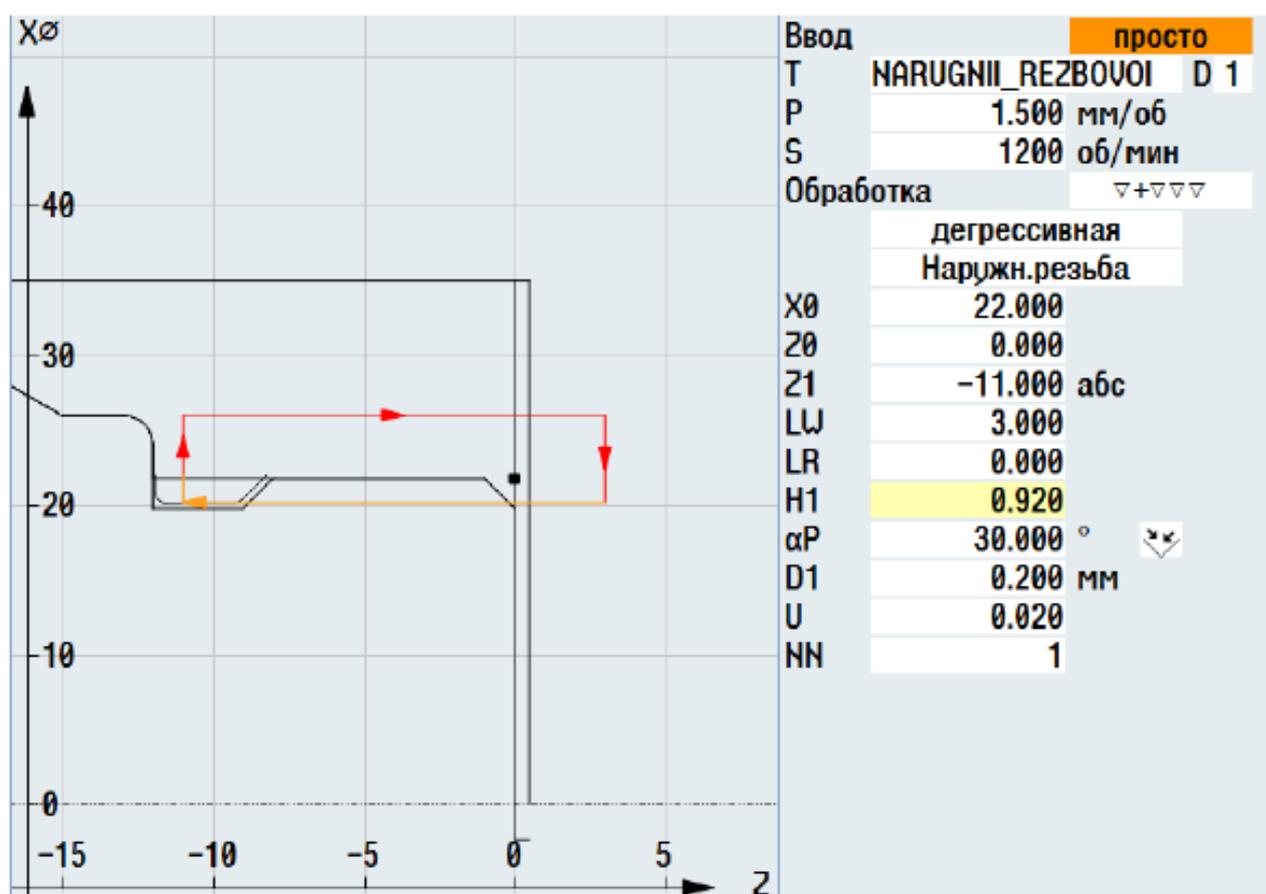
Затем клавишу «Резьба» на правой боковой панели.



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем

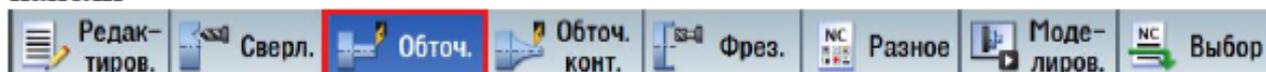
проходов, глубину первого вреза, величину припуска на чистовой проход, количество калибровочных проходов), выбираем тип обработки (черновая, чистовая, комбинированная), выбираем метод нарезания резьбы (линейное – нарезание резьбы с постоянной глубиной вреза, дегрессивное – нарезание резьбы с уменьшающейся с каждым проходом глубиной вреза), вводим и линейные точки (начало, конец резьбы, величина захода и выхода, величина отскока по оси X по окончанию каждого прохода).

В нашем случае резьба – наружная, метод – дегрессивный, 1ый врез – 0.2 мм, припуск на чистовую обработку – 0.02, количество калибровочных ходов – 1, величина захода – 3 (как правило, данная величина равна 2-3 шагам), величина выхода – 0 (т.к. за резьбой идет стенка до Ø26), конечная точка –11 (т.к. резец привязывается не серединой режущей кромки, а её торцом).

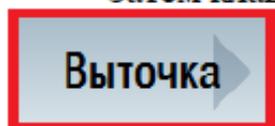


2.12. Шестым переходом является точение 2-х наружных канавок.

Для задания параметров канавки нажмите клавишу «Обточка» на нижней панели

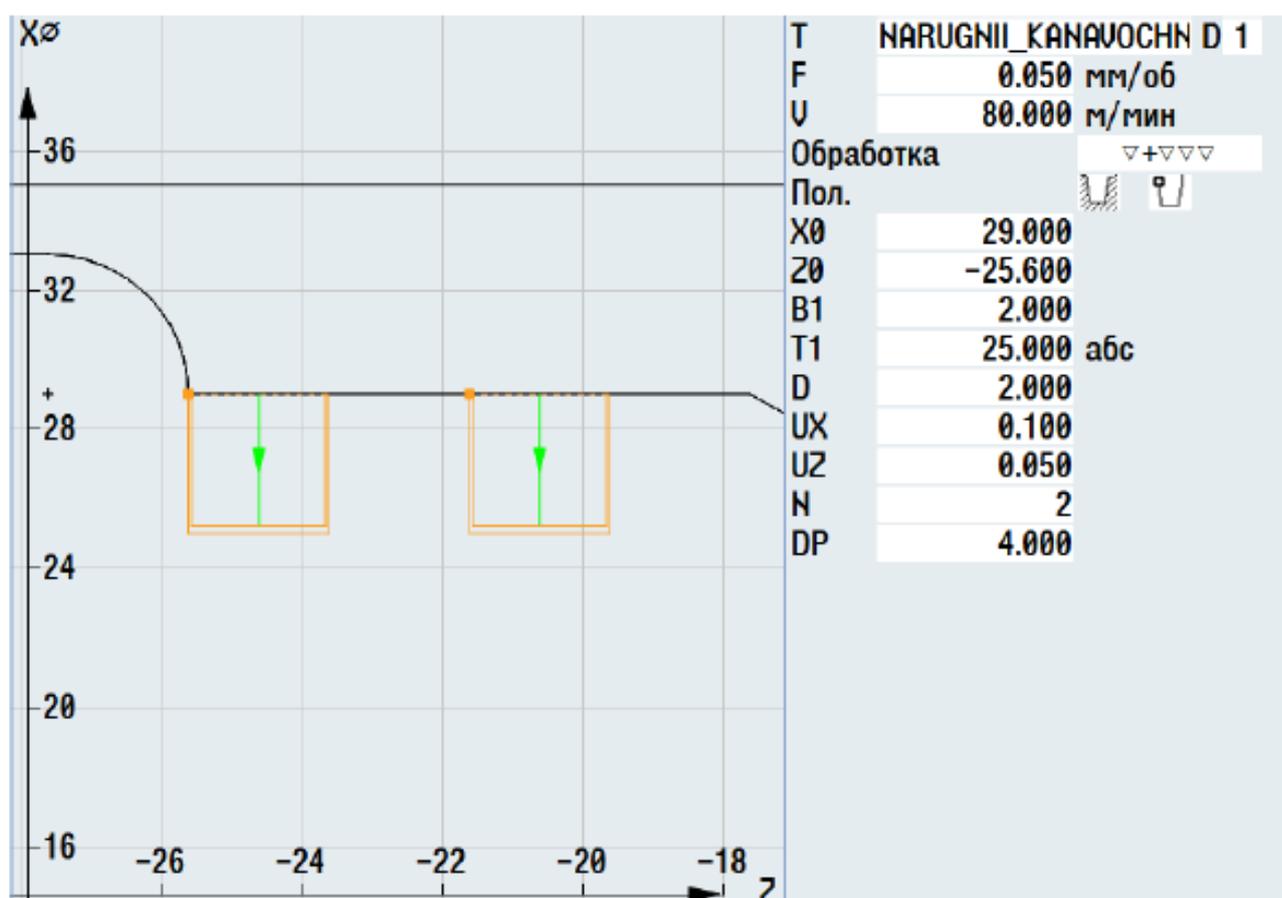


Затем клавишу «Выточка» на правой боковой панели.



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подача, глубину врезания, величину припуска на чистовую обработку), вводим геометрические параметры канавок (начальная точка, направление размеров, глубина канавки/конечный диаметр, ширина канавки, количество канавок и шаг между ними), выбираем тип обработки (черновая, чистовая, комбинированная).

В нашем случае обработка комбинированная с припуском под чистовую 0.1 мм по оси X и 0.05 мм по оси Z. Так как нам удобнее считать от правого торца детали, то начальная точка будет самой крайней точкой справа. Так как имеются 2 одинаковых канавки, их можно выполнить за один проход, при этом шаг равен расстоянию между канавками и ширине 2ой канавки, т.е.  $DP=2+2=4$ .



2.13. Седьмым переходом является центрование торца детали для последующего сверления. Обычно глубина центрования не превышает 1-2 мм. Этого вполне достаточно, чтобы сверление прошло без перекоса. Для задания параметров резьбы нажмите клавишу «Сверление» на нижней панели

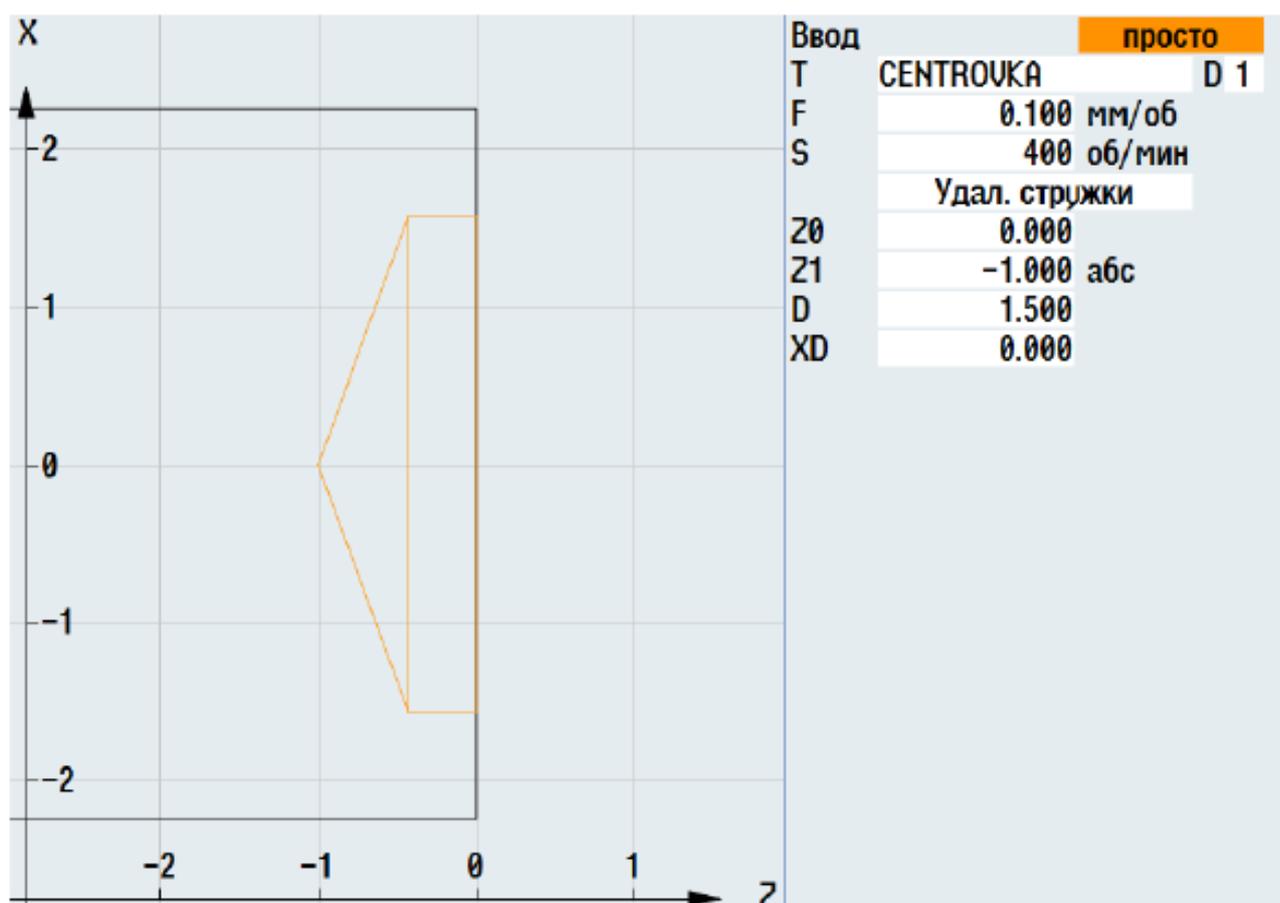


Затем клавишу «Центральное сверление» на правой боковой панели.

## Центр. сверление

Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подача), вводим геометрические параметры центрования (начальная точка, конечная точка, смещение от центра), выбираем тип обработки (с отскоком, с выводом, движение по прямой).

В нашем случае центрование на глубину 1 мм без вывода. Для корректной работы цикла параметр D (подача на глубину) необходимо задать больше абсолютной глубины центрования.



2.14. Восьмым переходом является сверления центрального отверстия диаметром 8 мм.

Для задания параметров резьбы нажмите клавишу «Сверление» на нижней панели

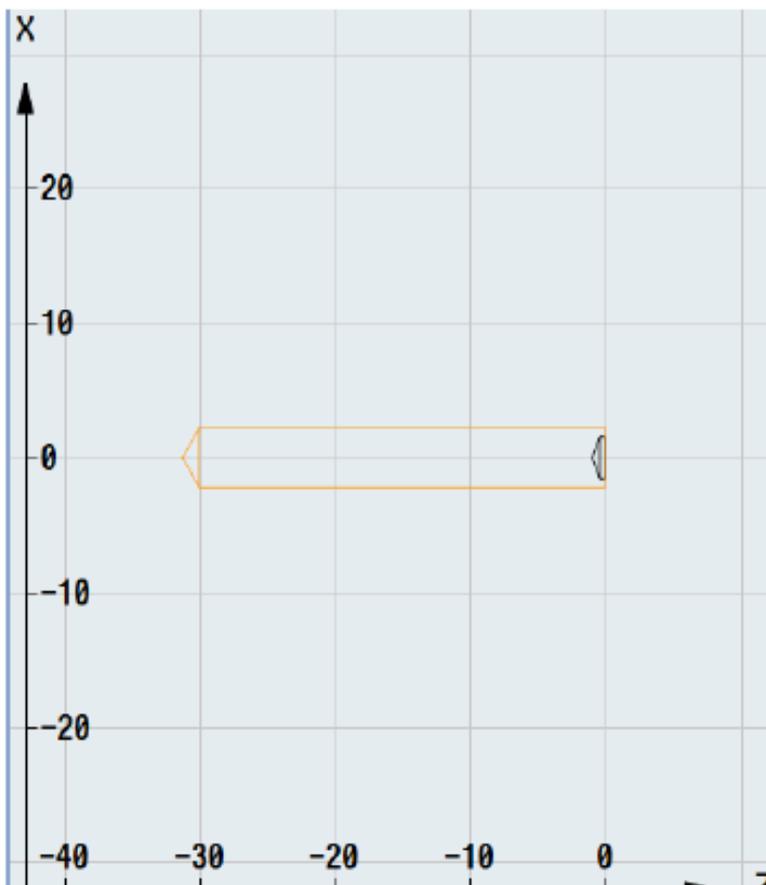


Затем клавишу «Центральное сверление» на правой боковой панели.

## Центр. сверление

Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подача), вводим геометрические параметры сверления (начальная точка, конечная точка, определение глубины по острию или по хвостовику, смещение от центра), выбираем тип обработки (с отскоком, с выводом, движение по прямой).

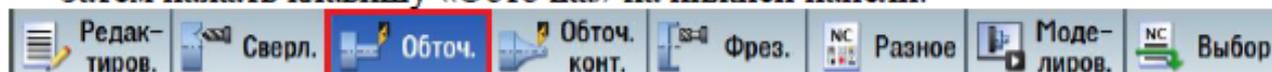
В нашем случае сверление на глубину 30 мм, так как длина детали 29.8, а нам необходимо просверлить немного дольше, чтобы конусное отверстие от сверла срезалось на переходе «Отрезка». Конечную точку определять по хвостовику, так как деталь сквозная. Сверление производить с выводом за деталь для удаления стружки (параметр «Удаление стружки»), так как длина отверстия в 3 раза превышает его диаметр. Глубину каждого захода в случае с глубокими отверстиями принимаем равным диаметру, т.е. 8 мм.



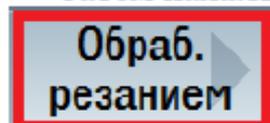
Ввод		полн.
T	SVERLO_D8	D 1
F	0.100 мм/об	
S	400 об/мин	
	Удал. стружки	
Z0	0.000	
	Хвостовик	
Z1	-30.000 абс	
FD1	100.000 %	
D	8.000	
DF	100.000 %	
Упреждающий зазор   автоматически		
DT	0.000 с	

2.15. Девятым переходом является растачивание отверстия под нарезание резьбы метчиком.

Затем нажать клавишу «Обточка» на нижней панели.



Затем нажать «обработка резанием» на правой боковой панели.



Обратите внимание на тип обработки (на панели справа) – обработка с притуплениями.



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подачу), выбираем тип обработки (черновая, чистовая), заполняем геометрические параметры обработки (направление, начальная точка, конечная точка). Согласно ГОСТ 19257-73 (отверстия под нарезание метрической резьбы), диаметр отверстия под нарезание резьбы M10-6G равен  $8.5+0.22$  мм. В нашем случае съем на сторону составляет  $((8.5+0.22/2)-8)/2=0.3$  мм. Это значение меньше радиуса пластины для обработки отверстия, значит обработка может быть чистовой (3 треугольника). Геометрические параметры: начальная точка по оси X соответствует диаметру просверленного отверстия – 8мм, конечная точка по оси X – диаметр под нарезание резьбы, начальная точка по оси Z равна 0, т.к. мы ведем обработку от торца, конечная точка по оси Z определяется как  $-(1+6+1+2)=-9$ , размер фаски 1 мм. Обратите внимание на направление обработки – она должна быть внутренней.

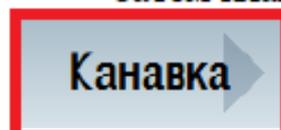
T	ВНУТРЕННИЙ_ЧИСТОВОЙ D 1
F	0.100 мм/об
V	105.000 м/мин
Обработка	▽▽▽
Пол.	
	продольно
X0	8.000
Z0	0.000
X1	8.610 абс
Z1	-9.000 абс
FS1	1.000
FS2	0.000
FS3	0.000

2.16. Десятым переходом является выточка под выход внутренней резьбы.

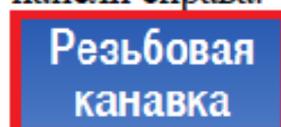
Для задания параметров выточки нажмите клавишу «Обточка» на нижней панели



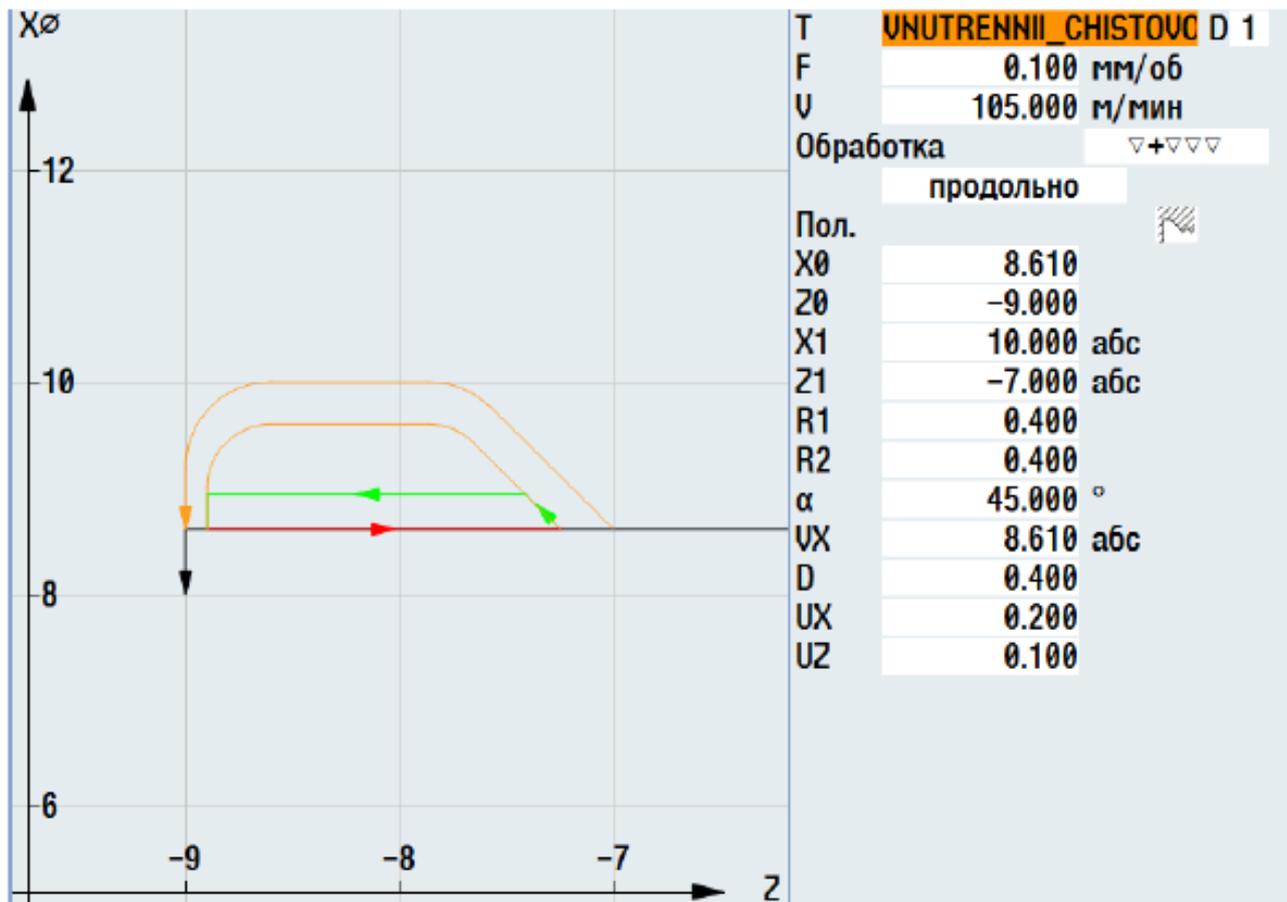
Затем клавишу «Канавка» на правой боковой панели.



Затем выберите тип выточки. В нашем случае выточка образмерена как по ширине, так и по диаметру впадины, поэтому стандартные типы проточек нам не подойдут. Воспользуемся свободным типом «Резьбовая канавка» на панели справа.



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подачу, величину съёма, припуск на чистовую обработку), выбираем тип обработки (черновая, чистовая, комбинированная), заполняем геометрические параметры обработки (начальная точка, длина выточки, ширина выточки). Обработку выполнить комбинированную, так как диаметр отверстия под резьбу мы уже проточили. Начальную точку примем равной конечной точке с предыдущего перехода – 8.61. Остальные геометрические параметры заполнить в соответствии с чертежом. Поперечную подачу VX принять равной начальной точке.

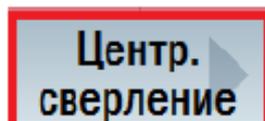


2.17. Одиннадцатым переходом является нарезание внутренней резьбы М10 метчиком.

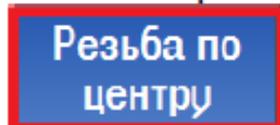
Для задания параметров резьбы нажмите клавишу «Сверление» на нижней панели.



Затем клавишу «Центральное сверление» на правой боковой панели.



В открывшемся окне выбираем «Резьба по центру».



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость ввода, скорость вывода), вводим геометрические параметры нарезания резьбы (начальная точка, конечная точка), выбираем тип обработки (с отскоком, с выводом, движение по прямой).

В нашем случае резьба табличная, поэтому воспользуемся встроенной в систему ЧПУ таблицей резьбы. Конечная точка не должна находиться дальше -9 мм, чтобы метчик не «врезался» в проточенную стенку. Обороты на

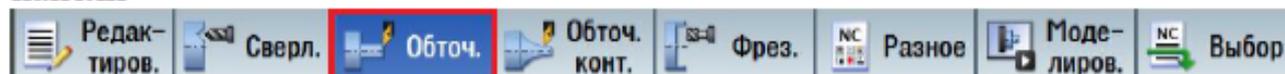
выходе, как правило, в 2 раза выше, чем на заходе. Так как длина резьбы не превышает её номинальный диаметр, то нарезание производится за 1 раз.



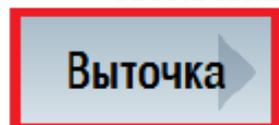
T	МЕТЧИК_M10	D 1
Таблица	ISO метрическая	
Выбор	M 10	
P	1.500 мм/об	
S	600 об/мин	
SR	1200 об/мин	
	1 прох.рез.	
Z0	0.000	
Z1	-8.000 абс	

2.18. Двенадцатым переходом является точение 2-х внутренних канавок.

Для задания параметров канавки нажмите клавишу «Обточка» на нижней панели



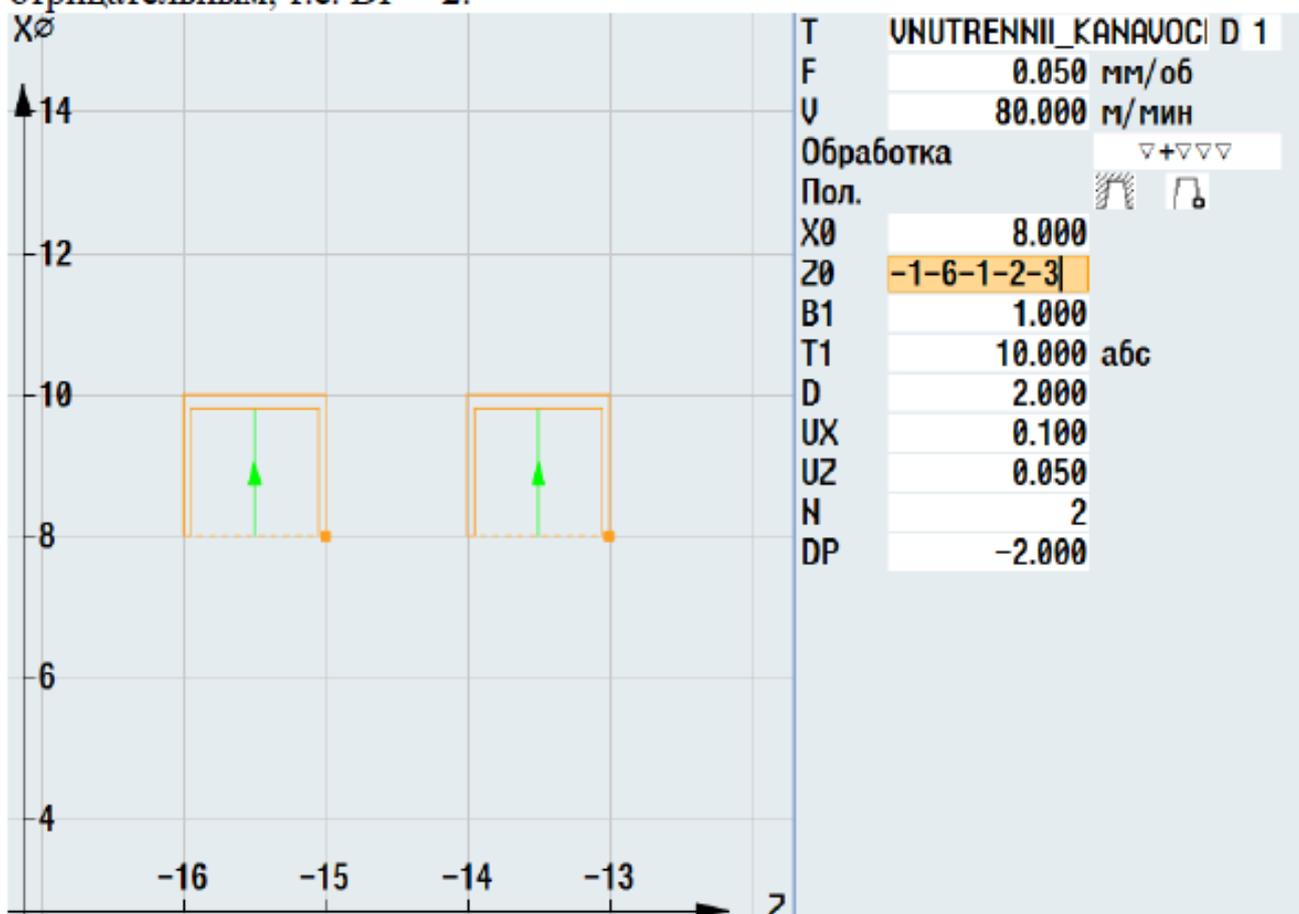
Затем клавишу «Выточка» на правой боковой панели.



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость, подача, глубину врезания, величину припуска на чистовую обработку), вводим геометрические параметры канавок (начальная точка, направление размеров, глубина канавки/конечный диаметр, ширина канавки, количество канавок и шаг между ними), выбираем тип обработки (черновая, чистовая, комбинированная).

В нашем случае обработка комбинированная с припуском под чистовую 0.1 мм по оси X и 0.05 мм по оси Z. Так как нам удобнее считать от левого торца детали, то начальная точка будет самой крайней точкой слева. Так как имеются 2 одинаковых канавки, их можно выполнить за один цикл, при этом шаг равен расстоянию между канавками и ширине 2ой канавки, т.е.

$DP=1+1=2$ , но так как смещение идет по оси  $-Z$ , то и шаг будет отрицательным, т.е.  $DP=-2$ .



2.19. Тринадцатым переходом является отрезка детали.

Для задания параметров отрезки нажмите клавишу «Обточка» на нижней панели



Затем клавишу «Отрезка» на правой боковой панели.



Заполняем таблицу в соответствии с заданными условиями: выбираем инструмент из заполненного ранее магазина, вводим рекомендованный производителем режущего инструмента режим резания (скорость и подача в начале отрезания, пониженные скорость и подача в конце отрезания), вводим геометрические параметры отрезки (начальная точка, конечная точка, тип и величина притупления).

В нашем случае отрезка с постоянной скоростью резания, 2мя диапазонами вращения шпинделя и 2мя подачами. Делается это для того, чтобы плавно отрезать деталь. Также мы ввели небольшое притупление  $FS=0.2$ , чтобы при изготовлении детали можно было легко проводить контроль размеров.



2.20. Для упорядочивания кадров управляющей программы вводится их нумерация.

Нажмите клавишу «Редактирование» на нижней панели.



Затем на боковой панели нажмите клавиши



Введите номер первого кадра и шаг нумерации.

**Перенумеровать**

Первый номер кадра	<input style="width: 100%;" type="text" value="10"/>
Размер шага	<input style="width: 100%;" type="text" value="10"/>

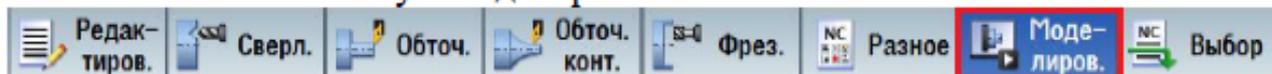
Текст управляющей программы, написанный в ShopTurn будет иметь следующий вид:

P	N10	Заголовок прогр.		G54 Цилиндр
	N20	Обраб. резанием	▽▽▽	T=NARUGNII_CHERNOVOI F=0.2/06. S=11006.
	N30	Контур		NARUGNII_CHERNOVOI
	N40	Обраб. резанием	▽	T=NARUGNII_CHERNOVOI F=0.2/06. S=11006.
	N50	Канавка резьб.	▽	T=NARUGNII_CHISTOVOI F=0.1/06. V=110м
	N60	Контур		NARUGNII_CHISTOVOI
	N70	Обраб. резанием	▽▽▽	T=NARUGNII_CHISTOVOI F=0.05/06. S=15006.
	N80	Резьба продольная	▽+▽▽▽	T=NARUGNII_REZBOVOI P1.5мм/о6 S=120006.
	N90	Выточка	▽+▽▽▽	T=NARUGNII_KANAUCHNII F=0.05/06. V=80м
	N100	Сверл. по центр.		T=CENTROVKA F=0.1/06. S=40006. Z1=-1
	N110	Сверл. по центр.		T=SVERLO_D8 F=0.1/06. S=40006. Z1=-30
	N120	Обраб. резанием	▽▽▽	T=VNUTRENNII_CHISTOVOI F=0.1/06. V=105м
	N130	Канавка резьб.	▽+▽▽▽	T=VNUTRENNII_CHISTOVOI F=0.1/06. V=105м
	N140	Нар.вну.рез.центр		T=METCHIK_M10 M10 S=60006. Z1=-8
	N150	Выточка	▽+▽▽▽	T=VNUTRENNII_KANAUCHNII F=0.05/06.
	N160	Отрез		T=OTREZNOI F=0.03/06. V=60м FS=0.2 X0=33
END		Конец прогр.		

Нумерация помогает быстро определить в каком кадре ошибка в режиме «Моделирования».

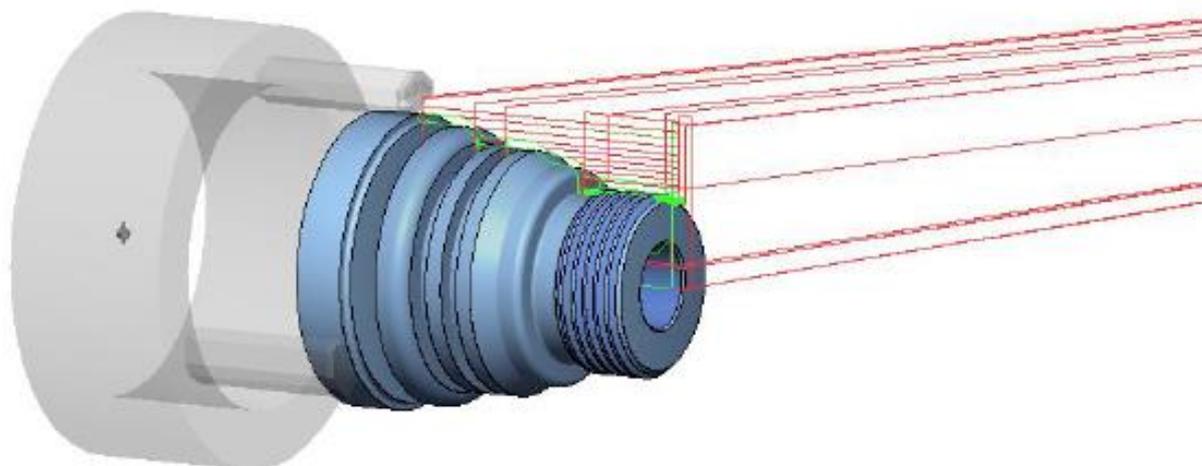
2.21. Проверить правильность можно через режим моделирования.

Нажмите клавишу «Моделирование» на нижней панели.



В режиме моделирования можно посмотреть 3D-модель детали. Для этого нажимаем клавишу «Вид 3D» на правой боковой панели.

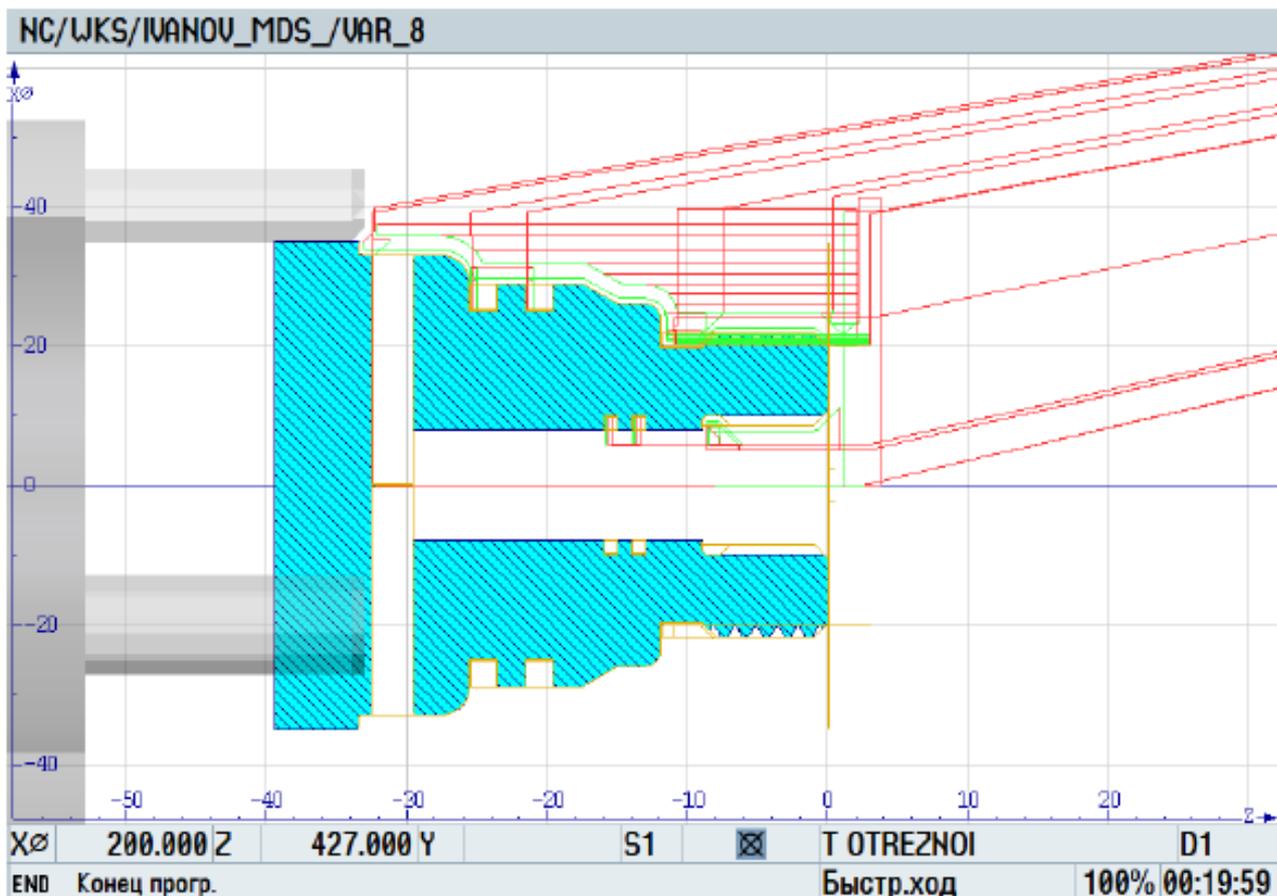




XØ	200.000 Z	427.000 Y	S1	<input checked="" type="checkbox"/>	T ОТРЕЗНОЙ	D1
END	Конец прогр.				Быстр.ход	100% 00:19:59

Также в режиме моделирования можно посмотреть и вид-разрез детали. Для этого нажимаем клавишу «Другие виды» на правой боковой панели. Затем клавишу «Четверть».





На обоих видах есть линии перемещения инструмента: красные – холостые ходы, зеленые – рабочие.

В правом нижнем углу отображается время обработки детали, согласно введенным режимам резания.

### 3. Содержание отчета

- 5.1. Операционный эскиз детали с последовательностью ее обработки.
- 5.2. Назначение режимов резания.
- 5.3. Расчетно-технологическая карта.
- 5.4. Управляющая программа в коде **Siemens ShopTurn** (скриншот программы, вида готовой детали в 3D и в разрезе).

#### 4. Вопросы для контроля:

1. Какие рабочие движения реализуются при токарной обработке?
2. Какие основные технологические параметры используются при токарной обработке?
3. Сколько координатных осей используются при программировании токарной обработки? Какие?
4. Как определяется положительное направление осей?
5. Что такое «нулевая точка станка»? Для чего она используется?
6. Что такое «нулевая точка детали»? Для чего она используется?
7. Что понимается под «базовой точкой установки инструмента»? Для чего используется эта точка?
8. Что такое «управляющая программа»?
9. Что такое «кадр управляющей программы»?
10. Что понимается под системой ЧПУ?
11. Для чего предназначен программный модуль ShopTurn?
12. Как в программном модуле Shopturn осуществляется нумерация кадров?
13. Что такое «слово» в управляющей программе?
14. Для чего предназначены G-команды?
15. Для чего предназначены M-команды?
16. Что означает «модальность команды»?
17. Какие команды используются для программирования перемещений?
18. Как программируется скорость вращения шпинделя?
19. Как программируется подача инструмента?
20. Какой командой программируется выбор инструмента?