

# **Особенности учебного процесса по технологической подготовке производства на основе программ "Компас-3D" и "FeatureCAM"**

**инженер ГП ПО «Южмаш» Войчишен А.  
Л.**

**к. т. н., доцент**


**студент гр. Тм-08-2с**

**Пацера С.Т.**


**Агеев В.С.**

В современных условиях подготовка производства новой детали в условиях автоматизированного производства , в рамках учебного процесса разделяться на четыре этапа:

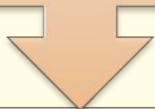
I. Конструкторская подготовка производства



II. Технологическая подготовка производства



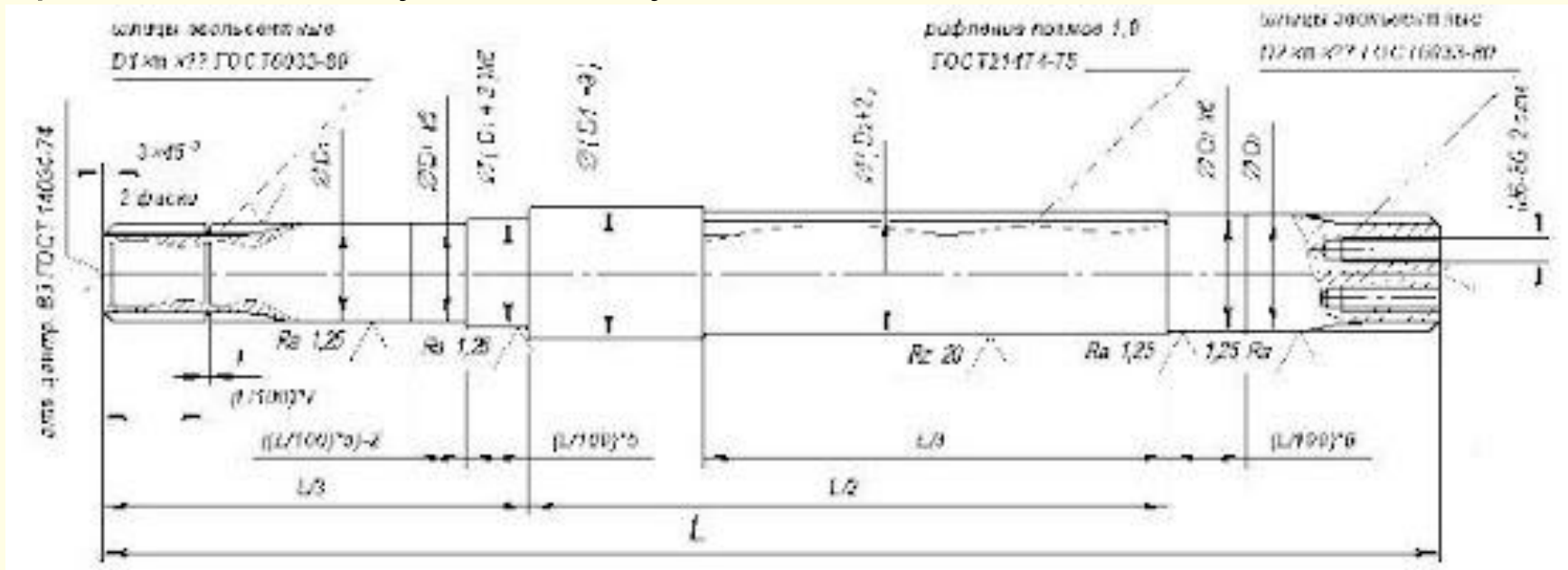
III. Автоматизированная разработка управляющей программы для станка с ЧПУ



IV. Автоматизированная разработка технологической документации

# I. Конструкторская подготовка производства

При изучении дисциплины «Технологическая подготовка производства» студенты получают такое задание:



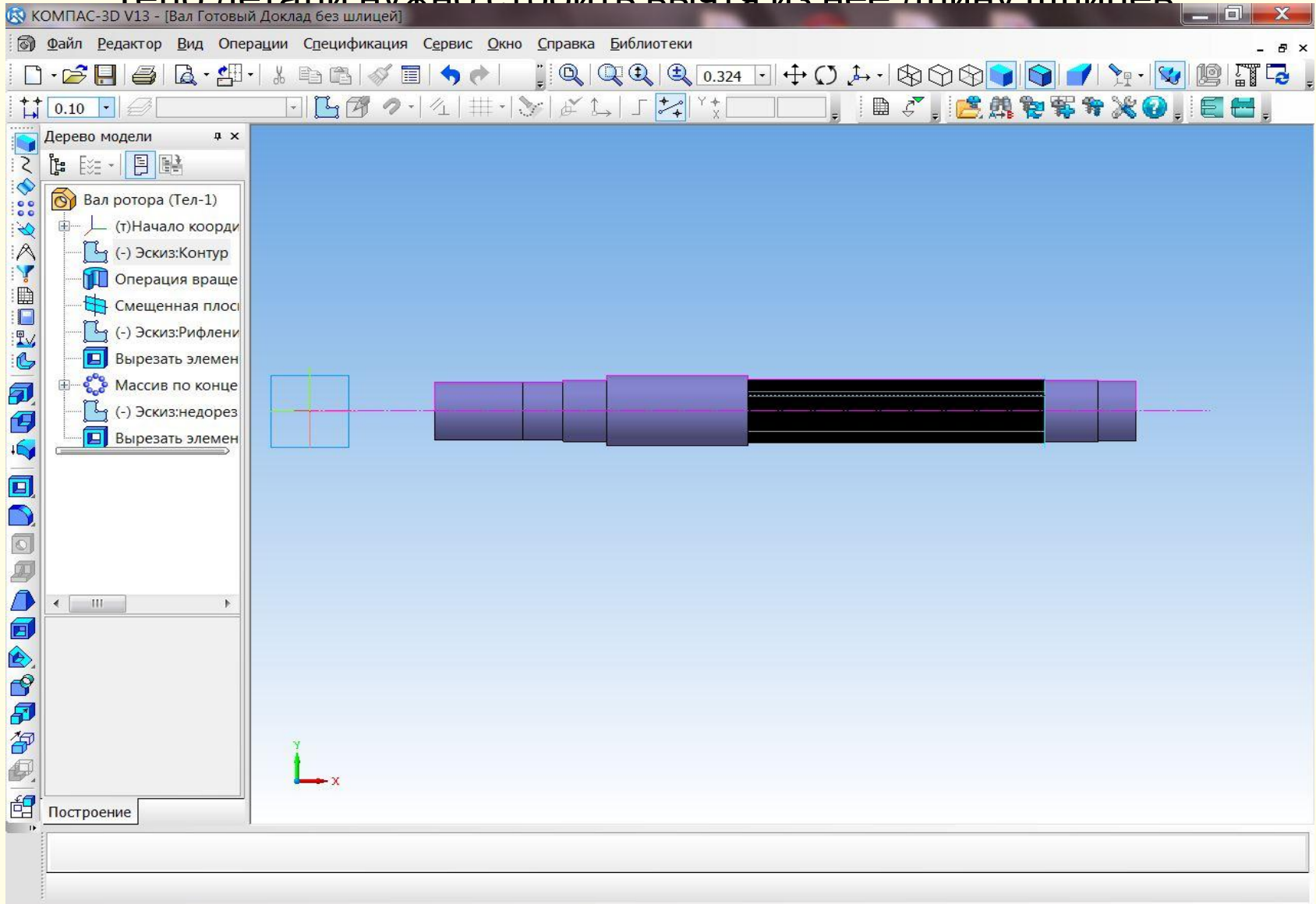
На первом этапе учащиеся выполняют конструкторскую часть подготовки производства: в программе КОМПАС-3D проектируют 3D модель детали «Вал ротора» с внешними эвольвентными шлицами и разрабатывают чертеж. **Следует отметить, что выявлены определенные замечания к программе КОМПАС в части точности отрисовки элементов эвольвентных шлицев:**

При построении эвольвентных шлицев в "Компас-3D" нужно учитывать

что:

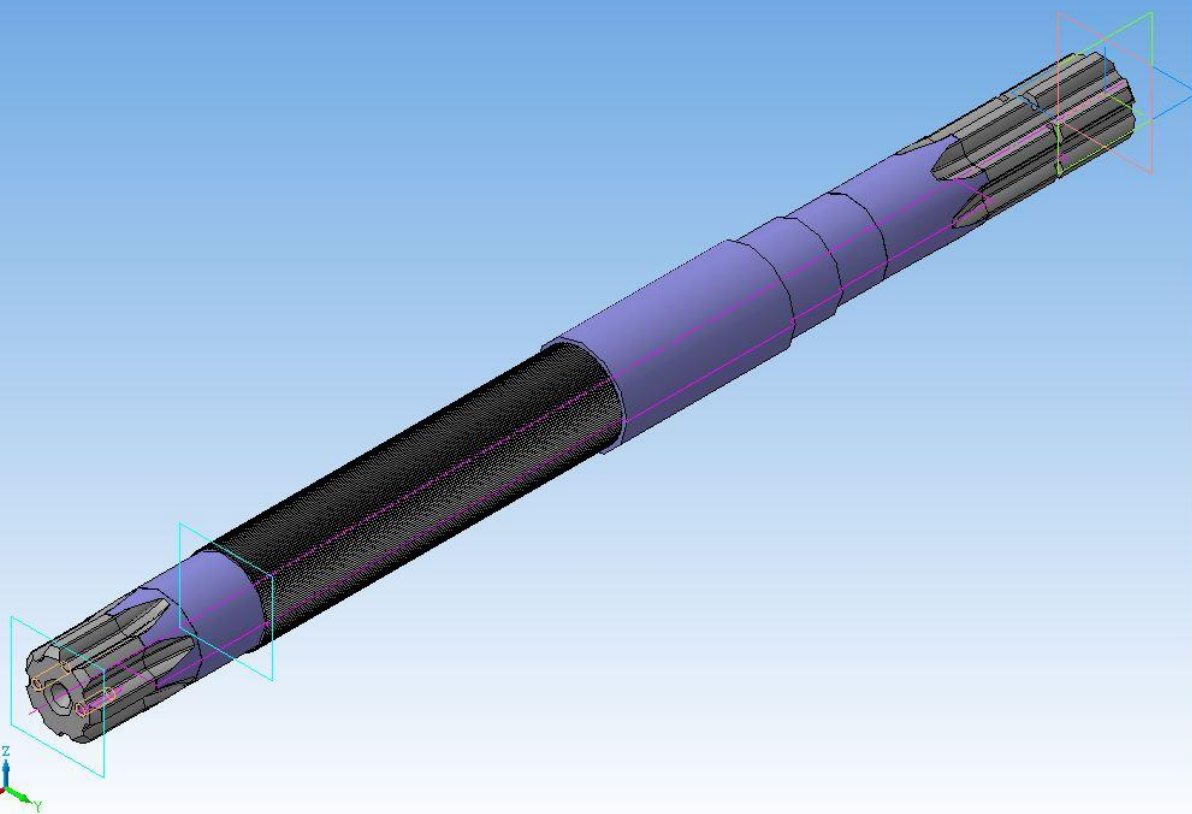
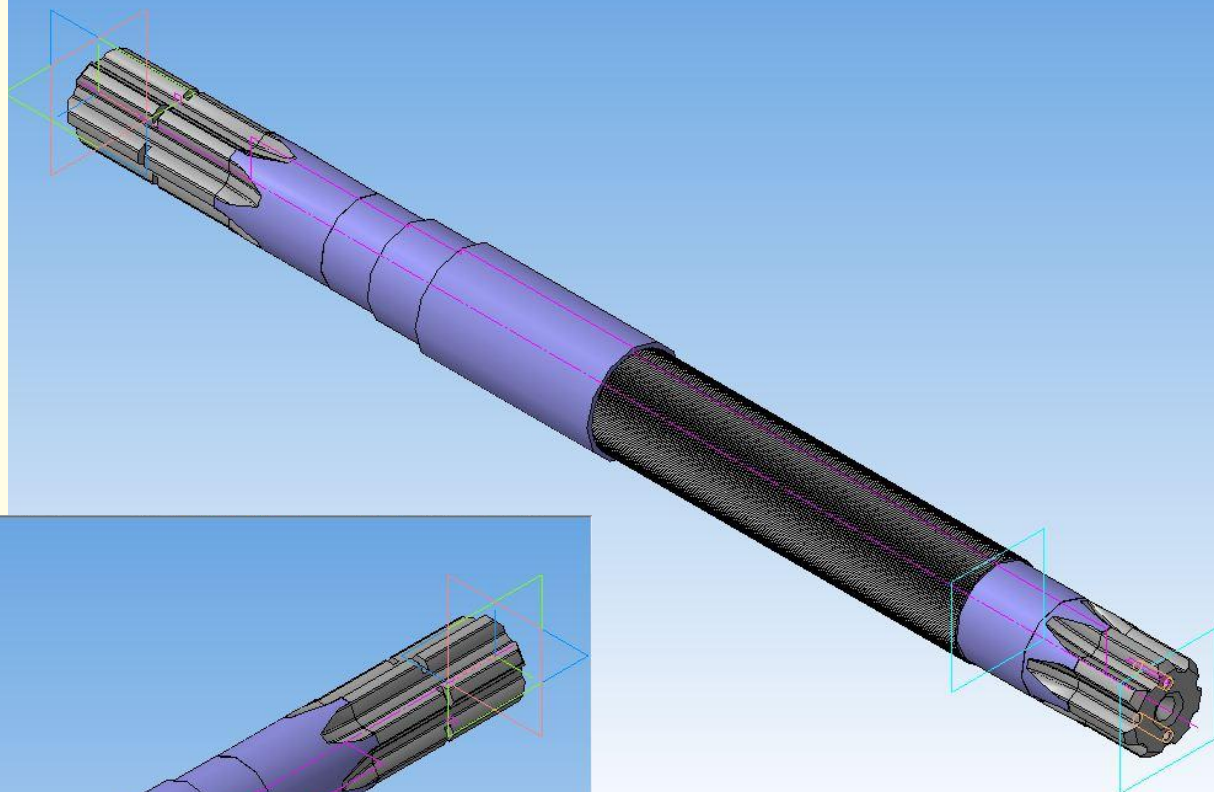
## 1. Шлицы достраиваются к существующей детали

Тело детали нужно строить вычитая из неё длину шлицев



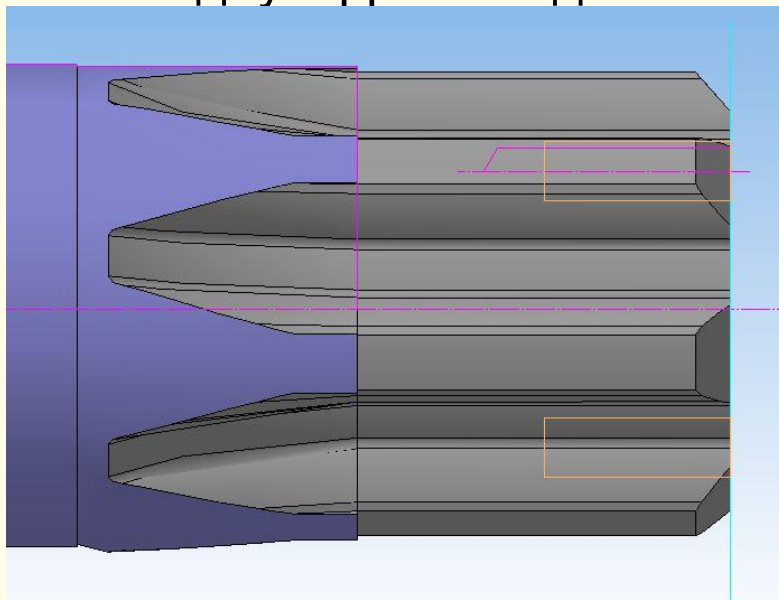
Щелкните левой кнопкой мыши на объекте для его выделения (вместе с Ctrl - добавить к выделенным)

# Готовая 3D модель вала-ротора

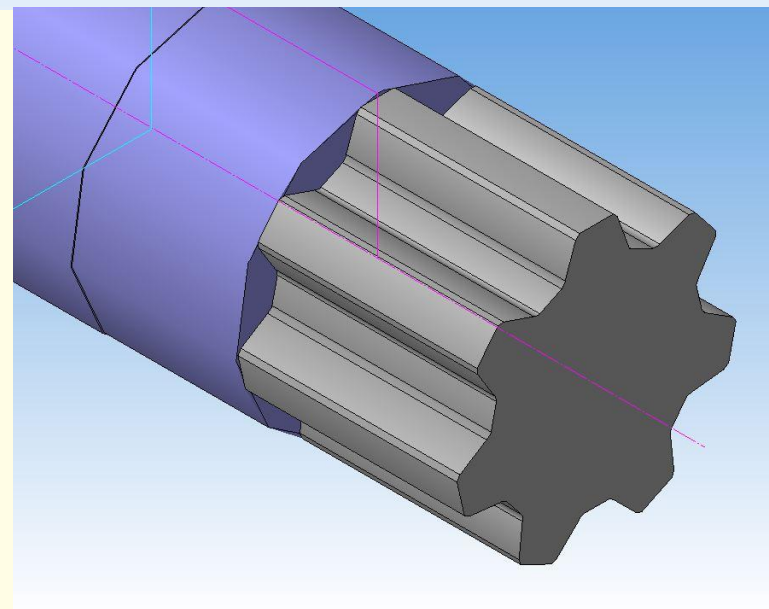
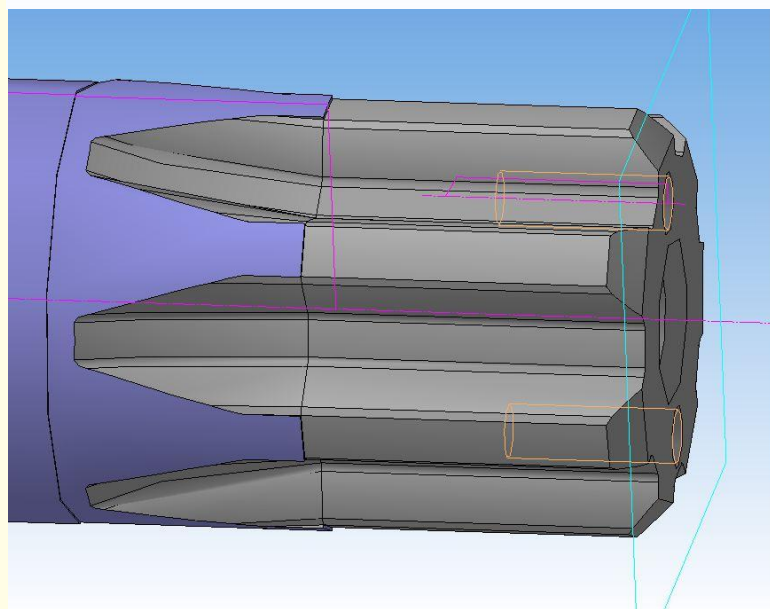
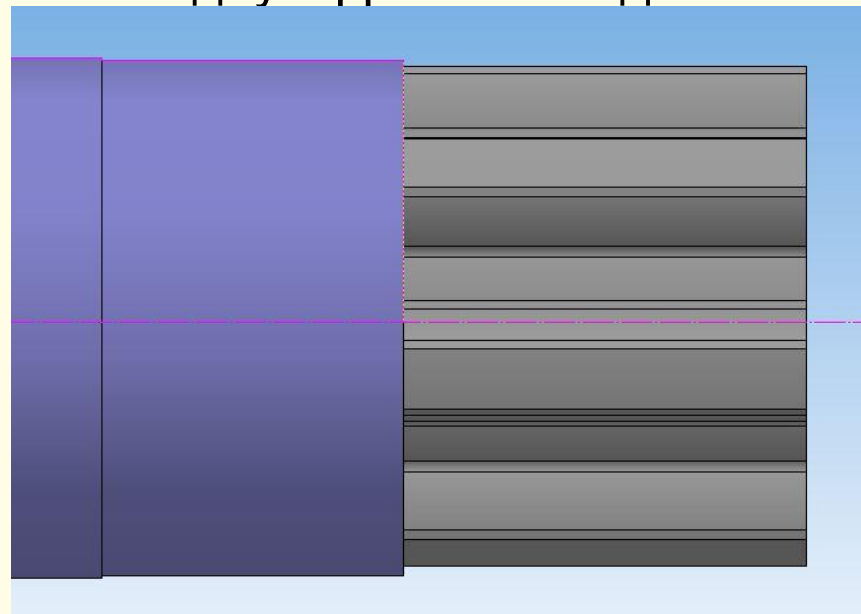


## 2. Поверхность образуемая при выходе инструмента вырезается из существующего тела детали

Радиус фрезы задан



Радиус фрезы не задан

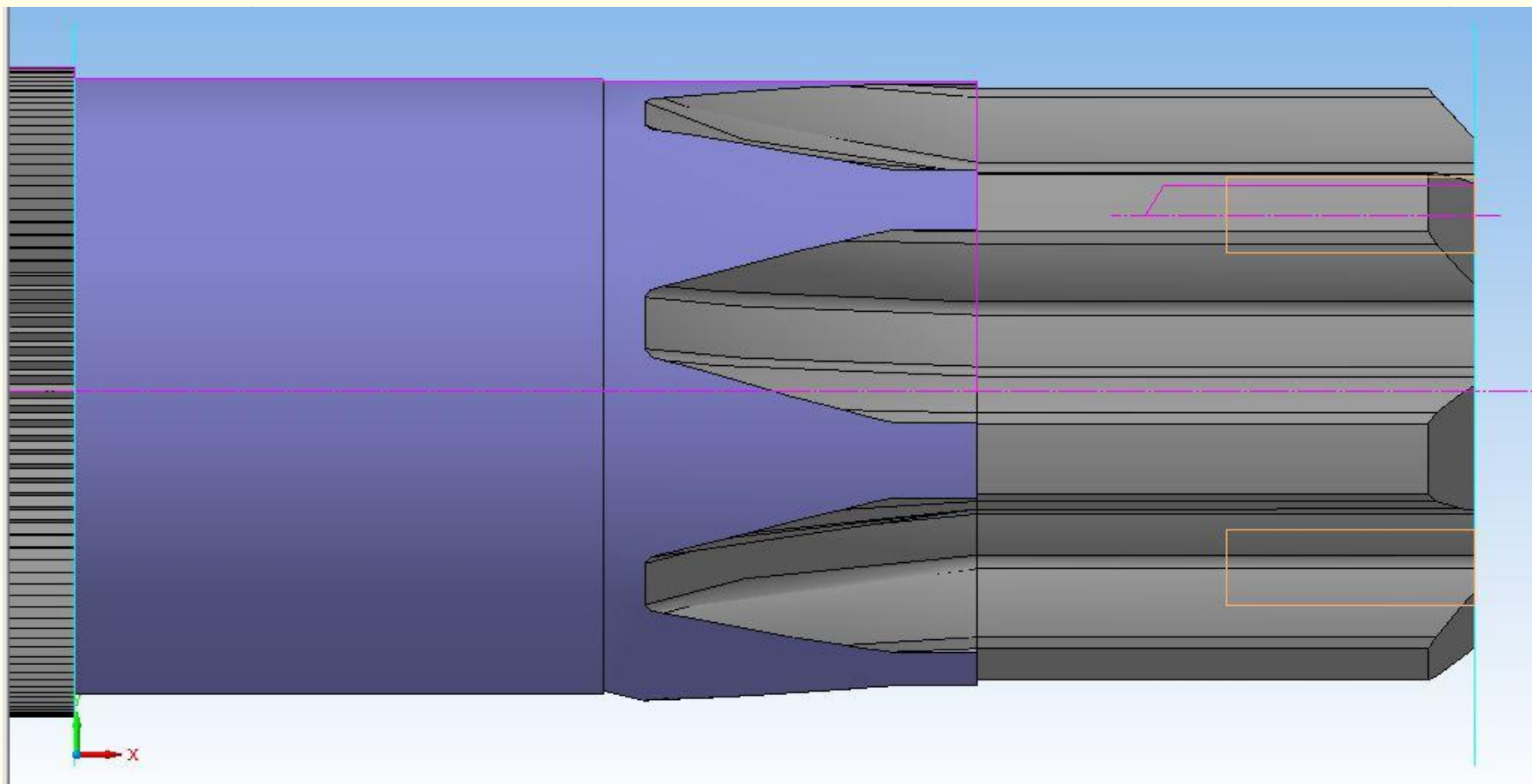




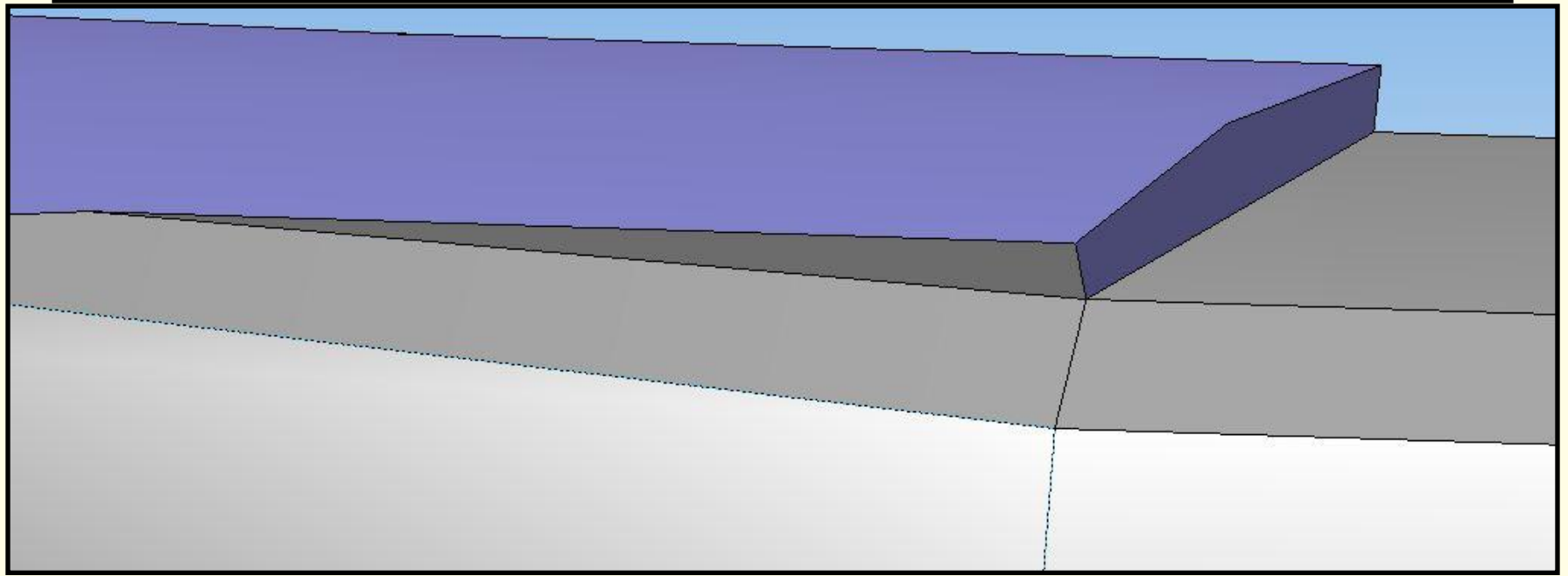
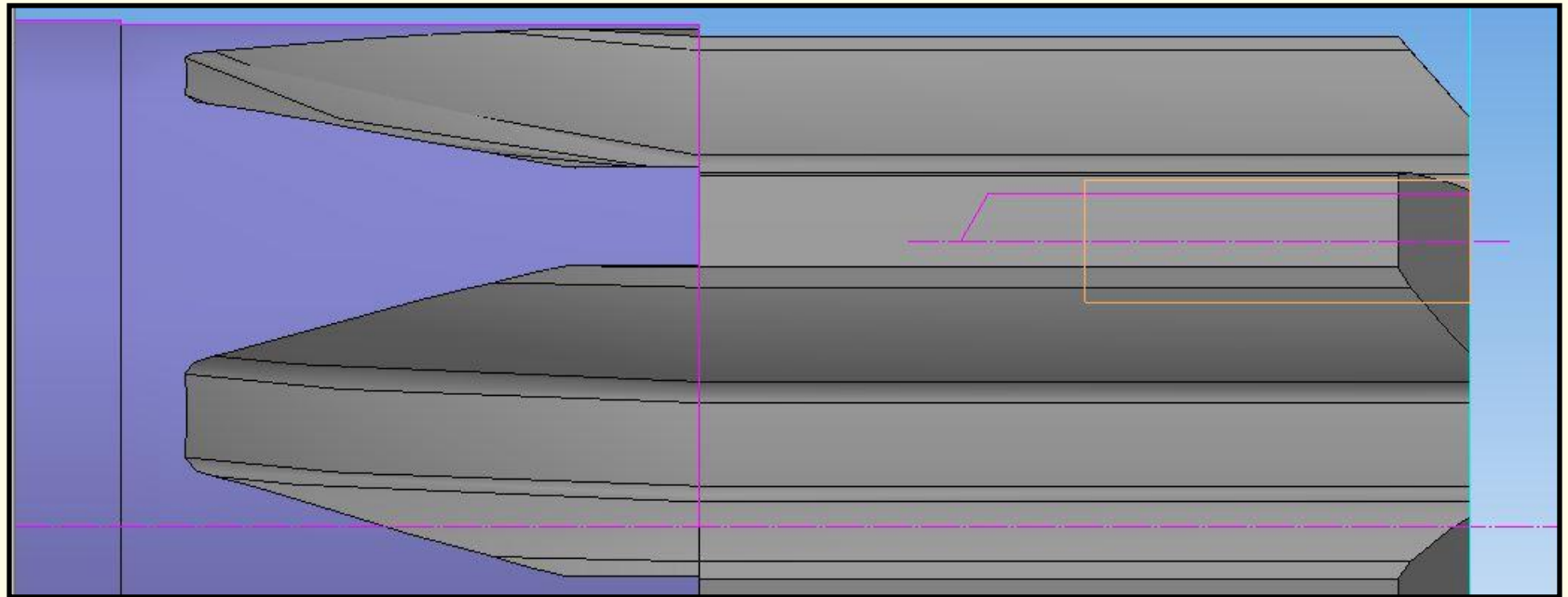
### 3. При построении шлицев с базированием по боковым поверхностям зубьев образуется уступ.

При построении шлицев с базированию по боковым поверхностям зубьев диаметр окружности вершин зубьев уменьшается.

Что, однако, не отражается на канавке выхода фрезы, в результате чего получается прямоугольная ступень небольшой



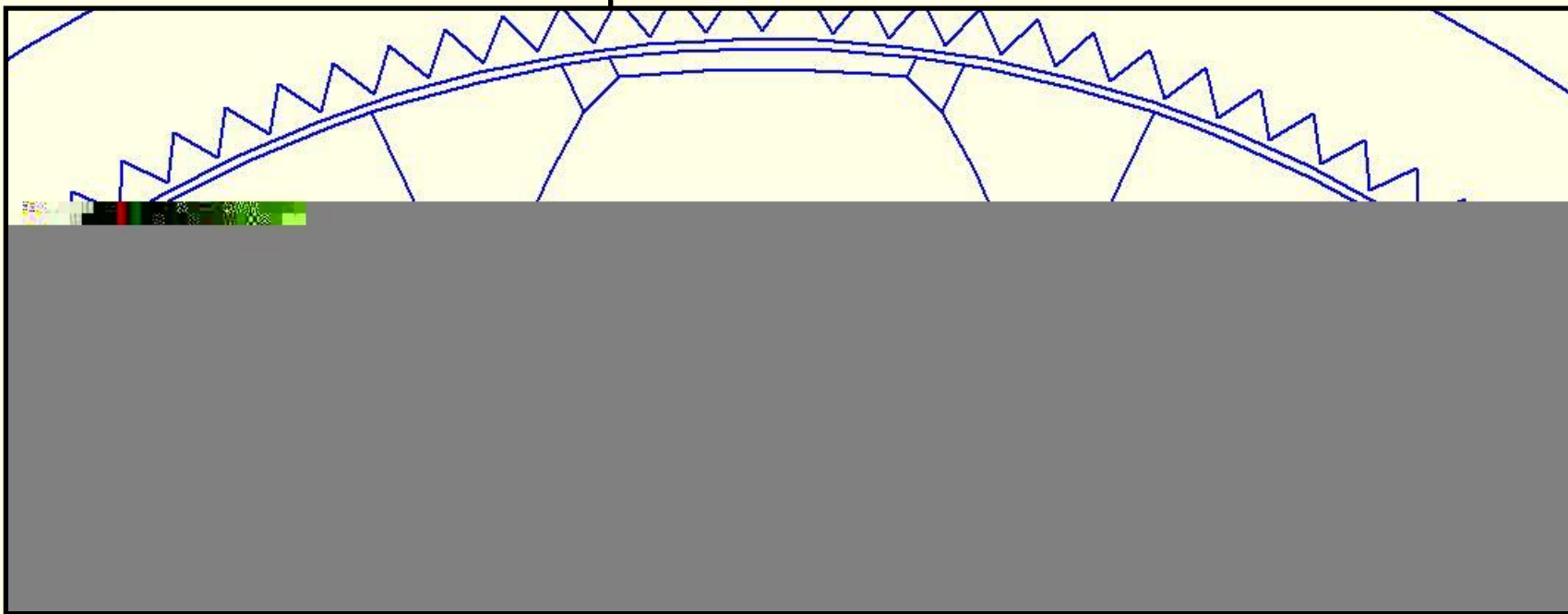
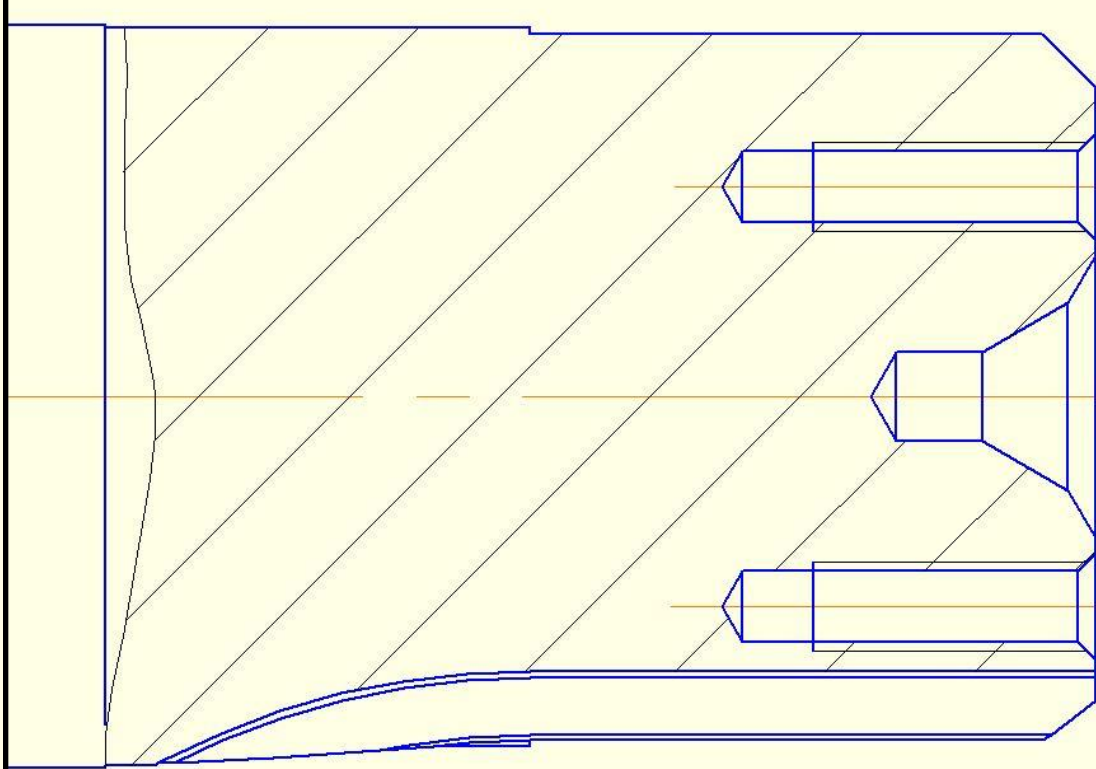
**3. При построении шлицев с базированию по боковым поверхностям зубьев образуется уступ.**





**Данный дефект  
отображается на чертеже**

Следовательно будет  
отображено на изделии,  
выполненном с помощью  
данной 3D модели без  
корректировок



По ГОСТ 6033-88 «Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°» - диаметр вершин зубьев вала  $d_a$  при центрировании по боковым поверхностям зубьев:

$$d_a = D - 0,2m$$

А при центрировании по наружному диаметру

$$d_a = D$$

Отсюда следует что диаметр окружности вершин зубьев уменьшается на величину  $0,2m$ .

## Следствия данной особенности:

Нереальность данной конструкции; её не технологичность, а также сложность её изготовления.

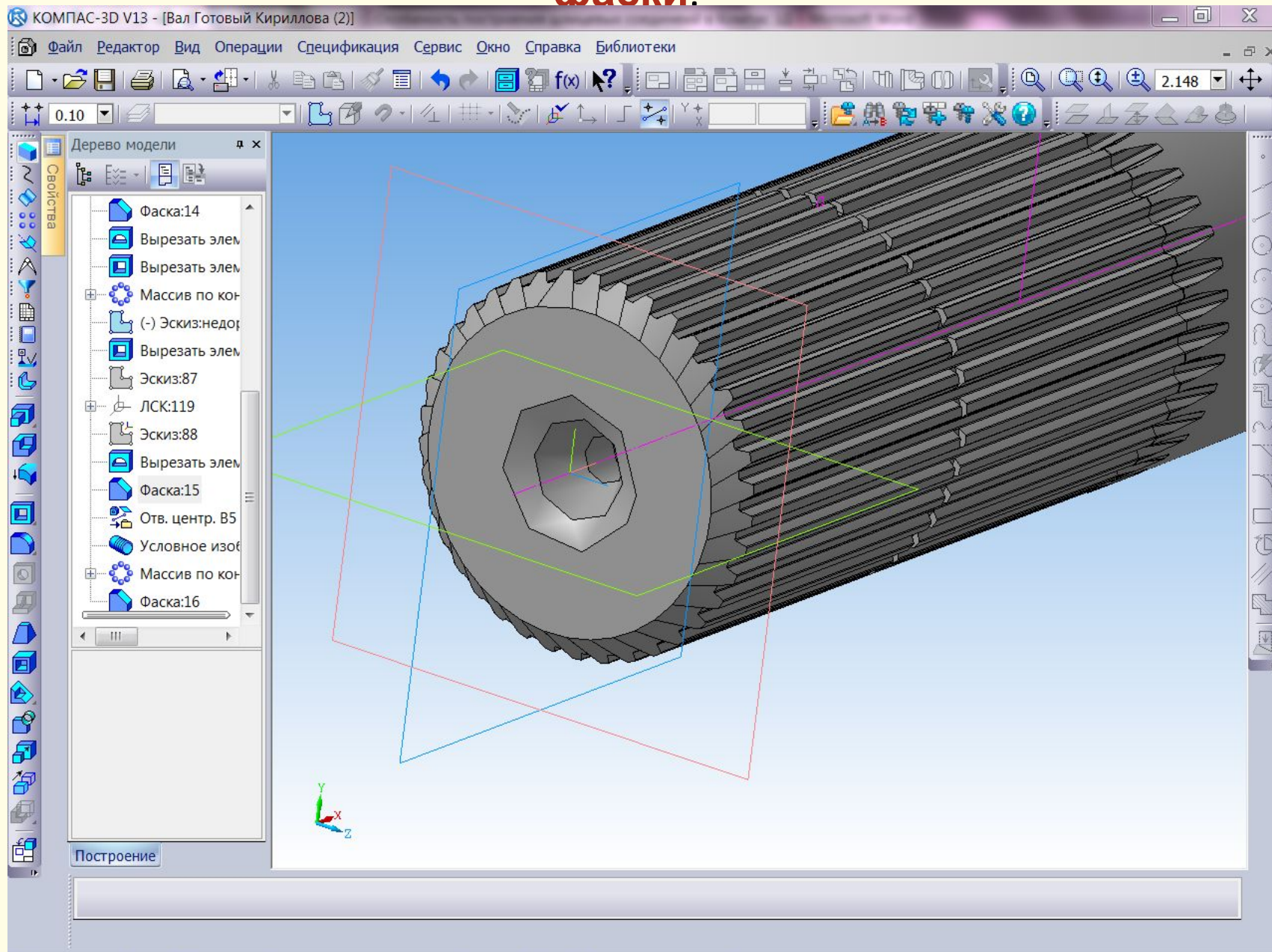
Данная особенность будет отражена в детали, если при её изготовлении будет использована данная 3D-модель, или чертеж из не без корректировок.

Увеличение времени затраченного на корректировку модели.

Прямой угол является концентратором напряжений.

По факту ГОСТ 6033-88 «Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°» не нарушен, так как он рассматривает точность и правильность построения шлицев только в поперечном сечении.

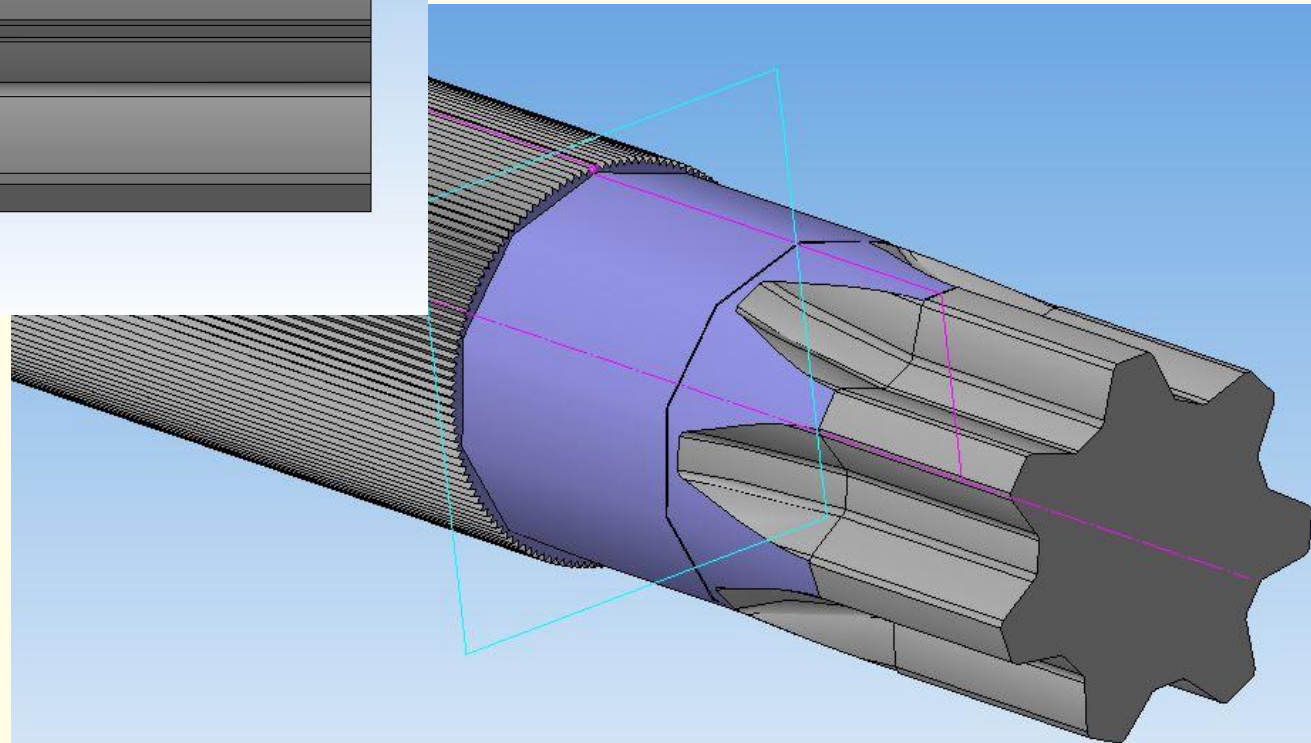
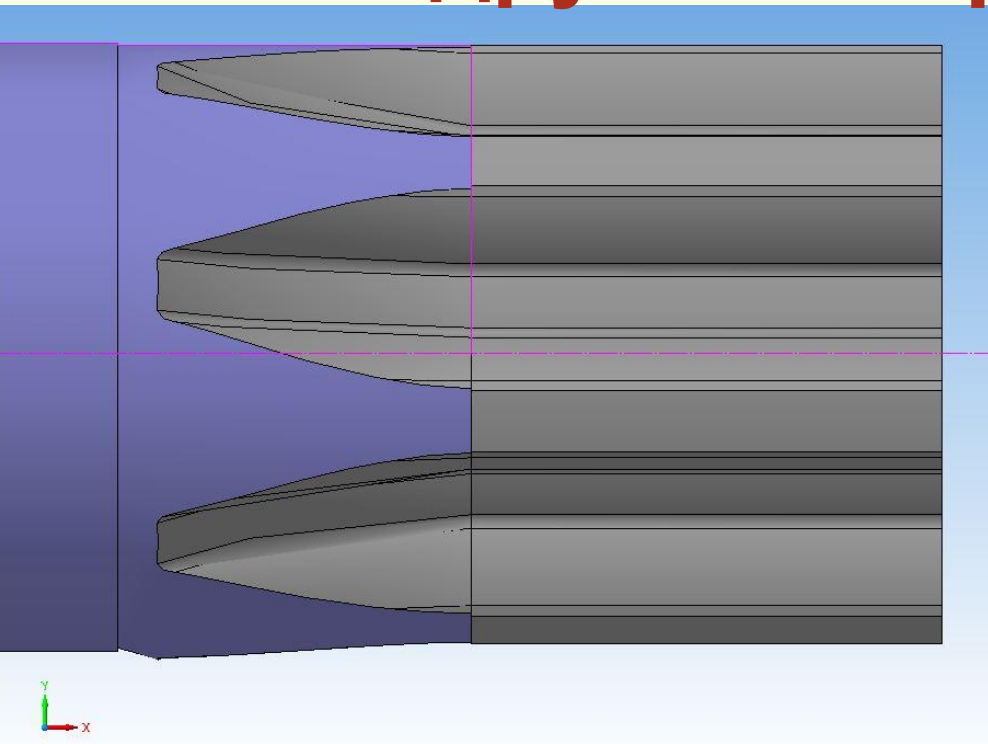
## 4. При построении фасок на шлицах появляется ребрение фаски.



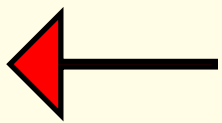
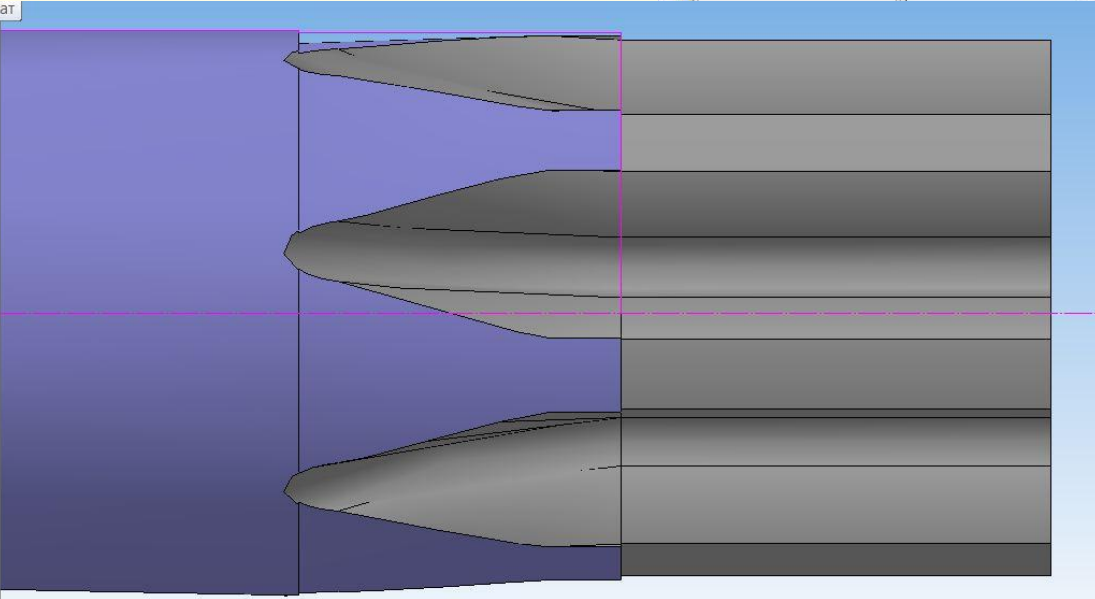
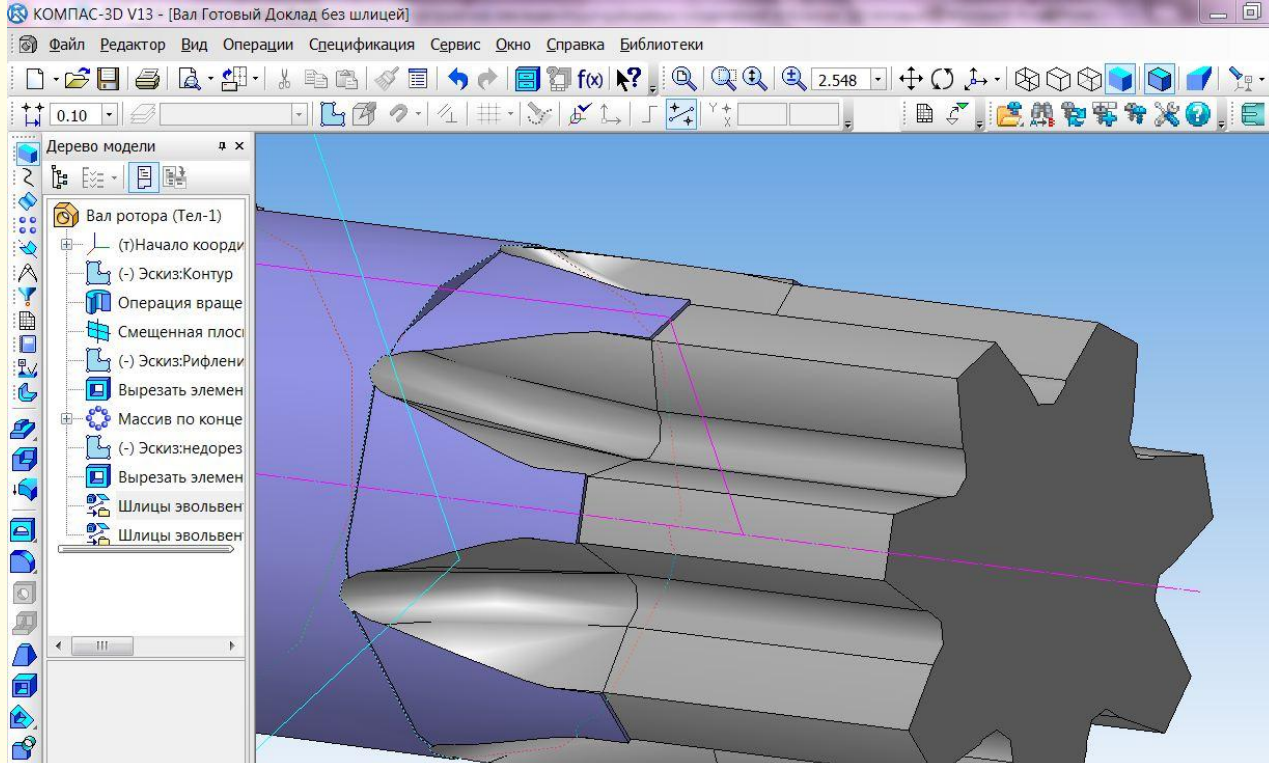


# Примеры построения шлицев с другими параметрами

Эвольвентный шлиц с центрированием по наружному диаметру зуба  
(диаметр фрезы  $\varnothing 90$  мм)



Эвольвентный шлиц  
с центрированием  
по боковой  
поверхности зуба  
без фаски с  
закругленным дном

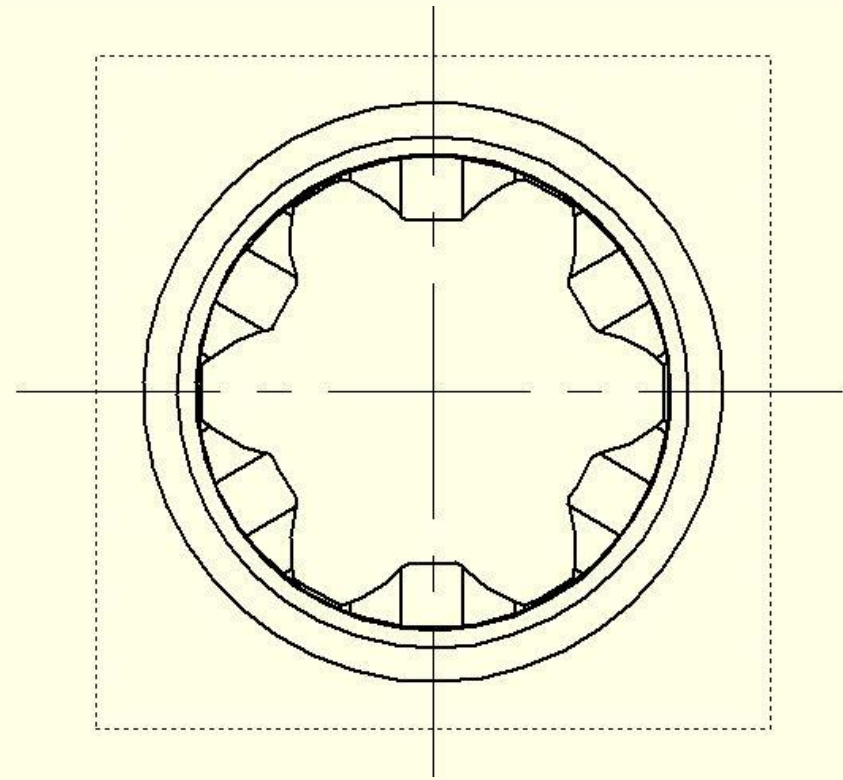
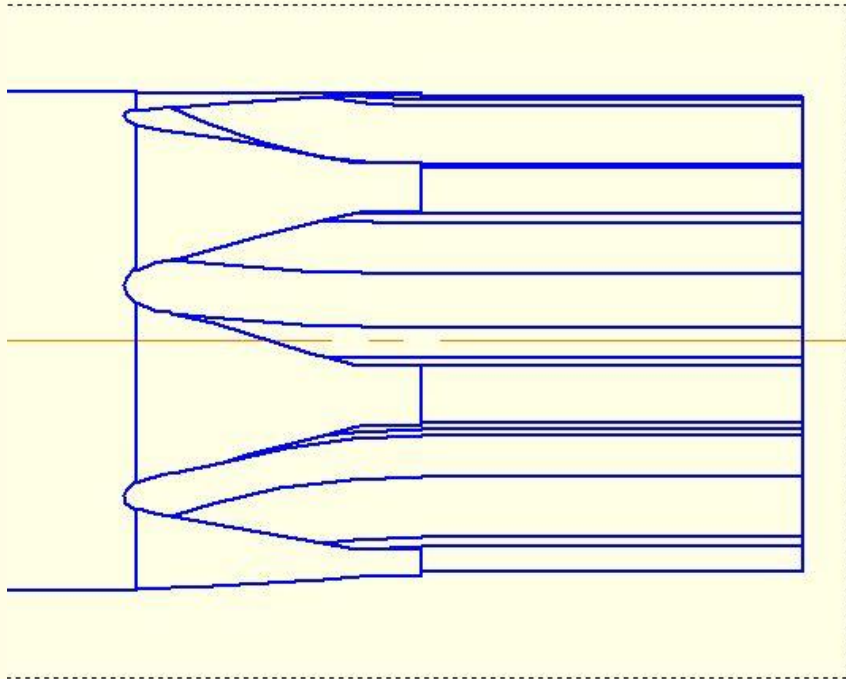


На данном виде видна обратная конусность.

Команда "перестроить" (F5) не решает данную проблему



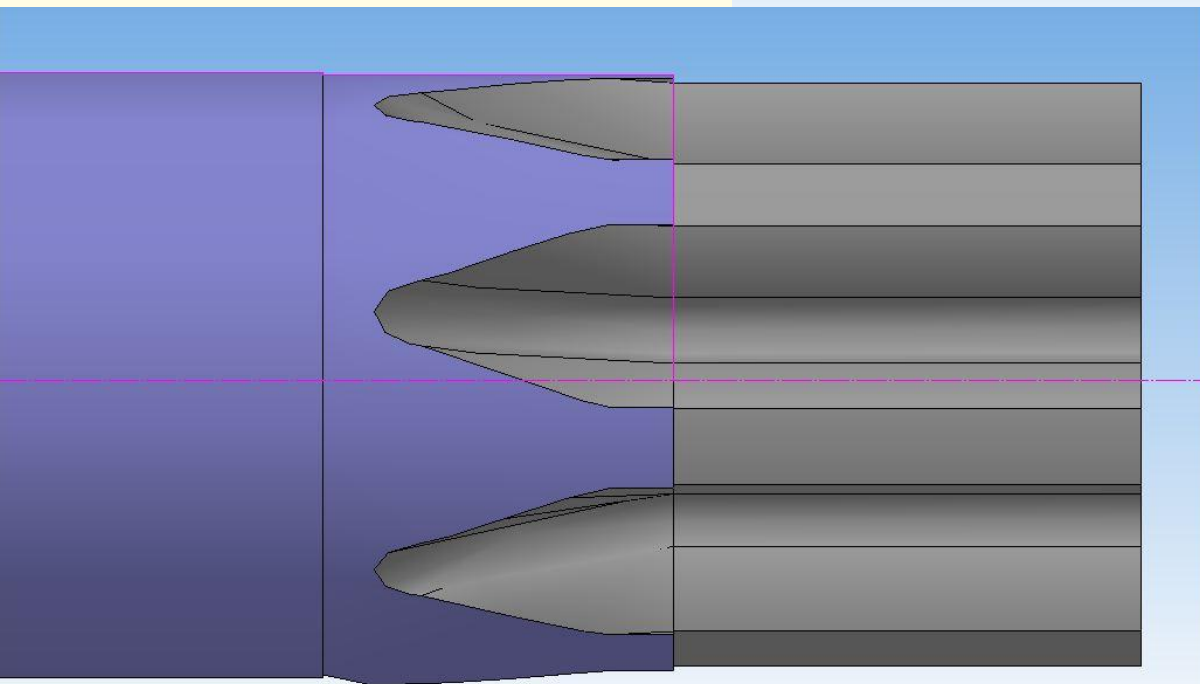
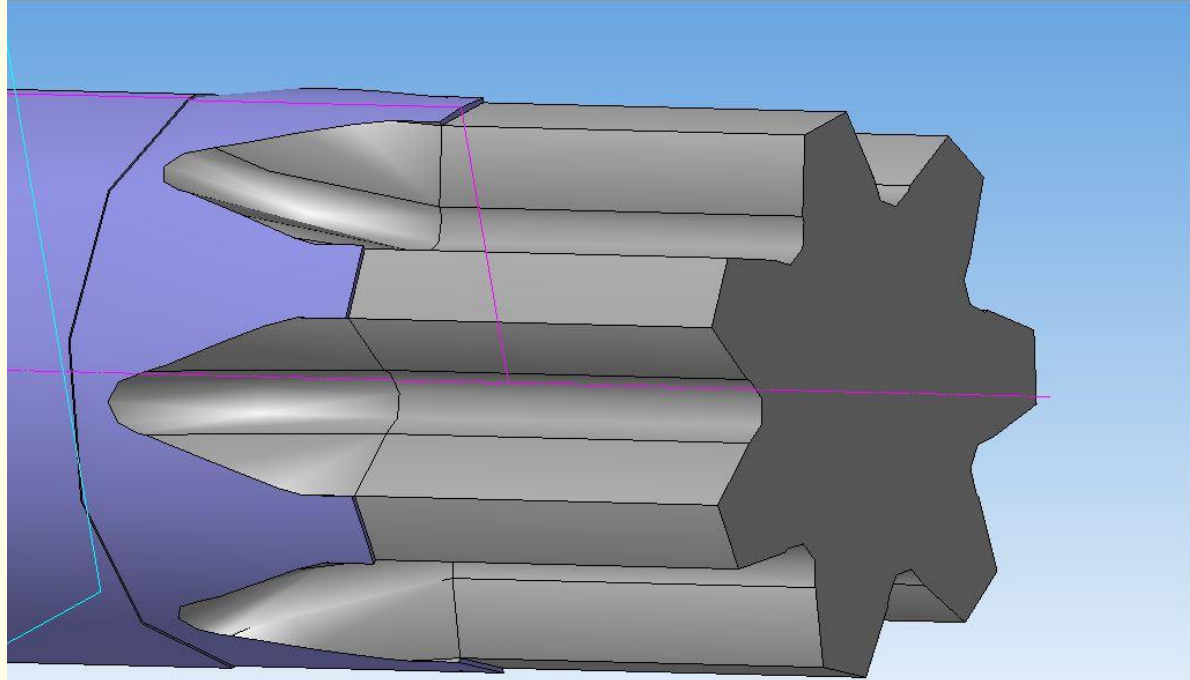
Эвольвентный шлиц с центрированием по боковой поверхности зуба без фаски с закругленным дном.



Обратная конусность на чертеже не отображается, следовательно это визуальная неточность отображения, которая не отражается на чертеже, а следовательно на модели и следовательно она не отразится и на детали.



Эвольвентный шлиц с центрированием по боковой поверхности зуба без фаски с закругленным дном (меньший диаметр фрезы  $\varnothing 63$  мм)



# Выводы:

При построении 3D-модели в "Компас-3D" могут возникнуть два вида дефектов:

## Визуальные Дефекты

- Не влияет на чертеж детали, следовательно и на правильность построения 3D-модели, а значит и на реальную деталь
  - Этот дефект может ввести в замешательство пользователей Компаса
  - Затраты времени на проверку, если не известно что это точно дефект данной категории.
- Часто устраняются командой "перестроить" (F5)

## Реальные дефекты

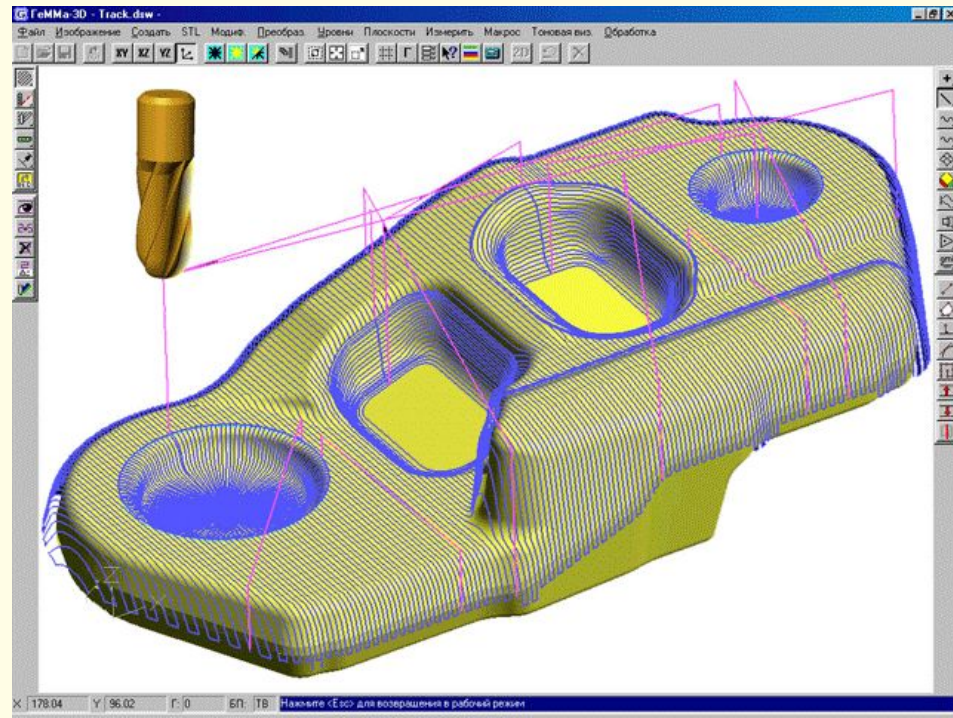
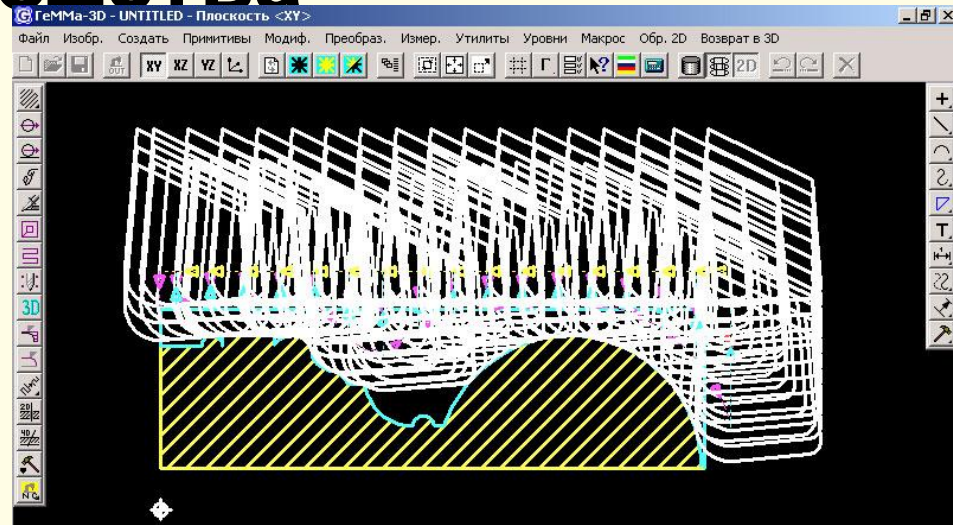
- Отражаться на чертеже, следовательно:
  - Могут повлиять на работоспособность детали
  - Могут усложнить обработку детали в САМ системе, например:
    - создание лишних рабочих и холостых ходов инструмента
    - создание ненужных нетехнологичны поверхностей
  - Устранения последствий данного дефекта при моделировании детали и её обработки (в случае если это возможно), потребует дополнительных затрат времени.

# II. Технологическая подготовка производства

Следующим этапом является автоматизированная технологическая подготовка производства, которая состоит в разработке технологического процесса изготовления детали. В современной технологической подготовке производства принята стратегия применения систем автоматизированного проектирования (САПР).

При автоматизированной разработке технологического процесса было бы желательно иметь в компьютерном классе программу "ГеММа-3D" ЗАО "НТЦ ГеММа", которая совместима с программами "АСКОН".

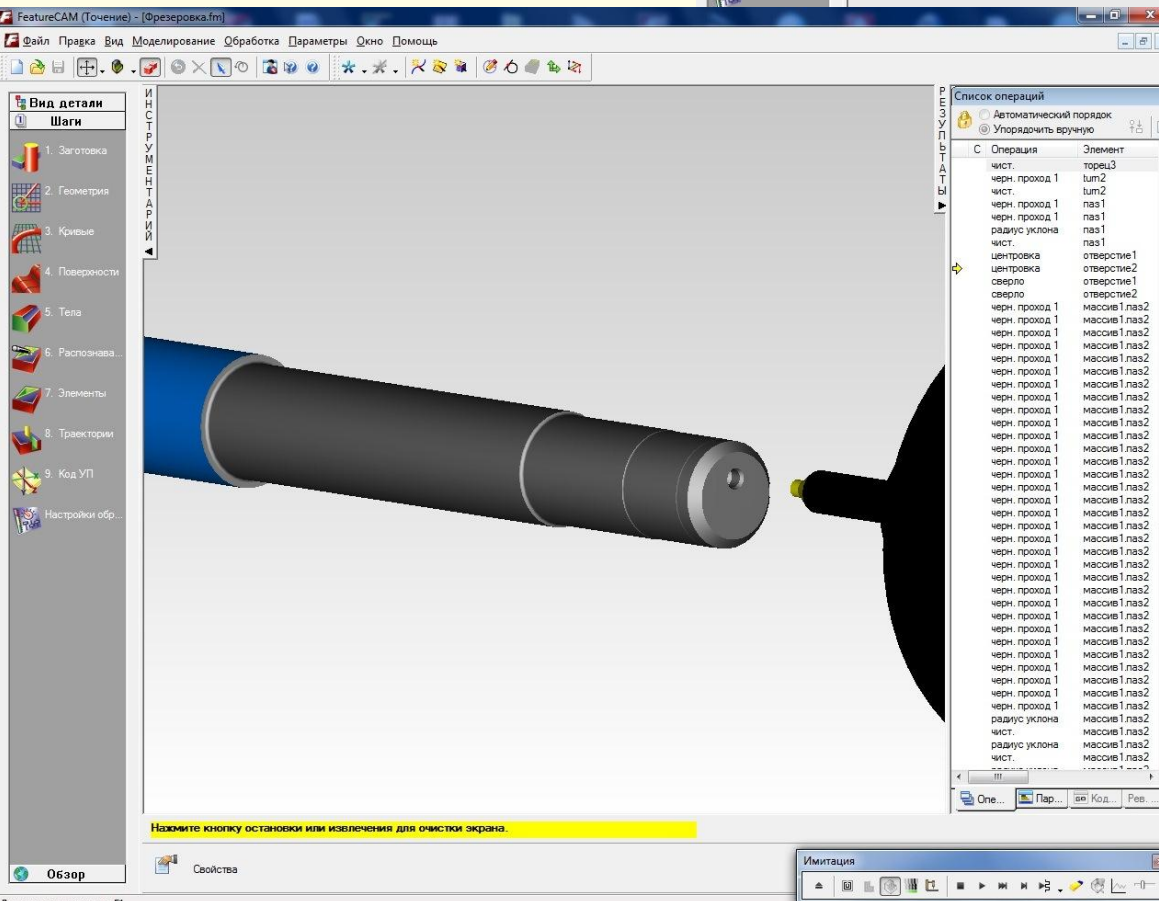
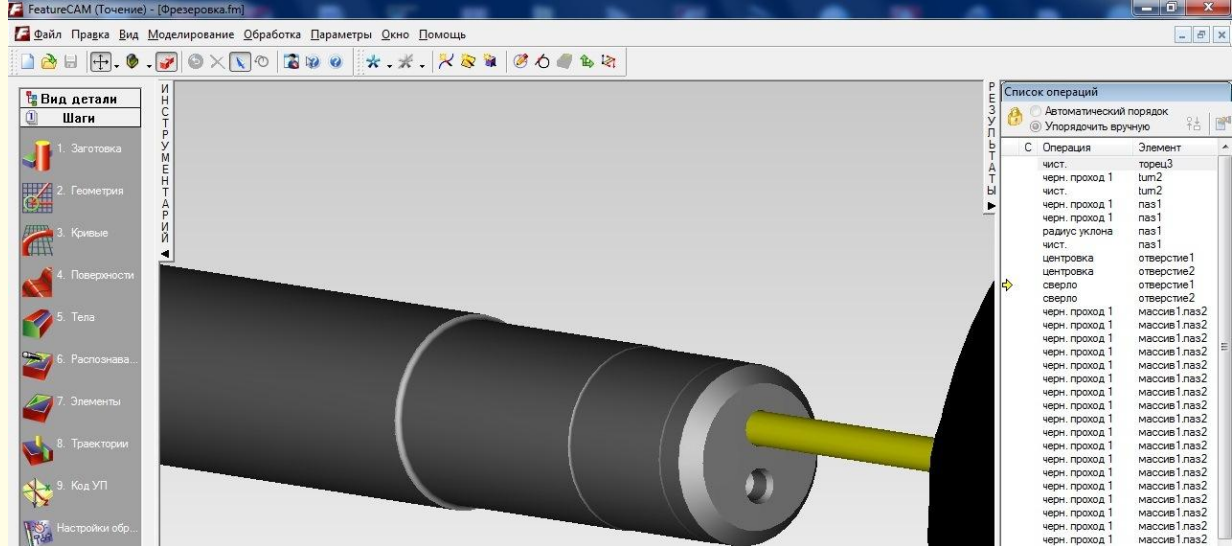
В учебном процессе нашли выход в применении программы







## 2. Центрование и сверление отверстий в торце вала









# **III. Автоматизированная разработка управляющей программы для станка с ЧПУ**

Разработка управляющей программы для станка с ЧПУ тоже выполняется в программе "FeatureCAMe" по причине отсутствия лицензии на программу "ГеММа-3D"



# Автоматическая генерация управляющей программы

FeatureCAM (Точение) - [20,25.fm]

Файл Правка Вид Моделирование Обработка Параметры Окно Помощь

Вид детали  
Шаги

1. Заготовка
2. Геометрия
3. Кривые
4. Поверхности
5. Тела
6. Распознава...
7. Элементы
8. Траектории
9. Код УП

Настройки обр...

ИНСТРУМЕНТАРИЙ

Код УП

- Верхняя рев. головка

```
(UA0,5)  
(UCG,3,Z-210Z90,X300X0)  
G95 T1.01 M6  
G97 S250 M4  
G0 X35.0 Z-1.0  
M8  
N40 G1 X-2.0 Z-1.0  
N45 G1 X3.657 Z1.828  
N50 G0 X250.0 Z125.0 T2/02/' CHANGE TO TOOL # 2  
N55 S250 M4 'SET RPM TO 250  
N60 G0 X27.08 Z2.778  
N65 G1 X27.08 Z-140.997  
N70 G1 X29.0 Z-140.997  
N75 G1 X29.707 Z-140.643  
N80 G0 X29.707 Z2.778  
N85 G1 X24.95 Z2.778  
N90 G1 X24.95 Z-19.491  
N95 G2 X25.2 Z-20.0 R1.1  
N100 G1 X25.213 Z-46.58  
N105 G2 X27.08 Z-47.667 R1.1  
N110 G1 X27.787 Z-47.313  
N115 G0 X27.787 Z2.778  
N120 G1 X18.566 Z2.778  
N125 G1 X18.566 Z-1.222  
N130 G1 X24.306 Z-4.092  
N135 G2 X24.95 Z-4.87 R1.1  
N140 G1 X25.657 Z-4.516  
N145 G0 X35.0 Z-4.516  
N150 G0 X35.0 Z1.536 T2/02/  
N155 S250 M4 'SET RPM TO 250  
N160 G0 X12.768 Z1.536  
N165 G1 X24.164 Z-4.163  
N170 G2 X24.75 Z-4.87 R1.0  
N175 G1 X24.75 Z-19.516  
N180 G2 X25.0 Z-20.0 R1.0  
N185 G1 X25.013 Z-46.669  
N190 G2 X26.88 Z-47.667 R1.0  
N195 G1 X26.88 Z-140.997  
N200 G1 X32.536 Z-138.169  
N205 G0 X35.0 Z-138.169  
N210 G0 X250.0 Z125.0  
N215 M05  
M30
```

Операции Параметры Код УП Рев. головки

Выберите элемент или геометрию

Обзор Свойства

Имитация

# Управляющая программа на стойку NC-210 (Вал ротора 20\*25)

(UAO,5)

(UCG,3,Z-210Z90,X300X0)

G95 T1.01 M6

G97 S250 M4

G0 X35.0 Z-1.0

M8

N40 G1 X-2.0 Z-1.0

N45 G1 X3.657 Z1.828

N50 G0 X250.0 Z125.0 T2/02/ ' CHANGE TO TOOL # 2

N55 S250 M4 ' SET RPM TO 250

N60 G0 X27.08 Z2.778

N65 G1 X27.08 Z-140.997

N70 G1 X29.0 Z-140.997

N75 G1 X29.707 Z-140.643

N80 G0 X29.707 Z2.778

N85 G1 X24.95 Z2.778

N90 G1 X24.95 Z-19.491

N95 G2 X25.2 Z-20.0 R1.1

N100 G1 X25.213 Z-46.58

N105 G2 X27.08 Z-47.667 R1.1

N110 G1 X27.787 Z-47.313

N115 G0 X27.787 Z2.778

N120 G1 X18.566 Z2.778

N125 G1 X18.566 Z-1.000

# IV. Автоматизированная разработка технологической документации

Разработку технологической документации лучше всего вести в программе «Вертикаль» входящей в комплекс программ "АСКОН". В компьютерном классе количество компьютеров, на которых есть данная программа недостаточно, нужно хотя бы два компьютерных класса.

Поэтому для выполнения этого задания мы должны обратиться к программам свободного распространения, но они устарели.

В рамках учебного процесса была использована бесплатная версия программы «ТехноПро 5» корпорации развития высоких технологий «Вектор-Альянс»



# Алгоритм действий технолога в программе «ТехноПро» **Одинаковый** для всех видов технологий

## Содержание алгоритма



# То, чего нет в ТехноПро

## Выбор методов обработки поверхностей (МОП)

## Технологический маршрут обработки детали

Поверхность детали	Квалитет, Степень точности	Шероховатость, R <sub>a</sub> , мкм	Операционные размеры при выполнении переходов механической обработки		
			черновой	чистовой	тонкой
∅134 <sub>-0,62</sub>	14	10	Точить ∅134 <sub>-0,62</sub>	–	–
∅122r7	6	2,5	Точить ∅125,7 <sub>-0,4</sub>	Точить ∅122 <sub>+0,103</sub> +0,063	–
∅120s7	6	2,5	Точить ∅123,7 <sub>-0,35</sub>	Точить ∅120 <sub>+0,089</sub> +0,054	–
∅110s7	6	2,5	Точить ∅113,7 <sub>-0,35</sub>	Точить ∅110 <sub>+0,089</sub> +0,054	–
∅105s7	6	2,5	Точить ∅108,7 <sub>-0,35</sub>	Точить ∅105 <sub>+0,089</sub> +0,054	–
∅100s7	6	2,5	Точить ∅103,7 <sub>-0,35</sub>	Точить ∅100 <sub>+0,086</sub> +0,054	–
∅95u8	8	2,5	Точить ∅98,7 <sub>-0,35</sub>	Точить ∅95 <sub>+0,178</sub> +0,124	–
∅90u8	8	2,5	Точить ∅93,7 <sub>-0,35</sub>	Точить ∅90 <sub>+0,178</sub> +0,124	–
∅85m6	6	1,25	Точить ∅88,7 <sub>-0,35</sub>	Точить ∅85,4 <sub>-0,087</sub>	Точить ∅85 <sub>+0,035</sub> +0,013

№ операции	Наименование операции и модель станка	Содержание операции	Способ установки	Технологические базы
005	Заготовительная	Ковка	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
010	Термическая	Отжиг материала поковки	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
015	Токарная	<p>Подрезать торец в размер 1112<sub>-1,0</sub></p> <p>Сверлить ∅17,35<sup>+0,53</sup> на глубину 42<sup>+3,0</sup></p> <p>Сверлить ∅21<sup>+0,52</sup> на глубину 12,5□0,21</p> <p>Нарезать резьбу М20-8Н</p> <p>Зенкеровать углы 60□ и 120□, выдерживая размеры 6□0,15 и 1,1□0,12</p> <p>Точить начерно ∅134<sub>-0,62</sub> напроход</p> <p>Точить начерно ∅103,7<sub>-0,35</sub> выдерживая размер 420□0,5 и радиус 10□1</p> <p>Точить начерно ∅93,7<sub>-0,35</sub> выдерживая размер 364<sup>+1,4</sup> и радиус 10□1</p> <p>Точить начерно ∅88,7<sub>-0,35</sub> выдерживая размер 288<sup>+1,0</sup>, и радиус 10□1</p> <p>Точить начерно ∅83,7<sub>-0,35</sub> выдерживая размер 231<sup>+1,0</sup> и радиус 5□0,5</p> <p>Точить начерно ∅79<sub>-0,3</sub> выдерживая размер 140□0,5 и радиус 5□0,5</p> <p>Точить фаску 2x45□</p>	Патрон трехкулачковый	Кованые цилиндрические поверхности шеек вала

# В результате получаем комплект технологической документации

## Титульный лист

				ГОСТ 3.1105-84 Форма 2 САПР			
Дубл.							
Взам.							
Подл.							
ТехноПро							1
ВЕКТОР		2345-4789					
				Ось			
СОГЛАСОВАНО				УТВЕРЖДАЮ Технический директор			
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ на технологический процесс 2345-4789 Ось							
Директор по качеству				Главный технолог			
Главный метролог							
Акт №				от			
ТИ							

# Маршрутная карта

										ГОСТ 3.1118-82			Форма 1		САПР						
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро												2		1							
Разраб.	Ляхачев А.А.				ВЕКТОР																
Проверил	Иванов И.И.						2345-4789														
Нормир.	Рабинович Р.Р.																				
Метролог	Сидоров С.С.																				
Н.контр.	Никонов Н.Н.				Ось																
М 1	10 ГОСТ 1050-88																				
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ								
М 2			10.04				Круг	10x39					10.06								
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
А01	06	05	13	005	Заготовительная				ИОТ N 5 / 325												
02																					
Б03	Абразивно-отрезной				12	12345	14	11	11	11	1000	4,6	0,06								
04																					
Т05	ПР. Тиски 7200-0008 160 ГОСТ 14904-80																				
06																					
С07	Рукавицы х/б ГОСТ 124010-75																				
08																					
009	1	Отрезать заготовку: $\phi$ 10 мм				длиной L=39 js14 ( $\pm 0,31$ ) мм				1	1,5	2									
10																					
Т11	РИ. Круг отрезной 150x2 x32 14A341 ВУ ГОСТ 21963-82																				
Т12	СИ. Штангенциркуль ИЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-89																				
13																					
А14	3	2	12	010	Токарная																
15																					
Б16	Токарно-центровой 16K20				1	1	1	1	1	1	1	1	4,5								
17																					
Т18	ПР. Патрон D160 7100-0005 ГОСТ 2675-80																				
19																					
020	А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки										1	1	0,2								
21																					
022	1	Торцевать диаметр с 10 мм, как чисто								1	0,39	0,2									
23																					
Т24	РИ. Резец 20x12 2112-0033 ГОСТ 18871-73																				
МК																					



# МК лист2

										ГОСТ 3.1118-82		Форма 16		САПР			
Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
ТехноПро														2			
										2345-4789							
										Ось							
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции							Обозначение документа					
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпз	Тшт		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОПН	ЕВ	ЕН	КМ	Н.расх			
001	2	Точить диаметр до 8 h12 (-0,15) мм на проход													0,84	0,2	
02																	
T03		РМ. Резец 20x12 2100-0013 BK6 ГОСТ 18878-73															
T04		СМ. Штангенциркуль ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89															
05																	
006	3	Точить диаметр до 6,5 мм на длине 7,5 мм													0,78	0,2	
07																	
T08		РМ. Резец 20x12 2100-0013 BK6 ГОСТ 18878-73															
T09		СМ. Штангенциркуль ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89															
10																	
011	4	Сверлить отверстие диаметром 4 H12 (+0,12) мм на глубину 6,2 мм													0,31	0,2	
12																	
T13		РМ. Сверло D4 2300-7545 ГОСТ 10902-77															
14																	
015		Б. Переустановить и закрепить														0,2	
16																	
017	5	Торцевать диаметр с 8 h12 (-0,15) мм, в размер 35,5 мм													0,39	0,1	
18																	
T19		РМ. Резец 20x12 2112-0033 ГОСТ 18871-73															
T20		СМ. Штангенциркуль ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89															
21																	
022	6	Точить фаску на диаметре 8 мм, 1 x 45 град.													0,4	0,1	
23																	
T24		РМ. Резец 12x12 2136-0707 ГОСТ 18875-73															
T25		СМ. Штангенциркуль ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89															
26																	
A27	3	БЦК	4	015	Контрольная												
28																	
B29		Стол контрольный															
030	1	Проверить деталь на соответствие размеров, геометрии и требований чертежа.															

# Выводы

Для подготовки высококлассных специалистов по специальности "технология машиностроения" университету нужно советующие программное обеспечение, а именно:

- "ГеММа – 3D"
- "Вертикаль" (в достаточном количестве)

