

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

ИНСТРУМЕНТ

Методические указания по выполнению курсового проекта
для студентов специальности
1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий»

Витебск
2020

УДК 621.9

Составители:

А. Л. Климентьев, А. М. Гусаров, Р. В. Окунев

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 2 от 28.02.2020.

Инструмент : методические указания по выполнению курсового проекта / сост. А. Л. Климентьев, А. М. Гусаров, Р. В. Окунев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 48 с.

Методические указания являются руководством по выполнению курсового проекта по курсу «Инструмент», определяют содержание, структуру курсового проекта, общие требования, предъявляемые к курсовому проекту, освещают последовательность выполнения проекта.

УДК 621.9

© УО «ВГТУ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1 СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
1.1 Фасонный инструмент	4
1.2 Сложнорежущий инструмент	5
1.3 Инструмент для автоматизированного производства	6
1.4 Список рекомендуемой литературы	7
2 ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ	10
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ.....	14
3.1 Анализ заготовки.....	14
3.2 Выбор материала инструмента и геометрии режущего клина.....	15
3.3 Предварительный выбор конструктивных параметров инструмента	17
3.4 Определение режимов резания, параметров среза и типа оборудования ..	22
3.5 Коррекционный расчёт.....	26
4 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ	30
5 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР	37
5.1 Профилирование призматического фасонного резца	37
5.2 Профилирование круглого фасонного резца.....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Примеры оформления чертежей фасонных резцов	46

1 СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

- 1.1 Фасонный инструмент
- 1.2 Сложнорежущий инструмент
- 1.3 Инструмент для автоматизированного производства
- 1.4 Список рекомендуемой литературы

1.1 Фасонный инструмент

Этапы проектирования:

1. Анализ детали для определения возможности обеспечения заданной точности шероховатости поверхности проектируемым инструментом; составление операционного эскиза (если необходимо).
2. Выбор схемы резания: взаимного расположения детали и инструмента, направления подачи (в двух проекциях); определение формы среза.
3. Выбор материала инструмента. Выбор геометрии режущего клина.
4. Выбор конструктивных параметров инструмента (предварительно).
5. Определение режимов резания, параметров среза и вида оборудования.
6. Составление технологической схемы обработки детали со всеми исходными данными, необходимыми для проектирования резца или другого инструмента:
 - составление фрагмента технологического маршрута обработки детали;
 - для проектирования левой и правой частей профиля резца;
 - перечисление причин и видов искажения профиля;
 - выбор нуля координат;
 - выбор и нумерация расчетных точек с учетом дополнительных точек на криволинейных участках;
 - конструирование левой и правой дополнительных частей профиля резца (фреза или другого инструмента);
 - расчет номинальных симметричных значений координат профиля (если необходимо);
 - определение допусков на координаты профиля;
 - определение наладочных параметров;
 - вычерчивание технологической схемы с координатами и допусками на них.
7. Составление расчетной схемы и расчетного формуляра с формулами в головке таблицы.
8. Выполнение коррекционного расчета.
9. Расчет допусков на профиль инструмента и шаблона.

10. Расчет задних углов в нормальном сечении к проекции режущей кромки.
11. Определение кинематического заднего угла.
12. Перечисление мероприятий по уменьшению трения по задней грани резца, выбора соответствующего мероприятия.
13. Окончательный выбор размеров и параметров инструмента.
14. Выбор державки или оправки. Метод регулирования резца по высоте, точность установки.
15. Расчет на прочность и жесткость.
16. Схема износа инструмента. Причины, факторы и вид износа.
17. Схема переточек.
18. Элементы САПР РИ (*опционально для разных форм обучения*).
19. Определение технологических требований и маркируемых параметров.

Графическая часть работы

Основные элементы:

- рабочий чертеж детали;
- технологическая схема;
- рабочий чертеж инструмента;
- график изменения заднего угла;
- рабочий чертеж шаблона и контршаблона.

Дополнительные элементы:

- расчетная схема и формуляр расчета (головка таблицы с расчетными формулами);
- фрагмент технологического маршрута;
- график профиля детали и профилей инструмента в нормальном сечении по передней грани;
- конструкция инструмента, полученная с помощью САПР.

1.2 Сложнорежущий инструмент

Этапы проектирования:

1. Составление эскиза детали.
2. Вычерчивание профиля детали.
3. Разработка схемы полей допусков на профиль детали.
4. Расчет численных значений допусков на профиль детали. Определение необходимого класса точности или степень точности инструмента.
5. Выбор типа станка. Определение параметров рабочей зоны.
6. Составление схемы резания.

7. Выбор материала инструмента.
8. Определение режимов резания, параметров среза, а также мощности и сил резания.
9. Выбор конструктивной схемы инструмента и определение его основных параметров.
10. Расчет профиля инструмента.
11. Расчет основных параметров инструментов. Расчет на прочность и жесткость.
12. Определение допусков на инструмент и разработка технических требований к нему.
13. Схема переточки инструмента: инструмент и оборудование для заточки.

Графическая часть работы

Основные элементы:

- рабочий чертеж инструмента.

Дополнительные элементы:

- схема контроля основных параметров инструмента.

1.3 Инструмент для автоматизированного производства

В соответствии с заданием проектируется один из следующих видов инструмента:

- осевой инструмент для обработки отверстия (ступенчатого) на станке с ЧПУ токарно-расточной группы или на станке с ЧПУ сверлильно-расточной группы с быстросменным креплением и настройкой на размер вне станка;
- резцовый блок для обработки ступенчатой наружной поверхности на токарных автоматах или полуавтоматах с быстрой переустановкой пластин, резцов или резцовых блоков и настройкой на размер вне станка;
- комбинированный инструмент для обработки внутренних поверхностей на автоматических линиях или на станках с ЧПУ сверлильно-расточной группы с автоматической сменой инструмента (во втором случае).

Этапы проектирования:

1. Выписать данные варианта задания, дополнить чертеж детали всеми необходимыми данными размерами и параметрами.
2. Провести анализ технологичности детали.
3. Составить фрагмент технологического маршрута обработки в двух-трех вариантах и выбрать наиболее рациональный.
4. Перечислить требования к инструментам для станков-автоматов и станков с ЧПУ (основные и дополнительные), наметить пути их выполнения.

5. Составить эскиз инструмента, эскиз его крепления на станке и фрагмент подсистемы вспомогательного инструмента (для станков с ЧПУ). Определить геометрию режущего клина.

6. Рассчитать режимы обработки и силы резания.

7. Провести анализ экономической стойкости инструмента, факторов, влияющих на экономическую скорость.

8. Составить перечень погрешностей инструмента: статических и деформаций. Провести расчет точности и при необходимости расчет податливости инструмента.

Графическая часть работы

Основные элементы:

– рабочий чертеж инструмента.

Дополнительные элементы:

– схема настройки или измерения инструмента (а также проверки) вне станка.

1.4 Список рекомендуемой литературы

1. Аршинов, В. А. Резание металлов и режущий инструмент / В. А. Аршинов, Г. А. Алексеев. – Москва: Машиностроение, 1975. – 440 с.

2. Семенченко, И. И. Проектирование металлорежущего инструмента / И. И. Семенченко, В. М. Матюшин, Г. П. Сахаров. – Москва: Машиностроение, 1963. – 952 с.

3. Ящерицын, П. И. Основы резания металлов и режущий инструмент / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко. – Москва: Высшая школа, 1975, 1981. – 560 с.

4. Филиппов, Г. В. Режущий инструмент / Г. В. Филиппов. – Ленинград: Машиностроение, 1981. – 392 с.

5. Палей, М. М. Технология производства металлорежущих инструментов / М. М. Палей. – Москва: Машиностроение, 1982. – 256 с.

6. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник / Ю. И. Кузнецов, А. В. Маслов, А. Н. Банков. – Москва: Машиностроение, 1983. – 359 с.

7. Иноземцев, Г. Г. Проектирование металлорежущих инструментов / Г. Г. Иноземцев. – Москва: Машиностроение, 1984. – 272 с.

8. Нефедов, Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н. А. Нефедов, Е. А. Осипов. – Москва: Машиностроение, 1977, 1984. – 400 с.

9. Сахаров, Г. Н. Металлорежущие инструменты / Г. Н. Сахаров [и др.]. – Москва, 1989. – 328 с.

10. Шатин, Б. П. Справочник конструктора-инструментальщика / Б. П. Шатин, Ю. В. Шатин. – Москва: Машиностроение, 1975. – 456 с.
11. Ординарцев, И. А. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев [и др.]. – Ленинград: Машиностроение, 1987. – 846 с.
12. Режущий инструмент: лабораторный практикум / под ред. Н. Н. Шегольникова. – Москва: Машиностроение, 1985. – 168 с.
13. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов / под ред. Г. Н. Кирсанова. – Москва: Машиностроение, 1986. – 288 с.
14. Фельдштейн, Е. Г. Режущий инструмент и оснастка станков с ЧПУ / Е. Г. Фельдштейн. – Москва: Высшая школа, 1988. – 336 с.
15. Система автоматического проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов / под ред. С. Н. Корчака. – Москва: Машиностроение, 1988. – 336 с.
16. Ящерицын, П. И. Основы проектирования режущих инструментов с применением ЭВМ / П. И. Ящерицын [и др.]. – Москва: Высшая школа, 1979. – 302 с.
17. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – Москва: Металлургия, 1983. – 527 с.
18. Термическая обработка в машиностроении / под ред. Ю. М. Лахтина, А. Г. Рахштадта. – Москва: Машиностроение, 1980. – 783 с.
19. Смольников, Е. А. Термическая обработка инструмента в соляных ваннах / Е. А. Смольников. – Москва: Машиностроение, 1981. – 272 с.
20. Лашнев, С. П. Расчет проектирования режущих инструментов с применением ЭВМ / С. П. Лашнев, М. И. Юликов. – Москва: Машиностроение, 1975. – 392 с.
21. Лашнев, С. П. Проектирование режущей части инструмента с применением ЭВМ / С. П. Лашнев, М. И. Юликов. – Москва: Машиностроение, 1980. – 280 с.
22. Романов, В. Ф. Расчет зуборезных инструментов / В. Ф. Романов. – Москва: Машиностроение, 1969. – 251 с.
23. Лаладзе, Т. Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т. Н. Лаладзе. – Москва: Машиностроение, 1982. – 320 с.
24. Королев, В. А. Справочник инструментальщика / В. А. Королев, П. М. Зотов, Л. С. Марголин. – Минск: Беларусь, 1976. – 416 с.
25. Справочник металлиста. В 5 т. Т. 1 / под ред. С. А. Чернавского и В. Ф. Решикова. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1976. – 768 с.
26. Справочник металлиста. В 5 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Рахштадта и В. А. Брострема. – М.: Машиностроение, 1976. – 720 с.
27. Справочник металлиста. В 5 т. Т. 3 / под ред. А. Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1977. – 748 с.
28. Справочник металлиста. В 5 т. Т. 4 / под ред. М. П. Новикова и П. Н. Орлова. – М.: Машиностроение, 1977. – 720 с.

29. Справочник металлиста. В 5 т. Т. 5 / под ред. Б. Л. Богуславского. – М.: Машиностроение, 1978. – 673 с.

30. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А. Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1973. – 695 с.

31. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1973. – 598 с.

32. Обработка металлов резанием: справочник технолога / под общ. ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

Витебский государственный технологический университет

2 ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

1. Анализ детали для определения возможности обеспечения заданной точности и чистоты поверхности проектируемым инструментом. Составление операционного эскиза (если необходимо).

Фасонная обработка возможна, если точность изготовления не превышает 9-й квалитет. При наличии участков с более высокой точностью необходимо ввести припуск 0,2–0,3 мм под шлифование (точность обработки [1, С. 8, табл. 3], припуск на обработку [2, С. 265]).

2. Схема резания [3, С. 192; 4, С. 56] (привести эскиз в записке). Форма среза [3, С. 193; 4, С. 58].

3. Фасонные резцы изготавливаются преимущественно из быстрорежущих сталей (Р6М5 Р18). Геометрия режущего клина в зависимости от материала детали, приведенная в [5, С. 80].

4. Конструктивные параметры (привести эскиз в записке):

а) для призматических резцов – [5, С. 82];

б) для круглых резцов – [5, С. 82].

5. Фасонные резцы в основном применяются на токарно-револьверных станках и автоматах. Режимы резания см. [6, С. 312], параметры среза см. [4, С. 58], характеристики станков см. [1, С. 240] (в записке обязательно привести характеристику выбранного станка).

6. Составление технологической схемы обработки детали со всеми исходными данными, необходимыми для проектирования режущего инструмента, осуществляют в следующей последовательности:

6.1. В качестве фрагмента технологического маршрута обработки детали предлагаются следующие операции:

005 Заготовительная, на которой формируется вид исходной заготовки;

010 Токарная, включает переходы:

О1 Подача прутка до упора;

О2 Подрезка торца;

О3 Фасонное точение;

О4 Отрезка;

015 Шлифовальная.

6.2. Причины и виды искажения профиля.

Профиль фасонного резца отличается от профиля обработанной детали. Причинами этого несоответствия является наличие у резца переднего и заднего углов (их совместное влияние увеличивает отклонение профиля резца от режущей кромки и от профиля детали), неточность изготовления самих резцов, погрешность от установки или заточки инструмента.

6.3. Начало декартовой системы координат желательно располагать на наименьшем диаметре детали, обрабатываемом проектируемым резцом. Ось ОХ параллельна оси детали, ось ОУ перпендикулярна ей.

6.4. Вводятся номера точек, по которым проводится расчет профиля. Расчетные точки выбираются на узловых точках профиля, дополнительные точки вводятся на радиусных и других непрямолинейных, а также конических участках профиля (чем больше дополнительных точек, тем точнее расчет резца).

6.5. Левая и правая дополнительные части резца (по фрагменту технологического маршрута) приведены в [5, С. 79].

6.6. Переводятся все размеры детали в размеры с симметричными допусками, например $30_{-0,033} \rightarrow 29,984 \pm 0,016$, и рассчитываются координаты основных и дополнительных точек профиля в выбранной декартовой системе координат.

6.7. Определение допусков осуществляется по методике [5, С. 100].

А. Расчет допусков на высотные размеры профиля.

При настройке резца на суппорте станка во время обработки деталей обычно измеряется наиболее точный из всех диаметров фасонной детали. Такой участок профиля называют базовым. Если оказывается, что самый точный диаметр неудобен для измерения, то за базовый участок принимают другой, при этом его допуск ужесточают по сравнению с заданным по чертежу из технологических соображений. Следует иметь в виду, что допуск на диаметр не должен быть меньше 0,04–0,05 мм (0,03 для тангенциальных резцов).

Погрешность каждого i -го радиуса детали, кроме базового R_6 , будет складываться из погрешности базового радиуса δR_6 детали и погрешности высотного размера δh_i , переносимого с резца на деталь

$$\delta R_i = \delta R_6 + \delta h_i.$$

Погрешность δh_i возникает как сумма погрешностей, вызванных неточностями высоты профиля резца δP_i , а также неточностями заточки и установки резца на станке.

Принято при расчете допусков на высотные размеры резца из всех допустимых погрешностей δh_i выбрать наименьшую $\delta_{\min}$ и половину ее отводить на погрешности соответствующего размера h_i , возникающие от неточности заточки и установки резца.

Общий порядок расчета отклонений высот профиля фасонного резца представлен в [таблице 2.1](#).

Б. Расчет допусков на продольные размеры профиля резца.

В ответственных случаях расчет допусков на продольные размеры профиля производится аналогично расчету допусков на высотные размеры. На детали выбирается ответственный участок (обычно торцевая плоскость), от которой проставляются ее размеры. Допуски на линейные размеры при этом пересчитываются с учетом изменения базы отсчета. На резце продольные размеры профиля проставляются от участка, обрабатывающего ответственный участок детали. В остальных случаях допуски на продольные размеры профиля резца принимаются в пределах (1/2–1/3) от допуска на соответствующие размеры детали.

В. Расчет допусков на параметры заточки и установки резцов.

На все углы, определяющие заточку и установку резца, принимаются допуски в угловых минутах, численно равные наименьшему допуску на высотный параметр профиля, выраженного в микрометрах [5, С. 102].

6.8. В записке приводится вычерченная технологическая схема с координатами и допусками на них.

7. Расчетная схема см. [6, С. 168, рис. 6.6, а – призматический, б – круглый]. Расчетные формулы фасонных резцов см. [3, С. 192].

8. Коррекционному расчету подвергаются лишь радиальные размеры фасонных резцов. Осевые размеры рассчитываются только лишь в тех случаях, когда ось круглого резца или база крепления призматического устанавливаются наклонно к оси вращения обрабатываемой заготовки. Расчет проводится с точностью до 0,001 мм. Размеры на чертеже округляются до 0,01 мм.

9. Допуски на профиль шаблона и контршаблона принимаются равными (1/2–1/3) соответствующих допусков на профиль инструмента.

10. Для расчета задних углов в нормальном сечении к проекции режущей кромки используется формула

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{D}{D_x} \cdot \operatorname{tg} \alpha_T \sin \varphi,$$

где α_T – задний угол в данной точке в торцевом сечении; φ – угол между касательной к профилю детали в данной точке и торцевой плоскостью детали; D и D_x – соответственно наибольший диаметр и диаметр резца в точке x ; для призматических резцов $D/D_x = 1$. Угол α_N не должен быть меньше 3° .

11. Определение кинематического заднего угла

$$\alpha_{Ki} = \alpha_{CT} - \mu,$$

где μ – угол скорости резания.

$$\text{При } \varphi = 90^\circ \quad \operatorname{tg} \mu = \frac{S}{V}.$$

$$\text{Если } \varphi \neq 90^\circ, \text{ то } \operatorname{tg} \mu_\varphi = \operatorname{tg} \mu \cdot \sin \varphi.$$

12. Если кинематический задний угол на участке профиля резца меньше 2° , то необходимо уменьшить трение на задней грани резца. Мероприятия по уменьшению трения на задней грани резца см. [3, С. 52] (в записке привести эскизы).

13. Помимо проверки выбранных размеров и параметров резца необходимо скорректировать общую длину резца с учетом левой и правой дополнительных частей [5, С. 82].

14. Выбор оправки или державки, а также регулирование резца по высоте (в записке привести эскиз):

- для круглых резцов [5, С. 107; 3, С. 55];
- для призматических резцов [5, С. 107; 3, С. 55].

15. При расчете на прочность определяются допустимые размеры сечения державки, которая принимается как защемленная балка, нагруженная силой

резания P_z . При расчете на жесткость необходимо сравнить с допустимыми значениями прогиб вершины резца под действием сил резания. Допустимое значение прогиба принимается 1/3 допуска на самый точный размер профиля детали. При несоблюдении условий жесткости применяются мероприятия для ее повышения (мероприятия описать).

16. Износ инструмента см. [7, С. 144] (в записке привести эскизы).

17. Изобразить схему переточки инструмента, отразить параметры шлифовального круга, рассчитать максимальное количество переточек [8, С. 253, табл. 170].

18. Технические требования и маркируемые параметры:

– для круглого резца [5, С. 106];

– для призматического резца [5, С. 106].

Требования, относящиеся к шаблону и контршаблону, должны указываться на чертеже этих инструментов.

Список использованных источников

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А. Г. Касиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 656 с.

2. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Касиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 496 с.

3. Металлорежущие инструменты / под ред. Г. Н. Сахарова. – Москва : Машиностроение, 1989. – 328 с.

4. Основы резания материалов и режущий инструмент / под ред. П. И. Ящерицына. – Минск : Выш. шк., 1981. – 560 с.

5. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование / под ред. Е. Э. Фельдштейна. – Минск : Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.

6. Справочник металлиста. В 5 т. Т. 5 / под ред. А. Н. Малова. – Москва : Машиностроение, 1960. – 1184 с.

7. Справочник конструктора-инструментальщика. В 5 т. Т. 5 / под ред. В. И. Баранчикова. – Москва : Машиностроение, 1990. – 560 с.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

3.1 Анализ заготовки

3.2 Выбор материала инструмента и геометрии режущего клина

3.3 Предварительный выбор конструктивных параметров инструмента

3.4 Определение режимов резания, параметров среза и типа оборудования

3.5 Коррекционный расчёт

3.1 Анализ заготовки

Проектирование фасонных резцов начинается с анализа детали для определения возможности обеспечения заданной точности и шероховатости поверхности проектируемым инструментом. Определяем квалитеты степени точности на размеры, не указанные на эскизе в задании, используя [таблицу 3.1](#) [6, С. 441, табл. 2].

Таблица 3.1 – Значения допусков T (мкм) для размеров до 500 мм [6, С. 441, табл. 2]

Размер, мм	Квалитет												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
6–10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
10–18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
18–30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
30–50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
50–80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
80–120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
120–180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
180–250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
250–315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
315–400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
400–500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

Точно изготовленные резцы при правильной установке их на станках обеспечивают высокую производительность, точность формы и размеров обрабатываемых деталей по $IT8$ – $IT12$ и поверхность с $Ra = 0,63$ – $2,5$ мкм.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей назначаем в соответствии с квалитетом точности по [таблице 3.2](#) [5, С. 8, табл. 3].

При возможности обеспечения заданной точности и шероховатости поверхности проектируемым инструментом и обработка детали фасонными резцами является экономически целесообразной, переходим к следующему этапу проектирования.

На профиле детали последовательно отмечаются характерные (узловые) точки 1, 2, 3 и т. д. Начиная с базовой узловой точки 1, имеющей наименьший радиус на детали и расположенной на высоте оси центров заготовки. К ним относятся точки начала и конца профиля; узловые, в которых один участок профиля переходит в другой; дополнительная средняя точка на коническом участке; две или три равноудалённые друг от друга дополнительные точки на криволинейном участке. Простые фаски не координируются. На чертеже резца указывают тот же угол и размер фаски, что и на детали.

Затем определяют расчетные размеры характерных точек с учетом величины и расположения полей допусков. Расчётные и номинальные диаметры устанавливают посередине поля допуска.

3.2 Выбор материала инструмента и геометрии режущего клина

Исходя из свойств обрабатываемого материала, принимаем материал инструмента и значения переднего и заднего угла.

При проектировании фасонных резцов выбираются инструментальный материал и конструкция резца, геометрические и конструктивные параметры, от которых зависят производительность и точность обработки, стойкость и экономическая эффективность операции фасонного точения.

Для изготовления фасонных резцов рекомендуется применять быстрорежущие стали Р6М3, Р6М5К5, Р9К10, Р10К5Ф5 и другие, и твёрдые сплавы ВК10-М, ВК8, Е15К6 и другие. При обработке сталей экономически выгодно использовать резцы из следующих марок быстрорежущих сталей (в порядке убывания экономии) Р10К5Ф5, Р18М, Р18, Р9К10, Р9К5 и Р6М3 [7, С. 129].

При обработке сталей наилучшие результаты показывают резцы из твёрдого сплава ВК10-М. Этот сплав обладает высокой твёрдостью, менее хрупок и более теплопроводен, менее чувствителен к микротрещинам и выкрашиванию, чем сплав Т15К6, что создаёт более благоприятные условия при шлифовании профиля резцов. Фасонные резцы, оснащённые сплавом ВК10-М, при обработке деталей из стали 45, работают со скоростью резания в 1,5–2 раза выше, чем резцы из быстрорежущей стали.

Передние и задние углы для фасонных резцов из быстрорежущей или легированной инструментальной стали задаются в зависимости от обрабатываемого металла резца и свойств обрабатываемого материала (табл. 3.3). Вследствие того, что фасонные резцы работают с тонкими стружками, задние углы следует задавать большей величины 10–12°, что будет способствовать увеличению стойкости резцов.

Однако ввиду отсутствия достаточных экспериментальных данных по оптимальной геометрии фасонных резцов, рекомендуемых в таблице 3.3, значения углов следует рассматривать как ориентировочные.

Таблица 3.2 – Параметр шероховатости поверхности Ra (мкм) детали в зависимости от качества допуска размера и уровня относительной геометрической точности [5, С. 8, табл. 3]

Уровни относительной геометрической точности при номинальных размерах, мм				Квалитеты допуска размера											
До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 и 13	14 и 15	16 и 17
С				–	–	–	–	–	–	0,8	0,8	1,6	–	–	–
–В	С–	С–		0,05	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	1,6	1,6	1,6–3,2	6,3	12,5	25
	В		С	0,1	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	3,2	3,2	3,2	6,3	12,5	25
А–		–В		0,1	0,2	0,2–0,4	0,4	0,8	0,8–1,6	3,2	3,2	6,3	12,5	12,5–25	25–30
*				0,2	0,4	0,4	0,8	1,6	1,6	3,2	3,2	6,3	12,5	12,5	25
	–А		В–	0,2	0,4	0,4	0,8	1,6	1,6	6,3–3,2	6,3	6,3–12,5	25	25–50	50–100
	*			0,4	0,8	0,8	1,6	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50
		А–	–А	0,2–0,4	0,4–0,8	0,8	0,8–1,6	1,6–3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50	100
		–	–	0,2–0,4	0,4–0,8	0,8	0,8–1,6	1,6–3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50	100

Примечания.

1. В таблице установлены наиболее грубые пределы (наибольшие допускаемые) параметра Ra .
2. Приняты следующие соотношения для уровней относительной точности: $Ra \leq 0,05 IT$ ($Rz \leq 0,2 IT$) – для уровня А (нормальный); $Ra \leq 0,025 IT$ ($Rz \leq 0,1 IT$) – для уровня В (повышенной); $Ra \leq 0,012 IT$ ($Rz \leq 0,05 IT$) – для уровня С (высокой), где IT – допуск соответствующего размера.
3. Знак * означает, что рассматривается случай, когда допуски формы не указаны на чертеже, т. е. допуски формы ограничиваются полем допуска размера.
4. Знак (–) перед или после обозначения уровня относительной точности означает, что следует назначать величину Ra , указанную в таблице относительно знака (–). Например, по 11-му квалитету для –В и –С принимают $Ra = 3,2$ мкм; для С – принимают $Ra = 1,6$ мкм.

Таблица 3.3 – Рекомендуемые значения заднего и переднего углов фасонных резцов [4, С. 136, табл. 47]

Обрабатываемый материал	Материал резца			
	Быстрорежущая сталь		Твёрдый сплав	
	α	γ	α	γ
Углеродистые легированные стали с пределом прочности, МПа				
до 1100	8	10–15	6–8	0–10
свыше 1100	8	10–15	6–8	0–6
Высоколегированные стали	–	–	6	20–24
Титановые сплавы	–	–	11–12	0–(–5)
Серый чугун				
HB < 220	6–8	6–12	6–8	10–15
HB > 220	6	0–6	6–8	0–10
Медь, латунь	До 14	15–25	10–15	10–20
Бронзы	6	10–20	8–10	5–10
Алюминиевые сплавы				
HB < 60	До 10	До 40	10	20–35
HB > 60	10	До 25	8–10	10–20
Силумины (9–13 % Si)	10	10–18	8–10	8–15

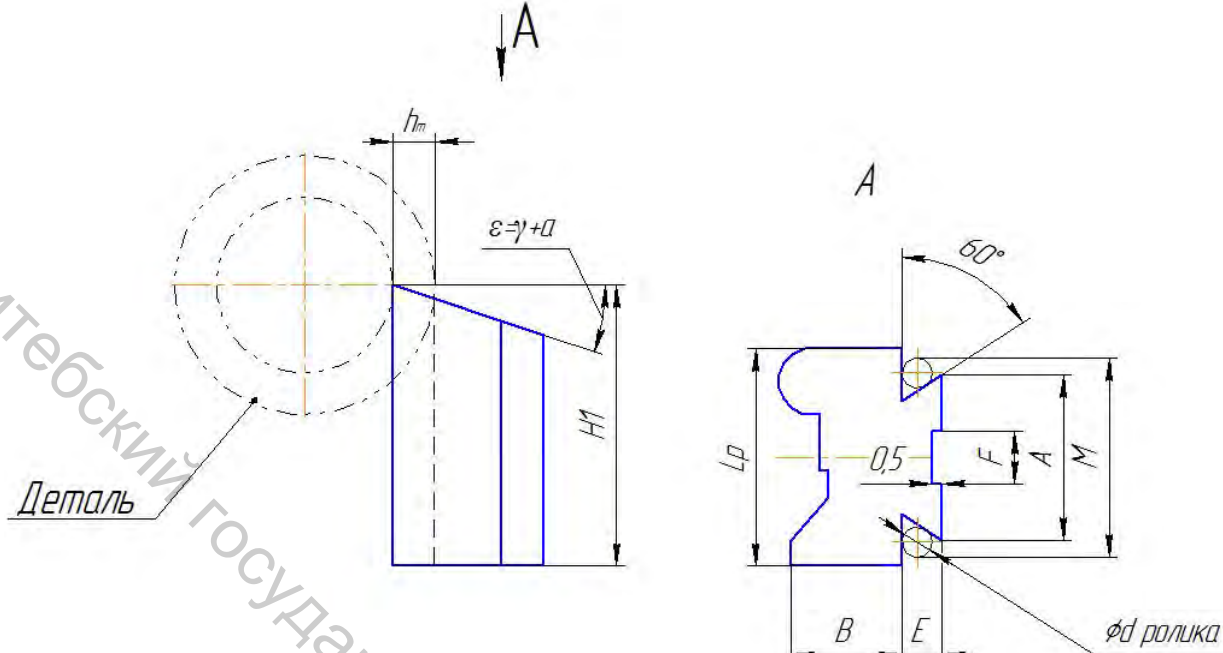
3.3 Предварительный выбор конструктивных параметров инструмента

Габаритные и конструктивные размеры фасонных резцов рекомендуется выбирать в зависимости от максимальной глубины профиля обрабатываемой детали $h_{\max} = r_{D \max} - r_{D \min}$ по таблицам 3.4 и 3.5. Призматические резцы закрепляются в державках с помощью хвостовой части в виде «ласточкин хвост», а круглые резцы – на оправке с помощью специальных рифлений или штифтов. При использовании рифления для облегчения установки и крепления на оправке у круглых резцов на одном из торцов изготавливаются рифления с числом зубчиков $z = 34$ [4, С. 132–133].

Размеры дополнительных режущих кромок круглых и призматических резцов со стороны открытого торца детали определяются следующим образом:

- при обработке деталей с фаской на торце под углом 45° или 30° режущую кромку резца, которая обрабатывает фаску, удлиняют на 1–2 мм, а резец заканчивают упрочняющей частью шириной 2–3 мм;
- при обработке деталей, оканчивающихся цилиндрической частью, крайнюю режущую кромку удлиняют на 1–2 мм. Упрочняющая часть при этом отсутствует;
- при обработке деталей, оканчивающихся радиусным участком, на резце предусматривается режущая кромка длиной 1–2 мм под углом 45° , начинающая от крайней точки детали, и резец заканчивается упрочняющей частью шириной 2–3 мм.

Таблица 3.4 – Резцы фасонные призматические [4, С. 133, табл. 44]



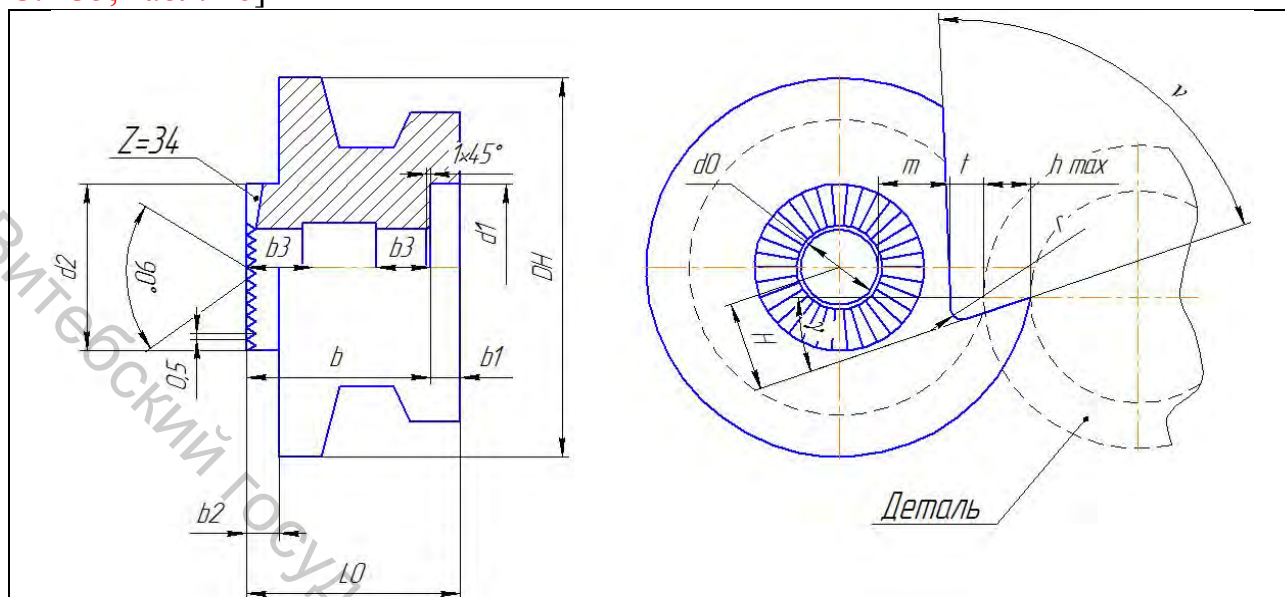
$h_{\max}$, мм	Размеры резца						Контрольные размеры	
	B	H_1	E	A	F	r	d	M
4	9	75	4	15	7	0,5	3; 4	18,57; 21,31
6	14	75	6	20	10	0,5	4; 6	24,00; 29,46
10	19	75	6	25	15	0,5	4; 6	29,00; 34,46
14	25	90	10	30	20	1	6; 10	34,84; 45,77
20	35	90	10	40	25	1	6; 10	44,84; 55,77
28	45	100	15	60	40	1	8; 15	64,53; 83,66

Примечания.

1. Допускаются изменения габаритных размеров для принятых значений $h_{\max}$.
2. При наличии контрольных роликов других d размер M рассчитывается по формуле

$$M = A + d \cdot (1 + \operatorname{ctg} 30^\circ) - 2 \cdot F \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ.$$
3. При ширине резца $L_p > 2,5 A$ допускается применение хвостовиков большего размера.

Таблица 3.5 – Резцы фасонные круглые с торцевыми рифлениями [4, С. 135, табл. 46]



$h_{\max}$, мм	Размеры резца						Размеры рифлений	
	D_H (h_8-h_{12})	d_0 (H9)	d_1	$b_{\max}$	t	r	d_2	b_2
До 4	30	10	16	7	3	1	—	—
6	40	13	20	10	3	1	20	3
8	50	16	25	12	4	1	26	3
10	60	16	25	14	4	2	32	3
12	70	22	34	17	5	2	35	4
15	80	22	34	20	5	2	40	4
18	90	22	34	23	5	2	45	5
21	100	27	40	26	5	2	50	5

Примечания.

1. Размеры b_1 и b_3 выбираются в следующих пределах

$$b_1 = (0,25 - 0,5) L_0; \quad b_3 = 0,25b.$$

2. Для резцов с $\gamma < 15^\circ$ $\nu = 80^\circ$, $\gamma \geq 15^\circ$ $\nu = 70^\circ$.

3. Допускается изменение значения D_H для принятых величин $h_{\max}$.

Оформляются при необходимости дополнительные режущие кромки резцов, осуществляющие обработку фаски с углом ϕ (рис. 3.1) и кольцевой канавки [4, С. 136–137].

Размеры режущих кромок выбираются согласно следующим рекомендациям:

a – ширина дополнительного упрочняющего лезвия 2–5 мм;

c – ширина концевго лезвия под подрезку детали 1–3 мм (при обработке фаски размер c берётся по ширине фаски с перекрытием в 1–1,5 мм);

ϕ_1 – угол концевго лезвия 15–20°, а для снятия фасок $\phi_1 = 30$ –45°;

t – высота лезвия под отрезку не должна быть больше наибольшей высоты профиля детали, $t \leq t_{\max}$;

b – ширина лезвия под отрезку должна быть несколько больше или равна ширине режущей кромки отрезного резца;
 b_1 – перекрытие берётся равным 0,5–1 мм;
 φ – угол лезвия 15° .

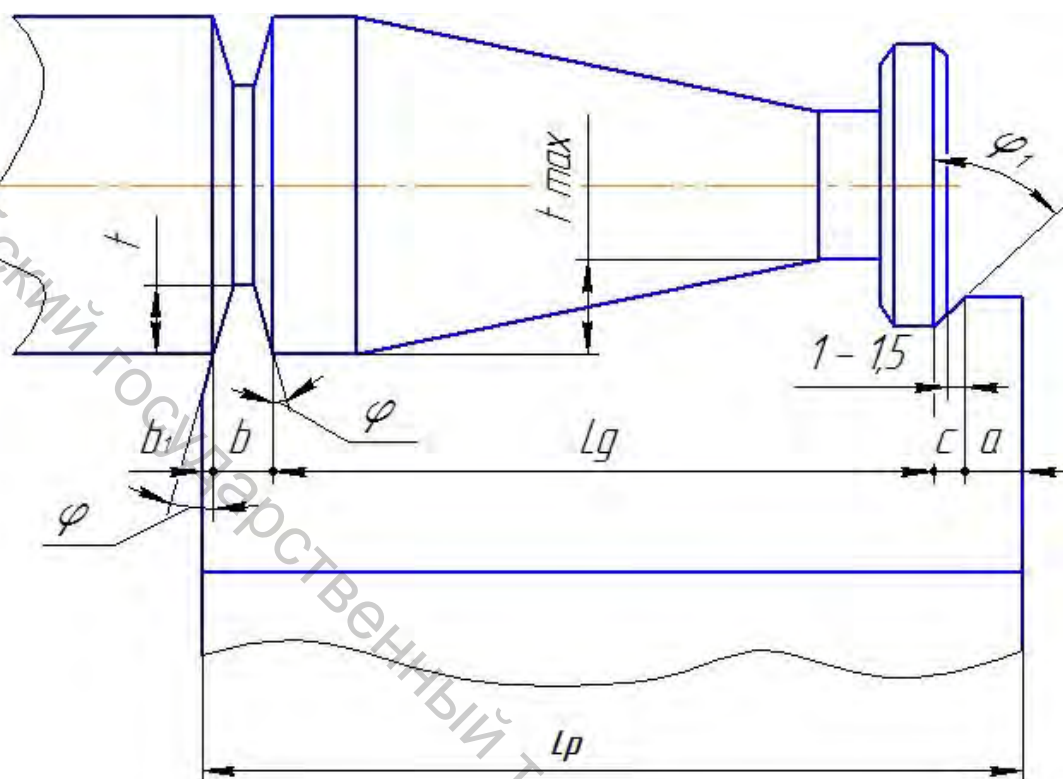


Рисунок 3.1 – Дополнительные режущие кромки фасонных резцов

Общая длина резца вдоль оси детали определяется по формуле

$$L_p = L_d + a + c + b + b_1,$$

где L_d – длина фасонного профиля детали, мм.

На [рисунках 3.2, 3.3 и 3.4](#) приведены способы оформления режущих кромок для обработки торцевых плоскостей и канавок у обычно устанавливаемых резцов.

Предлагаемые виды бокового поднутрения и круговых выточек рекомендуются для случая наличия на фасонной детали торцевых плоскостей или участков с касательной к профилю, перпендикулярных оси детали ([рис. 3.2](#)).

Данные виды поднутрения и выточек применяются лишь на обычно устанавливаемых резцах, то есть с осью или базовой линией, параллельной оси детали [[12, С. 16](#)].

На [рисунке 3.3](#) *a* и *б* изображены круговые выточки на резцах при обработке торцевой плоскости, сопряжённой с окружностью.

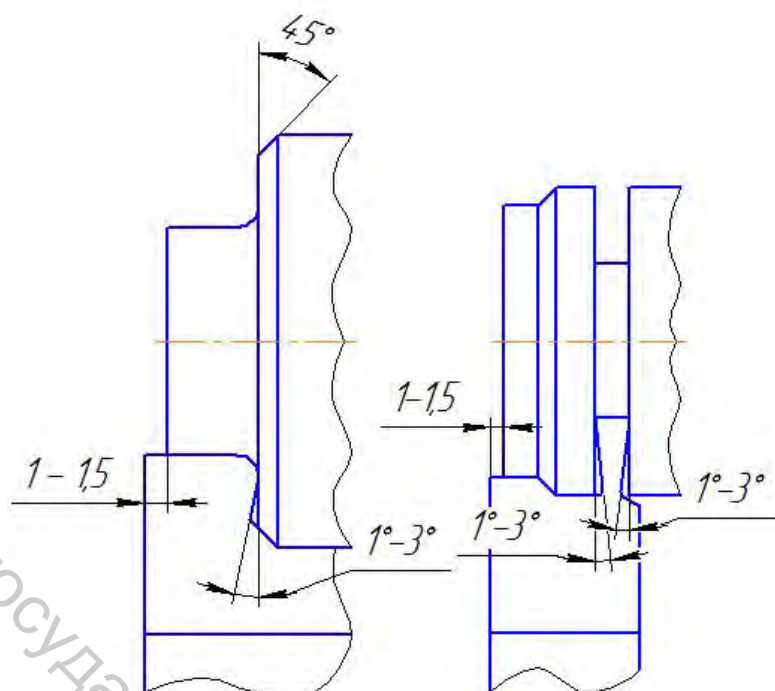


Рисунок 3.2 – Боковое поднутрение резцов

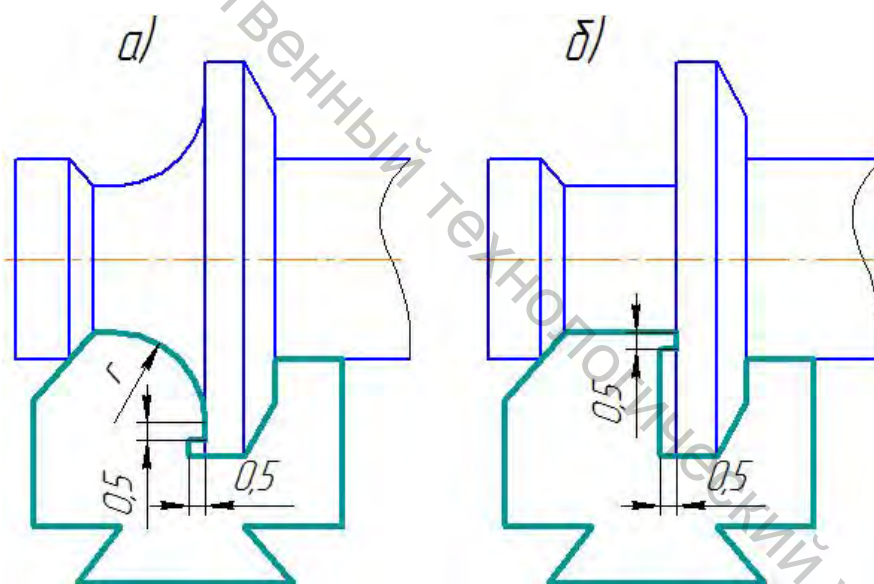


Рисунок 3.3 – Круговые выточки на резцах

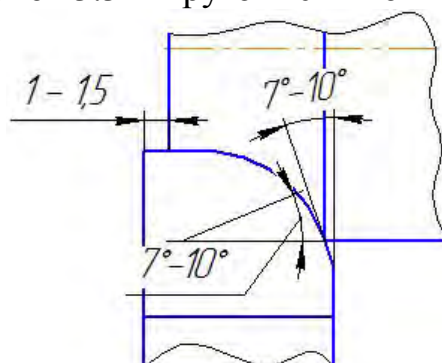


Рисунок 3.4 – Оформление конечного участка дугового профиля резца

В том случае, если деталь имеет участки профиля, касательные к которым перпендикулярны к оси детали, рекомендуется заканчивать участок профиля резца по прямой, касательной к профилю под углом $\varphi = 7-10^\circ$. При этом обеспечивается задний угол в нормальном сечении $2^\circ-2^\circ30'$ (рис. 3.4).

3.4 Определение режимов резания, параметров среза и типа оборудования

Фасонные резцы чаще всего применяют на токарно-револьверных станках. Универсальные станки этой группы используются для обработки заготовок в виде прутков диаметром до 100 мм и штучных заготовок диаметром до 630 мм. На станках кроме обтачивания и растачивания резцами удобно выполнять последовательные операции сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы с помощью инструментов, которые устанавливаются в револьверной головке.

После выбора станка, соответствующего заданным параметрам обработки заготовки, необходимо рассчитать режимы резания.

Расчет проводится по данным справочника [6].

1. Определяется глубина резания t , мм. При фасонном точении глубина резания равна длине лезвия резца, которая складывается из длин отдельных участков фасонного профиля резца.

2. Определяется подача S_0 , мм/об. Рекомендуемые подачи при фасонном точении приведены в таблице 3.6 [6, С. 269, табл. 16].

Таблица 3.6 – Подачи при фасонном точении, мм/об [6, С. 269, табл. 16]

Ширина резца, мм	Диаметр обработки, мм			
	20	25	40	60 и более
8	0,03–0,09	0,04–0,09	0,04–0,09	0,04–0,09
10	0,03–0,07	0,04–0,085	0,04–0,085	0,04–0,085
15	0,02–0,05	0,035–0,075	0,04–0,08	0,04–0,08
20	—	0,03–0,06	0,04–0,08	0,04–0,08
30	—	—	0,035–0,07	0,035–0,07
40	—	—	0,03–0,06	0,03–0,06
50 и более	—	—	—	0,025–0,055

Примечание. Меньшие подачи брать для более сложных и глубоких профилей и твердых материалов, большие – для простых профилей и мягких материалов.

3. Определяется скорость резания v , м/мин. При фасонном точении скорость резания определяется по формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

где T – среднее значение стойкости (при одноинструментальной обработке 30–60 мин, для проектирования фасонных круглых и призматических резцов 120 мин), значение коэффициента C_v и показателей степени m , y приведены в таблице 3.7 [6, С. 269, табл. 17].

Таблица 3.7 – Значение коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при фасонном точении сталей [6, С. 269, табл. 17]

Материал режущей части	Коэффициент и показатели степени		
	C_v	y	m
P18 (с охлаждением)	22,7	0,5	0,3

Примечание. При фасонном точении глубокого и сложного профиля на скорость резания вводить поправочный коэффициент 0,85.

Поправочный коэффициент на изменение условий резания определяется по формуле

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv},$$

где K_{Mv} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки. При обработке сталей определяется по формуле

$$K_{Mv} = K_v \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

где K_v и n_v определяются по таблице 3.8 [6, С. 262, табл. 2–4]; σ_B – временное сопротивление материала на разрыв, МПа; $K_{Пv}$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности (табл. 3.9) [6, С. 263, табл. 5]; $K_{Иv}$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента (табл. 3.10) [6, С. 263, табл. 6].

4. Определяется частота вращения шпинделя n , об/мин, по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

где D – максимальный диаметр обрабатываемой заготовки, мм.

Рассчитанная частота вращения шпинделя уточняется по характеристикам станка. Затем по принятой станочной частоте вращения $n_{ст}$ пересчитывается фактическая скорость резания v_ϕ по формуле

$$v_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000}.$$

Таблица 3.8 – Значения коэффициента K_r и показателя n_v [6, С. 262, табл. 2]

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_r для материала инструмента		Показатели степени n_v при обработке резцами	
	из БР стали	из ТС	из БР стали	из ТС
Сталь: углеродистая ($C \leq 0,6 \%$), σ_B , МПа:				1,0
≤ 450	1,0	1,0	1,0	
450–550	1,0	1,0	1,75	
> 550	1,0	1,0	1,75	
повышенной и высокой обрабатываемости резанием;	1,2	1,1	1,75	
хромистая;	0,85	0,95	1,75	
углеродистая ($C > 0,6 \%$), хромоникелевая, хромомолибденованадиевая;	0,8	0,9	1,5	
хромомарганцовистая, хромокремнистая, хромокремнемарганцовистая, хромоникельмолибденовая, хромомолибденоалюминиевая;	0,7	0,8	1,25	
хромованадиевая;	0,85	0,8	1,25	
марганцовистая;	0,75	0,9	1,5	
хромоникельвольфрамовая, хромомолибденовая;	0,8	0,85	1,25	
хромоалюминиевая	0,75	0,8	1,25	
хромоникельванадиевая	0,75	0,85	1,25	
быстрорежущие	0,6	0,7	1,25	

Таблица 3.9 – Поправочный коэффициент $K_{Пв}$, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания [6, С. 263, табл. 5]

Состояние поверхности заготовки				
без корки	с коркой			
	Прокат	Поковки	Отливки при корке	
			нормальной	сильно загрязнённой
1,0	0,9	0,8	0,8–0,85	0,5–0,6

Таблица 3.10 – Поправочный коэффициент $K_{Ив}$, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания [6, С. 263, табл. 6]

Обрабатываемый материал	Значение коэффициента $K_{Ив}$ в зависимости от марки инструментального материала					
Сталь	T5K15B	T5K10	T14K8	T15K6	T30K4	BK8
	0,35	0,65	0,8	1,0	1,4	0,4
Сталь	P6M5	BK4	BK6	9XC	XBG	Y12A
	1,0	2,5	2,7	0,6	0,6	0,5

5. Определяется сила резания P_z , Н, по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p.$$

Значение коэффициента C_p и показателей степени определяется по таблице 3.11 [6, С. 273, табл. 22].

Таблица 3.11 – Значение коэффициента C_p и показателей степени в формуле силы резания при фасонном точении сталей [6, С. 273, табл. 22]

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Вид обработки	Коэффициент и показатель степени		
			C_p	x	y
Сталь $\sigma_B = 750$ МПа	Быстрорежущая сталь	Фасонное точение	212	1,0	0,75

Поправочный коэффициент K_p определяется по формуле

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\gamma P},$$

где K_{MP} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки; $K_{\gamma P}$ – коэффициент, учитывающий влияние переднего угла.

При обработке сталей определяется по формуле

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где показатель степени n определяется по таблице 3.12 [6, С. 264, табл. 9].

Значения поправочного коэффициента $K_{\gamma P}$, учитывающего влияние переднего угла, приведены в таблице 3.13 [6, С. 275, табл. 23].

Таблица 3.12 – Показатель степени n в формуле для определения поправочного коэффициента K_P [6, С. 264, табл. 9]

Обрабатываемый материал	Показатель степени n
Конструкционная углеродистая и легированная сталь σ_B , МПа:	
≤ 600	0,75/0,35
> 600	0,75

Примечание. В числителе приведены значения показателя степени n для твердого сплава, в знаменателе – для быстрорежущей стали.

Таблица 3.13 – Поправочный коэффициент $K_{\gamma P}$, учитывающий влияние переднего угла инструмента на силу резания [6, С. 275, табл. 23]

Передний угол γ , °	Материал режущей части инструмента	Поправочный коэффициент $K_{\gamma P}$
0	Твердый сплав	1,1
10		1,0
12–15	Быстрорежущая сталь	1,15
20–25		1,0

6. Определяется мощность резания N , кВт, по формуле

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}.$$

Полученное значение мощности резания сравнивается с мощностью двигателя станка $N \leq N_{дв}$. Если условие не выполняется, то снижаются режимы резания (частота вращения или подача).

7. Определяется основное время T_O , мин, по формуле

$$T_O = \frac{L}{n \cdot S_O},$$

где L – расчетная длина обработки, мм, $L = 0,5D_{3ар} - r_{min} + (0,5 \div 2)$.

3.5 Коррекционный расчёт

Наличие передних и задних углов резца приводит к тому, что при обработке размеры глубины профиля T , измеряемые у призматических резцов в сечении, нормальном к их задней грани, а у круглых в радиальном сечении, не совпадают с глубиной профиля обрабатываемой детали. Размеры по ширине профиля фасонных резцов основного типа (без углов поворота) совпадают с соответствующими осевыми размерами обрабатываемой детали. Таким

образом, в задачу коррекционного расчёта входит расчёт глубины T для круглого резца в радиальной плоскости, а для призматического – в нормальной к задней грани сечения [10, С. 123–125].

Так как при расчёте целесообразно использование единых формул как для круглого, так и для призматического резцов, можно использовать расчётную схему, приведённую на рисунке 3.5, и формулы, указанные в таблице 3.14. В приведённых зависимостях индекс « i » относится к рассматриваемой (текущей) точке.

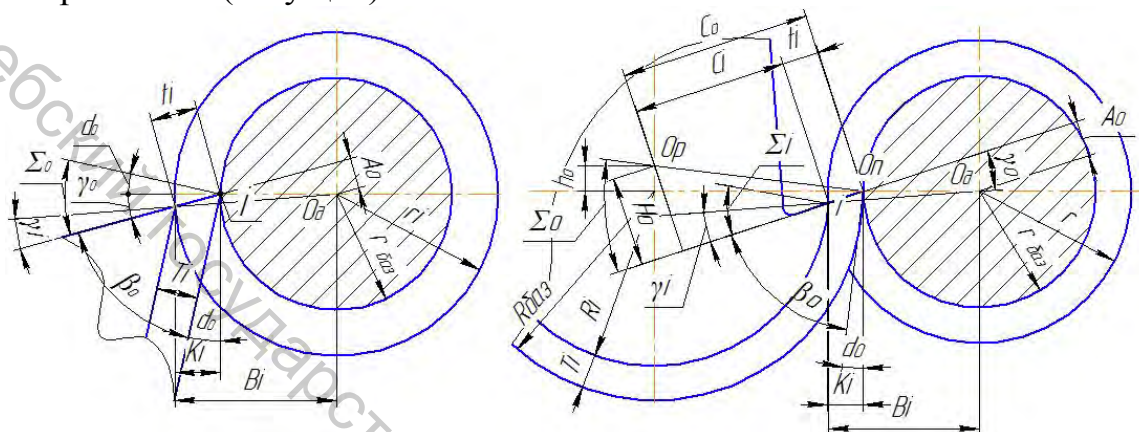


Рисунок 3.5 – Схема к коррекционному расчёту резцов

Таблица 3.14 – Формулы коррекционного расчёта профиля фасонных резцов [10, С. 125, табл. XX]

Рассчитываемая величина	Формула
Суммарный угол в базовой точке	$\Sigma_0 = \alpha_0 + \gamma_0$
Расстояние от центра детали до плоскости передней грани	$A_0 = r_{\text{баз}} \sin \gamma_0$
Передний угол в текущей точке	$\gamma_i = \arcsin \frac{A_0}{r_i}$
Расстояние от текущей точки до оси	$B_i = r_i \cos(\gamma_0 - \gamma_i)$
Промежуточная величина	$K_i \pm (B_i - r_{\text{баз}})$
Глубина профиля резца по передней грани	$t_i = \frac{K_i}{\cos \gamma_0}$
<i>Только для ПРИЗМАТИЧЕСКИХ резцов</i>	
Глубина профиля резца в радиальном сечении	$T_i = t_i \cos \Sigma_0$
Задний угол в текущей точке	$\alpha_i = \Sigma_0 - \gamma_i$
<i>Только для КРУГЛЫХ резцов</i>	
Постоянная величина	$C_0 = R_{\text{баз}} \sin \Sigma_0$
Расстояние от центра резца до плоскости передней грани	$H_0 = R_{\text{баз}} \sin \Sigma_0$
Вспомогательная величина	$C_i = C_0 - t_i$
Суммарный угол в текущей точке	$\Sigma_i = \arctg \frac{H_0}{C_i}$
Радиус резца в текущей точке	$R_i = \frac{H_0}{\sin \Sigma_i}$
Глубина профиля резца в радиальном сечении	$T_i = R_{\text{баз}} - R_i$
Задний угол в текущей точке	$\alpha_i = \Sigma_i - \gamma_0$

Примеры составления таблиц коррекционного расчета для призматического и круглого фасонных резцов приведены в [таблицах 3.15](#) и [3.16](#) соответственно.

Таблица 3.15 – Коррекционный расчёт призматического фасонного резца (пример)

	α_0	γ_0	$r_{\text{баз}}$									
	10	6	4									
№ п/п	X_i	r_i	$t_{\text{пр}i}$	$\Sigma_0 = \alpha_0 + \gamma_0$	$A_0 = r_{\text{баз}} \sin \gamma_0$	$\gamma_i = \arcsin(A_0/r_i)$, радианы	$\gamma_i, ^\circ$	$B_i = r_i \cos(\gamma_0 - \gamma_i)$	$K_i = \pm(B_i - r_{\text{баз}})$	$t_i = (K_i / \cos \gamma_0)$	$T_i = t_i \cos \Sigma_0$	$\alpha_i = \Sigma_0 - \gamma_i$
1	0	5	1	16	0,4181	0,084	4,8	4,999	0,999	1,004	0,97	11,2
2	1,25	8,31	4,31	16	0,4181	0,050	2,9	8,298	4,298	4,321	4,15	13,1
3	2,5	9,33	5,33	16	0,4181	0,045	2,6	9,313	5,313	5,343	5,14	13,4
4	3,75	9,84	5,84	16	0,4181	0,043	2,4	9,821	5,821	5,853	5,63	13,6
5	5	10	6	16	0,4181	0,042	2,4	9,98	5,980	6,013	5,78	13,6
6	14	10	6	16	0,4181	0,042	2,4	9,98	5,980	6,013	5,78	13,6
7	16,3	9,52	5,52	16	0,4181	0,044	2,5	9,502	5,502	5,533	5,32	13,5
8	18,5	8,5	4,5	16	0,4181	0,049	2,8	8,487	4,487	4,512	4,34	13,2
9	20,5	7,75	3,75	16	0,4181	0,054	3,1	7,74	3,74	3,761	3,61	12,9
10	23	7	3	16	0,4181	0,059	3,4	6,993	2,993	3,009	2,89	12,6
11	23	4	0	16	0,4181	0,105	6	4	0	0	0	10
12	30	4	0	16	0,4181	0,105	6	4	0	0	0	10

Таблица 3.16 – Коррекционный расчёт круглого фасонного резца (пример)

	α_0	γ_0	$r_{\text{баз}}$	$R_{\text{баз}}$														
	10	6	4	25														
№ п/п	X_i	r_i	$t_{\text{пр}i}$	$\sum_0=\alpha_0+\gamma_0$	$A_0=r_{\text{баз}}\sin\gamma_0$	$\gamma_i=\arcsin(A_0/r_i)$, радианы	$\gamma_i,^\circ$	$B_i=r_i\cos(\gamma_0-\gamma_i)$	$K_i=\pm(B_i-r_{\text{баз}})$	$t_i=(K_i/\cos\gamma_0)$	$C_0=R_{\text{баз}}\cos\sum_0$	$H_0=R_{\text{баз}}\sin\sum_0$	$C_i=C_0-t_i$	$\sum_i=\arctg(H_0/C_i)$, радианы	$\sum_i,^\circ$	$R_i=H_0/\sin\sum_i$	$T_i=R_{\text{баз}}-R_i$	$\alpha_i=\sum_i-\gamma_0$
1	0	8	4	16	0,4181	0,052	3	7,989	3,989	4,011	24	6,89	20	0,331	19	21,2	3,83	13
2	6	8	4	16	0,4181	0,052	3	7,989	3,989	4,011	24	6,89	20	0,331	19	21,2	3,83	13
3	8	7	3	16	0,4181	0,059	3,4	6,993	2,9929	3,009	24	6,89	21	0,317	18,1	22,1	2,88	12
4	10	6	2	16	0,4181	0,069	4	5,996	1,9963	2,007	24	6,89	22	0,303	17,4	23,1	1,92	11
5	12	5	1	16	0,4181	0,083	4,8	4,999	0,9989	1,004	24	6,89	23	0,291	16,7	24	0,96	11
6	14	4	0	16	0,4181	0,104	6	4	0	0	24	6,89	24	0,279	16	25	0	10
7	20	4	0	16	0,4181	0,104	6	4	0	0	24	6,89	24	0,279	16	25	0	10
8	22,3	5,48	1,48	16	0,4181	0,076	4,4	5,478	1,4778	1,486	24	6,89	22,5	0,297	17	23,6	1,42	11
9	25	6	2	16	0,4181	0,069	4	5,996	1,9963	2,007	24	6,89	22	0,303	17,4	23,1	1,92	11
10	27,8	5,48	1,48	16	0,4181	0,076	4,4	5,478	1,4778	1,486	24	6,89	22,5	0,297	17	23,6	1,42	11
11	30	4	0	16	0,4181	0,104	6	4	0	0	24	6,89	24	0,279	16	25	0	10

4 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

1. Вычертить деталь по заданному варианту в масштабе 2:1 (дополнить чертеж всеми необходимыми данными).

1.1. Определить качества и численные значения допусков.

Допуски на несопряженные размеры:

Квалитеты 12–17

– для валов $IT14$;

– для линейных размеров $\pm IT14/2$ или $js14$.

Численные значения допусков:

– *диаметральные размеры*

$\varnothing 24 \rightarrow \varnothing 24h14 \rightarrow \varnothing 24_{-0,52}$;

$\varnothing 9h9 \rightarrow \varnothing 9_{-0,036}$;

$\varnothing 18h9 \rightarrow \varnothing 18_{-0,043}$;

– *линейные размеры*

$32 \rightarrow 32js14 \rightarrow 32 \pm IT14/2 \rightarrow 32 \pm 0,62/2 \rightarrow 32 \pm 0,31$;

$8 \rightarrow 8js14 \rightarrow 8 \pm IT14/2 \rightarrow 8 \pm 0,36/2 \rightarrow 8 \pm 0,18$;

$6 \rightarrow 6js14 \rightarrow 6 \pm IT14/2 \rightarrow 6 \pm 0,30/2 \rightarrow 6 \pm 0,15$.

Допуск на диаметр конуса $H12 \rightarrow_{-0,18}$.

1.2. Определить шероховатость (в соответствии с точностью обработки и видом поверхности)

$9h9, 18h9 \rightarrow$ III класс шероховатости;

свободные размеры $\rightarrow Ra\ 5\ \mu\text{м}$.

1.3. Вычертить деталь по заданию с учетом значений допусков на размеры; масштаб изображения детали М 2:1 (рис. 4.1).

2. Привести схему обработки детали фасонным резцом в двух проекциях (рис. 4.2). Обозначить на схеме все необходимые параметры для ее описания.

Предварительно принимаем параллельное расположение базы фасонного резца относительно оси детали, подача резца относительно оси детали под углом 90° (как наиболее простой и распространенный вариант).

3. Вычертить схему допусков на деталь и поставить их численные значения (рис. 4.3).

4. Перейти от номинальных размеров детали к размерам с симметричными допусками.

На рисунке 4.4 показана схема пересчета значения с учетом перехода на симметричный допуск диаметра $\varnothing 9$.

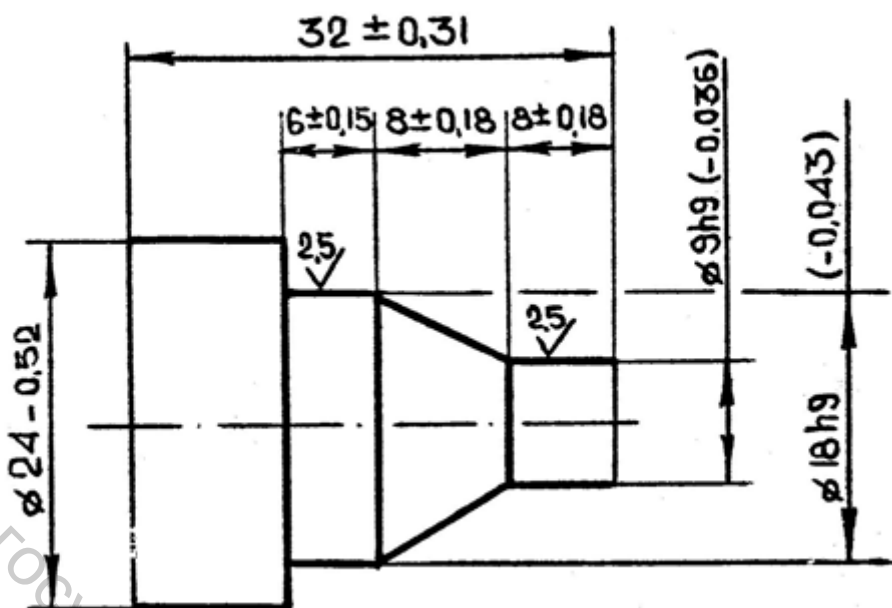


Рисунок 4.1 – Деталь

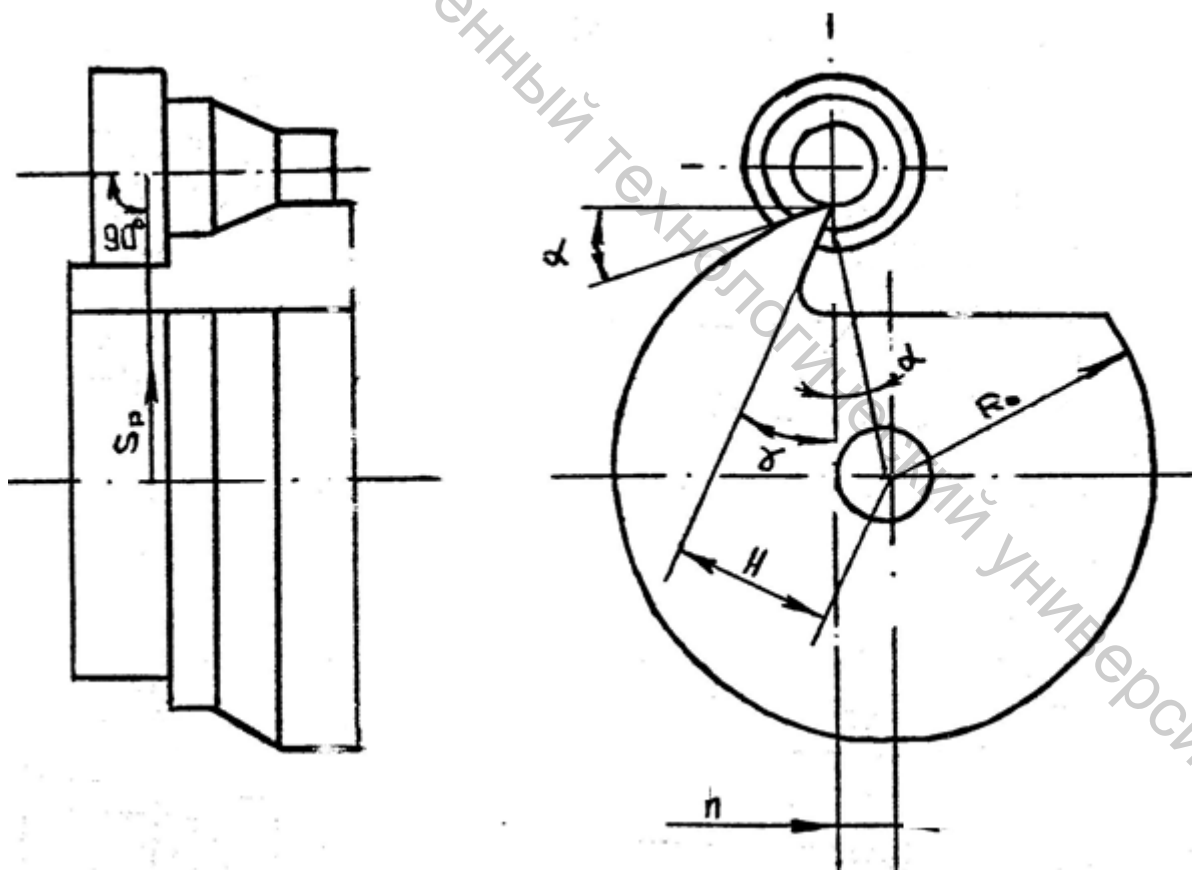


Рисунок 4.2 – Схема обработки

$$d_{\text{сим}} = d_{\text{ном}} - H.O. - \frac{\delta}{2},$$

где $d_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр; $H.O.$ – нижнее (меньшее) отклонение; δ – допуск на $d_{\text{ном}}$.

На [рисунке 4.4](#), в частном случае, $H.O. = 0$.

Продольные размеры детали имеют исходные симметричные допуски и, следовательно, пересчитывать их для перевода нет необходимости.

Численные значения симметричных размеров

$$\varnothing 9h9 \rightarrow \varnothing 8,982 \pm 0,018;$$

$$d_{(\text{конуса})} \rightarrow (d_{-0,09}) \pm 0,09;$$

$$\varnothing 18h9 \rightarrow \varnothing 17,979 \pm 0,021;$$

$$\varnothing 24_{-0,52} \rightarrow \varnothing 23,74 \pm 0,26.$$

5. Выбрать базовую поверхность на профиле детали.

Базовая поверхность должна удовлетворять двум требованиям:

- быть наиболее точной, чтобы не вносить больших погрешностей в размеры профиля детали;
- не усложнять расчетную схему коррекционного расчета.

За базовую поверхность принимаем цилиндр $\varnothing 9h9$. Для продольных размеров – правый торец.

6. Перейти от размеров на габариты детали к размерам на профиль детали.

Профиль детали показан на [рисунке 4.5](#). База диаметральных размеров А, база продольных размеров Б.

Обозначим

$$r_1 = \frac{d_1}{2} = \frac{8,982}{2} \approx 4,49;$$

$$r_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{17,979}{2} = 8,9895 \approx 8,99;$$

$$r_3 = \frac{d_3}{2} = \frac{23,74}{2} = 11,87.$$

Вычислим глубину профиля

$$t_{12} = r_2 - r_1 = 8,99 - 4,49 = 4,5;$$

$$t_{13} = r_3 - r_1 = 11,87 - 4,49 = 7,38.$$

Обозначим

$$\lambda_1 = 8;$$

$$\lambda_2 = 8;$$

$$\lambda_3 = 6;$$

$$\lambda_4 = 32.$$

Вычислим продольные размеры

$$l_1 = \lambda_1 = 8;$$

$$l_2 = \lambda_1 + \lambda_2 = 8 + 8 = 16;$$

$$l_3 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 8 + 8 + 6 = 22;$$

$$l_4 = \lambda_4 = 32.$$

7. Определить допуски на профиль детали.

Допуски на профиль детали определяем векторным суммированием. При этом допуски на базовые поверхности считаются равными «0».

Допуск на t_{12} (с учетом перехода к радиусу от диаметра)

$$\delta_{12} = \sqrt{\left(\frac{0,036}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,043}{2}\right)^2} \approx \frac{0,056}{2} \approx 0,028.$$

Допуск на t_{13}

$$\delta_{13} = \sqrt{\left(\frac{0,036}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,52}{2}\right)^2} \approx \frac{0,52}{2} \approx 0,26.$$

Допуск на l_2

$$\delta_2 = \sqrt{0,36^2 + 0,36^2} = 0,36\sqrt{2} \approx 0,56.$$

Допуск на l_3

$$\delta_3 = \sqrt{0,36^2 + 0,36^2 + 0,3^2} \approx 0,59.$$

Следовательно, размеры профиля детали

$$\varnothing 8,982 \pm 0,018;$$

$$\varnothing 17,979 \pm 0,021;$$

$$\varnothing 23,74 \pm 0,26;$$

$$t_{12} = 4,5 \pm 0,02;$$

$$t_{13} = 7,38 \pm 0,18;$$

$$l_1 = 8 \pm 0,18;$$

$$l_2 = 16 \pm 0,28;$$

$$l_3 = 22 \pm 0,3;$$

$$l_4 = 32 \pm 0,31.$$

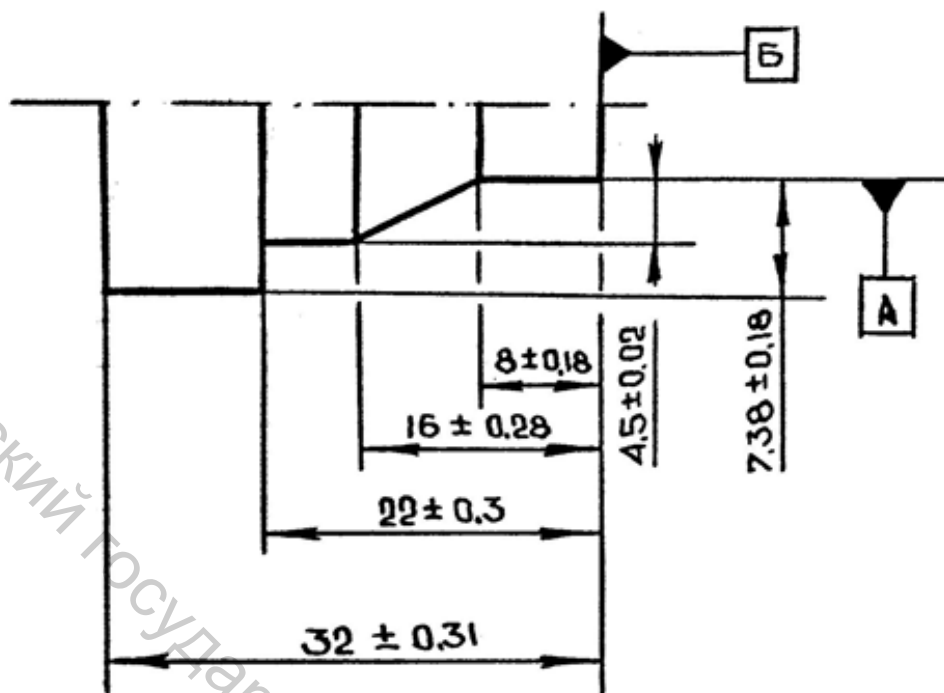


Рисунок 4.5 – Обрабатываемый профиль

8. Изобразить схему допусков на профиль инструмента.

Схема допусков на профиль инструмента изображена на [рисунке 4.6](#). Она соответствует схеме допусков на профиль детали (см. [рис. 4.3](#)).

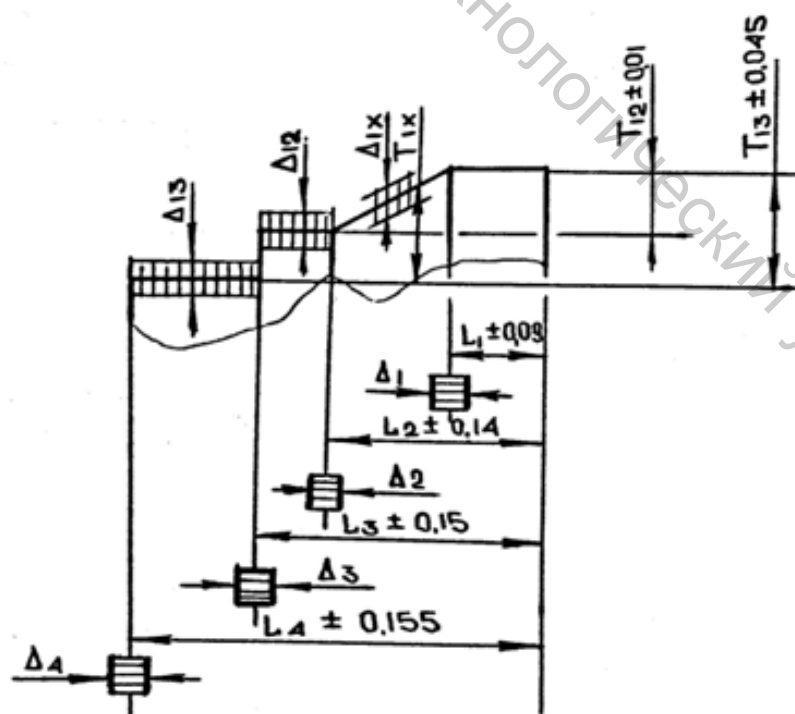


Рисунок 4.6 – Схема допусков на профиль резца

9. Определить численные значения допусков инструмента и обозначить их на схеме.

Численные значения самих размеров профиля инструмента будут определены позднее. Поэтому допуски относятся к буквенным обозначениям размеров.

Величину допусков на профиль резца берем равной 1/2 (можно брать 1/2 или 1/3) допусков на деталь

$$T_{12} \pm \frac{\Delta_{12}}{2} = T_{12} \pm \frac{\delta_{12} / 2}{2} = T_{12} \pm \frac{0,04 / 2}{2} = T_{12} \pm 0,01;$$

$$T_{13} \pm \frac{\Delta_{13}}{2} = T_{13} \pm \frac{\delta_{13} / 2}{2} = T_{13} \pm \frac{0,18 / 2}{2} = T_{13} \pm 0,045.$$

На продольные размеры

$$L_1 \pm \frac{\Delta_1}{2} = 8 \pm 0,09;$$

$$L_2 \pm \frac{\Delta_2}{2} = 16 \pm 0,14;$$

$$L_3 \pm \frac{\Delta_3}{2} = 22 \pm 0,15;$$

$$L_4 \pm \frac{\Delta_4}{2} = 32 \pm 0,155.$$

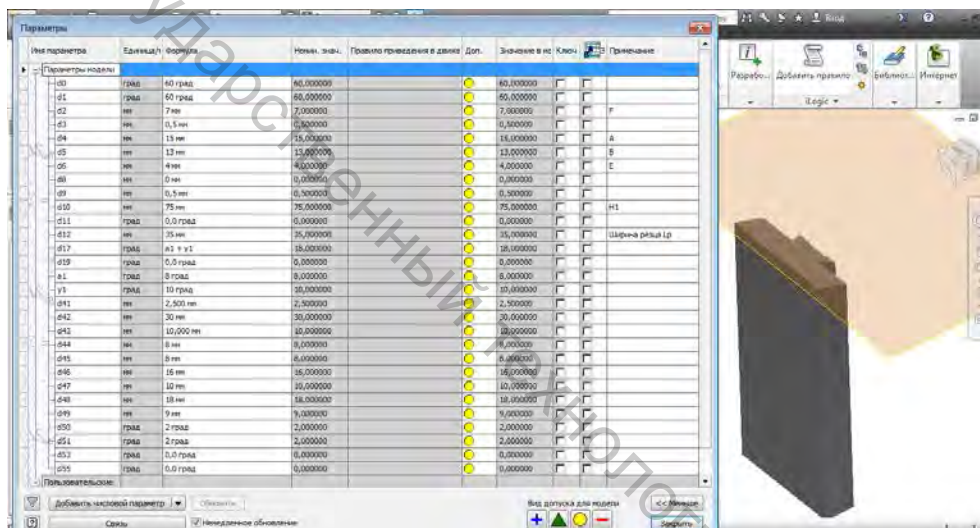
5 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР

5.1 Профилирование призматического фасонного резца

5.2 Профилирование круглого фасонного резца

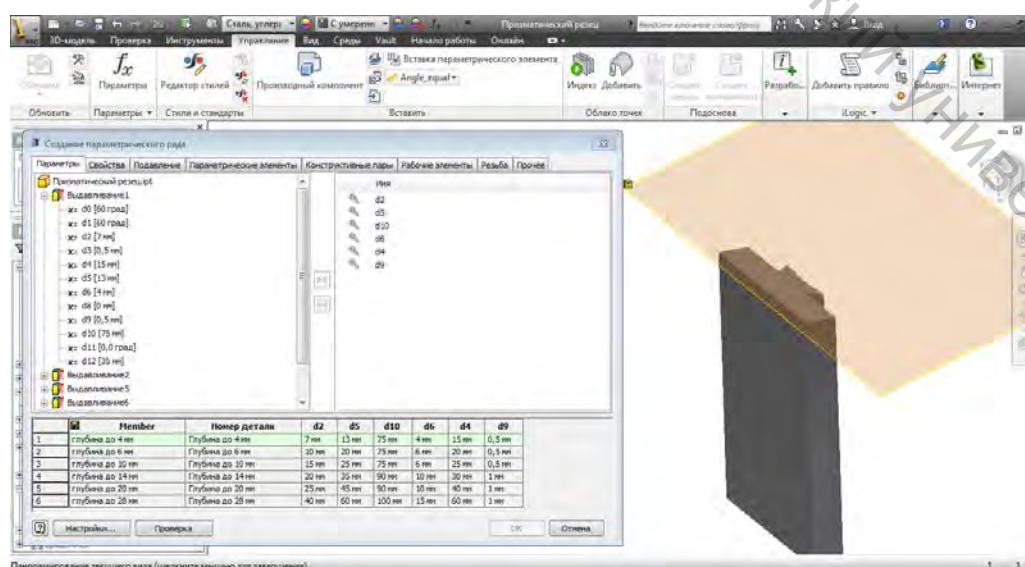
5.1 Профилирование призматического фасонного резца

Запускаем Autodesk Inventor, в диалоговом окне выбираем призматический резец. Все размеры резца, изменяющиеся при изменении максимальной глубины профиля, внесены в параметрический ряд (рис. 5.1 и 5.2).



Имя параметра	Единица	Формула	Изнач. знач.	Правило приведения в длину	Доп.	Значения в мм	Ключ	Примечание
d0	град	60 град	60,000000			60,000000		
d1	град	60 град	60,000000			60,000000		
d2	мм	7 мм	7,000000			7,000000		
d3	мм	0,5 мм	0,500000			0,500000		
d4	мм	13 мм	13,000000			13,000000		
d5	мм	13 мм	13,000000			13,000000		
d6	мм	4 мм	4,000000			4,000000		
d7	мм	0 мм	0,000000			0,000000		
d8	мм	0,5 мм	0,500000			0,500000		
d9	мм	75 мм	75,000000			75,000000		
d10	мм	75 мм	75,000000			75,000000		
d11	град	0,0 град	0,000000			0,000000		
d12	мм	25 мм	25,000000			25,000000		сферич. резец d9
d13	град	α1 + γ1	18,000000			18,000000		
d14	град	0,0 град	0,000000			0,000000		
d15	град	0 град	0,000000			0,000000		
d16	мм	8 мм	8,000000			8,000000		
d17	град	10 град	10,000000			10,000000		
d18	мм	2,500 мм	2,500000			2,500000		
d19	мм	30 мм	30,000000			30,000000		
d20	мм	10,000 мм	10,000000			10,000000		
d21	мм	8 мм	8,000000			8,000000		
d22	мм	8 мм	8,000000			8,000000		
d23	мм	16 мм	16,000000			16,000000		
d24	мм	10 мм	10,000000			10,000000		
d25	мм	10 мм	10,000000			10,000000		
d26	мм	9 мм	9,000000			9,000000		
d27	град	2 град	2,000000			2,000000		
d28	град	2 град	2,000000			2,000000		
d29	град	0,0 град	0,000000			0,000000		
d30	град	0,0 град	0,000000			0,000000		

Рисунок 5.1 – Таблица параметров трехмерной модели призматического фасонного резца



Имя	d2	d5	d10	d6	d4	d9		
1	глубина до 4 мм	Глубина до 4 мм	7 мм	13 мм	25 мм	4 мм	15 мм	0,5 мм
2	глубина до 6 мм	Глубина до 6 мм	20 мм	20 мм	25 мм	6 мм	20 мм	0,5 мм
3	глубина до 10 мм	Глубина до 10 мм	15 мм	25 мм	25 мм	5 мм	25 мм	0,5 мм
4	глубина до 14 мм	Глубина до 14 мм	20 мм	25 мм	90 мм	10 мм	30 мм	1 мм
5	глубина до 20 мм	Глубина до 20 мм	25 мм	45 мм	90 мм	10 мм	40 мм	1 мм
6	глубина до 28 мм	Глубина до 28 мм	40 мм	60 мм	100 мм	15 мм	60 мм	1 мм

Рисунок 5.2 – Параметрический ряд призматического фасонного резца

Далее необходимо указать передние и задние углы (рис. 5.3 и 5.4), для фасонных резцов из быстрорежущей или легированной инструментальной стали задаются в зависимости от обрабатываемого материала.

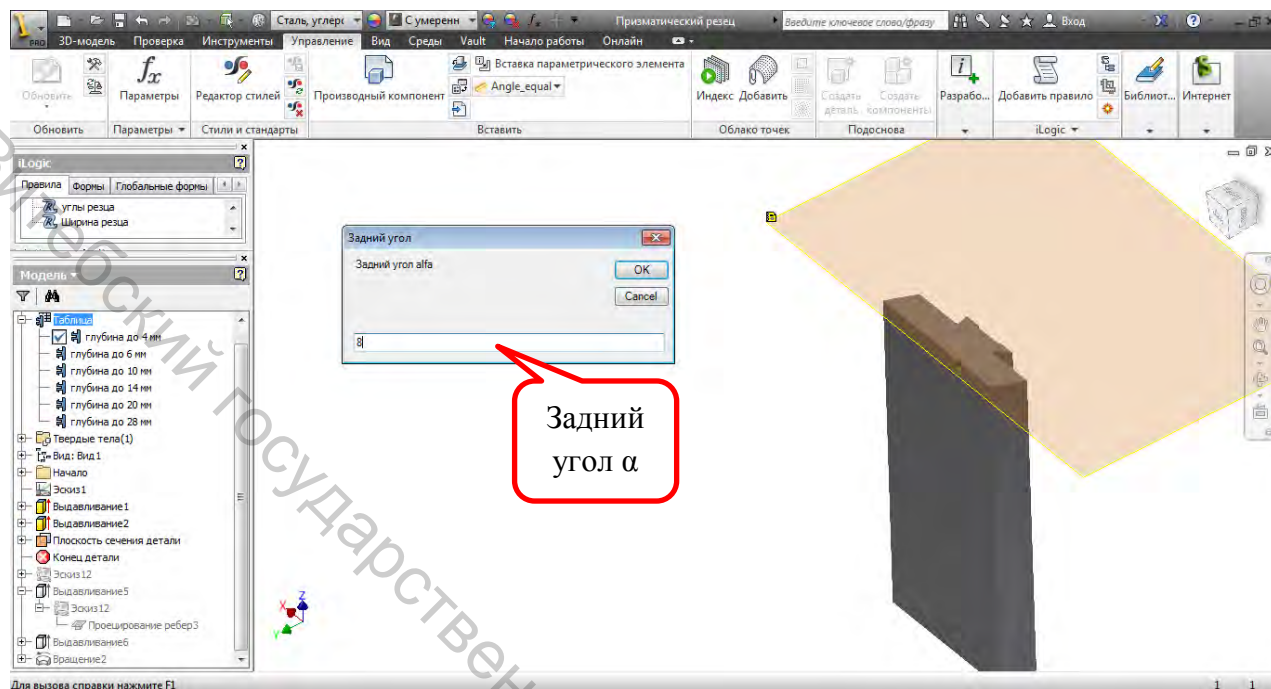


Рисунок 5.3 – Окно ввода значения заднего угла α

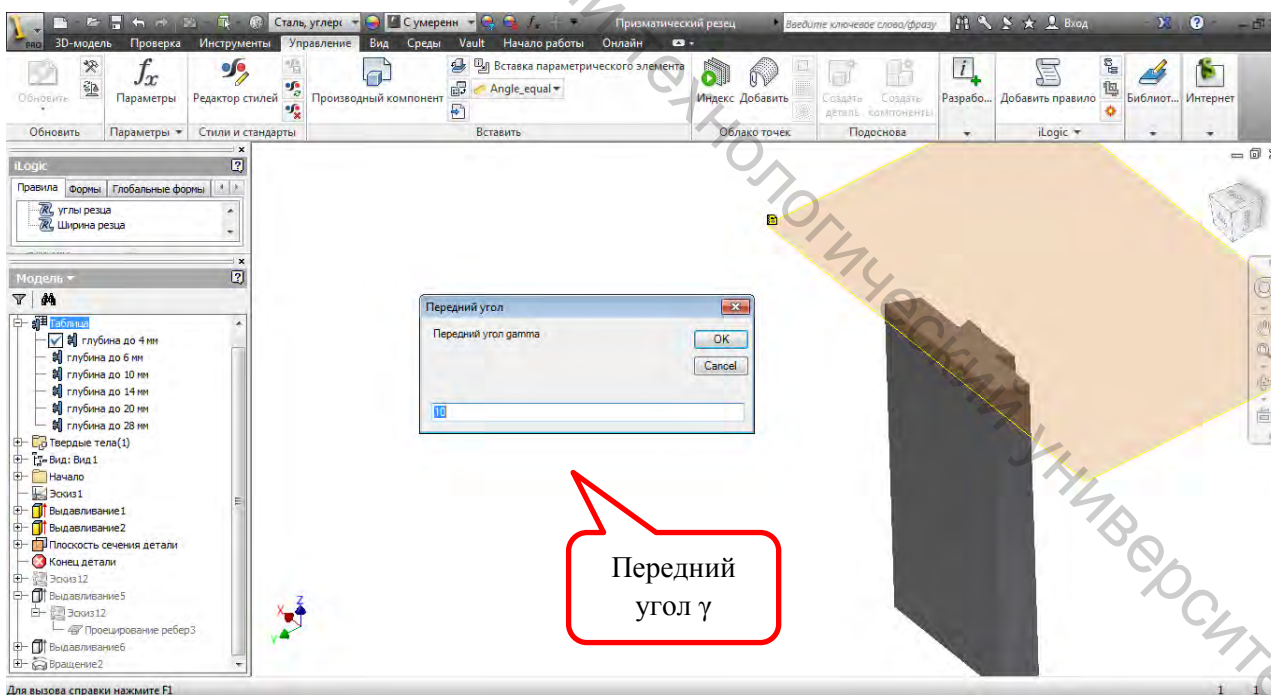


Рисунок 5.4 – Окно ввода значения переднего угла γ

Затем выбирается профиль резца, соответствующий пределу максимальной глубины профиля детали. После указывается общая длина резца вдоль оси детали L_p (рис. 5.5).

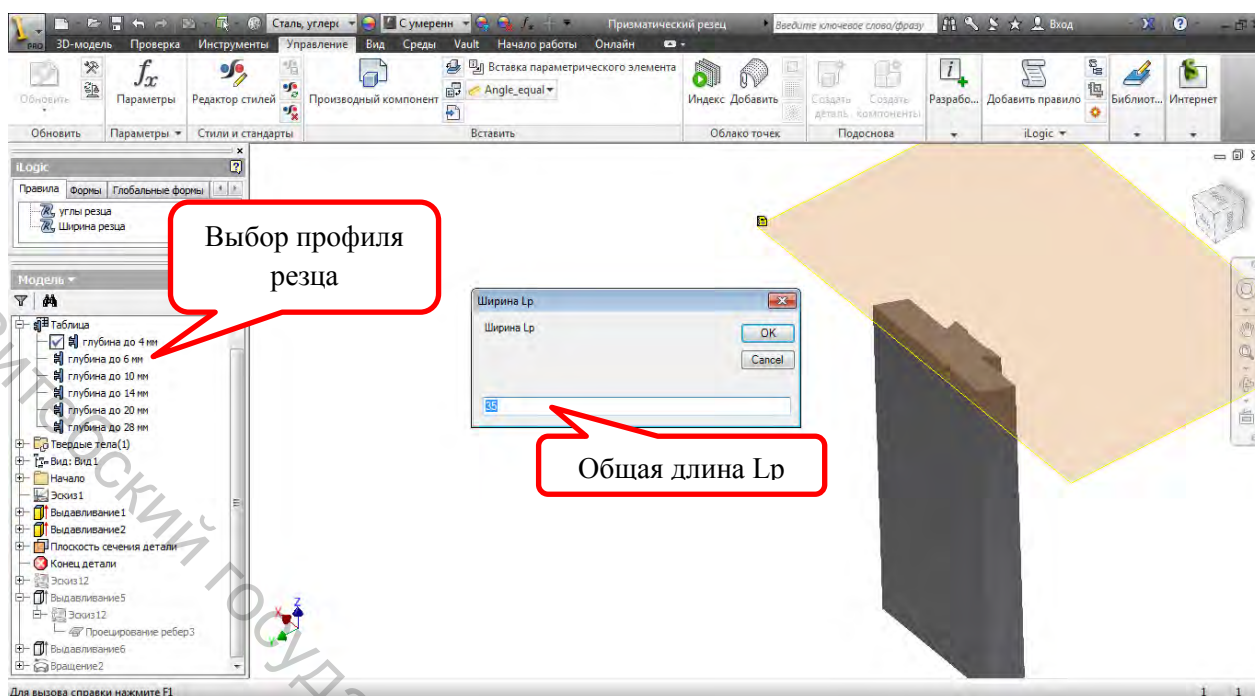


Рисунок 5.5 – Выбор профиля и общей длины резца L_p

На следующем этапе осуществляется построение фасонного профиля резца. На плоскости сечения детали формируется обрабатываемый профиль. При этом ось заготовки должна лежать на расстоянии радиуса максимальной глубины профиля от главной режущей кромки (рис. 5.6).

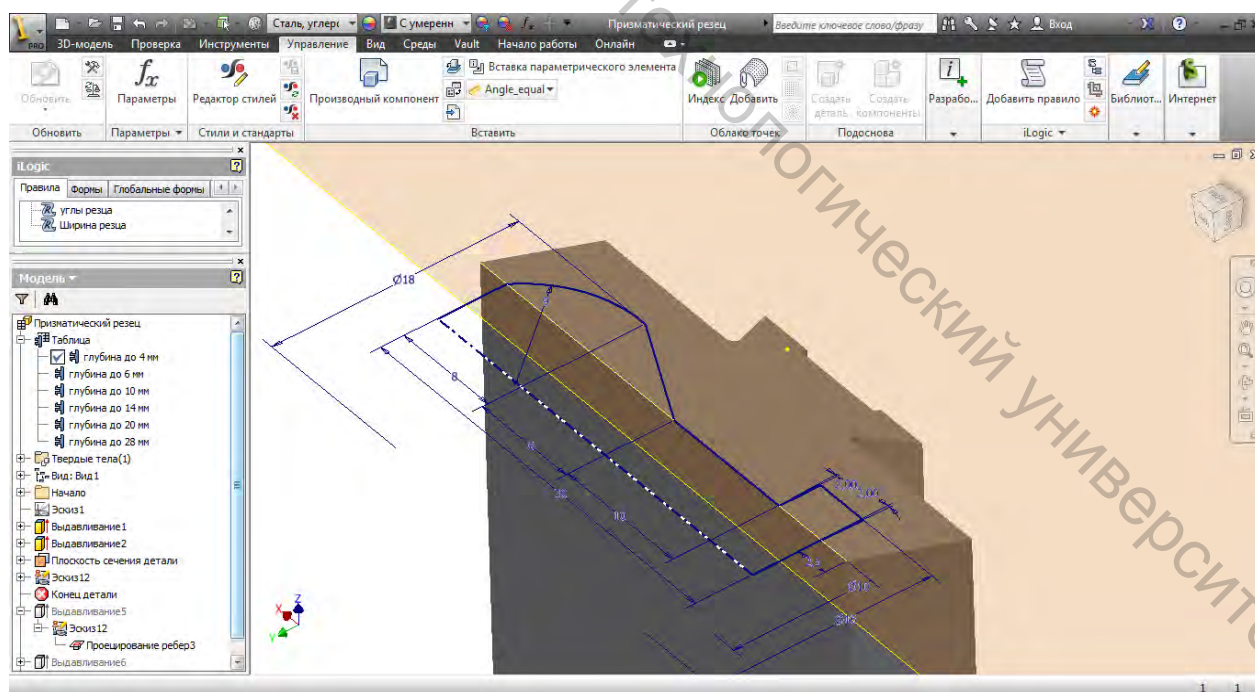


Рисунок 5.6 – Построение обрабатываемого профиля

В этом же эскизе выполняются все необходимые дополнительные режущие кромки резца, поднутрения и прочие элементы конструкции.

Следующим шагом будет операция выдавливания на всю длину резца, итогом которой будет профиль фасонного резца (рис. 5.7).

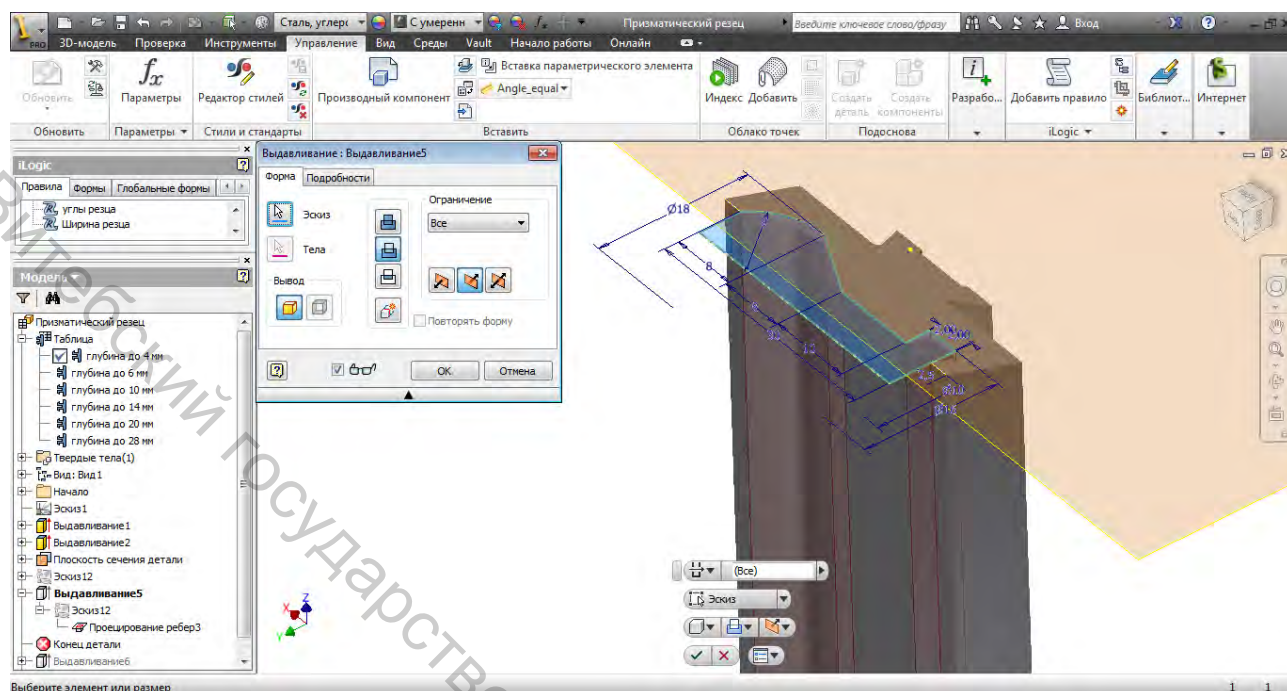


Рисунок 5.7 – Получение профиля резца

Для большей визуализации полученного результата можно выполнить операцию вращения обрабатываемого профиля вокруг его оси и получить общий вид обрабатываемой детали. В сопряжении будут видны все элементы резца, включая все дополнительные режущие кромки, поднутрения и пр. Визуально понятны становятся назначения всех элементов (рис. 5.8).

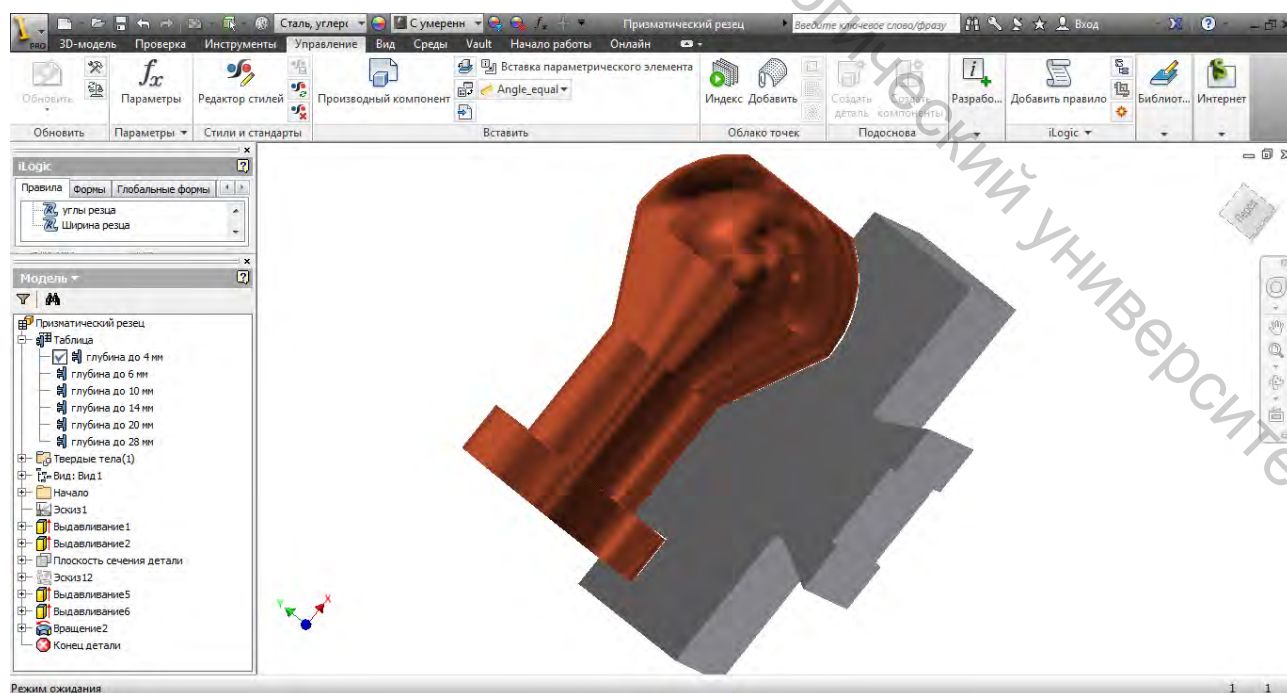


Рисунок 5.8 – Общий вид обработки

Правила | Форты | Глобальные форты | Модуль *

- Правила
- Форты
- Глобальные форты
- Модуль *
 - Правила
 - Форты
 - Глобальные форты
 - Модуль *

Построение рабочего чертежа

75

35

9

4

7

35

0.5

60°

Для вызова справки нажмите F1

Рисунок 5.9 – Построение рабочего чертежа

5.2 Профилирование круглого фасонного резца

При профилировании круглых фасонных резцов последовательности, что и при профилировании призматического резца внесены в параметрический ряд и описаны зависимостями (рис. 5.10 и 5.11).

Имя параметра	Единица	Формула	Нормат. знач.	Правильно задано в данных	Доп.	Значение в мм	Класс	Примечание
d18	мм	40 мм	40,000000			40,000000		
d21	мм	1 мм	1,000000			1,000000		
d22	мм	d21	1,000000			1,000000		
d23	мм	d25 - d61	32,000000			32,000000		
d24	мм	0.25 br * d23	8,000000			8,000000		
d25	мм	38 мм	38,000000			38,000000		
d34	град	45 град	45,000000			45,000000		
d35	град	45 град	45,000000			45,000000		
d36	бр	0 бр	0,000000			0,000000		
d37	град	90 град	90,000000			90,000000		
d38	бр	0 бр	0,000000			0,000000		
d39	град	90 град	90,000000			90,000000		
d40	бр	38 бр	38,000000			38,000000		
d41	град	260 град	360,000000			360,000000		
d43	мм	0.5 мм	0,500000			0,500000		
d46	мм	10 мм	10,000000			10,000000		
d51	град	15 град	15,000000			15,000000		
d53	мм	1,000 мм	1,000000			1,000000		
d58	град	0.0 град	0,000000			0,000000		
d59	мм	0.25 br * d23	8,000000			8,000000		
d60	мм	1 мм	1,000000			1,000000		
d61	мм	6,000 мм	6,000000			6,000000		
d62	мм	d25 - d61	32,000000			32,000000		
d65	мм	12 мм	12,000000			12,000000		
d67	мм	2,5 мм	2,500000			2,500000		
d68	мм	30 мм	30,000000			30,000000		



Figure 1

Рисунок 5.10 – Таблица параметров трехмерной модели
круглого фасонного резца

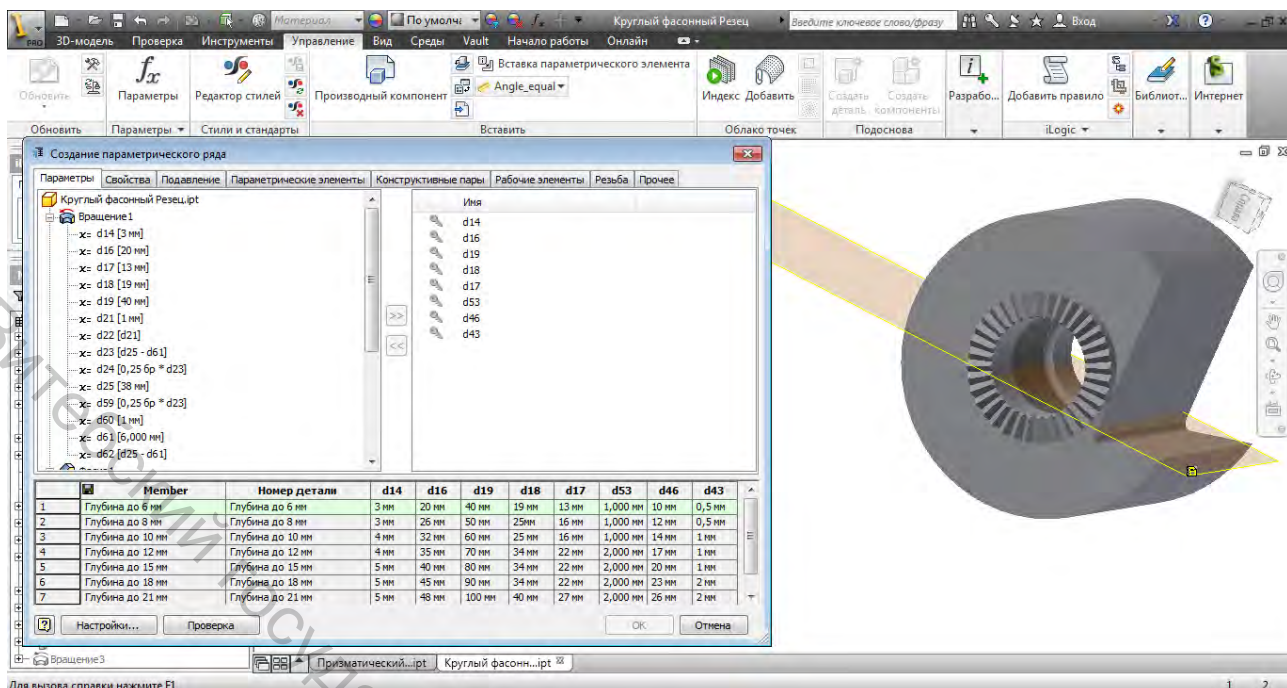


Рисунок 5.11 – Параметрический ряд круглого фасонного резца

Для круглых фасонных резцов необходимо также выбрать нужный профиль резца в зависимости от предельной глубины профиля, после указать ширину резца с учетом дополнительных режущих кромок (рис. 5.12).

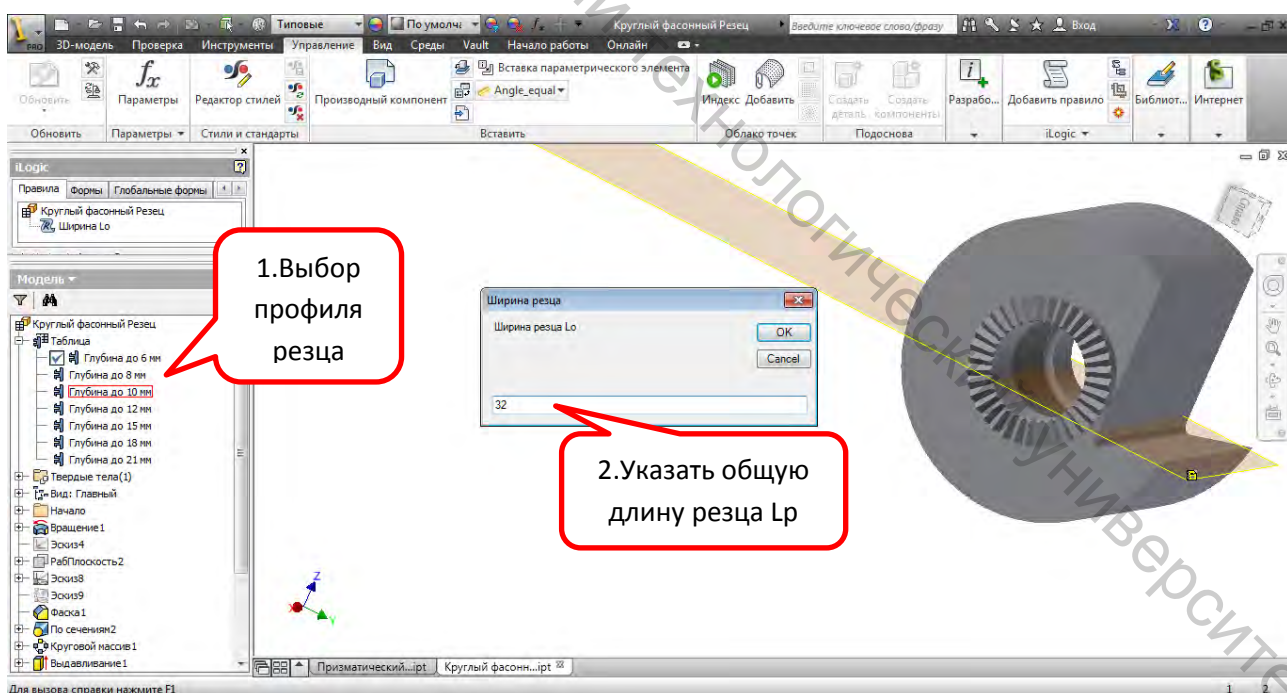


Рисунок 5.12 – Выбор исходных параметров

Далее в плоскости заготовки вычерчиваем контур детали. При этом главная режущая кромка будет на одной линии с максимальной глубиной профиля детали (рис. 5.13).

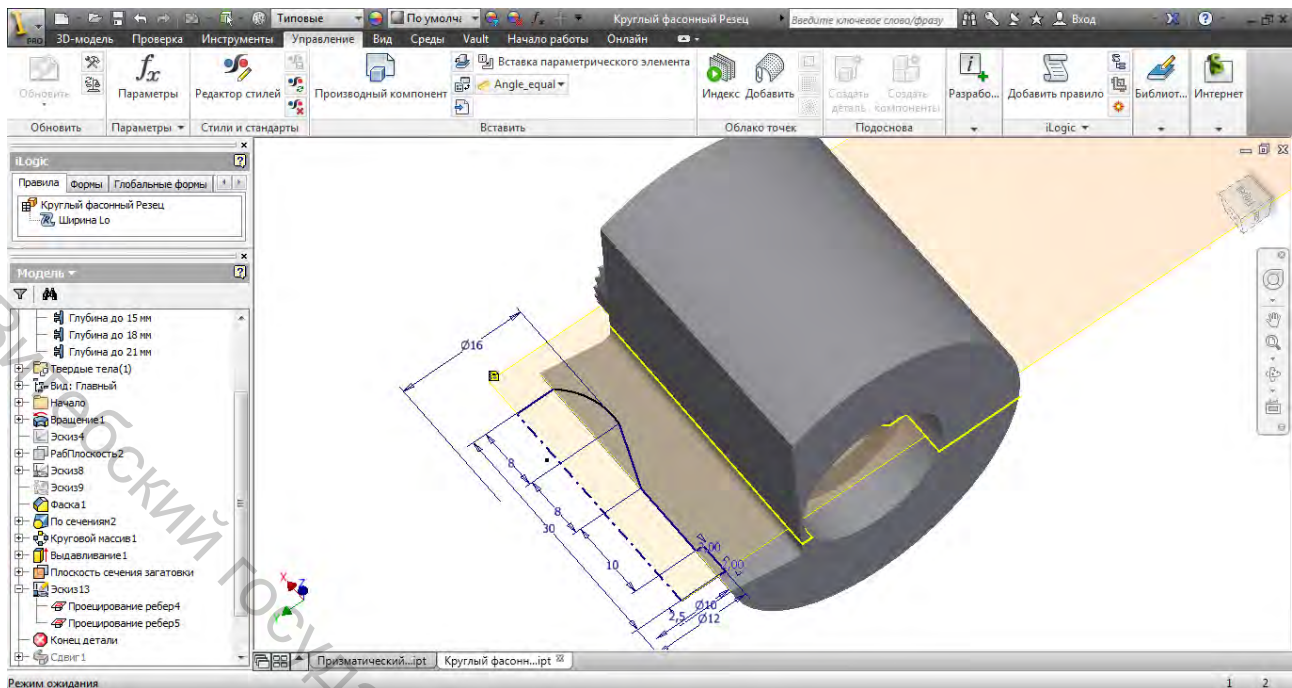


Рисунок 5.13 – Построение эскиза обрабатываемого профиля

На этом же эскизе выполняются все необходимые дополнительные режущие кромки резца, поднутрения и прочие конструктивные элементы.

Далее выполняется, в отличие от призматического резца, операция сдвиг (вычитание) по траектории наружного контура резца, получается профиль на резце, после чего проводится та же операция с дополнительными режущими кромками и поднутрениями (рис. 5.14).

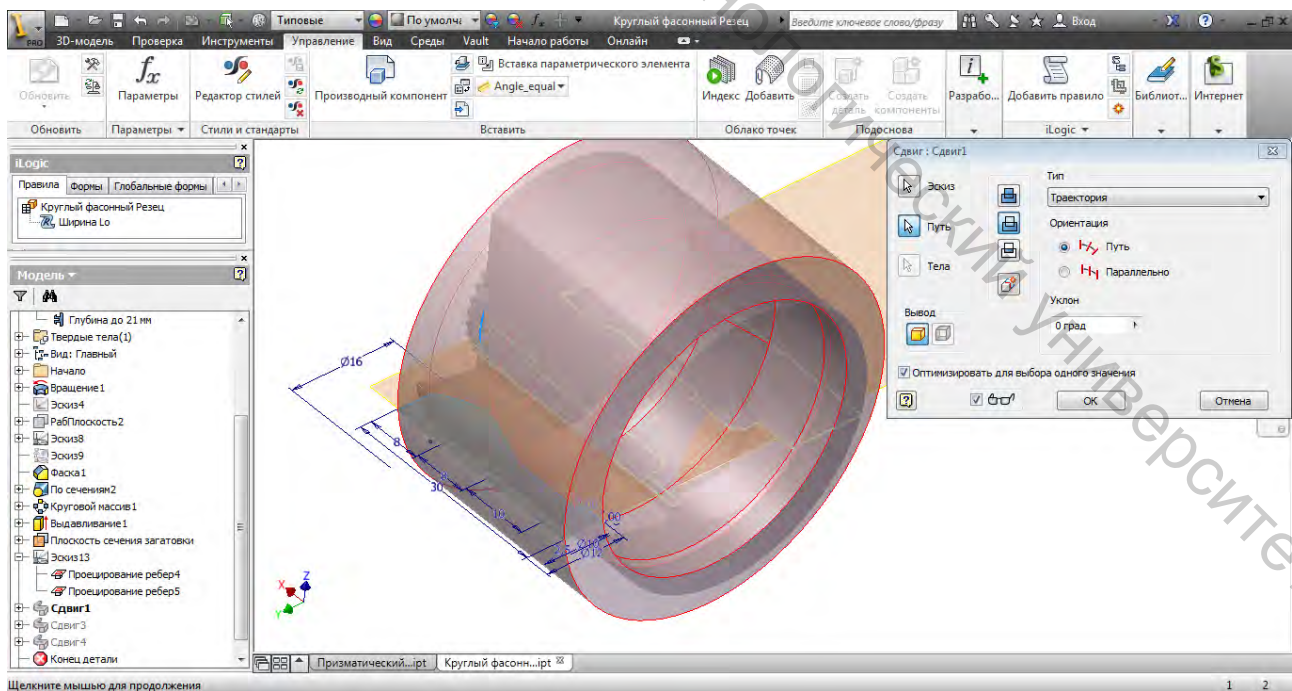


Рисунок 5.14 – Получение профиля резца

Затем выполняется операция вращения профиля заготовки вокруг своей оси, получая при этом деталь, что позволяет увидеть получившийся результат (рис. 5.15 и 5.16).

Так же как и для призматического резца, в среде Autodesk Inventor можно получить весь необходимый перечень конструкторской документации на резец и на деталь.

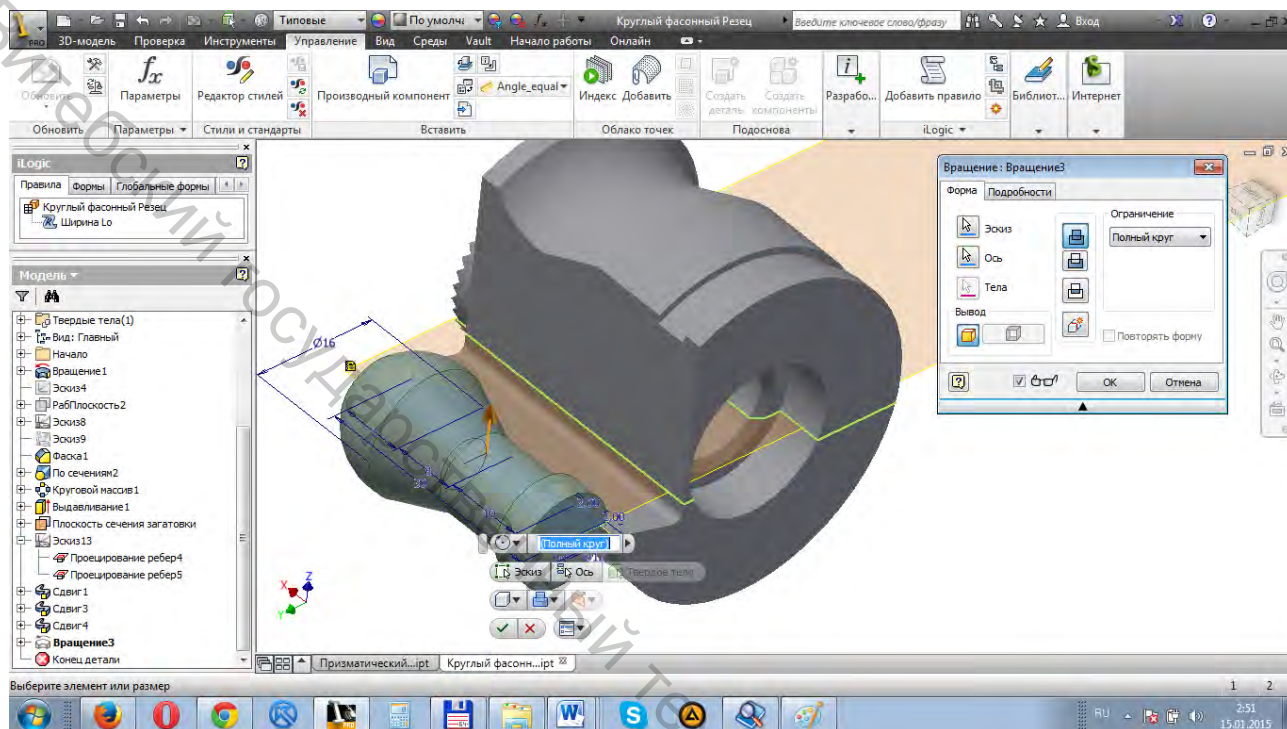


Рисунок 5.15 – Получение профиля детали

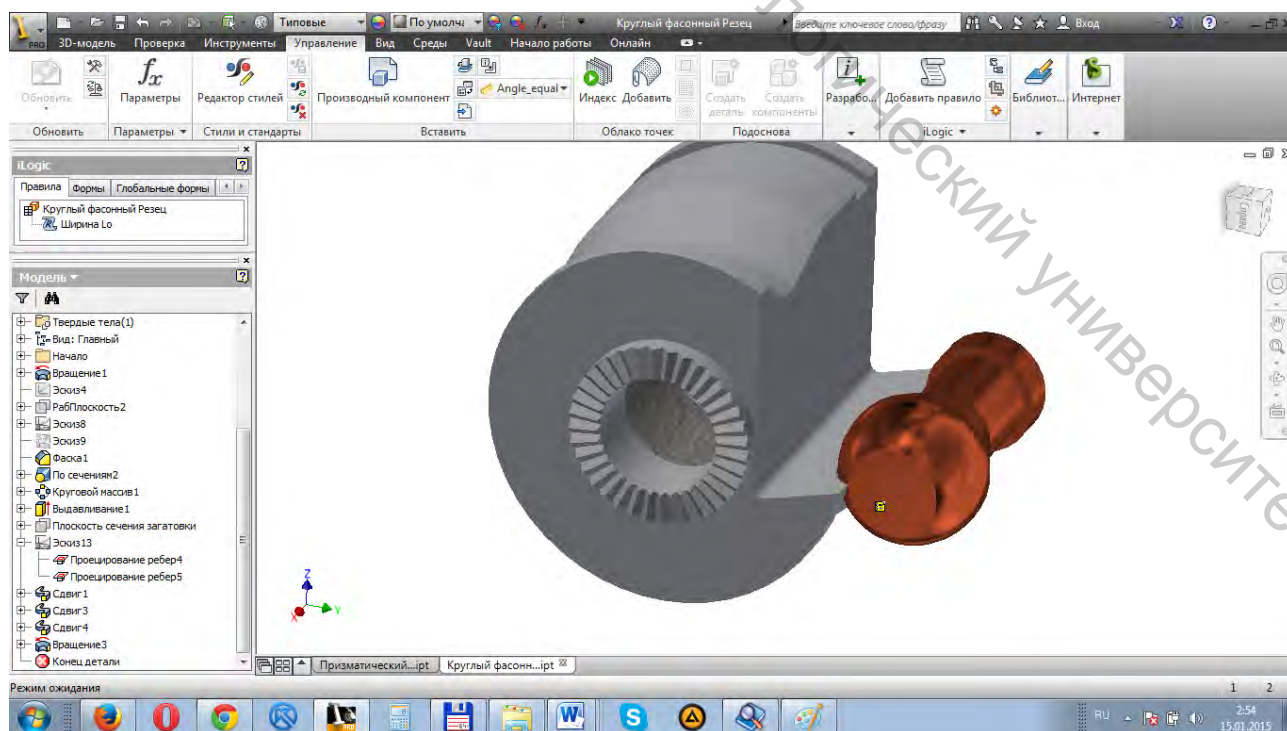
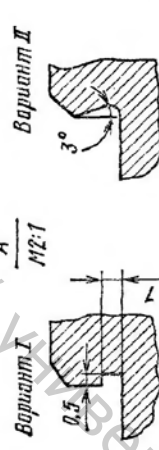


Рисунок 5.16 – Общий вид обработки

Профилирование фасонных резцов с использованием возможностей Autodesk Inventor существенно облегчает и ускоряет процесс проектирования фасонных резцов. При этом процесс создания становится очень наглядным и визуально понятным, что позволяет избежать существенных ошибок на стадии проектирования.

Список использованных источников

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1 / В. И. Анурьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1980. – 728 с.
2. Королёв, В. А. Справочник инструментальщика / В. А. Королёв [и др.]. – Минск : Беларусь, 1976. – 416 с.
3. Мягков, В. Д. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / В. Д. Мягков [и др.]. – 6-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982. – 543 с.
4. Нефедов, Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н. А. Нефедов, К. А. Осипов. – Москва : Машиностроение, 1984. – 400 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1985. – 656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Н. Малова. – 3-е изд. перераб. – Москва : Машиностроение, 1973. – 568 с.
7. Справочник металлиста. В 5 т. Т. 5 / под ред. А. Н. Малова. – Москва : Машиностроение, 1960. – 1184 с.
8. Сахаров, Г. Н. Металлорежущие инструменты / Г. Н. Сахаров [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1989. – 328 с.
9. Ящерицын, П. И. Основы резания металлов и режущий инструмент / П. И. Ящерицын [и др.]. – Минск : Выш. школа, 1981. – 560 с.
10. Ящерицын, П. И. Основы проектирования режущих инструментов с применением ЭВМ / П. И. Ящерицын [и др.]. – Минск : Высшая школа, 1979. – 304 с.
11. Шатин, В. П. Справочник конструктора-инструментальщика / В. П. Шатин, Ю. В. Шатин. – Москва : Машиностроение, 1975. – 456 с.
12. Иноземцев, Г. Г. Проектирование металлорежущих инструментов / Г. Г. Иноземцев. – Москва : Машиностроение, 1984. – 272 с.



1. Материал корпуса резца — сталь 40Х по ГОСТ 8443-71*.
2. Материал режущей части — быстрорежущая сталь Р18 или В9У по нормам гост 92563-73*.
3. Режущая часть резца производится методом напильниковой шлифовки.
4. Твердость режущей части $HRC_{\text{ср.}} = 66 HRC_{\text{ср.}}$, и не менее 41...46 HRC*.
5. Диаметр шлобана и контршпандан — стандарт другой марки для измерительного инструмента.
6. Твердость у шлобана и контршпандан — $62...65 HRC_{\text{ср.}}$.
7. Размеры контурных точек профиля резца получают порезными инструментами с отклонением до 0,001 мм.
8. Нормативные предельные отклонения по чертеж. ± 0,14 по ГОСТ 25347-82.
9. Маркировка: код (номер) обозначительной заготовки, марки стали резца, (номер) угла резца, твердость углов резца, твердый знак (двойное обозначение) (по ГОСТ Р 16-0-12* (V = 29° 0').

Изм. лист	№ докум.	Дата	Курсовая работа			
Выпол.	Полковник А. Б.	07.11.97	Различ. факультет гравиметрический			
Проб.	Подполковник А.	06.11.97				
Т. контр.			Число	Дата	Исполнит	
			4	23	7:1	
			Всего: 1			Поставил
						М.П.Т
						за
						М.П.С.А

Рисунок А.1 – Резец фасонный призматический [4, С. 148, рис. 37]

Учебное издание

ИНСТРУМЕНТ

Методические указания по выполнению курсового проекта

Составители:

Климентьев Андрей Леонидович
Гусаров Алексей Михайлович
Окунев Роман Владимирович

Редактор *Т. А. Осипова*

Корректор *Т. А. Осипова*

Компьютерная верстка *А. Л. Климентьев*

Подписано к печати 19.03.2020. Формат 60х90¹/₁₆. Усл. печ. листов 3,0.
Уч.-изд. листов 3,8. Тираж 30 экз. Заказ № 102.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.