



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Технологическое оборудование»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СЛОЖНОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.
КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ**

Пособие

**Минск
БНТУ
2025**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Технологическое оборудование»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЛОЖНОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА. КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ

Пособие

для обучающихся по специальностям
6-05-0714-02 «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»
и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2025

УДК 621.9.02.–025.13:004 (075.8)

ББК 34.634я7

П79

С о с т а в и т е л и:

А. В. Ажар, А. Д. Лапука

Р е ц е н з е н т ы:

директор ЗАО «Белробот» *В. Р. Фарино*;

заведующий кафедрой «Материаловедение и проектирование
технических систем» УО «Белорусский государственный
технологический университет», канд. техн. наук, доцент *Д. В. Куис*

Проектирование сложнорежущего инструмента. Компьютерные
П79 методы : пособие для обучающихся по специальностям 6-05-0714-02
«Технология машиностроения, металлорежущие станки и инстру-
менты» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машинострои-
тельного производства» / сост. : А. В. Ажар, А. Д. Лапука. – Мн. :
БНТУ, 2025. – 90 с.
ISBN 978-985-31-0145-4.

В пособии описаны методы проектирования сложнорежущих инструментов с фасонным профилем режущей кромки, в частности фасонных призматических и дисковых резцов, дисковых фрез для обработки винтовых поверхностей. Проведен анализ методов профилирования инструментов с фасонной режущей кромкой (графических, графоаналитических, аналитических). Указаны проблемы, возникающие при их использовании на этапах конструкторской и технологической подготовки производства инструментов. Представлена инновационная методика с использованием компьютерного 3D-моделирования, в программах с встроенными параметрическими функциями работы с векторной графикой, для определения профиля исходной инструментальной поверхности и на ее основе конструкции фасонного инструмента в целом. Приведены примеры апробации метода 3D-моделирования при проектировании, анализе и оптимизации конструкции фасонных призматических и дисковых резцов, дисковых фрез для обработки винтовых канавок режущих инструментов (спиральных сверл). Обозначены преимущества метода компьютерного моделирования, позволяющие эффективно адаптировать процесс создания сложнопрофильных специальных инструментов к условиям современного цифрового машиностроительного производства.

УДК 621.9.02.–025.13:004 (075.8)

ББК 34.634я7

ISBN 978-985-31-0145-4

© Белорусский национальный
технический университет, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФАСОННЫХ РЕЗЦАХ И ЭТАПЫ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	8
1.1. Классификация фасонных резцов	8
1.2. Исходные данные и этапы проектирования фасонных резцов.....	13
2. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЗМАТИЧЕСКОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ	14
2.1. Создание твердотельной модели обрабатываемой детали.....	14
2.2. Определение геометрических и конструктивных параметров призматического фасонного резца	18
2.2.1. <i>Определение углов режущей части фасонного резца.....</i>	18
2.2.2. <i>Определение габаритных и присоединительных размеров призматического фасонного резца</i>	20
2.3. Моделирование призматического фасонного резца.....	22
2.4. Контроль профиля призматического фасонного резца.....	29
2.5. Анализ геометрии призматического фасонного резца.....	35
3. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРУГЛОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ.....	37
3.1. Определение геометрических и конструктивных параметров круглого фасонного резца	37
3.1.1. <i>Определение геометрических параметров (углов заточки) круглого фасонного резца.....</i>	37
3.1.2. <i>Определение габаритных и присоединительных размеров круглого фасонного резца.....</i>	38
3.2. Моделирование круглого фасонного резца.....	41
3.3. Контроль профиля круглого фасонного резца.....	62

3.4. Создание рабочего (проекционного) 2D-чертежа круглого фасонного резца.....	67
3.5. Анализ геометрии круглого фасонного резца	70
4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКОВОЙ ФАСОННОЙ ФРЕЗЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВИНТОВОЙ КАНАВКИ СВЕРЛА	71
4.1. Построение исходного профиля стружечной винтовой канавки сверла	71
4.2. Построение 3D-модели дисковой фасонной фрезы	75
ЛИТЕРАТУРА	82
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	84
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	89

ВВЕДЕНИЕ

На этапах конструкторской и технологической подготовки производства сложнопрофильных цельных и составных фасонных режущих инструментов возникает ряд проблем, связанных с профилированием режущей части. Для решения данных задач применяются как графические методы построения профиля, так и аналитические, которые имеют ряд недостатков. Наиболее продуктивно решение задач профилирования режущей части инструмента, анализа операций механической обработки режущей части и процесса формообразования обеспечивает компьютерное 3D-моделирование (рис. В1).

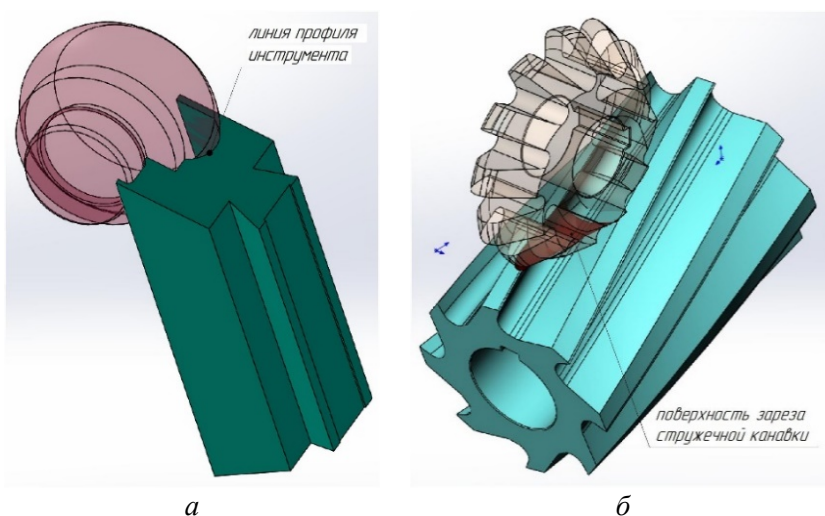


Рис. В1. Моделирование конструкций инструментов и условий формообразования:
а – точение фасонным призматическим резцом; б – фрезерование винтовых
стружечных канавок фасонной дисковой фрезой

При проектировании фасонных инструментов, работающих методом копирования, таких как фасонные резцы, дисковые фрезы, встает задача определения профиля исходной инструментальной поверхности и на ее основе оптимальной геометрии инструмента. Также необходимо решать обратную задачу определения профиля обрабатываемой поверхности известным инструментом при извест-

ной схеме формообразования, в частности, при анализе возможности и точности обработки выбранным инструментом винтовых и затылованных поверхностей.

Т. к. задний угол инструмента $\alpha > 0^\circ$, а в ряде случаев и передний угол γ отличен от нуля, размеры и форма профиля изделия и инструмента не совпадают, что приводит к необходимости проведения коррекционных расчетов профиля фасонных резцов и фрез. Разновысотное и разнонаправленное расположение участков фасонной поверхности детали приводит к тому, что углы γ и α носят переменный характер вдоль профиля инструмента, что существенно влияет на правильный выбор его конструктивных параметров, обеспечивающих оптимальные или удовлетворительные условия формообразования и резания. Подобные задачи традиционно решаются достаточно трудоемкими математическими методами анализа особенностей конструкции инструмента, условий контакта и срезания припуска в процессе резания. Данные методы слабо формализованы из-за большого разнообразия конструкций инструментов и задач, решаемых ими.

Использование современных средств компьютерного моделирования позволяет решить широкий круг задач анализа конструкции будущего инструмента достаточно универсальными и простыми в освоении средствами, позволяющими в кратчайшие сроки изменить не только конструкцию объекта моделирования, но и весь цикл подготовки, организации и изготовления инструмента.

Общий подход к моделированию фасонных инструментов, работающих методом копирования, следующий: находится исходное сечение обрабатываемой детали, определяющее координаты точки профиля инструмента, и с помощью средств 3D-моделирования создается тело инструмента, направленное в соответствии с его геометрией. В результате получается совершенно точная исходная инструментальная поверхность, которая будет обеспечивать точную обработку.

Современные CAD-системы, такие как T-Flex CAD, КОМПАС 3D, SolidWorks, позволяют эффективно решать данные задачи конструкторско-технологической подготовки современного цифрового инструментального производства, а также позволяют в значительной мере автоматизировать процесс проектирования режущих инструментов без разработки сложных программ, используя встроенные параметрические функции работы с векторной графикой.

Кроме визуализации всего процесса метод 3D-проектирования позволяет:

- с необходимой для производства точностью определять параметры профиля и геометрии фасонного инструмента;

- решать обратную задачу по определению точности обработки смоделированным инструментом для различных схем формообразования;

- на основе разработанных создавать другие унифицированные 3D-модели инструментов или использовать их в более сложных цифровых сборках, входящих в состав комплексных систем СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь);

- анализировать геометрию будущего инструмента на основе цифровой модели и давать рекомендации по ее усовершенствованию;

- проводить анализ кинематики резания и снимаемого припуска;

- создавать на базе модели рабочих чертежей фасонного инструмента и комплекта технологической документации при помощи САПР технологических процессов типа ВЕРТИКАЛЬ компании АСКОН, TECHCARD ОДО «ИНТЕРМЕХ»;

- с использованием САМ модулей современных САПР генерировать управляющие программы для станков с ЧПУ, предварительно обрабатывающих сложный профиль будущих инструментов и осуществляющих шлифовально-заточные операции окончательно изготовленного инструмента;

- путем импорта модели в пакеты конечно-элементного расчета (системы CAE типа ANSYS, NASNRAN, приложения для инженерного анализа, встроенные в САПР более низкого уровня) осуществлять анализ прочностных, вибрационных и тепловых характеристик инструмента, инструментальных систем и процесса резания в условиях, приближенных к реальным.

Для написания пособия были использованы различные литературные источники: «Металлорежущие инструменты» (Е. Э. Фельдштейн, А. А. Корниевич) и «Режущий инструмент. Курсовое проектирование» Фельдштейна Е. Э., «Компьютерное моделирование сложнопрофильного инструмента» и «Имитационное моделирование специального режущего инструмента» Ажара А. В. и др.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФАСОННЫХ РЕЗЦАХ И ЭТАПЫ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Классификация фасонных резцов

Фасонные резцы применяются для обработки наружных и внутренних фасонных поверхностей вращения на станках токарной группы (автоматах, полуавтоматах и revolverных станках) и резе на строгальных или долбежных станках в условиях мелкосерийного, серийного и массового производства.

Как правило, они являются специальными инструментами, предназначенными для обработки одной детали.

По сравнению с обработкой универсальными резцами они обеспечивают более высокую производительность и точность формы детали при низкой квалификации рабочего.

Фасонные резцы обеспечивают строгую идентичность формы и необходимую точность обработанных деталей, большое количество переточек, высокие общую и размерную стойкость, высокую производительность из-за возможности совмещения предварительной и окончательной обработки, простоту установки и наладки на станке, что делает их незаменимыми в автоматизированном производстве, особенно на токарных автоматах.

Фасонный резец представляет собой инструмент, работающий по методу копирования. Профиль режущей кромки резца соответствует профилю поверхности детали. В процессе обработки заготовка вращается, а резец совершает движение подачи в радиальном, осевом или тангенциальном направлениях (рис. 1.1).

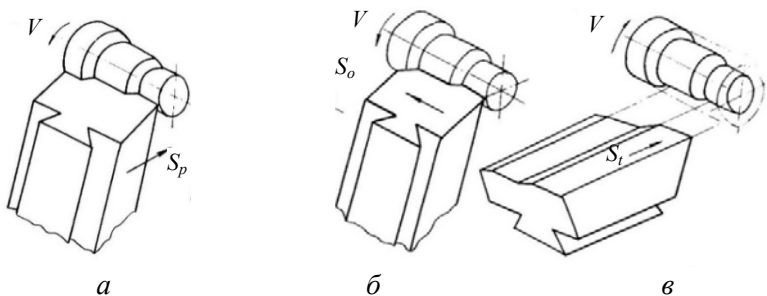


Рис. 1.1. Классификация фасонных резцов по направлению подачи:
а – радиальные; б – осевые; в – тангенциальные

Фасонные резцы подразделяются по форме на *призматические* (рис. 1.2, а), *круглые* (рис. 1.2, б) и *стержневые* (рис. 1.2, в), а по принципу работы – на *радиальные*, у которых подача направлена по радиусу детали (рис. 1.1 а, 1.2, а–в), *тангенциальные*, у которых подача направлена по касательной к окружности детали (рис. 1.1 в, 1.2, г), и *осевые*, у которых подача направлена параллельно оси детали (рис. 1.1, б).

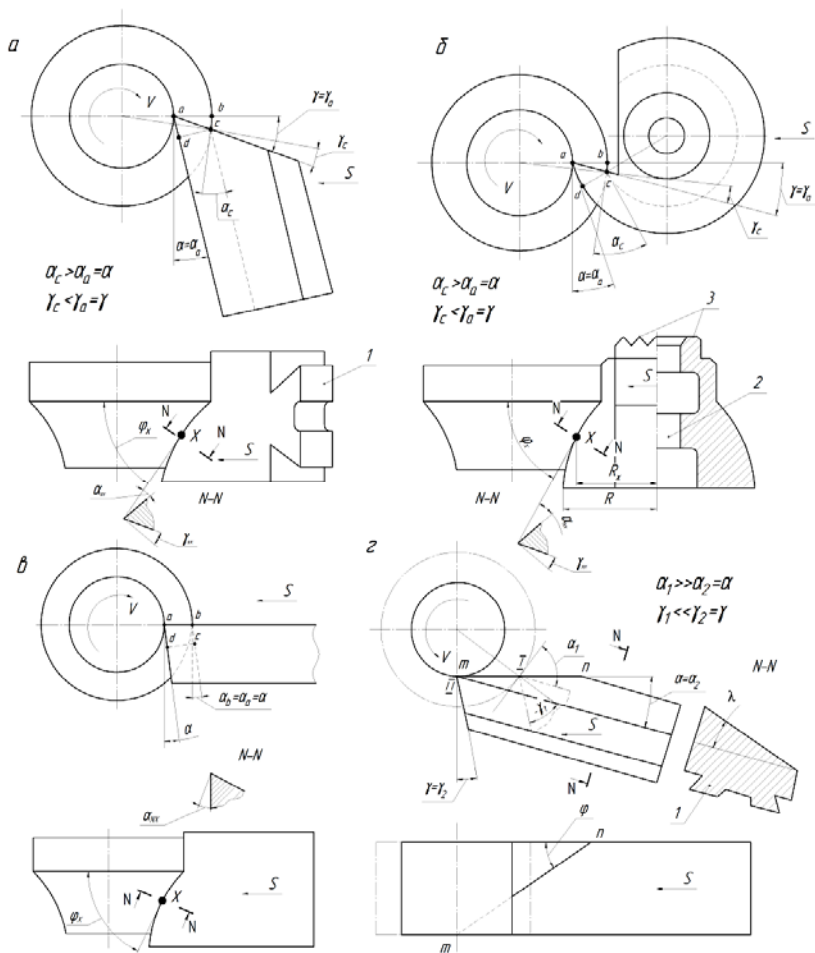


Рис. 1.2. Типы фасонных резцов:
а – призматический; б – круглый; в – стержневой; г – тангенциальный

Фасонной поверхностью у таких резцов является задняя, а передняя поверхность – плоскость, по которой производят переточку. Задний угол резцов, кроме стержневых, обеспечивается за счет установки резца, а передний – путем заточки (рис. 1.2). Крепятся резцы в специальных державках: призматические и тангенциальные за «ласточкин хвост», а круглые отверстием 2 насаживаются на оправку и от проворота предохраняются рифлениями 3; стержневые резцы закрепляются так же, как и токарные резцы общего назначения.

Наибольшее распространение получили круглые фасонные резцы, так как они проще в изготовлении и обеспечивают большее количество переточек при тех же габаритах, что и призматические. Кроме того, круглыми резцами можно обрабатывать внутренние фасонные поверхности, при этом диаметр резца принимается равным 0,4–0,5 диаметра отверстия.

Призматические резцы в сборе с державкой жестче, что позволяет работать с большими подачами или вести обработку более длинных профилей. Точность обработки призматическими резцами выше, чем круглыми.

Наибольшая точность формы достигается тангенциальными фасонными резцами, так как диаметральные размеры детали зависят от точности установки резца относительно центра детали, тогда как при работе радиальными резцами – от своевременного отключения подачи. Кроме того, режущая кромка *mn* резца скошена (передняя поверхность срезана) под углом $\varphi = 45\text{--}75^\circ$, т. е. наклонена к оси детали под углом $90^\circ - \varphi$ (рис. 1.2, з). Это весьма существенно меняет условия резания, так как обработка происходит не одновременно по всему профилю, а постепенно, по мере того как в соприкосновение с деталью вступают все новые точки режущей кромки. Как следствие, длина одновременно режущей кромки небольшая, меньше силы резания, что позволяет вести безвибрационную обработку более длинных и менее жестких профилей. Однако производительность обработки тангенциальными резцами ниже, чем радиальными. Длина пути резания радиальными резцами приблизительно равна глубине профиля детали, а при работе тангенциальными она имеет значительно большую длину и составляет перемещение резца от соприкосновения точки *m* с заготовкой до прохода точки *n* через вертикальную ось детали, т. е. когда точка *n* окажется на мес-

те m (рис. 1.2, z). Дополнительным недостатком тангенциальных фасонных резцов является сильное изменение передних и задних углов в процессе работы: α_1 намного больше $\alpha_2 = \alpha$, а γ_1 намного меньше $\gamma_2 = \gamma$, где 1 – положение резца в начале работы точки m режущей кромки, а 2 – положение резца при выходе точки m из работы.

В направлении подачи передний и задний углы радиальных фасонных резцов тоже переменны (но в меньшей степени), зависят от расстояния точки режущей кромки резца до центра детали (рис. 1.2, a , b).

Глубина профиля любой фасонной поверхности задается в нормальном направлении. Для детали – это отрезок ab (см. рис. 1.2), а для резца – cd . Несоответствие глубины профиля резца глубине профиля детали, как видно из рис. 1.2, вызвано наличием у резца переднего γ и заднего α углов. Поэтому профиль фасонного резца определяют специальными коррекционными расчетами, целью которых является получение координат точек профиля резца. Расчеты можно выполнить вручную, решая эту задачу как геометрическую, или на ЭВМ.

Призматический фасонный резец представляет собой призму, одна из боковых граней которой – фасонная поверхность, а один из торцов – передняя поверхность (рис. 1.3, a). Задние углы на фасонной режущей кромке такого резца обеспечиваются при его наклонной установке в державке. Для базирования и закрепления резцы имеют хвостовик типа «ласточкин хвост», а для регулирования по высоте – винт со стороны опорного торца.

Дисковый фасонный резец – это тело вращения с вырезанным угловым пазом для создания передней поверхности и пространства для размещения стружки (рис. 1.3, b). Резец крепится на оправке, ось которой располагают выше оси детали, благодаря чему на фасонной режущей кромке создаются положительные задние углы. Дисковые резцы просты в изготовлении, допускают большое количество переточек, но крепятся менее жестко, чем призматические резцы, и обрабатывают профили меньшей глубины. Регулирование вершины резца на высоту h первоначально производится поворотом резца относительно зубчатого сектора с помощью рифлений ($z = 34$) в разжатом состоянии, а окончательно – винтом с червячной нарезкой уже в зажатом состоянии.

Стержневые подобны обычным токарным резцам, но имеют фасонную режущую кромку, соответствующую форме поверхности детали (рис. 1.3, в). Такие резцы допускают малое количество переточек и используются в единичном и мелкосерийном производстве, закрепляются они в суппорте как обычные резцы.

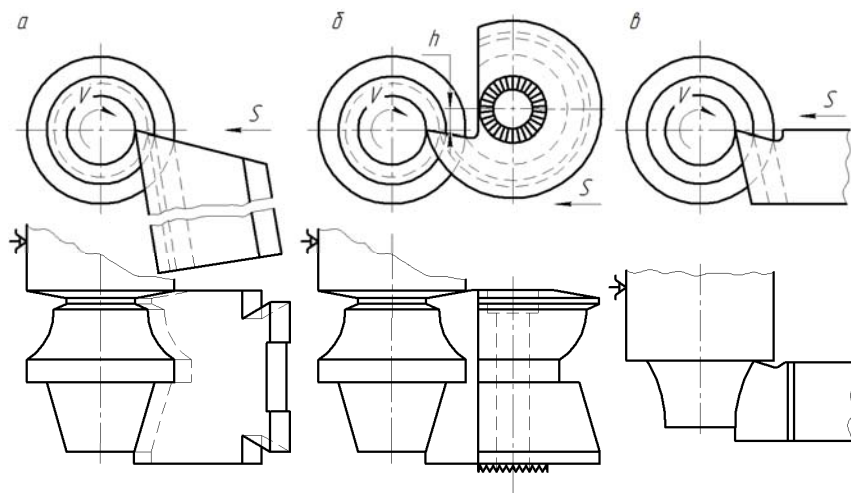


Рис. 1.3. Классификация фасонных резцов по конструктивным признакам:
а – призматические; б – дисковые круглые; в – стержневые

Примеры конструктивных исполнений круглых цельных и составных фасонных резцов представлены на рис. 1.4 и рис. 1.5.

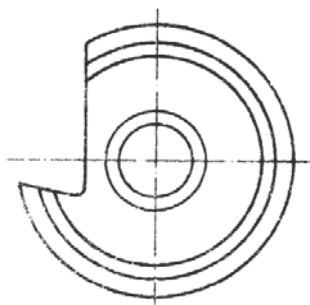


Рис. 1.4. Круглый фасонный резец
(цельное исполнение)

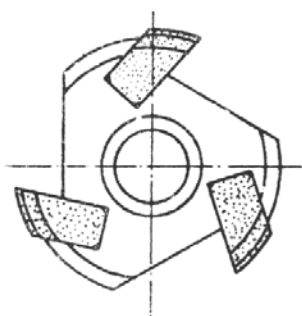


Рис. 1.5. Трехзубый фасонный резец
с напайными пластинками твердого
сплава (составное исполнение)

1.2. Исходные данные и этапы проектирования фасонных резцов

Исходные данные для проектирования:

- 1) чертеж или цифровая модель детали;
- 2) материал детали и его физико-механические свойства;
- 3) описание маршрута (содержание операции, технологическое оборудование, техническое оснащение и т. д.) изготовления детали.

Проектирование фасонного резца независимо от конструкции и применяемого метода состоит из следующих основных этапов:

- 1) подготовка чертежа детали к расчету фасонного резца;
- 2) выбор типа резца;
- 3) определение углов режущей части и углов установки резца;
- 4) определение габаритных и присоединительных размеров резца;
- 5) расчет размеров профиля резца (коррекционный расчет резца);
- 6) расчет допусков на размеры профиля, углы заточки и установки резца;
- 7) оформление рабочего чертежа резца;
- 8) проектирование шаблона для контроля профиля резца при его изготовлении и контршаблона для проверки шаблона;
- 9) проектирование державки для крепления резца на станке.

2. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЗМАТИЧЕСКОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ

2.1. Создание твердотельной модели обрабатываемой детали

Для определения профиля резца компьютерным методом надо задать расчетные или теоретические размеры детали, как при традиционном проектировании. Для того чтобы при обработке детали каждый размер можно было получить внутри своего поля допуска, за расчетные размеры детали принимаются ее средние размеры с учетом верхнего и нижнего отклонения (поля допуска).

Если размер на чертеже стоит без допуска, то он принимается по 10–11 качеству точности. Обычно продольные размеры и радиусы принимаются с отклонениями « $\pm$ » (рис. 2.1), поэтому за расчетные размеры могут быть приняты их номиналы.

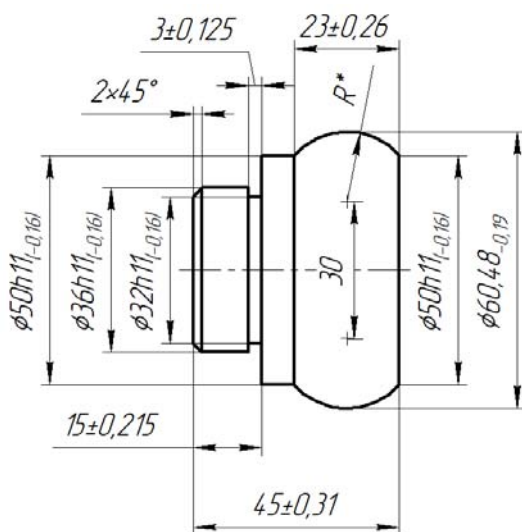


Рис. 2.1. Подготовка чертежа детали к расчету

На основании полученных расчетных значений необходимо создать твердотельную модель обрабатываемой детали.

Для этого задается плоскость из меню «Дерево конструирования» (Спереди, Сверху, Справа) на выбор, на которой будет создан эскиз детали (рис. 2.2).

Необходимо нажать на кнопку  (Построение эскиза) под основным меню и выбрать кнопку (Осевая линия) . Проводится осевая линия эскиза детали. Затем нажатием на кнопку (Линия)  создается сам эскиз детали, необходимые размеры расставляются при помощи кнопки  (Размеры) и параметров взаимосвязи линий профиля детали (рис. 2.2).

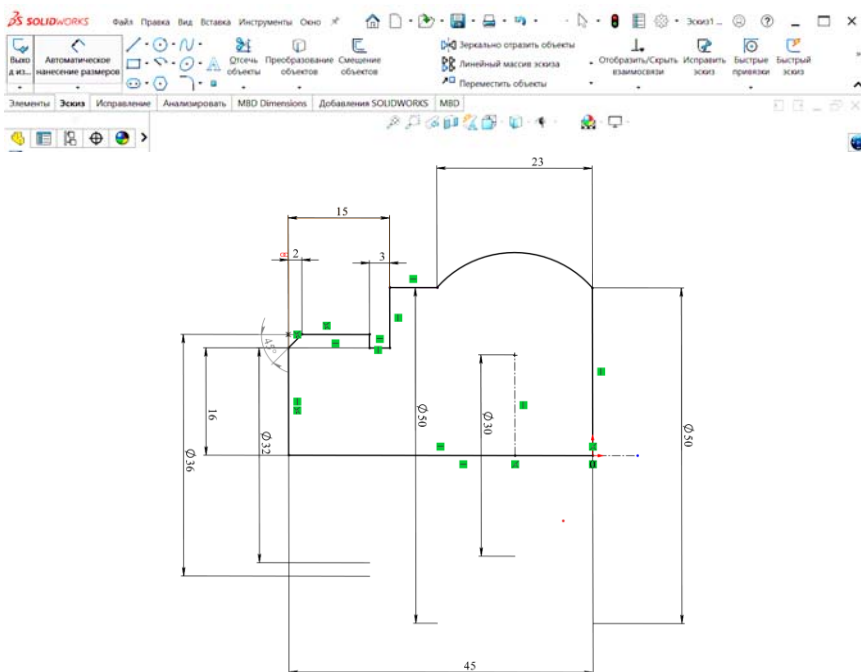
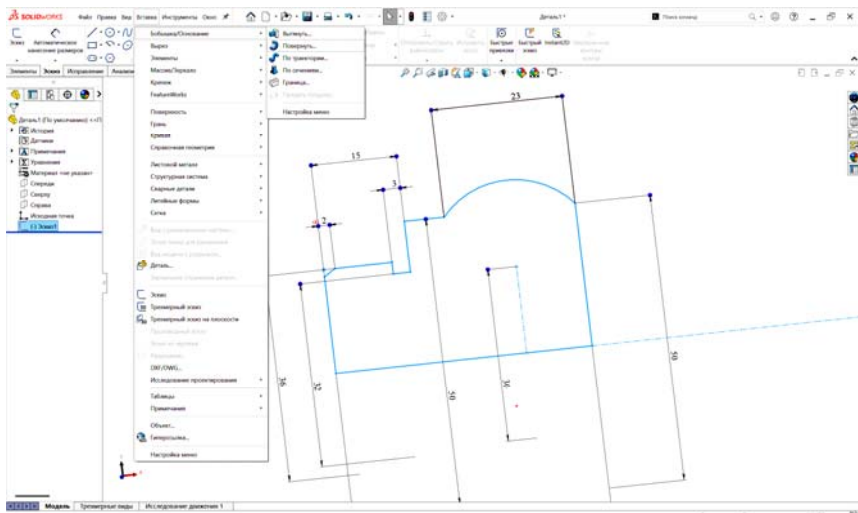
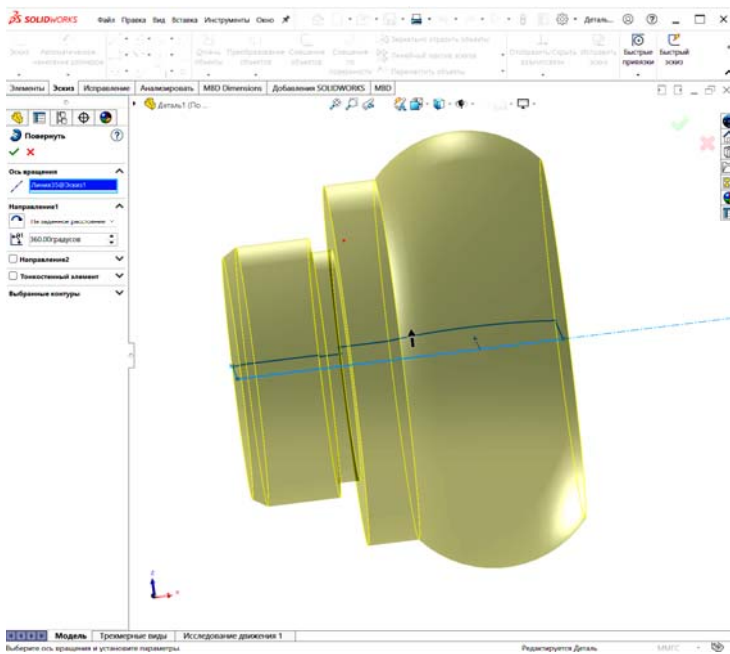


Рис. 2.2. Построение эскиза обрабатываемой детали в выбранной плоскости (спереди)

Для создания твердотельной модели детали необходимо повернуть созданный замкнутый эскиз относительно осевой линии. Для этого выделяется эскиз нажатием на . Затем на вкладке «Вставка» выбирается «Бобышка/Основание» → «Повернуть» (рис. 2.3, а). В режиме предпросмотра будущая модель выглядит так, как на рис. 2.3, б.



a



б

Рис. 2.3. Порядок создания твердотельной модели детали

Если эскиз состоит из отдельных замкнутых контуров, то выделяется каждый участок по отдельности (рис. 2.4).

Эскиз не должен быть самопересекающийся, иначе построение твердотельной модели *невозможно*.

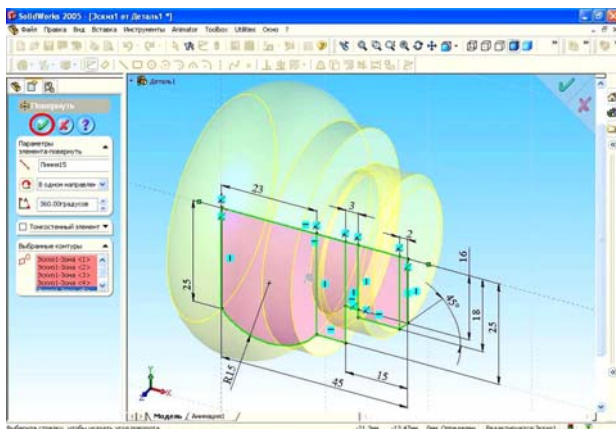


Рис. 2.4. Образование твердотельной модели детали

По окончании выделения всех участков необходимо нажать на  (рис. 2.4). В результате получена твердотельная модель детали (рис. 2.5).

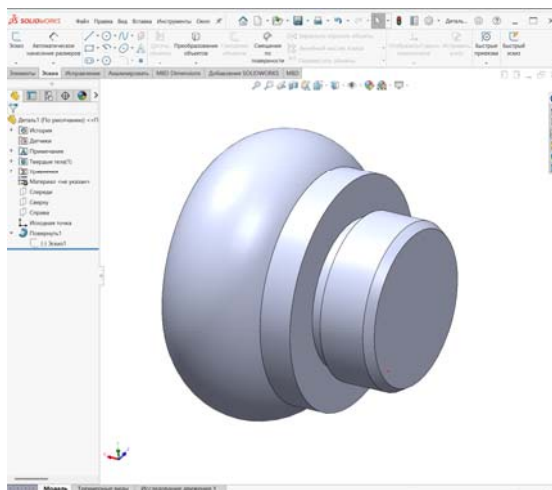


Рис. 2.5. Твердотельная модель детали

После создания твердотельной модели детали необходимо провести через ее тело секущую плоскость под углом, который равен переднему углу заточки резца. Образующая профиля детали в этой секущей плоскости представляет собой образующую профиля инструмента. Используя этот профиль, можно создать твердотельную модель фасонного призматического резца путем выдавливания вдоль линии, расположенной под углом равным заднему углу заточки резца.

2.2. Определение геометрических и конструктивных параметров призматического фасонного резца

2.2.1. Определение углов режущей части фасонного резца

Углы резца γ и α задаются в наиболее выступающей (базовой) точке, устанавливаемой у резцов радиального типа на высоте оси детали, в сечении плоскостью, перпендикулярной базе крепления резца. У резца с боковым наклоном корпуса ($\alpha \neq 0$) эти углы задаются в сечении, перпендикулярном оси обрабатываемой детали. По рекомендациям принимают следующие величины передних углов фасонных резцов (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Передние углы фасонных резцов

Обрабатываемый материал	Механические свойства				Передний угол, град.
	σ_B , МПа		HB		
	свыше	до	свыше	до	
Медь, алюминий	—	—	—	—	20–25
Сталь		500		150	25
Сталь	500	800	150	235	20–25
Сталь	800	1000	235	290	12–20
Сталь	1000	1200	290	350	8–12
Бронза, свинцовая латунь	—	—	—	—	0–5
Чугун	—	—	—	150	15
Чугун	—	—	150	200	12
Чугун	—	—	200	250	8

Задний угол призматических резцов можно делать больше, чем у круглых. Обычно $\alpha = 8\text{--}12^\circ$ для круглых и $10\text{--}15^\circ$ для призматических резцов. Следует иметь в виду, что задние углы переменны в разных точках кромки. В сечении, нормальном к проекции режущей кромки на основную плоскость, они могут быть на некоторых участках намного меньше номинального значения. Поэтому необходимо производить проверку минимальной величины заднего угла по формуле (2.1):

$$\operatorname{tg}\alpha_N = \frac{D}{D_x} \operatorname{tg}\alpha_T \sin \varphi, \quad (2.1)$$

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 круглых резцов);

$$\text{Для призматических резцов } \frac{D}{D_x} = 1.$$

Угол α_N не должен быть меньше 3° .

Одной из проблем при проектировании фасонных резцов является неодинаковая геометрия режущей части инструмента на разных участках профиля, что может привести к отсутствию нормальных задних углов на лезвиях, ведущих обработку, расположенных по нормали к оси детали (торцовые участки) или под углом близким к 90° .

Для создания нормальных задних углов $\alpha > 3^\circ$ существует несколько способов: разворот базы резца, боковой наклон корпуса, создание винтовой задней поверхности у дисковых резцов, а при обработке закрытых областей делается выточка в виде фаски толщиной до 1 мм или вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 3\text{--}4^\circ$.

В случае проектирования резца с углом $\lambda \neq 0$, угол бокового наклона передней поверхности λ_0 рассчитывается в зависимости от выбранного положения базовой линии (участка лезвия, устанавливаемого по высоте оси детали) по формуле (2.2):

$$\operatorname{tg} \lambda_0 = \operatorname{tg} \sigma \sin \gamma, \quad (2.2)$$

где σ – угол между базовой линией и осью детали.

Формула пригодна лишь для резцов обычной установки.

2.2.2. Определение габаритных и присоединительных размеров призматического фасонного резца

Габаритные и присоединительные размеры призматических фасонных резцов представлены в табл. 2.2 и на рис. 2.7.

Так как фасонные резцы кроме обработки заданного профиля снимают также фаску с торца детали и прорезают канавку для определения работы отрезного резца, необходимы дополнительные лезвия (рис. 2.6). Диаметр канавки не должен быть меньше наименьшего диаметра детали $D_{\min}$. Угол в плане отрезного лезвия $\varphi = 15^\circ - 20^\circ$.

Длина профиля резца определяется в зависимости от размеров профиля детали с учетом дополнительных лезвий и округляется в большую сторону в соответствии с нормальным рядом стандартных размеров по ГОСТ 6636-69.

При ширине $L > 2,5A$, допускается применение хвостовиков большего размера из табл. 2.2.

Таблица 2.2

Размеры призматических фасонных резцов, (мм)

Глубина профиля изделия, $t_{\max}$	Размеры резца						Размер M при разных диаметрах ролика d			
	B	H	$E_{-0,03}$	A	F	r	$d^{\pm 0,005}$	$M^{\pm 0,05}$	$d^{\pm 0,005}$	$M^{\pm 0,05}$
до 4	13	75	4	15	7	0,5	3	18,577	4	21,31
до 6	20	75	6	20	10	0,5	4	24,000	6	29,46
до 10	25	75	6	25	15	0,5	4	29,000	6	34,46
до 14	35	90	10	30	20	1	6	34,846	10	45,77
до 20	45	90	10	40	25	1	6	44,846	10	55,77
до 28	60	100	15	60	40	1	8	64,536	15	83,66

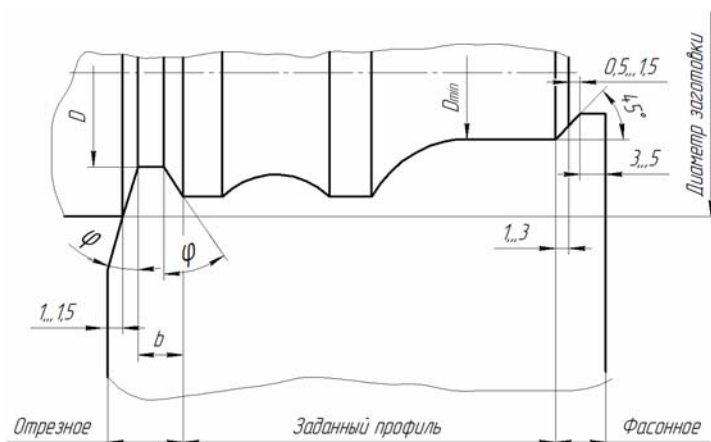


Рис. 2.6. Дополнительные лезвия фасонного резца

При отсутствии роликов с диаметрами d , приведенными в табл. 2.2, пользуются имеющимися роликами, размер M при этом рассчитывается по формуле (2.3):

$$M = A + d \left(1 + \operatorname{ctg} \frac{\lambda}{2} \right) - 2E \operatorname{ctg} \lambda, \quad (2.3)$$

где $\lambda = 60^\circ$.

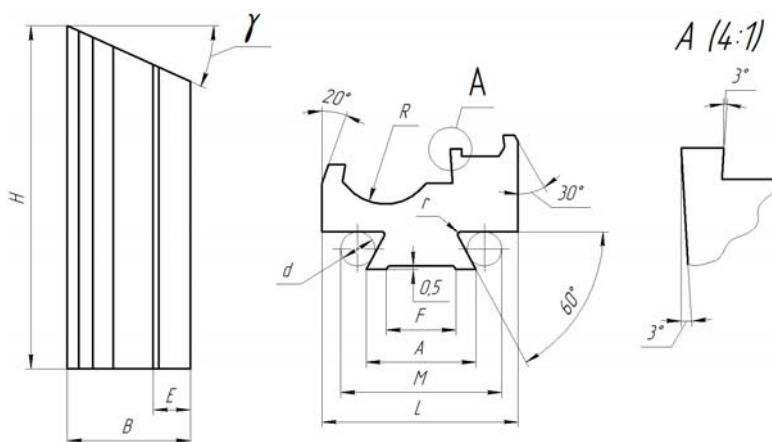


Рис. 2.7. Габаритные и присоединительные размеры призматических фасонных резцов

2.3. Моделирование призматического фасонного резца

Для проектируемого призматического фасонного резца выбирается значение переднего угла в зависимости от обрабатываемого материала из табл. 2.1 и значение заднего угла из диапазона $\alpha = 10\text{--}15^\circ$.

Для построения модели призматического фасонного резца на модели детали выбирается грань с минимальным радиусом и на ней задается плоскость для будущего эскиза. Располагается выбранная плоскость перпендикулярно взгляду, при помощи нажатия на кнопку (Стандартные виды)  (рис. 2.8).

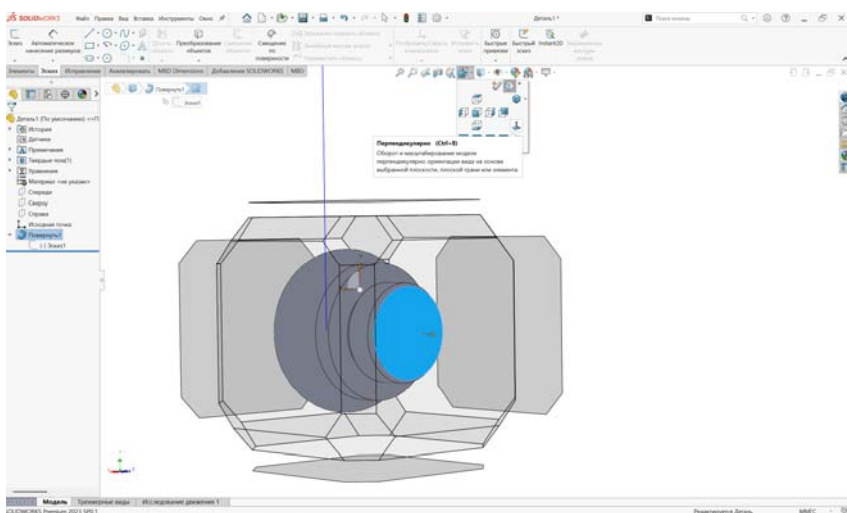


Рис. 2.8. Размещение плоскости с минимальным радиусом детали перпендикулярно взгляду

На этой плоскости создается эскиз с секущей линией, проходящей через базовую точку детали под передним углом заточки резца относительно выбранной оси (рис. 2.9).

По секущей линии разрезается деталь с удалением верхней части. Для этого выбирается вкладка «Вставка» → «Вырез» → «Вытянуть». При необходимости ставится галочка в квадрате (Переставить сторону для выреза). При необходимости нажатием на  подтверждаются действия (рис. 2.10).

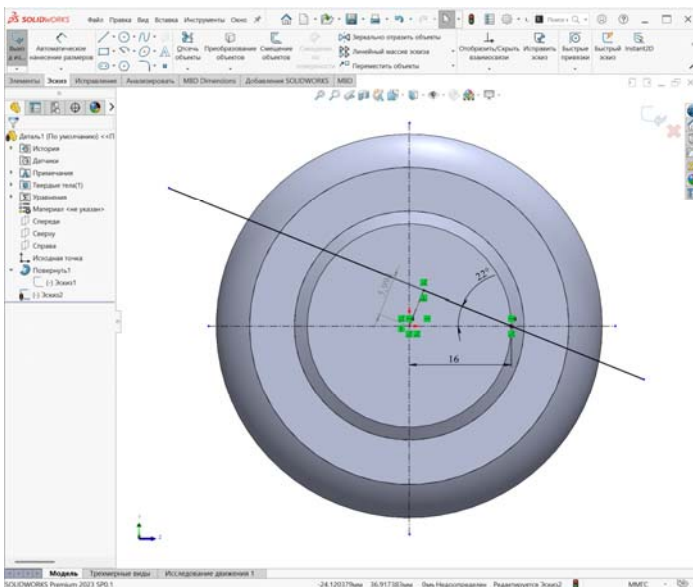


Рис. 2.9. Эскиз с секущей линией ($\gamma = 22^\circ$)

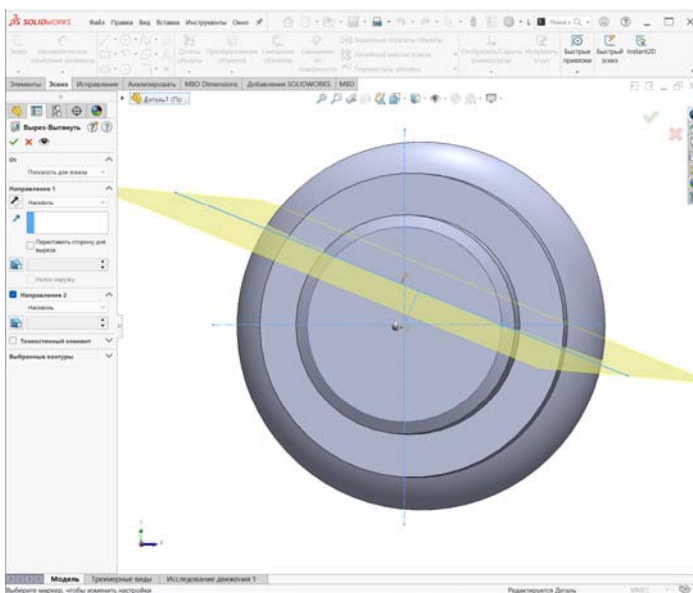
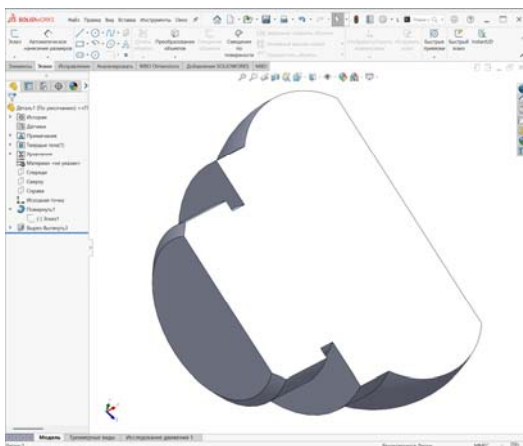
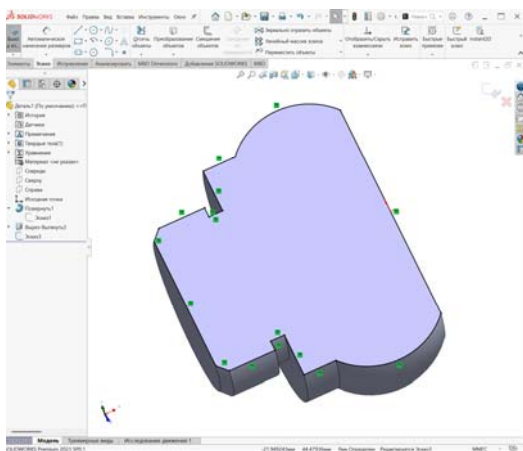


Рис. 2.10. Вырез по секущей линии

Создается эскиз на полученном разрезе, чтобы скопировать на него профиль детали, соответствующий профилю резца (рис. 2.11, *а*). Для этого, находясь в плоскости эскиза, кнопкой мыши выбирается целиком полученный разрез. Выбирается кнопка (Преобразование объектов)  для выделения контура будущего профиля резца. Выделяется и копируется полученный контур (рис. 2.11, *б*).



а



б

Рис. 2.11. Формирование профиля резца по контуру детали в секущей плоскости:
а – сечение детали вдоль передней поверхности резца; *б* – выделение контура детали
с целью копирование на эскиз резца

Создается новая деталь, нажатием на кнопку (Создать)  выбирается «Деталь» и «ОК» (рис. 2.12).

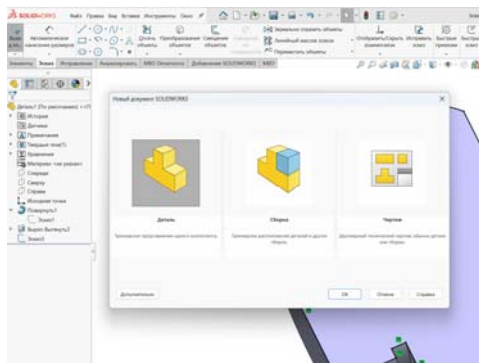


Рис. 2.12. Создание модели детали «Фасонный резец»

Выбирается плоскость, на которой будет создан эскиз профиля резца, и располагается перпендикулярно взгляду нажатием на кнопку (Стандартные виды) . Далее создается эскиз корпуса призматического фасонного резца с соединительной частью в виде «ласточкиного хвоста» (рис. 2.13) с профилем и размерами в соответствии с данными табл. 2.2 и рис. 2.7.

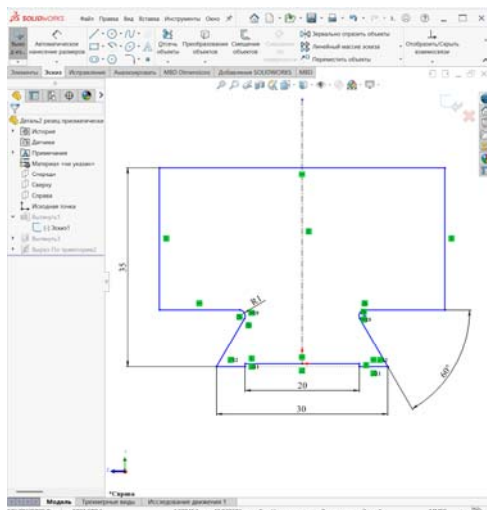


Рис. 2.13. Эскиз резца

По эскизу резца создается его твердотельная модель (рис. 2.14).

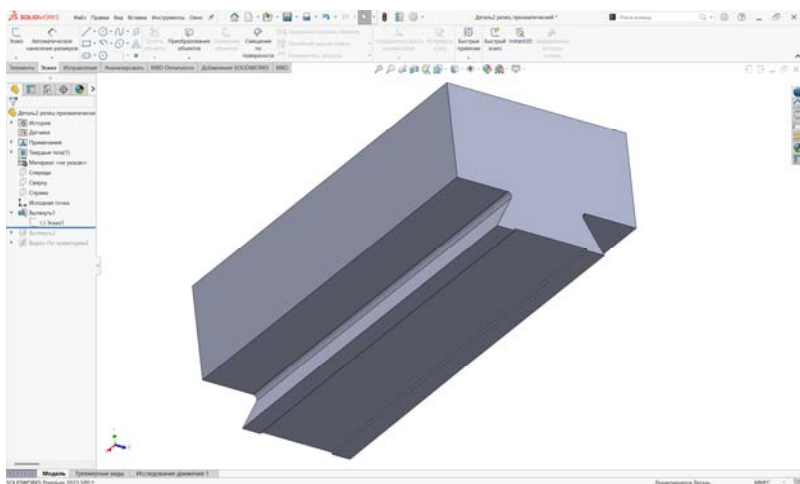


Рис. 2.14. Твердотельная модель резца

После этого создается на твердотельной модели резца плоскость, проходящая под углом заточки $\varepsilon = \alpha + \gamma$ (например, $\alpha = 9^\circ$, $\gamma = 22^\circ$, $\varepsilon = 9^\circ + 22^\circ = 31^\circ$), и отсекается верхняя часть заготовки резца (рис. 2.15).

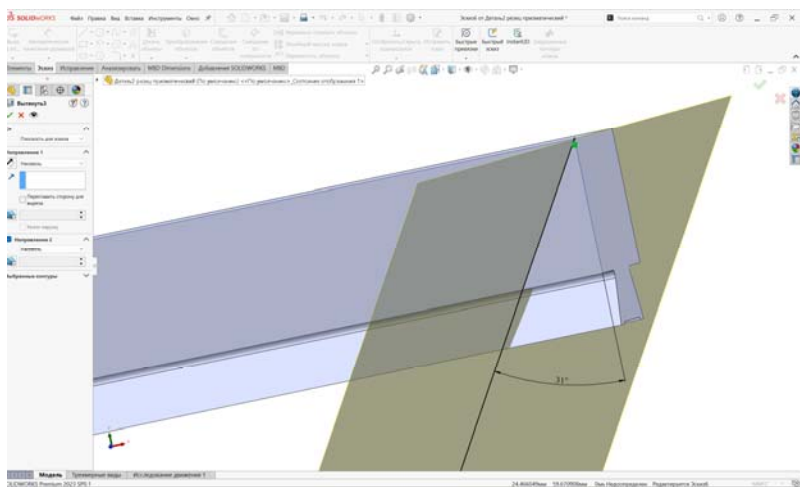


Рис. 2.15. Сечение заготовки резца плоскостью под углом заточки $\varepsilon = \alpha + \gamma$

На полученной грани (передней поверхности резца) создается эскиз и вставляется в него контур детали, полученный после разреза твердотельной модели. Эскиз контура детали редактируется для создания эскиза профиля резца, включающего отрезное лезвие. Также предусматриваются поднутрения на участках лезвий перпендикулярных базе резца под углом ϕ_1 от 1° до $3-4^\circ$ (рис. 2.16).

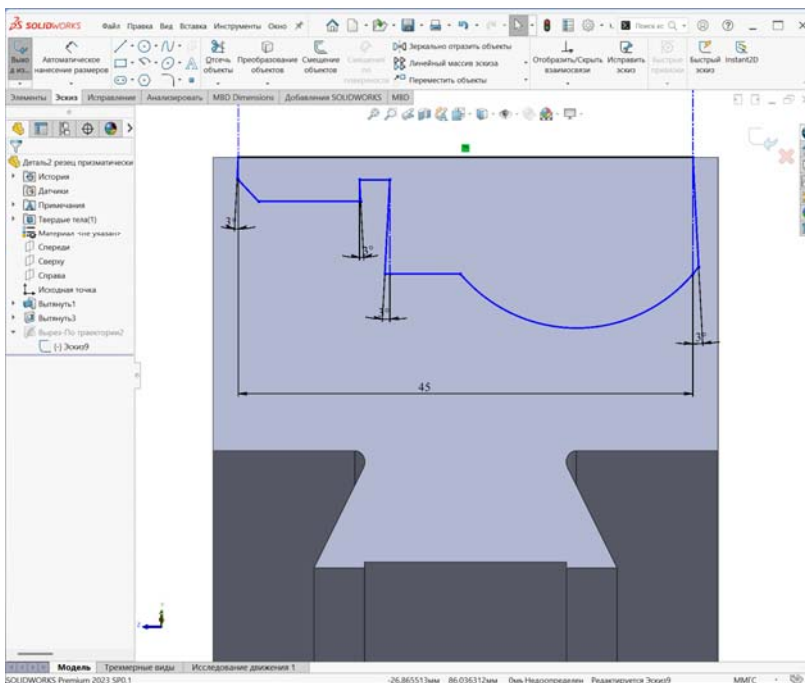


Рис. 2.16. Эскиз профиля резца с поднутрениями

Далее делается «Вырез по траектории» полученного профиля вдоль задней поверхности резца (рис. 2.17).

Создаются скругления на выделенных кромках (если они не были реализованы на исходном эскизе (рис. 2.13)). Для этого выбирается кнопка (Элементы)  → (Скругление) . В окошке (Радиус)  1.00mm задается радиус скругления и выбирается  (рис. 2.18).

В результате получена твердотельная модель призматического фасонного резца (рис. 2.19).

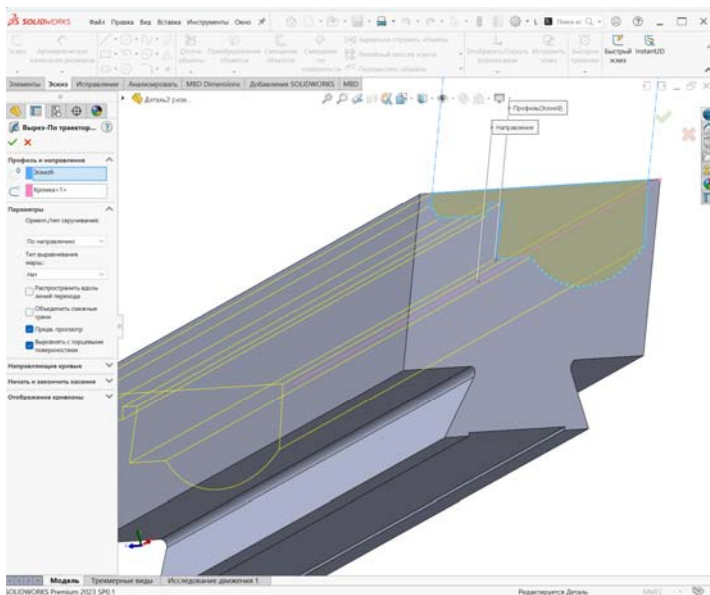


Рис. 2.17. Вырез по траектории

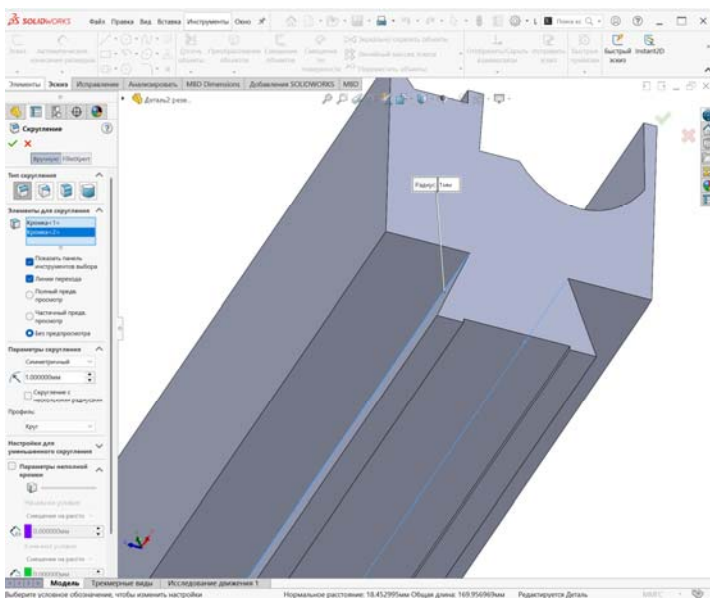


Рис. 2.18. Скругление на кромках

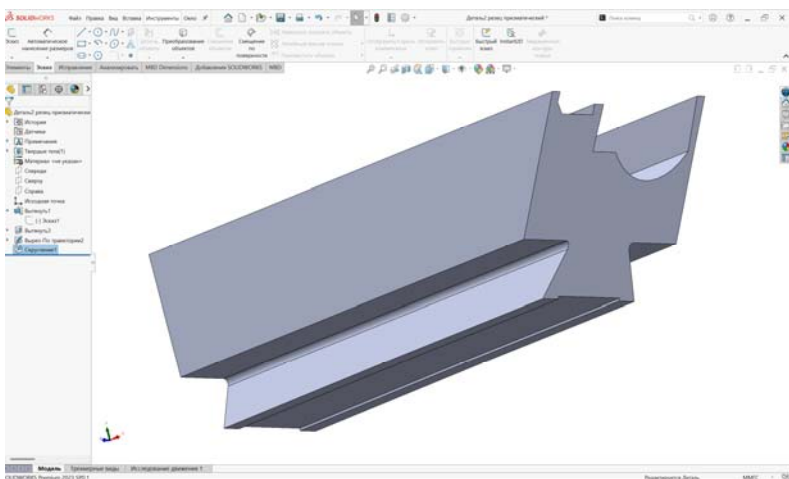


Рис. 2.19. Твёрдотельная модель призматического фасонного резца

2.4. Контроль профиля призматического фасонного резца

Необходимо проконтролировать полученный профиль призматического фасонного резца. Для этого создается новый файл нажатием на (Создать) , выбирается «Сборка», а после «ОК» (рис. 2.20).

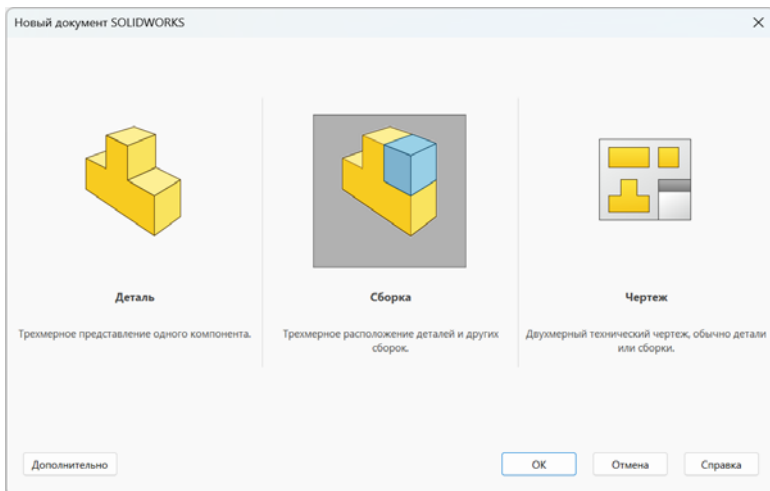


Рис. 2.20. Создание сборки «Деталь – призматический фасонный резец»

В сборку вставляется твердотельная модель детали и твердотельная модель призматического фасонного резца. Для этого нажатием на кнопку (Открыть)  выбирается твердотельная модель детали и твердотельная модель призматического фасонного резца. Затем нажимается вкладка «Окно» → «Отобразить окна сверху вниз» (рис. 2.21).

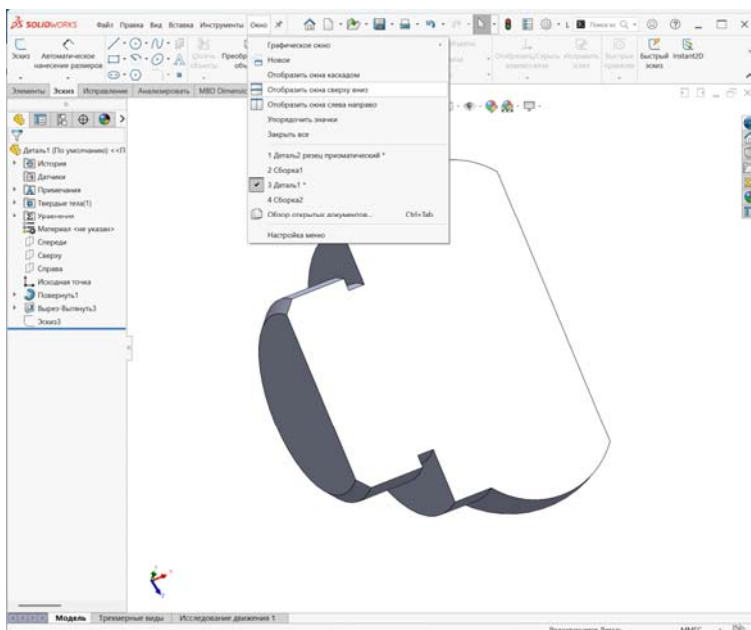


Рис. 2.21. Вставка твердотельной модели детали и твердотельной модели призматического фасонного резца в сборку

Твердотельная модель детали и твердотельная модель призматического фасонного резца перетаскивается в окно «Сборка» нажатием на  Деталь1, а затем на  Фасонный резец. (рис. 2.22).

После перетаскивания твердотельной модели детали и твердотельной модели призматического фасонного резца закрываются их окна нажатием на . На экране останется только сборка (рис. 2.23). Придается необходимый цвет твердотельной модели детали нажатием на кнопку (Редактировать цвет) . Выбирается цвет, соответствующий дизайну проекта или материалу заготовки. Затем на-

жимается . Аналогичным образом придается цвет твердотельной модели призматического фасонного резца.

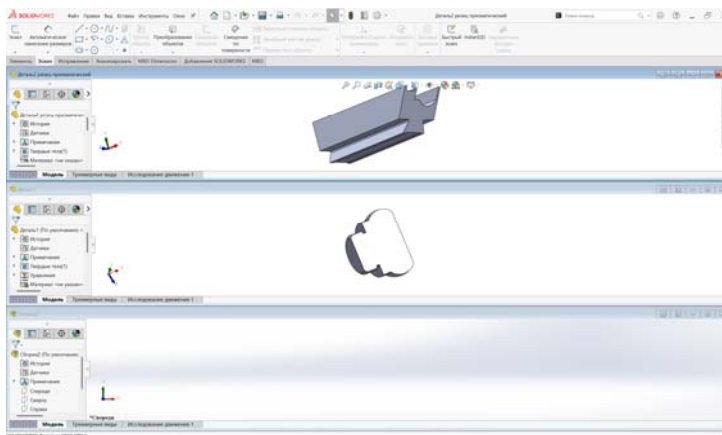


Рис. 2.22. Перетаскивание твердотельной модели детали и твердотельной модели призматического фасонного резца в сборку

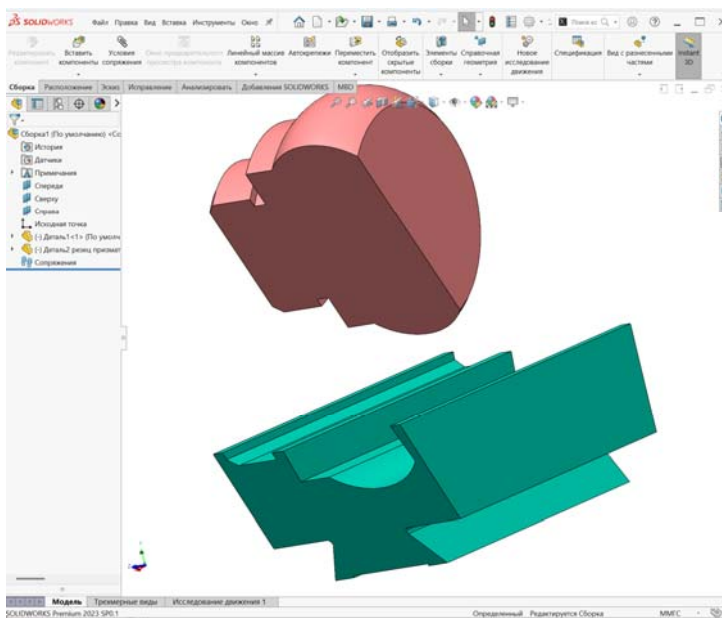


Рис. 2.23. Придание цвета твердотельной модели детали и твердотельной модели призматического фасонного резца

Выделяются контактные кромки твердотельной модели детали и твердотельной модели призматического фасонного резца. После нажатия на кнопку (Условия сопряжения)  выбирается (Стандартное сопряжение)  совпадение и подтверждается  (рис. 2.24).

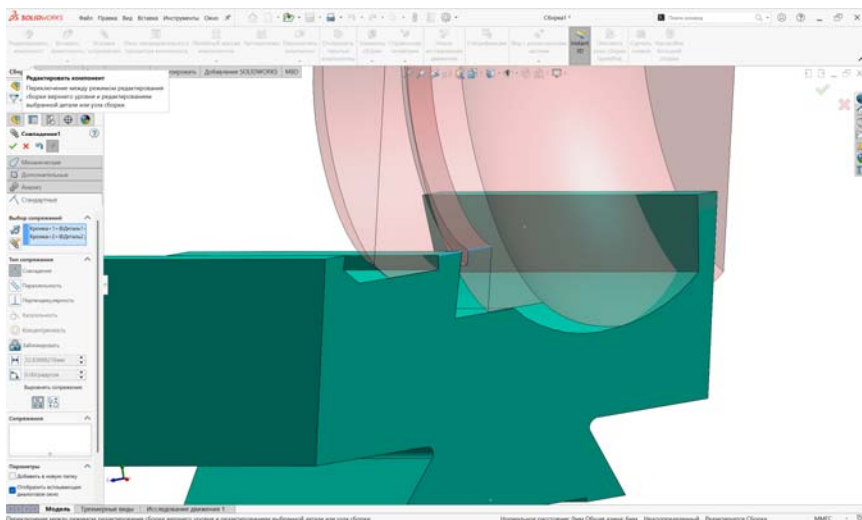


Рис. 2.24. Совпадение кромок твердотельной модели детали и твердотельной модели призматического фасонного резца

Далее выделяются контактные точки кромок и после нажатия на кнопку (Условия сопряжения)  выбирается (Стандартное сопряжение)  совпадение, действие подтверждается  (рис. 2.25).

Выделяется грань, через которую проходит плоскость сечения детали, и грань (передняя поверхность), полученная сечением призматического фасонного резца плоскостью заточки. После нажатия на кнопку (Условия сопряжения)  выбирается (Стандартное сопряжение)  совпадение, действие подтверждается  (рис. 2.26).

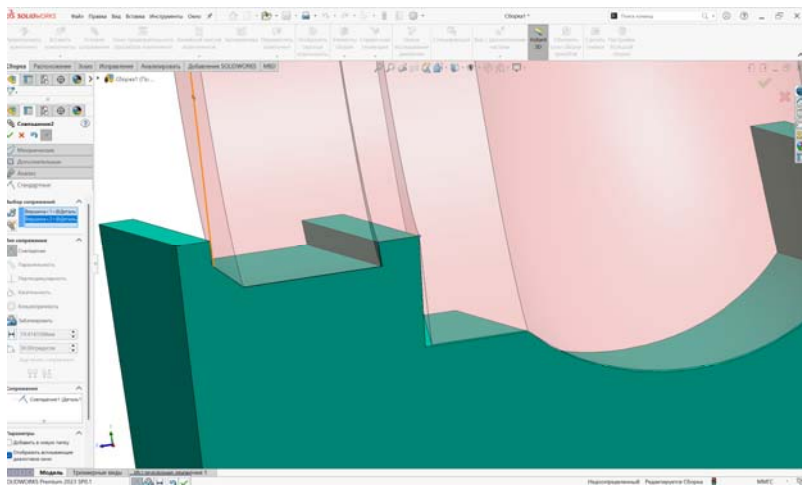


Рис. 2.25. Совпадение точек кромок детали и реза

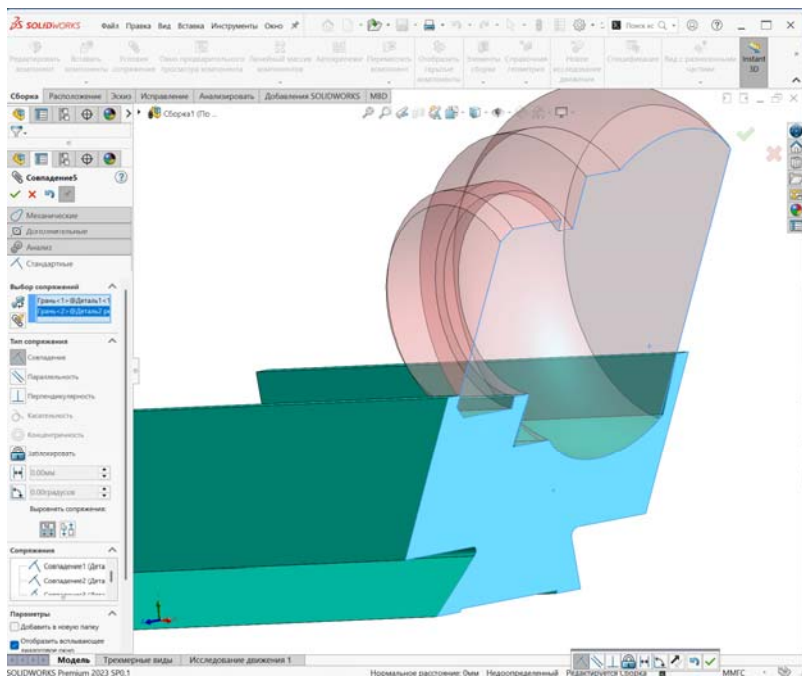


Рис. 2.26. Совпадение плоскости сечения детали и плоскости заточки передней поверхности призматического фасонного реза

Необходимо скрыть сечение твердотельной модели детали, нажав на  правой кнопкой мыши, а затем, нажав левой кнопкой мыши «Погасить». Получена твердотельная модель детали в сборе с твердотельной моделью призматического фасонного резца (рис. 2.27) в момент окончания резания.

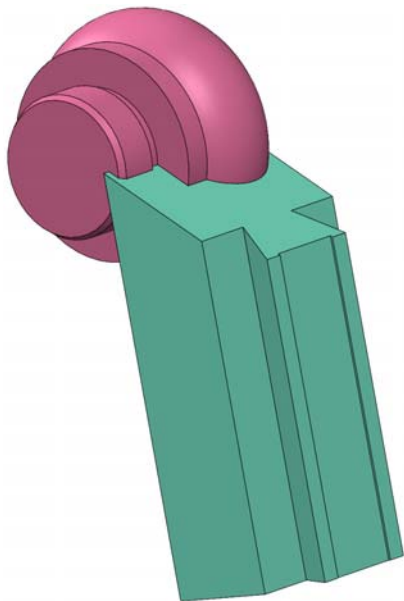


Рис. 2.27. Твердотельная модель детали в сборе с твердотельной моделью призматического фасонного резца

Проводится проверка сопряженных профилей, имитирующих процесс резания на отсутствие интерференции (пересечения), и визуальный контроль на отсутствие зазоров между профилем инструмента и детали (кроме участков поднутрения, где боковой зазор должен присутствовать для обеспечения отсутствия трения вспомогательных режущих кромок и (или) задних поверхностей об деталь) (рис. 2.28).

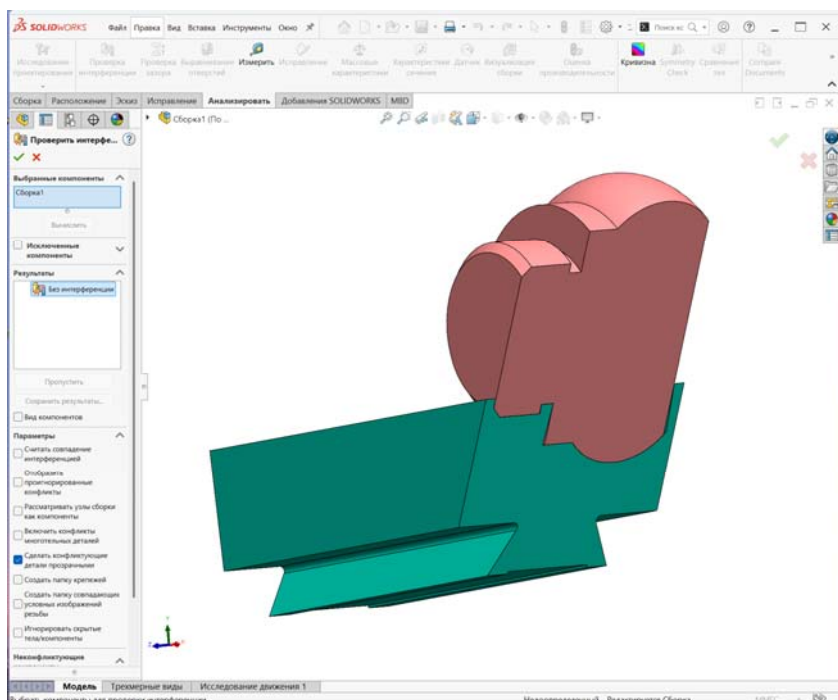


Рис. 2.28. Анализ сопряжения модели детали с моделью призматического фасонного резца при резании

2.5. Анализ геометрии призматического фасонного резца

Как известно, значения передних γ и задних α углов фасонного резца вдоль фасонного профиля и в разных секущих плоскостях (нормальной к режущей кромке и перпендикулярной базе крепления резца) носят переменный характер. Для анализа геометрии полученной модели резца и возможности обработки детали необходимо произвести ряд дополнительных построений для определения углов заточки в различных (критических) точках профиля инструмента.

Примеры построений для анализа геометрии резца представлены на рис. 2.29 и рис. 2.30. Как видно из приведенных примеров, при отдалении точек профиля от самого меньшего к самому большому диаметру детали фактический задний угол резца α увеличивается, а передний γ – уменьшается.

3. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРУГЛОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ

Для моделирования круглого фасонного резца на первом этапе необходимо создать твердотельную модель обрабатываемой детали по методу, представленному в пункте 2.1.

3.1. Определение геометрических и конструктивных параметров круглого фасонного резца

3.1.1. Определение геометрических параметров (углов заточки) круглого фасонного резца

После создания твердотельной модели детали необходимо провести через ее тело секущую плоскость под углом, равным переднему углу γ заточки резца. При моделировании круглого фасонного резца исходный профиль необходимо вращать относительно оси инструмента (точка O), положение которой находится в соответствии со схемой, приведенной на рис. 3.1.

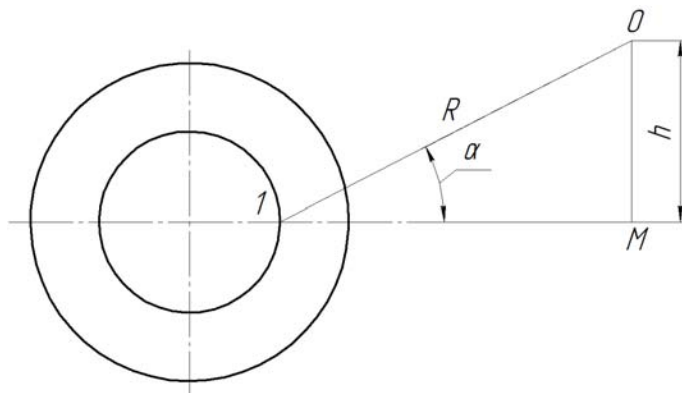


Рис. 3.1. Схема определения центра круглого фасонного резца

При определении высоты h можно воспользоваться следующей зависимостью (3.1):

$$h = R_1 \cdot \sin \alpha, \quad (3.1)$$

где R_1 – радиус базовой точки резца (обычно эта точка находится на пересечении оси и минимального радиуса профиля детали);

α – задний угол резца.

Определение углов режущей части круглого фасонного резца осуществляется в соответствии с методом и данными, представленными в подпункте 2.2.1 и табл. 2.1.

3.1.2. Определение габаритных и присоединительных размеров круглого фасонного резца

Обычно габаритные и присоединительные размеры резцов определяются из конструктивных соображений в зависимости от глубины фасонного профиля изделия $t_{\max}$ и длины профиля L .

Габаритный радиус круглых (дисковых) резцов определяется по формуле (3.2):

$$R_H = \frac{t_{\max} + e + K + \frac{d_0}{2}}{\cos \alpha}, \quad (3.2)$$

где e – глубина заточки по передней поверхности, необходимая для размещения стружки;

K – толщина тела резца, необходимая для обеспечения его прочности: $K = 8-10$ (мм);

d_0 – диаметр посадочного отверстия (рис. 3.2, 3.3).

Величины e и d_0 выбираются в зависимости от $t_{\max}$ по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Значения e и d_0 для круглых фасонных резцов, (мм)

Глубина фасонного профиля изделия $t_{\max}$	e	d_0
до 6	3	13
до 8	3	16
до 14	4	22
до 25	5	27

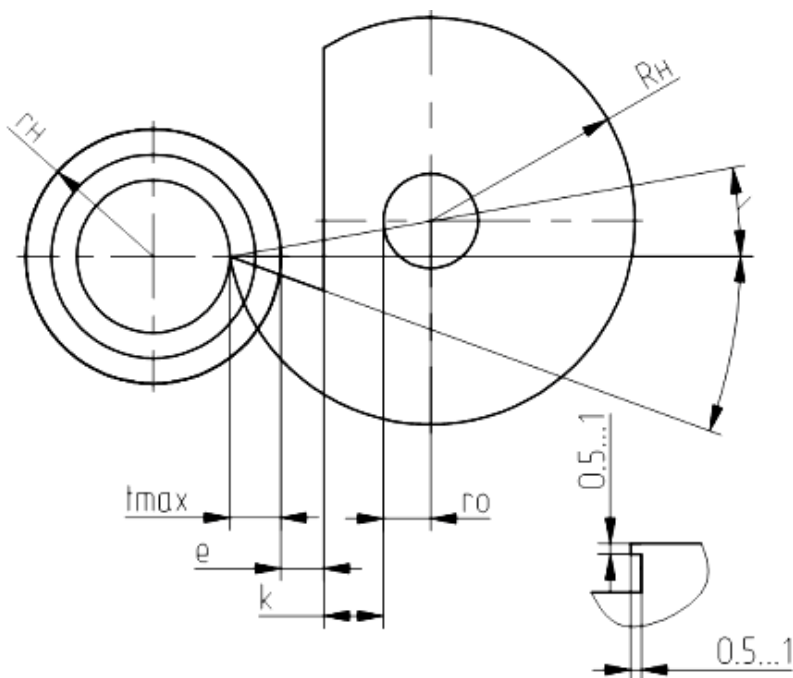


Рис. 3.2. Габаритные и присоединительные размеры круглых фасонных резцов

Для радиальных резцов глубина профиля определяется по формуле (3.3):

$$t_{\max} = R_{\max} - R_{\min}, \quad (3.3)$$

где $R_{\max}$ – максимальный радиус детали, мм;

$R_{\min}$ – минимальный радиус детали, мм.

Конструктивные параметры резца можно выбрать в зависимости от глубины профиля изделия. Диаметр D_H обычно в 6–8 раз больше глубины профиля. Такие данные приведены в табл. 3.2 и на рис. 3.3.

Максимальный диаметр фасонного резца для обработки фасонного отверстия должен быть меньше минимального диаметра обработки.

Таблица 3.2

Размеры круглых фасонных резцов, (мм)

Глубина профиля изделия	Размеры резца		Размеры рифлений			
	$D_H(h8)$	$d_0(H7)$	r	l_1	d_1	l
до 4	30	10	1	12	—	—
6	40–50	16	1	12	20	3
8	50–70	16	1	12	26	3
10	60–80	22	2	16	32	3
12	70–90	22	2	16	35	4
15	80–100	22	2	16	40	4
18	90–110	27	2	18	45	5
21	100–120	27	2	18	50	5

При обработке внутренних поверхностей:

$$2R_{H\max} = D_H = 2(0,65 - 0,75)r_{\min},$$

где $r_{\min}$ – минимальный радиус обрабатываемого отверстия.

С правой стороны резца выполняют буртик с рифлениями (рис. 3.3) для передачи крутящего момента и для поворота резца на $\frac{1}{Z}$ после его переточек и установки его вершины на расстояние h_p (рис. 3.2) от горизонтальной оси резца. Если снятый слой при переточке не соответствует повороту на одно рифление, то резец получает дополнительный поворот с помощью регулировочного червяка державки. Число зубчиков рифлений $Z = 32\text{--}34$. Угол профиля их в нормальном сечении 90° . Для постоянства длины площадки при вершине зубчиков дно впадин между зубчиками располагают к торцу буртика под углом β , рассчитываемым по формуле (3.4):

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\pi}{Z}. \quad (3.4)$$

Чтобы упростить изготовление круглых фасонных резцов его правую сторону делают без буртика, но с этой стороны сверлится отверстие под цилиндрический штифт, для центрирования шайбы с рифлениями, по размерам и назначению соответствующей описанному выше буртику резца.

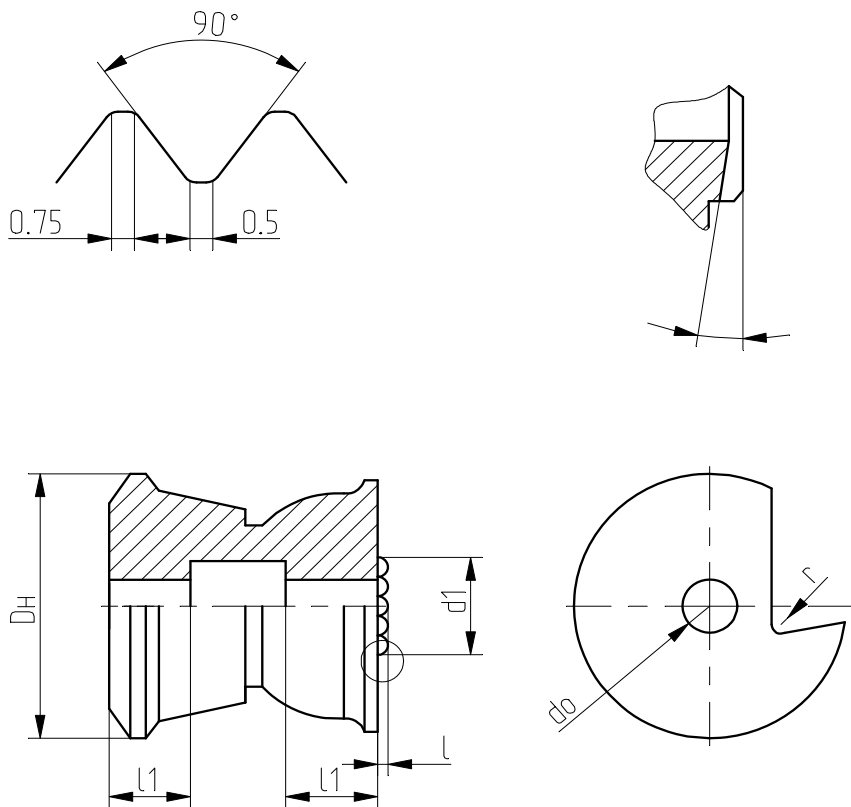


Рис. 3.3. Конструктивные размеры круглого фасонного резца

3.2. Моделирование круглого фасонного резца

Для проектирования круглого фасонного резца выбирается значение переднего угла в зависимости от обрабатываемого материала по табл. 2.1 и значение заднего угла $\alpha = 8-12^\circ$. Также определяется

габаритный радиус резца по формуле (3.2). После определения габаритного радиуса по табл. 3.2 выбираются остальные конструктивно-присоединительные размеры круглого фасонного резца.

На первом этапе создания 3D-модели круглого фасонного резца необходимо преобразовать исходную модель обрабатываемой детали. Для этого выбирается плоскость на минимальном радиусе профиля детали и располагается перпендикулярно взгляду, нажав на кнопку (Стандартные виды)  (рис. 3.4). Для деталей с фасонным отверстием выбранная плоскость располагается на максимальном радиусе профиля.

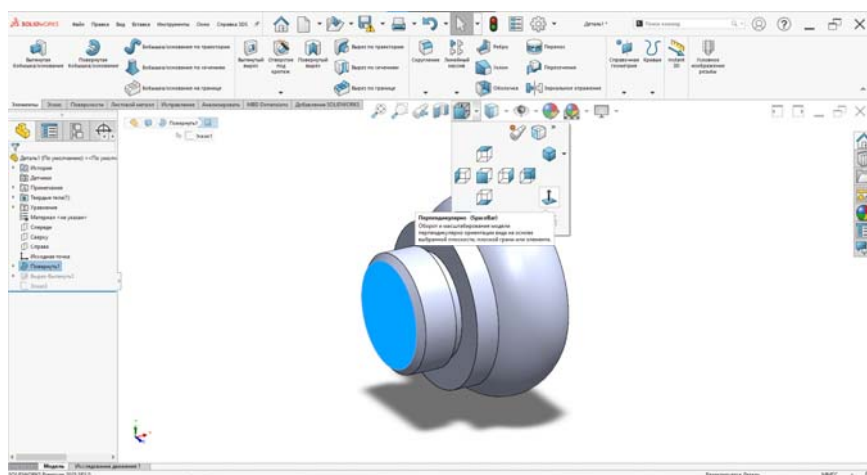


Рис. 3.4. Размещение плоскости на минимальном радиусе профиля детали

На этой плоскости создается эскиз с секущей линией, проходящей через базовую точку детали под передним углом γ заточки резца относительно выбранной оси (рис. 3.5).

По эскизу секущей линии производится вырез. Для этого необходимо нажать на вкладку «Вставка» → «Вырез» → «Вытянуть», поставить (или нет) галочку в квадрате (Переставить сторону для выреза) и нажать  (рис. 3.6).

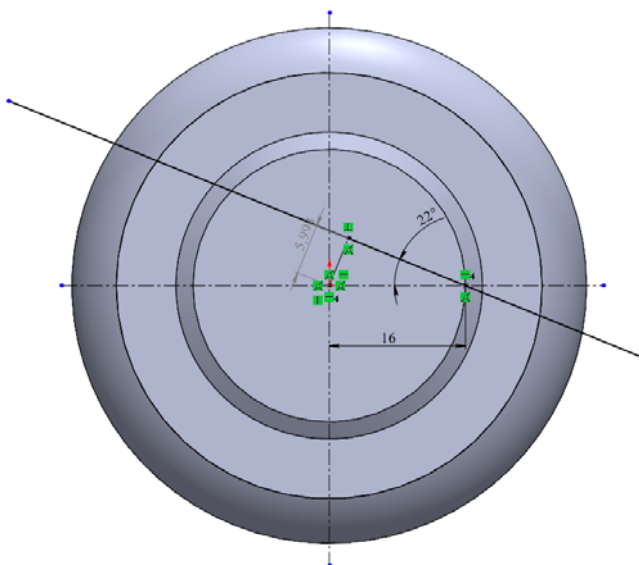


Рис. 3.5. Построение секущей линии ($\gamma = 22^\circ$)

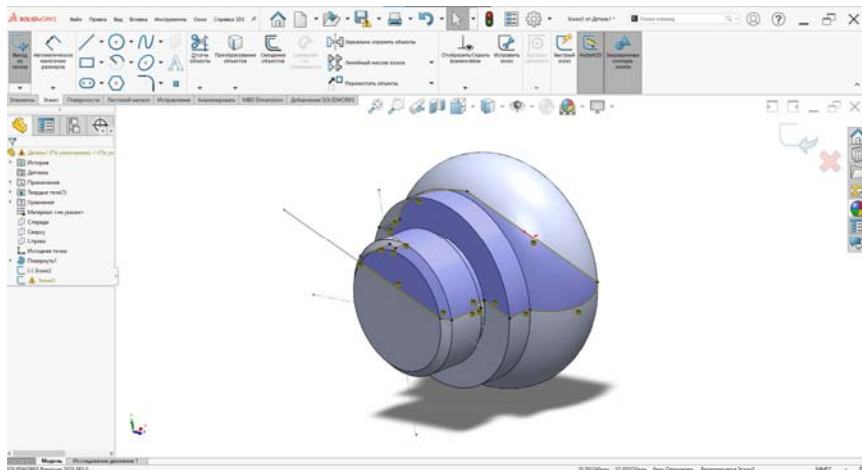


Рис. 3.6. Вырез по плоскости вдоль секущей линии

На полученном сечении детали (рис. 3.7) создается эскиз профиля будущего резца. Для этого необходимо нажать на кнопку (Линия)  и обвести контур детали в полученном сечении (рис. 3.8) или впечатать контур в эскиз при помощи команды «Преобразование объектов».

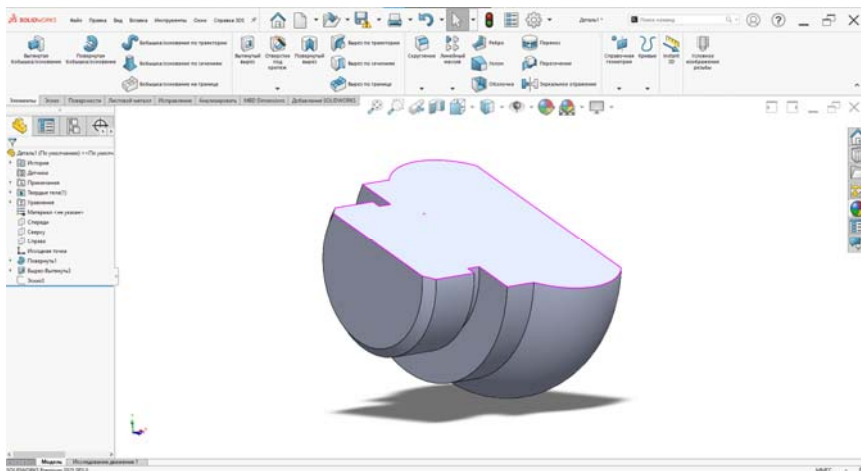


Рис. 3.7. Рассеченная деталь

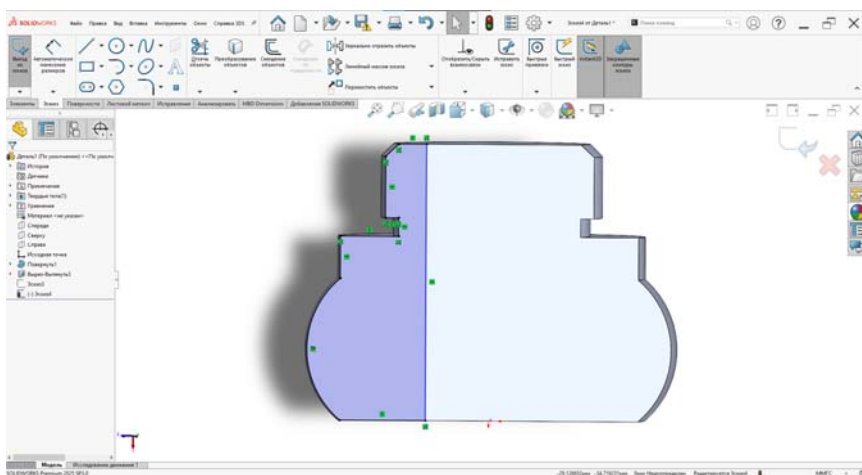


Рис. 3.8. Построение контура детали

Обведя контур детали, необходимо удалить все его взаимосвязи для получения независимого контура. Для этого необходимо нажать правой кнопкой мыши на линию или точку соединений линий и в окне (Существующие взаимосвязи) удалить избыточные взаимосвязи (рис. 3.9). Удаление взаимосвязей производится по всему контуру детали. Также предусматриваются поднутрения на участках лезвий, перпендикулярных базе резца под углом φ_1 до 3–4°.

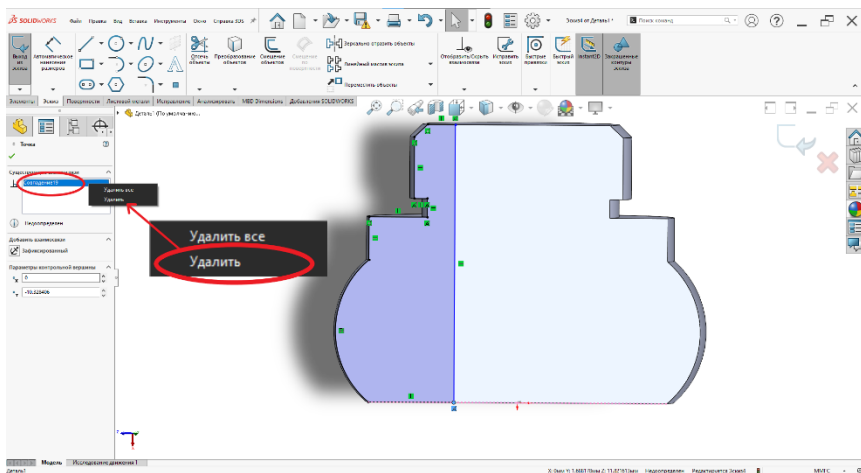


Рис. 3.9. Удаление избыточных взаимосвязей

Размеры расставляются на полученном контуре при помощи кнопки (Автонанесение размеров) . Выбираются базовые линии, относительно которых будут расставлены размеры выбранных объектов в ручном режиме (рис. 3.10) или вне объектов в автоматическом. Для выполнения команды необходимо нажать на .

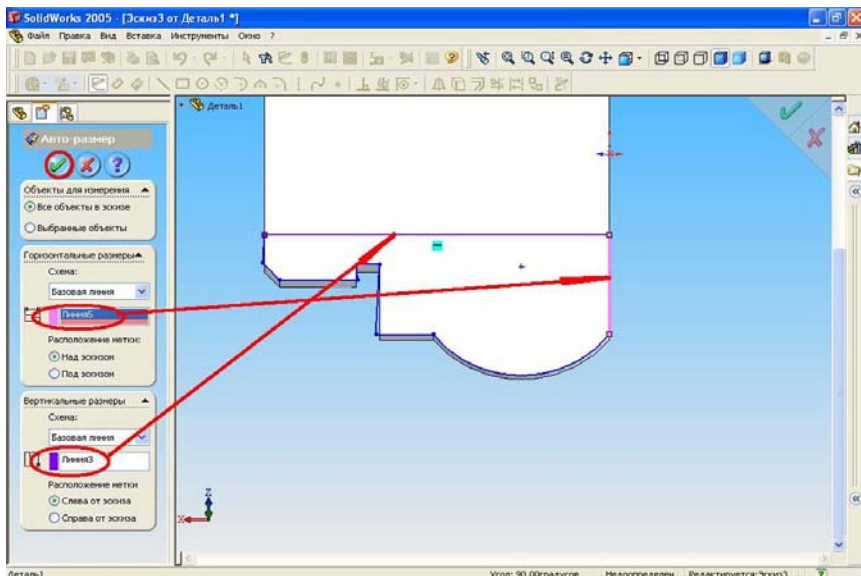


Рис. 3.10. Выбор базовых линий

При появлении предупреждения нажатием «ОК» подтверждается нанесение размеров (рис. 3.11). Доопределить эскиз далее можно вручную.

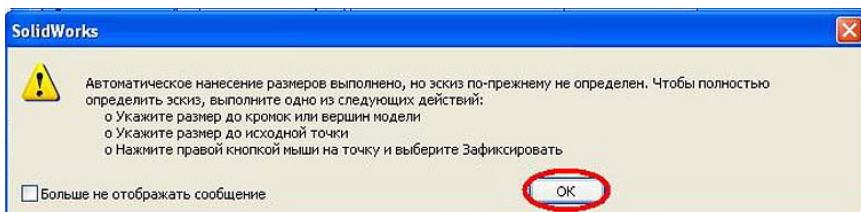


Рис. 3.11. Предупреждение о неполном определении эскиза

Автоматически проставляются размеры относительно базовых линий (рис. 3.12).

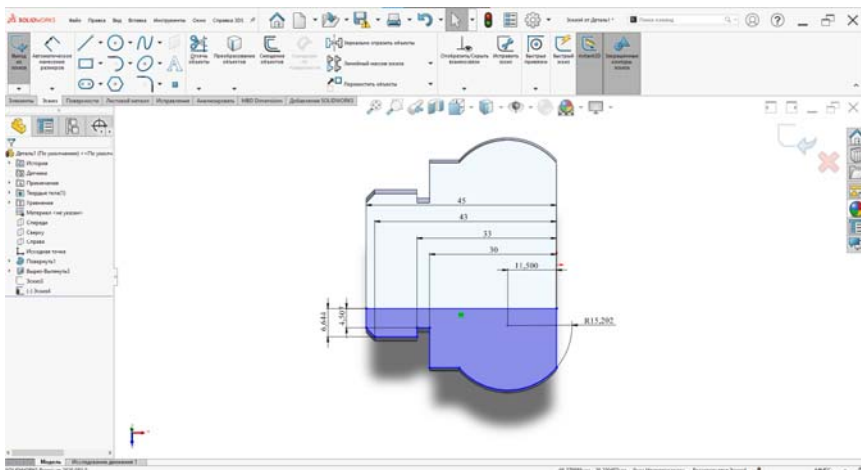
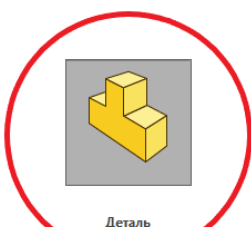


Рис. 3.12. Контур детали с расставленными размерами

Создается новая деталь, нажав на кнопку (Создать) , необходимо выбрать «Деталь» и нажать «ОК» (рис. 3.13).

Новый документ SOLIDWORKS

×



Деталь

Трехмерное представление одного компонента.



Сборка

Трехмерное расположение деталей и других сборок.



Чертеж

Двухмерный технический чертеж, обычно детали или сборки.

Дополнительно

ОК

Отмена

Справка

Рис. 3.13. Создание детали «Фасонный резец»

Выбирается плоскость, на которой будет создано тело резца, и располагается она перпендикулярно взгляду путем нажатия на кнопку (Стандартные виды)  (рис. 3.14).

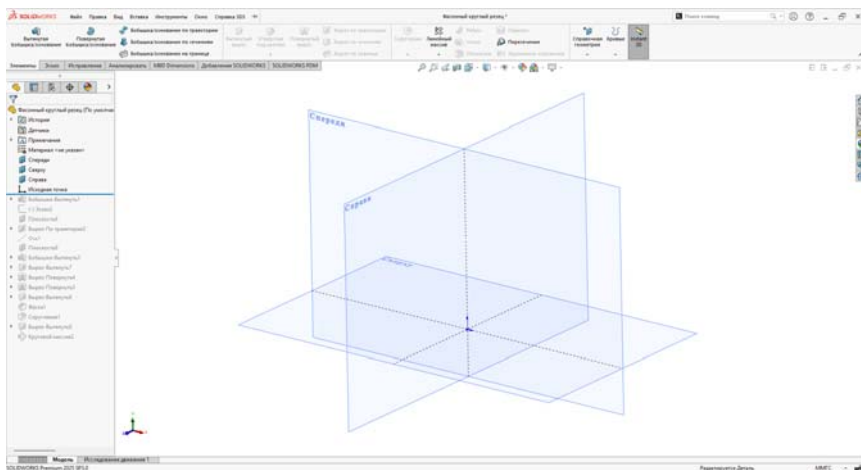


Рис. 3.14. Расположение плоскости перпендикулярно взгляду в окне детали с именем «Фасонный резец»

На этой плоскости создается эскиз окружности, равной максимальному диаметру круглого фасонного резца, которая вытягивается на длину профиля инструмента. Для этого необходимо нажать на вкладку «Вставка» → «Бобышка/Основание» → «Вытянуть». В окошке (Глубина)  вводится значение длины профиля круглого фасонного резца и нажимается  (рис. 3.15). Глубина профиля складывается из суммы ширины обработки и ширины вспомогательных лезвий (отрезных, подрезных и др.).

Полученную заготовку круглого фасонного резца необходимо расположить на экране перпендикулярно относительно торцевой поверхности, нажав на кнопку (Стандартные виды)  (рис. 3.16).

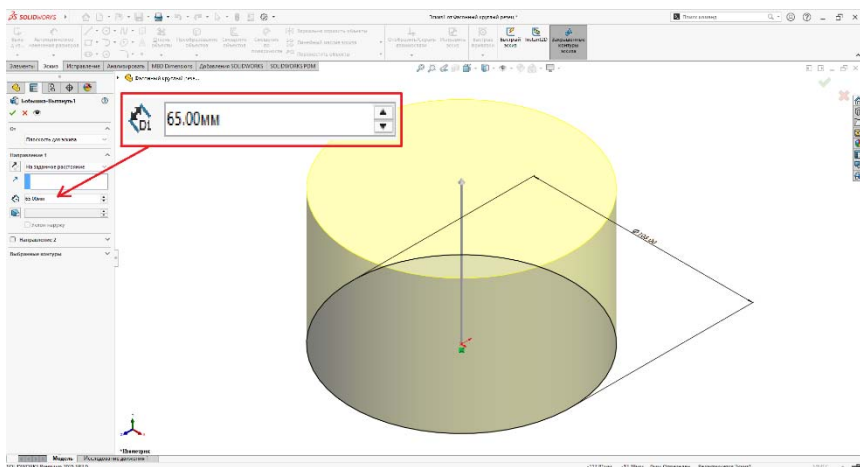


Рис. 3.15. Создание модели заготовки круглого фасонного реза

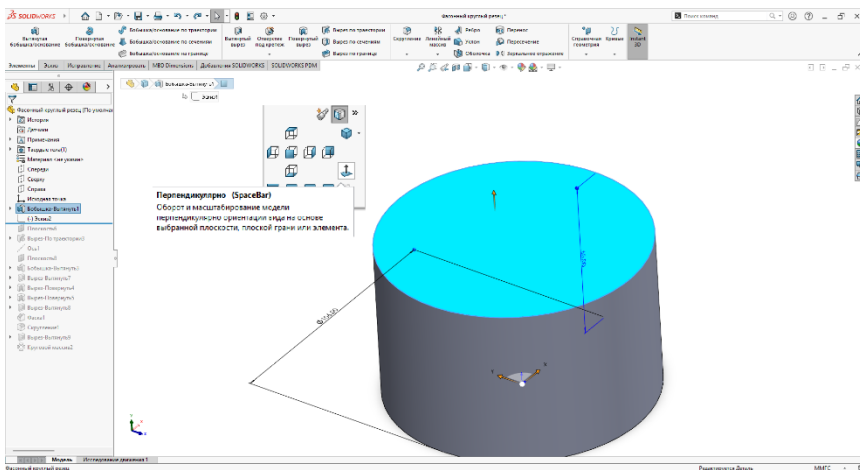


Рис. 3.16. Расположение торцевой поверхности цилиндрической заготовки перпендикулярно взгляду

На выбранном торце создается эскиз для получения линии, определяющей положение круглого фасонного реза. Отрезок, проведенный из центра заготовки до пересечения с окружностью под углом α к оси, определяет положение вершины инструмента. Линия,

проведенная из вершины под углом γ к оси, определяет след передней поверхности резца на торце (рис. 3.17).

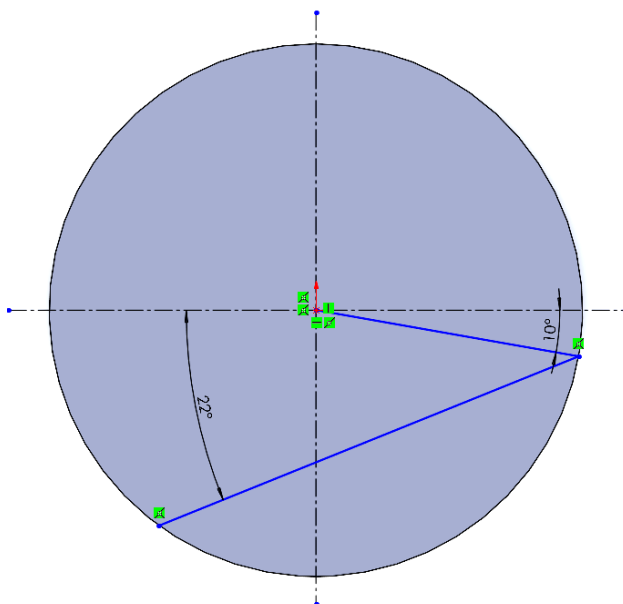


Рис. 3.17. Эскиз переднего угла заточки круглого фасонного резца ($\gamma = 22^\circ$, $\alpha = 10^\circ$)

Затем выделяется линия, находящаяся под передним углом γ заточки круглого фасонного резца, и боковая грань. Далее необходимо нажать на вкладку «Вставка» → «Справочная геометрия» → «Плоскость». В окошке (Под углом)  указывается значение угла 90° , подтверждаем действие нажатием на  (рис. 3.18).

На созданную плоскость копируется полученный ранее контур детали. Необходимо войти в режим редактирования эскиза, нажав на  Эскиз3D правой кнопкой мыши, затем нажать на Редактировать эскиз. В режиме редактирования наносятся недостающие размеры. Это размер смещения полученного контура детали вдоль тела круглого фасонного резца и размер внедрения контура детали в тело круглого фасонного резца (рис. 3.19). Далее необходимо нажать на .

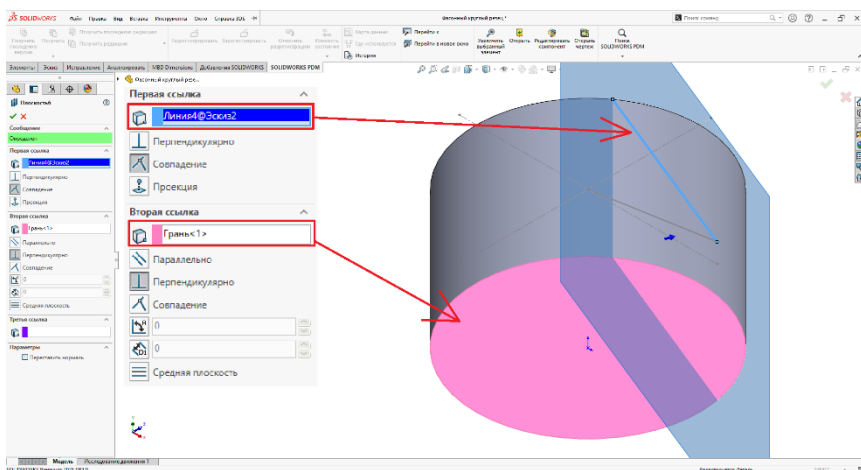


Рис. 3.18. Создание плоскости переднего угла заточки круглого фасонного резца

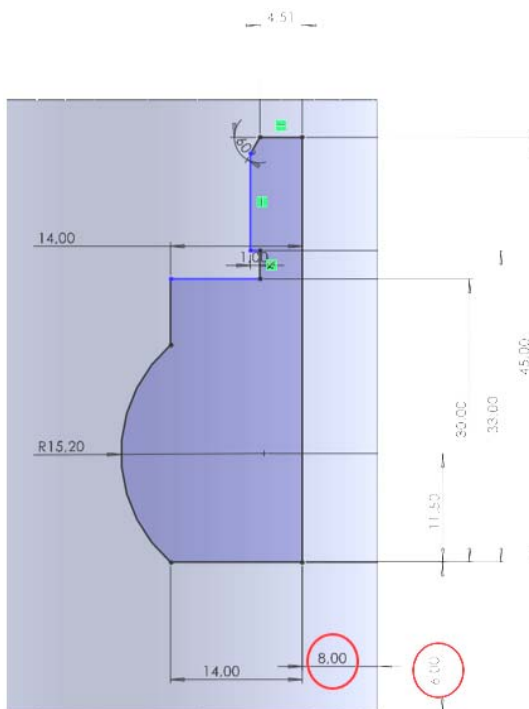


Рис. 3.19. Смещение контура детали относительно тела круглого фасонного резца

Затем создается плоскость нажатием на вкладку «Вставка» → «Справочная геометрия» → «Плоскость», и в окне (Расстояние смещения)  вводится значение, на которое будет смещена плоскость, в квадратике (Реверс направления) ставится галочка и подтверждается действие нажатием на  (рис. 3.20).

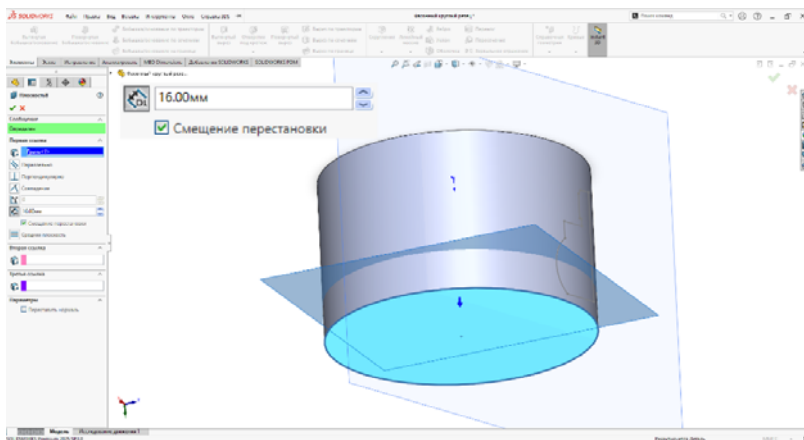


Рис. 3.20. Смещение плоскости эскиза

На смещенной плоскости создается эскиз направления выреза по траектории (рис. 3.21).

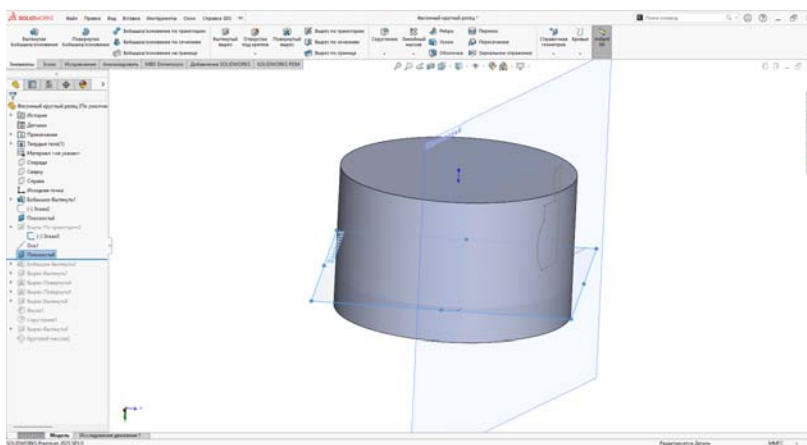


Рис. 3.21. Эскиз направления выреза по траектории

Затем выделяется эскиз направления и эскиз контура детали и выбирается вкладка «Вставка» → «Вырез» → «По траектории» действие подтверждается нажатием на  (рис. 3.22).

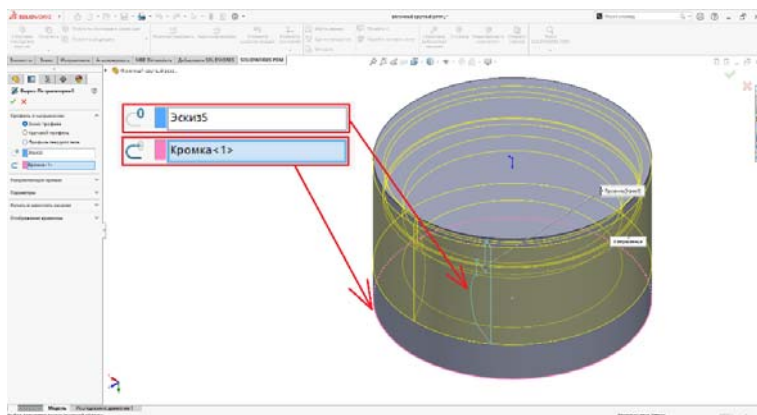


Рис. 3.22. Вырез профиля круглого фасонного резца

После выреза профиля круглого фасонного резца можно скрыть ненужные плоскости, выделив в «Дереве конструирования» каждую по отдельности с нажатой кнопкой «Ctrl» на клавиатуре. Затем нажимается правая кнопка мыши и команда «Скрыть» (рис. 3.23).

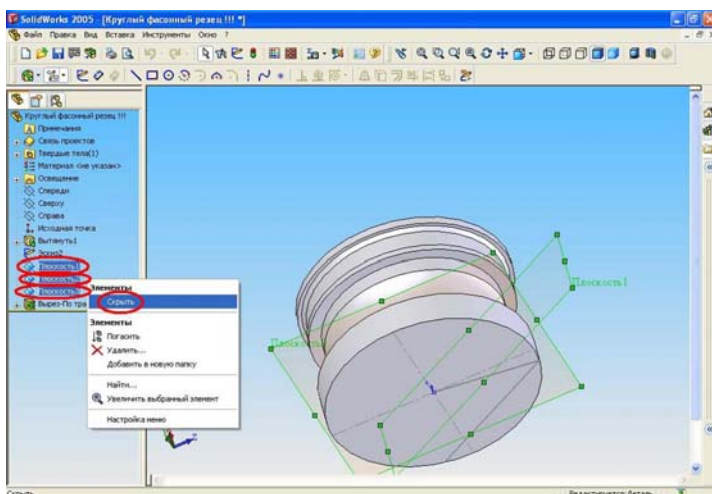


Рис. 3.23. Скрытие ненужных плоскостей

Боковая плоскость резца располагается перпендикулярно взгляду при помощи нажатия на кнопку (Стандартные виды)  (рис. 3.24).

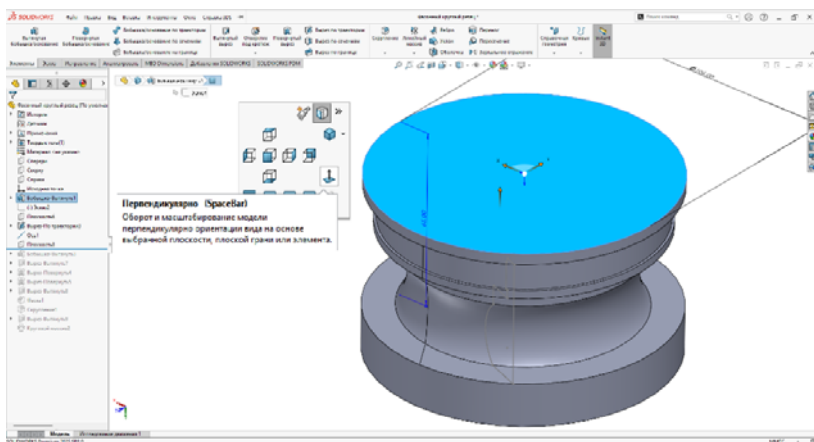


Рис. 3.24. Расположение боковой поверхности перпендикулярно взгляду

На этой плоскости создается эскиз буртика. Для этого необходимо нажать на вкладку «Вставка» → «Бобышка/Основание» → «Вытянуть» и в окошке (Глубина)  ввести значение, на которое будет вытянут буртик, и нажатием на  подтвердить действие (рис. 3.25).

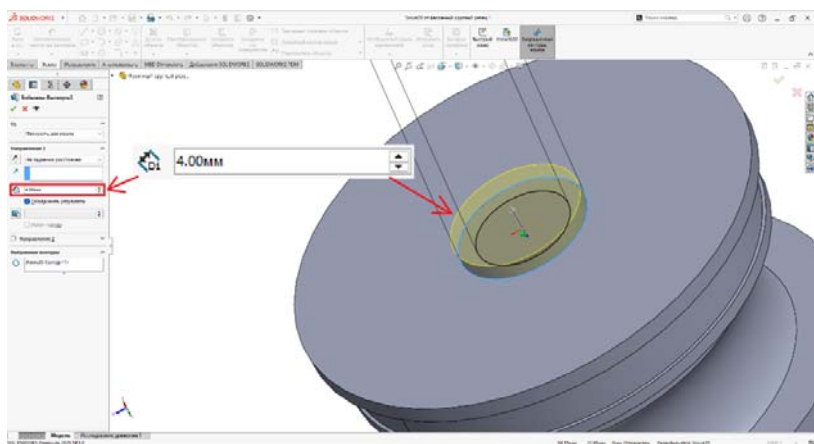


Рис. 3.25. Вытягивание буртика

На вытянутом буртике создается эскиз сквозного отверстия. Затем необходимо нажать вкладку «Вставка» → «Вырез» → «Вытануть» и в окошке (Граничные условия) выбрать «Насквозь», нажать на  (рис. 3.26).

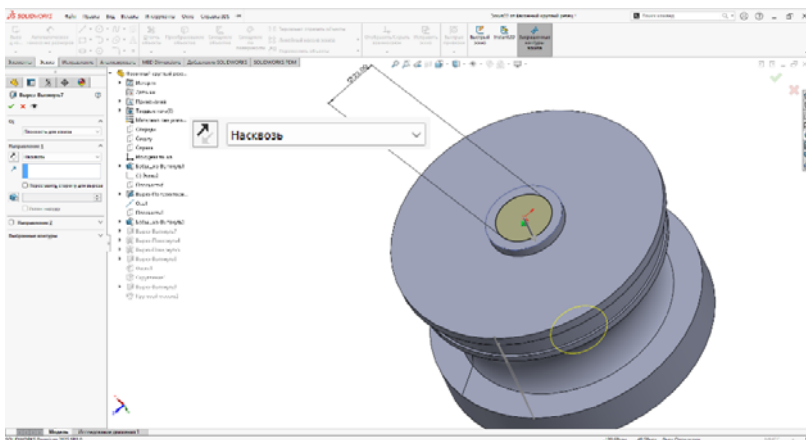


Рис. 3.26. Создание посадочного отверстия резца

Выбирается стандартная плоскость, проходящая через ось резца. После нажатия на кнопку (Стандартные виды)  она располагается перпендикулярно взгляду (рис. 3.27).

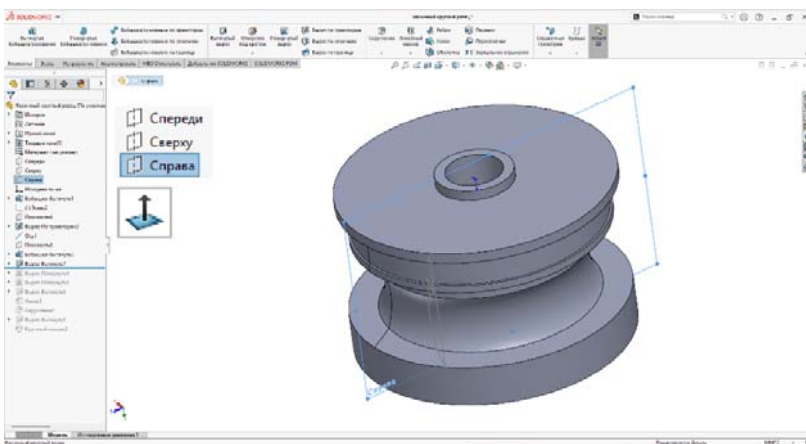


Рис. 3.27. Создание эскиза выточки в отверстии

После нажатия на кнопку (Каркасное представление)  модели на этой плоскости создается эскиз выточки и вырезается в теле круглого фасонного резца. Для этого выбирается вкладка «Вставка» → «Вырез» → «Повернуть» и нажимается  (рис. 3.28).

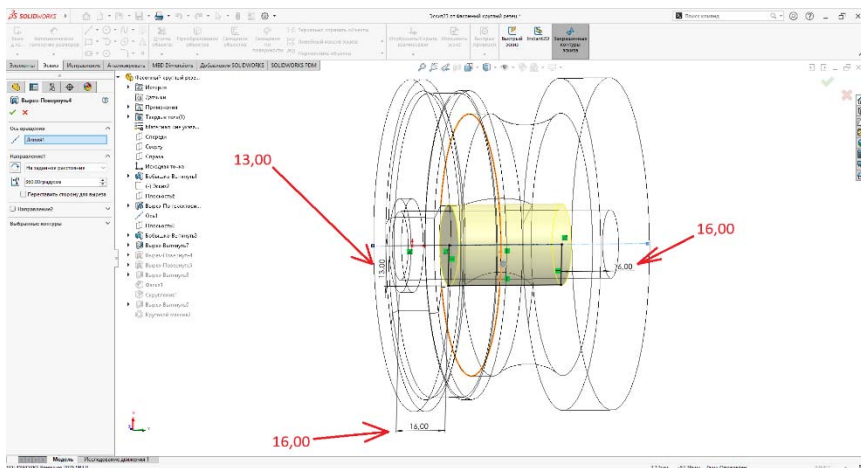


Рис. 3.28. Вырез выточки в отверстии

Выбирается осевая плоскость, после необходимо нажать на кнопку (Твердотельное представление)  и расположить плоскость перпендикулярно взгляду, нажав на кнопку (Стандартные виды) . На этой плоскости создается эскиз отрезного лезвия, нажав на кнопку (Линия) , и проводится осевая линия, нажав на кнопку (Осевая линия) . Угол отрезного лезвия $\phi = 15\text{--}20^\circ$ (рис. 3.29).

Для создания выреза выбирается вкладка «Вставка» → «Вырез» → «Повернуть». Действие подтверждается нажатием на  (рис. 3.30).

Выбирается боковая поверхность и располагается перпендикулярно взгляду нажатием на кнопку (Стандартные виды)  (рис. 3.31).

Далее создается эскиз переднего угла заточки профиля круглого фасонного резца нажатием на кнопку (Линия) . Затем выбирается вкладка «Вставка» → «Вырез» → «Вытянуть» и в окошке (Гранич-

ные условия) должно быть написано «Насквозь», нажатием на  подтверждается действие (рис. 3.32).

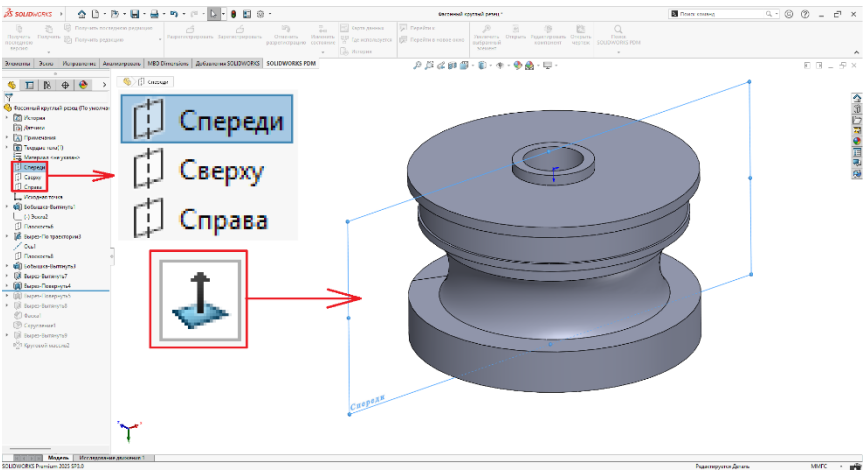


Рис. 3.29. Создание эскиза отрезного лезвия

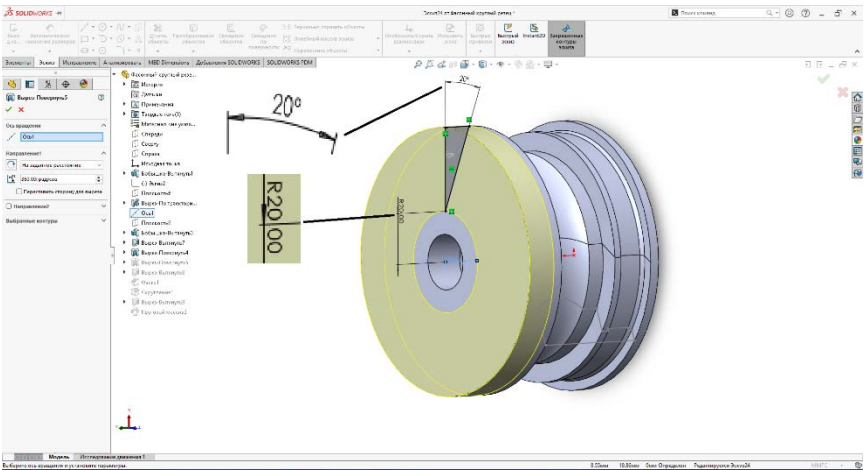


Рис. 3.30. Вырез отрезного лезвия

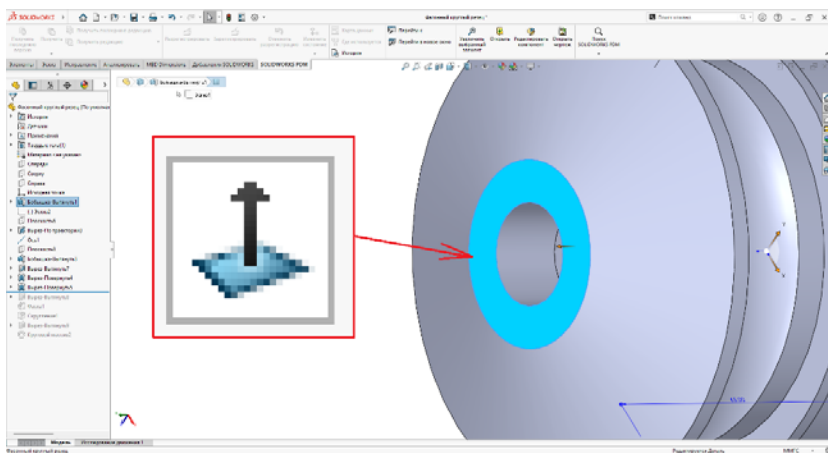


Рис. 3.31. Выбор плоскости для эскиза стружечной канавки фасонного реза

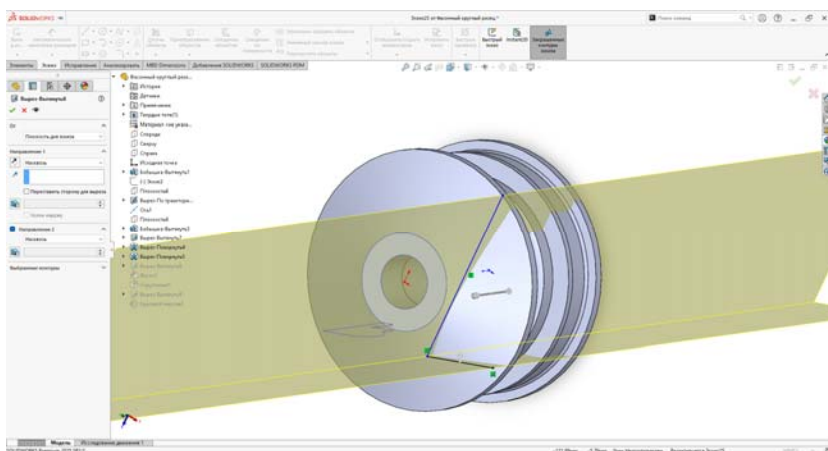


Рис. 3.32. Вырез стружечной канавки и формирование передней поверхности под передним углом заточки круглого фасонного реза

Необходимо скрыть эскизы, не нужные в работе. Выделив и нажав на них правой кнопкой мыши, нажимается «Скрыть».

Далее создается на отверстии фаска. Для этого выделяется кромка отверстия и выбирается кнопка (Элементы) , а затем кнопка (Фаска) . В окошке (Расстояние)  2,00мм вводится значение высоты фаски и подтверждается нажатием на кнопку  (рис. 3.33).

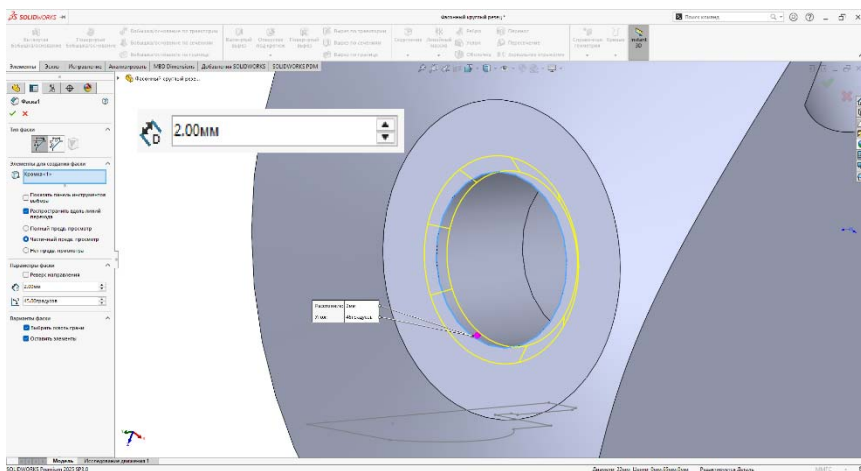


Рис. 3.33. Создание фаски в отверстии реза

Создается скругление на переходной кромке между передней поверхностью и торцом стружечной канавки круглого фасонного реза. Для этого выбирается кнопка (Скругление) . В окошке (Радиус)  2.00mm вводится значение радиуса скругления и подтверждается  (рис. 3.34).

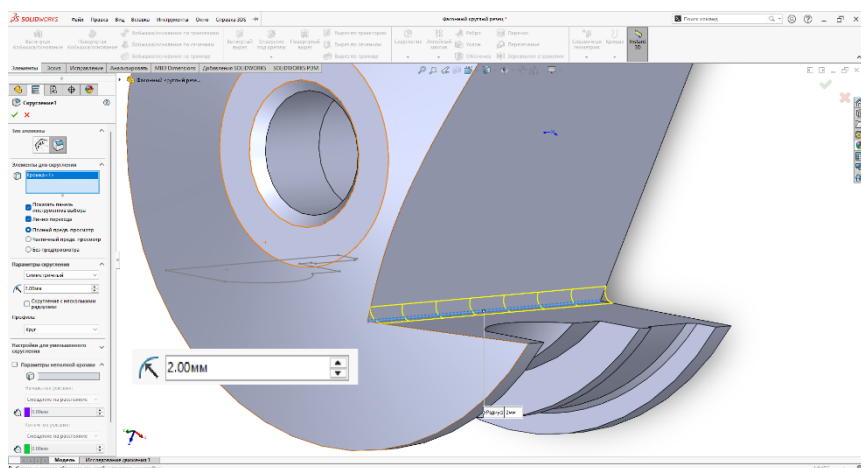


Рис. 3.34. Создание скруглений на переходных участках реза

Создаются на буртике рифления. Для этого выбирается осевая плоскость и располагается перпендикулярно взгляду нажатием на кнопку (Стандартные виды)  (рис. 3.35).

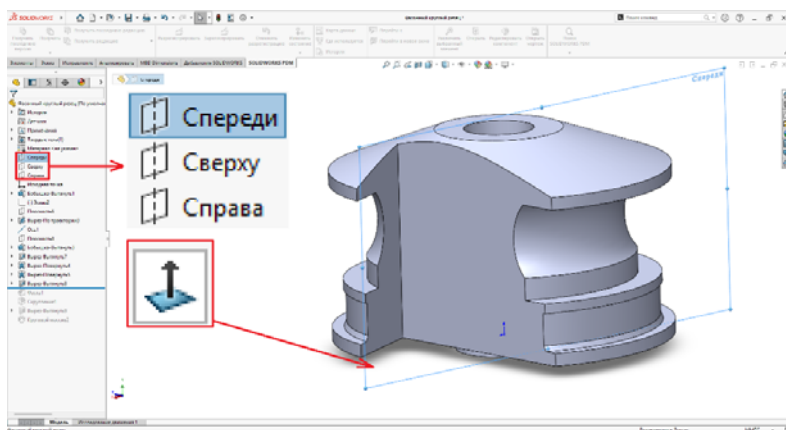


Рис. 3.35. Расположение плоскости перпендикулярно взгляду для выреза рифлений

На этой плоскости создается эскиз рифления и вырезается нажатием на вкладку «Вставка» → «Вырез» → «Вытянуть». В окошке (Граничные условия) должно быть написано «Насквозь», действия подтверждаются  (рис. 3.36).

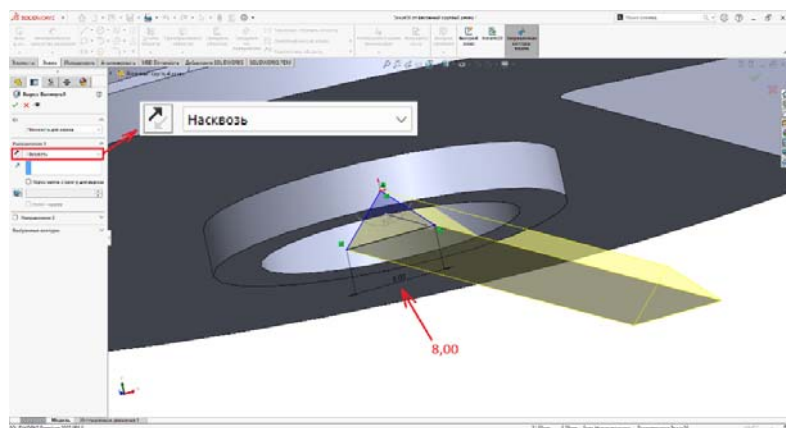


Рис. 3.36. Вырез рифления на буртике резца

Необходимо отобразить временные оси. Для этого нажимается вкладка «Вид» → «Временные оси». Затем нажимается кнопка (Элементы) , а после (Круговой массив) . В квадратике (Равный шаг) ставится галочка, а в окошке (Количество экземпляров)  17 вводится количество экземпляров рифлений и нажимается  (рис. 3.37).

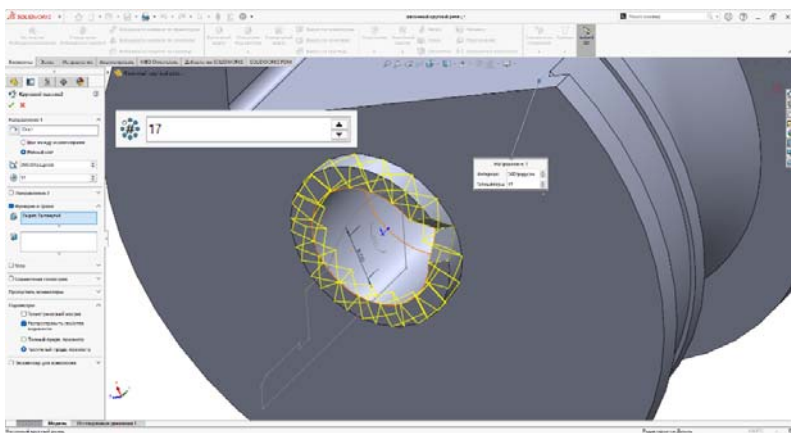


Рис. 3.37. Создание кругового массива рифлений

В результате получена твердотельная модель круглого фасонного резца, представленная на рис. 3.38.

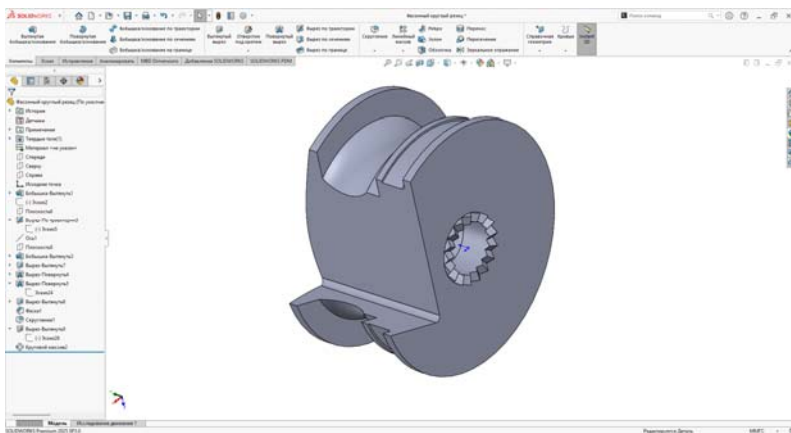


Рис. 3.38. Твердотельная модель круглого фасонного резца

3.3. Контроль профиля круглого фасонного резца

Необходимо проконтролировать полученный профиль круглого фасонного резца. Для этого создается новый файл, нажав на (Создать) , выбирается тип объекта моделирования «Сборка» и нажимается «ОК» (рис. 3.39).

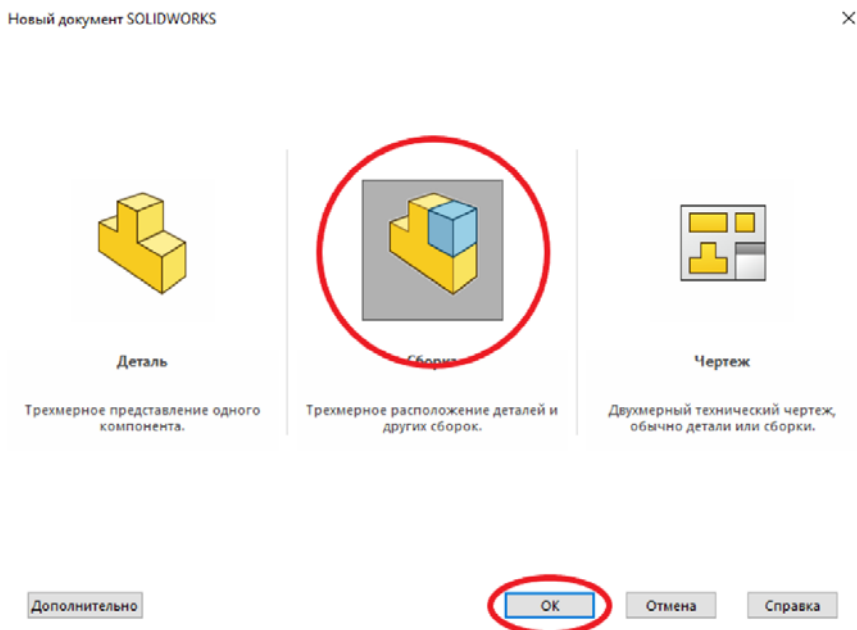


Рис. 3.39. Создание сборки «Деталь – Круглый фасонный резец»

Вставляется в сборку твердотельная модель детали и твердотельная модель круглого фасонного резца. Необходимо нажать на кнопку (Открыть) , выбрать твердотельные модели детали и круглого фасонного резца, затем нажать на вкладку «Окно» → «Отобразить окна сверху вниз» (рис. 3.40).

Перетаскивается твердотельная модель детали и твердотельная модель резца в окно сборки, нажав на  **Деталь1**, а затем на  **Фасонный резец**. (рис. 3.41).

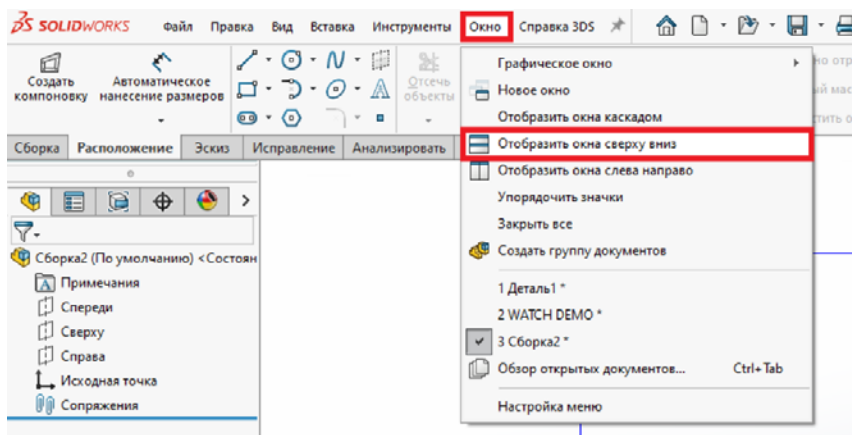


Рис. 3.40. Вставка твердотельной модели детали и твердотельной модели круглого фасонного резца в сборку

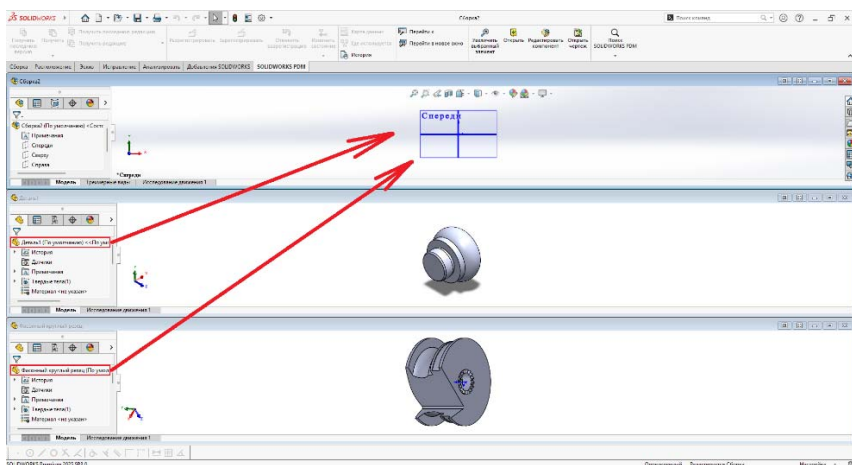


Рис. 3.41. Перетаскивание твердотельной модели детали и твердотельной модели круглого фасонного резца в окно сборки

После перетаскивания моделей необходимо закрыть их окна, нажав на . В результате на экране останется сборка (рис. 3.42). Придается цвет твердотельной модели детали, нажав на кнопку (Редактировать цвет) . Выбирается соответствующий дизайну проекта цвет. Затем подтверждаем нажатием на кнопку .

ным образом задается цвет и твердотельной модели круглого фасонного резца (рис. 3.42).

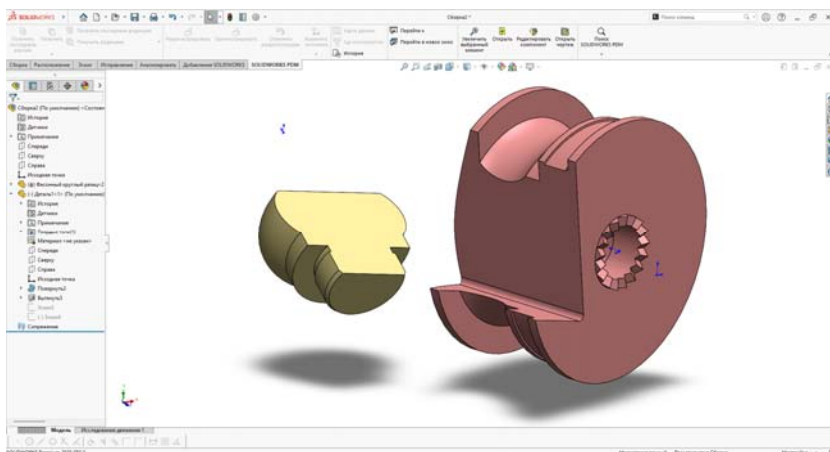


Рис. 3.42. Придание цвета твердотельной модели детали и твердотельной модели круглого фасонного резца

Выделяются контактные кромки твердотельной модели детали и твердотельной модели круглого фасонного резца. Необходимо нажать на кнопку (Условия сопряжения) , выбрать (Стандартное сопряжение)  совпадение и нажать на  (рис. 3.43).

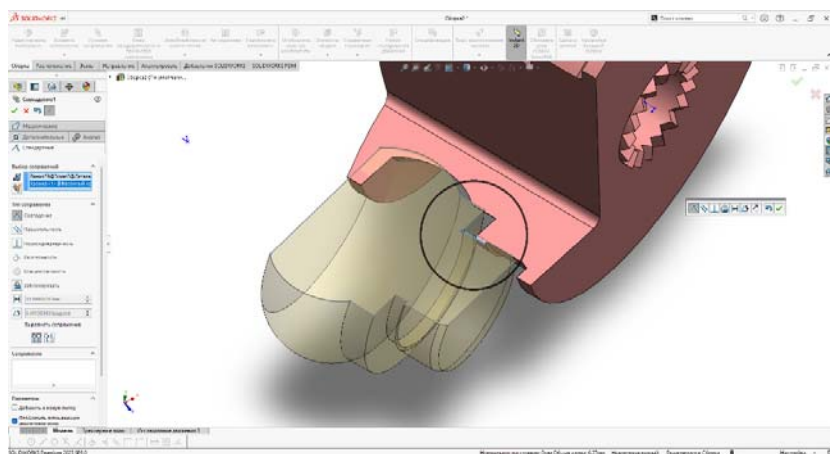


Рис. 3.43. Сопряжение кромок модели детали и круглого фасонного резца

Выделяются контактные точки кромок (рис. 3.44), при нажатии на кнопку (Условия сопряжения) , выбирается (Стандартное сопряжение)  совпадение и нажимается  (рис. 3.45).

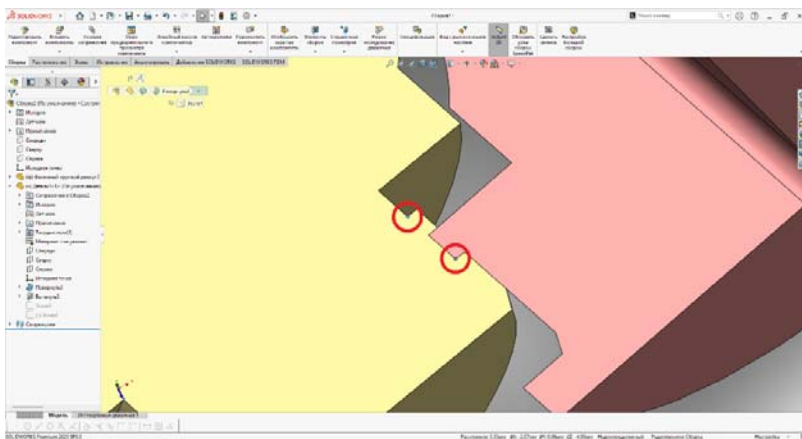


Рис. 3.44. Выделение точек кромок для задания сопряжений

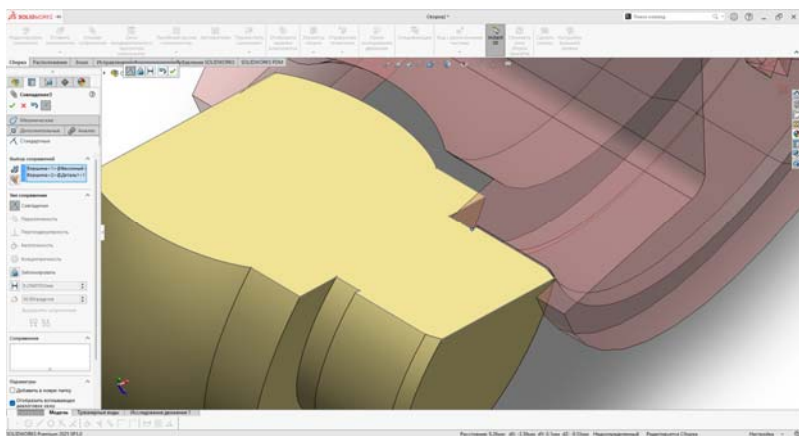


Рис. 3.45. Совпадение точек кромок при сопряжении модели детали и инструмента

Выделяется плоскость сечения детали и передняя плоскость заготовки круглого фасонного резца. Затем при нажатии на кнопку (Условия сопряжения) , выбирается (Стандартное сопряжение)  совпадение и нажимается  (рис. 3.46).

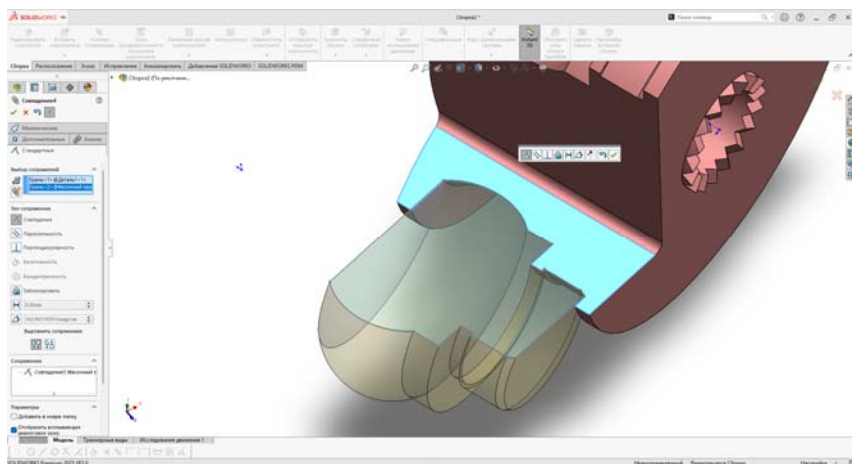


Рис. 3.46. Совпадение плоскости сечения детали и передней плоскости заточки круглого фасонного резца

Необходимо скрыть сечение твердотельной модели детали, нажав в «Дереве конструирования» на **Вырез-Вытянуть2** правой кнопкой мыши, а затем выбрать «Погасить». Таким образом получена собранная твердотельная модель детали с твердотельной моделью круглого фасонного резца (рис. 3.47).

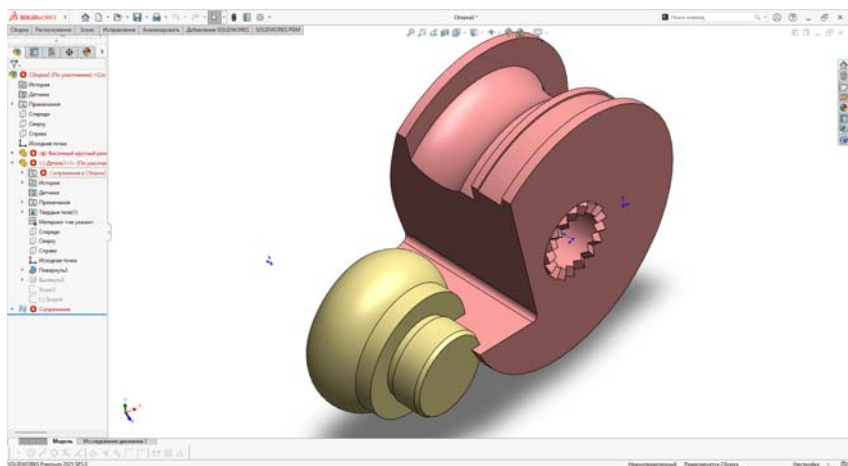


Рис. 3.47. Твердотельная модель детали в сборе с твердотельной моделью круглого фасонного резца

После этого выполняется проверка сопряженных профилей на отсутствие интерференции (пересечения) и визуальный контроль на отсутствие зазоров между профилем инструмента и детали (кроме участков поднутрения).

3.4. Создание рабочего (проеекционного) 2D-чертежа круглого фасонного резца

Необходимо открыть сохраненную модель круглого фасонного резца, нажав на кнопку (Открыть) , а после на кнопку (Создать чертеж из детали / Сборки)  (рис. 3.48).

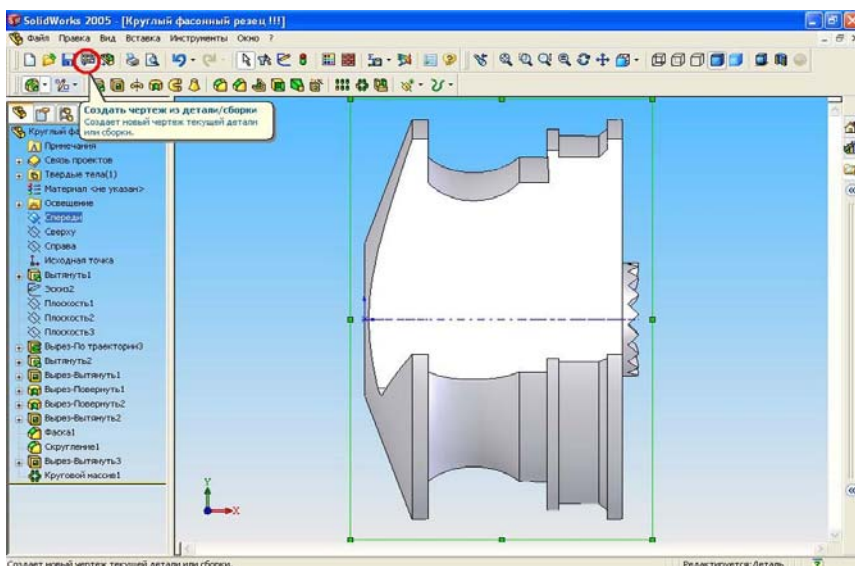


Рис. 3.48. Создание чертежа резца

После нажатия на кнопку (Создать чертеж из детали / Сборки)  появится окно (Формат листа / Размер), где можно выбрать стандартный размер листа и пользовательский размер листа. Выбрав пользовательский размер листа, необходимо ввести размеры листа и нажать «ОК» (рис. 3.49). В режиме работы с чертежом со-

здаются проекции и разрез профиля резца в нормальном сечении, при этом расставляются на них размеры.

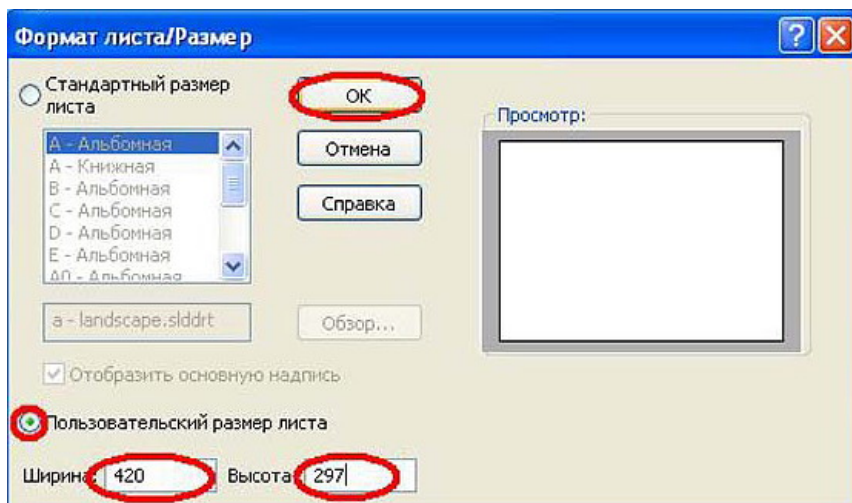


Рис. 3.49. Выбор размера листа

Далее создается местный разрез профиля резца в нормальном сечении. Для этого выбирается вкладка «Вставка» → «Чертежный вид» → «Местный». Нажимаем в месте, где необходимо произвести местный разрез, и растягиваем окружность до размера, который захватит весь участок профиля. Переносим курсор мыши на свободное пространство и производим щелчок. На свободном месте появится увеличенный местный разрез профиля (рис. 3.50). Затем расставляются все необходимые размеры (рис. 3.51).

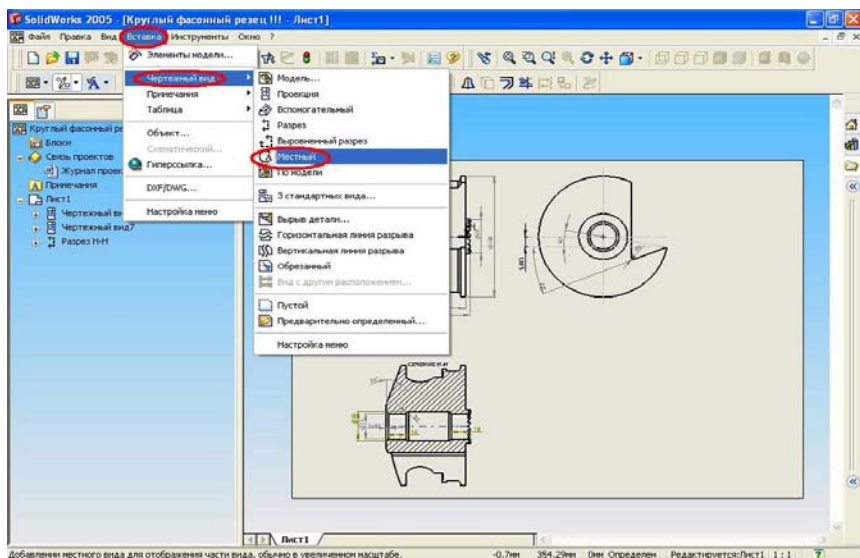


Рис. 3.50. Создание местного разреза

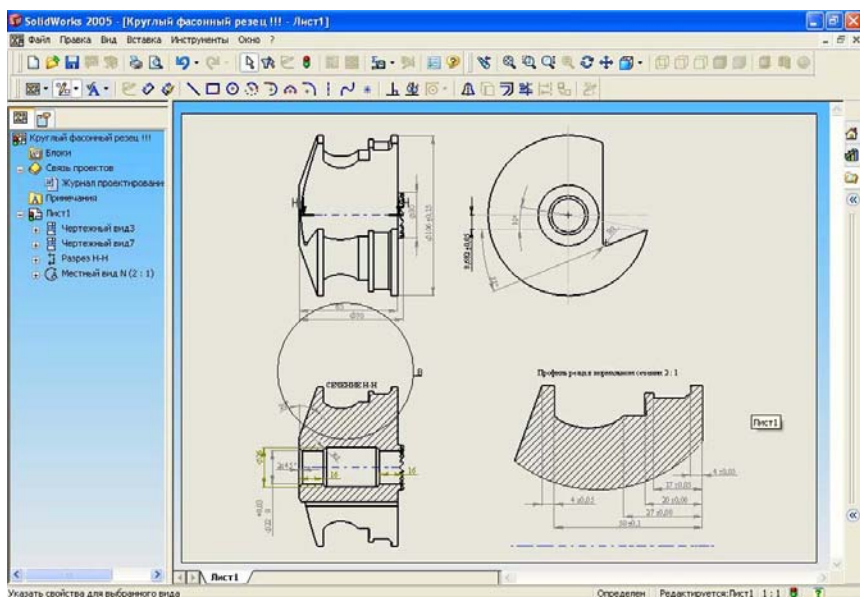


Рис. 3.51. Чертеж круглого фасонного резца

3.5. Анализ геометрии круглого фасонного резца

Как известно, значения передних γ и задних α углов круглого фасонного резца вдоль фасонного профиля и в разных секущих плоскостях (нормальной к режущей кромке и перпендикулярной базе крепления резца) носят переменный характер. Для анализа геометрии полученной модели резца и возможности обработки детали необходимо провести ряд дополнительных построений для определения углов заточки в различных (критических) точках профиля инструмента.

Пример проверки значений передних и задних углов инструмента вдоль профиля представлен на рис. 3.52.

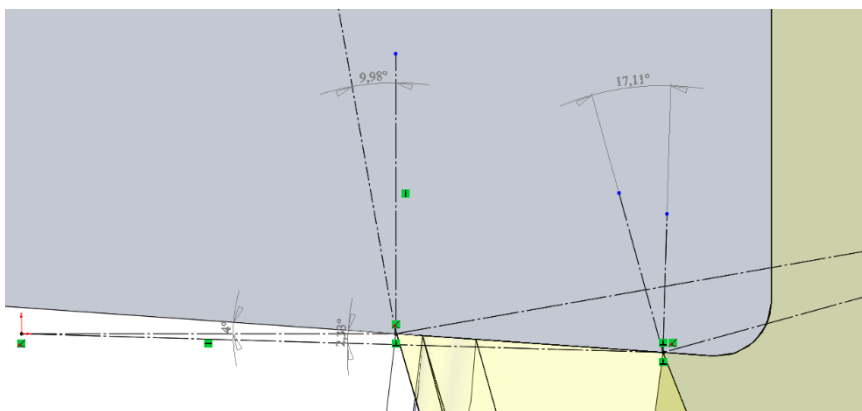


Рис. 3.52. Схема проверки передних γ и задних α углов круглого фасонного резца в различных радиальных сечениях профиля инструмента

Из рис. 3.52 видно, что при отдалении от периферии резца передний угол γ уменьшается ($\gamma = 4^\circ$ в базовой точке и $\gamma = 2,33^\circ$ на расстоянии 10,42 мм от периферии резца), а задний угол α возрастает ($\alpha = 9,98^\circ$ в базовой точке и $\alpha = 17,11^\circ$ на расстоянии 10,42 мм от периферии резца).

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКОВОЙ ФАСОННОЙ ФРЕЗЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВИНТОВОЙ КАНАВКИ СВЕРЛА

4.1. Построение исходного профиля стружечной винтовой канавки сверла

Для создания трехмерной модели сверла вначале необходимо построить профиль канавки в нормальной секущей плоскости. Форма канавки задается в торцевом сечении, перпендикулярном к оси сверла. Поскольку для сверл универсального назначения форму режущих кромок на режущей части обычно принимают прямолинейной, на торце она получается криволинейной. Ширину канавки таких сверл обычно принимают равной ширине пера или на $1/128$ окружности больше, т. е. центральный угол λ равен 90° или $\approx 93^\circ$.

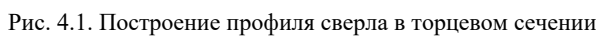
Для повышения прочности и устойчивости сверла диаметр его сердцевины по направлению к хвостовику увеличивается в пределах $1,4\text{--}1,8$ мм, т. е. в среднем на $1,6$ мм на 100 мм длины. Поскольку в качестве исходного обычно принимают сечение в месте перехода режущей части в калибрующую, диаметр сердцевины равен:

$$d_o = d_{\text{оп}} + 0,008d \cdot \text{ctg}\varphi, \quad (4.1)$$

где $d_{\text{оп}}$ – диаметр сердцевины на поперечной кромке сверла.

Профиль сверла в торцевом сечении характеризуется двумя участками (рис. 4.1): ck – участок сечения торцевой плоскостью винтовой поверхности, образованной движением прямолинейной режущей кромки ck' , расположенной под углом φ к оси O_1O_1 сверла; kL – участок, представляющий собой дугу окружности радиуса R_1 с центром в точке O' .

Исходными данными для расчета координат точек профиля сверла являются: наружный диаметр d , диаметр сердцевины d_o , угол ω наклона винтовой линии канавки сверла на наружном цилиндре, угол φ_c в плане, набор значений радиусов R_i точек на главной режущей кромке (значения R_i выбираются в пределах от $d/2$ до $d_o/2$), угол λ развала канавки сверла, высота t ленточки.



На главной режущей кромке выбирают ряд точек, задаваемых величиной R_i . Произвольная точка i , расположенная на главной режущей кромке (рис. 4.1), находится на расстоянии b_i от торцевой плоскости. Для определения соответствующей ей точки на профиле сверла в торцевом сечении необходимо точку i переместить винтовым движением, т. е. одновременно переместить поступательно вдоль оси сверла на расстояние b_i и повернуть на угол φ_i вокруг оси O_1 сверла. Точка i_T и будет искомой точкой торцевого профиля. Точка c , лежащая в торцевой плоскости, останется без изменения.

Угол поворота φ_i определяется по формуле (4.2):

$$\varphi_i = b_i / p, \quad (4.2)$$

где $p = P/2\pi$ – винтовой параметр;

$P = \pi d / \tan \alpha$ – шаг винтовой канавки, мм.

При нахождении координат точки i_T строится исходная осевая проекция режущей кромки сверла. На главной режущей кромке ck' определяется положение точки i . Сносится точка i на вторую проекцию сверла до пересечения с отрезком ck (режущая кромка сверла на виде сверху). Из центра O_1 через полученную точку i проводится дуга окружности радиусом R_i на угол φ_i и получается точка i_T . Проводится дуга окружности или сплайн, соединяющий точки c , i_T , k . Эта кривая в первом приближении будет соответствовать следу режущей кромки в искомом торцевом сечении.

Расчет координат точек участка kL производится после определения центра O' и радиуса R_1 . Их значения определяются по зависимостям (4.3):

$$R_1 = \frac{d^2 - 2 \cdot d \cdot d_O \cdot \cos \sigma_O + d_O^2}{4(d \cdot \cos \sigma_O - d_O)}. \quad (4.3)$$

Угол σ_O (в радианах), характеризует положение центра O' и определяется как:

$$\sigma_O = \lambda + \tau_O + \vartheta_O - \frac{\pi}{2},$$

где τ_O – угол, характеризующий положение радиуса-вектора, проходящего через точку k сопряжения участков передней поверхности sk и спинки kL :

$$\tau_O = \frac{d \cos \vartheta_O \operatorname{ctg} \varphi_c}{2p},$$

где $p = P/2\pi$ – винтовой параметр;

$P = \pi D/\operatorname{tg} \omega$ – шаг винтовой канавки;

φ_c – главный угол в плане;

$$\sin \vartheta_O = \frac{d_O}{d}.$$

После построения профиля необходимо скопировать наружный диаметр сверла и профиль канавки в файл трехмерного моделирования.

После этого по окружности наружного диаметра строится модель круглого стержня длиной $(2-3)D$, используя меню «Вставка» «Бобышка» «Вытянуть». Затем, на цилиндрической поверхности стержня создается спиральная кривая с шагом равным шагу канавки сверла (необходимо учесть, что траектория канавки есть конусная спираль). Для построения спирали предварительно необходимо выбрать плоскость, в которой находится окружность основания круглого стержня. Выделив эскиз этой окружности, или построив такую же новую окружность, выбирается «Спираль» в меню «Вставка» «Кривая». Задав параметры спирали, получаем «направление» винтовой канавки. Используя меню «Вставка» «Вырез» «По траектории» строится канавка, где в качестве «Сечения элемента по траектории» выступает эскиз винтовой канавки, построенный в исходной секущей плоскости. Таким образом, строится вырез по траектории спирали с профилем канавки (рис. 4.2).

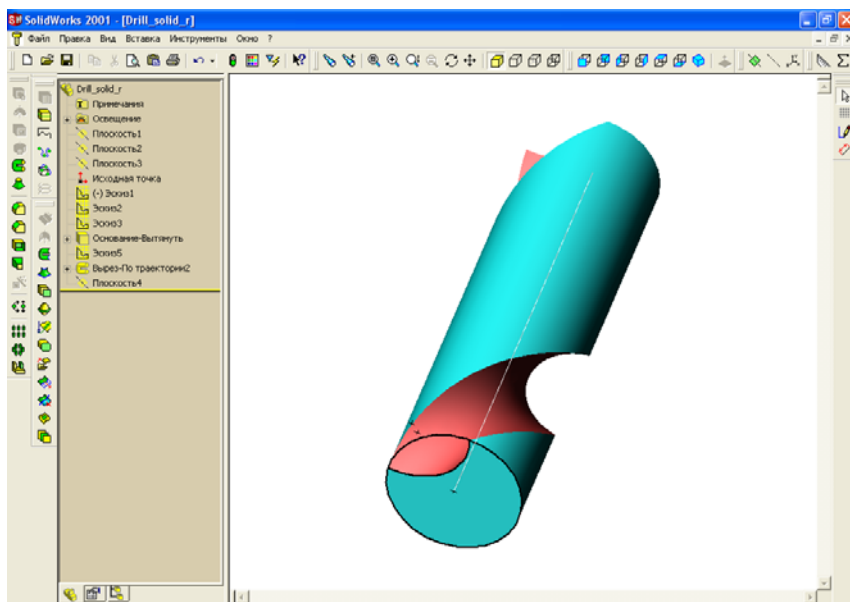


Рис. 4.2. Трехмерная модель канавки сверла

4.2. Построение 3D-модели дисковой фасонной фрезы

Вначале необходимо провести ось вращения фрезы. Этот этап является очень важным с точки зрения соблюдения условий формообразования и оптимизации конструкции инструмента. Ее положение определяется следующими параметрами:

a – межосевым расстоянием;

ε – углом скрещивания осей заготовки и инструмента;

ψ – углом разворота профиля (рис. 4.3).

В соответствии с существующими рекомендациями в первом приближении:

$$\varepsilon = 90^\circ - \omega - (1 - 2^\circ);$$

$$a \approx \frac{D + d_0}{2},$$

где ψ – принимается в пределах 25° – 45° ;

D – диаметр фрезы, принимается в пределах 75–100 мм.

Ось вращения фрезы должна пересекать проекцию оси сверла в центре канавки (рис. 4.3, 4.4). Для удобства последующих построений на оси фрезы рекомендуется поставить точку, соответствующую этому пересечению.

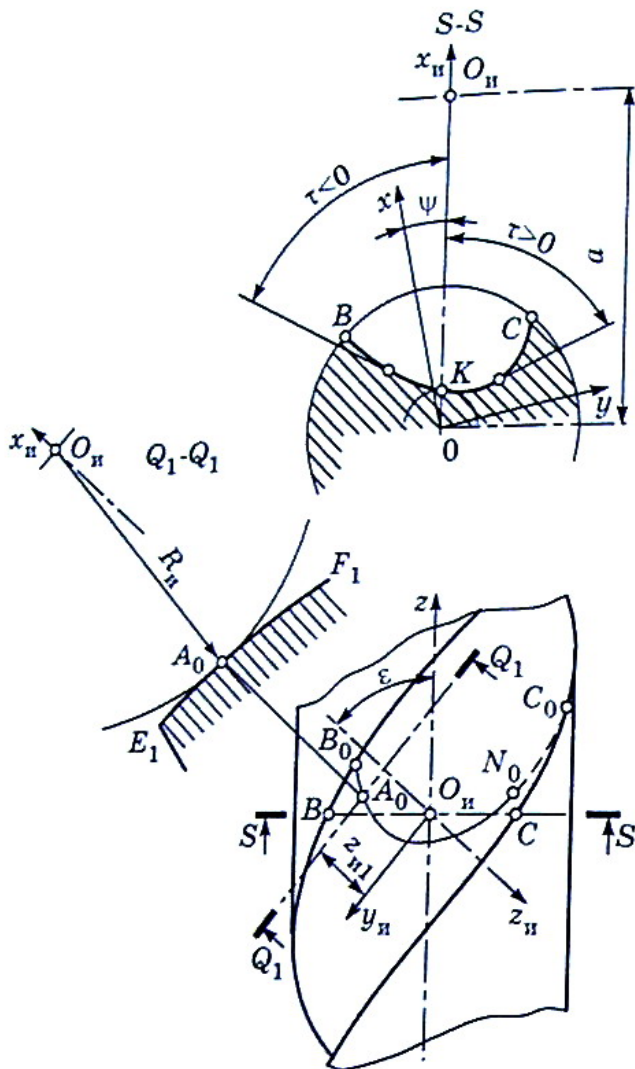


Рис. 4.3. Определение положения оси фрезы

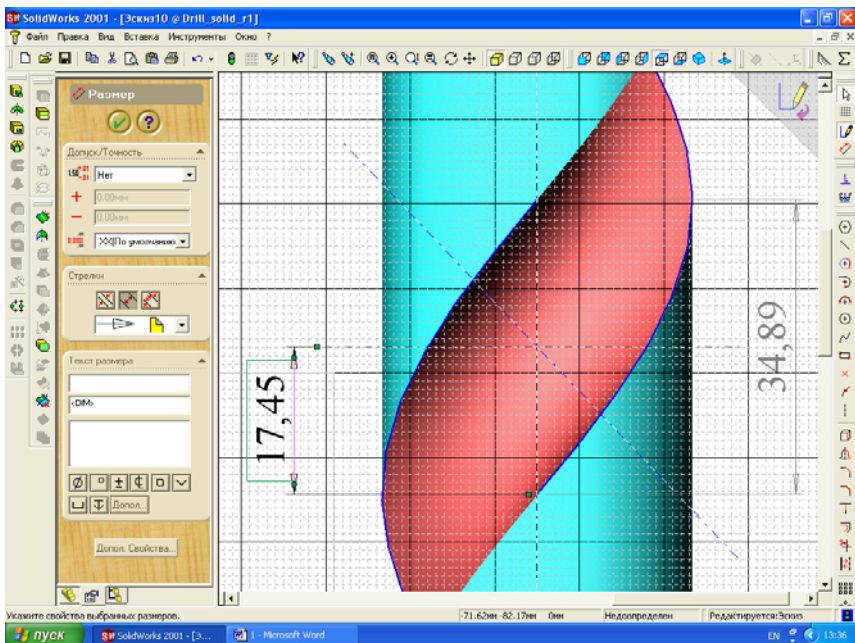


Рис. 4.4. Расположение оси фрезы

После определения положения оси фрезы через ее центр необходимо провести плоскость, пересекающую ось фрезы под прямым углом, по направлению ее установки (рис. 4.5). Параметры установки в процессе проектирования могут быть изменены с целью оптимизации конструкции инструмента.

Далее, в выбранной плоскости необходимо создать секущую поверхность, проходящую через трехмерную модель сверла. Для этого создается образующая прямая и вытягивается в поверхность (все поверхности, для наглядности, рекомендуется делать полупрозрачными).

Затем, отрезается часть модели этой поверхности. Выделив плоскость среза, необходимо войти в эскиз. В эскизе проводится окружность с центром на оси фрезы, которая проецируется в точку, до касания с линией пересечения поверхности и профиля канавки сверла. Линию пересечения необходимо предварительно впечатать в эскиз (перед выходом из эскиза эту кривую надо удалить) (рис. 4.6). Предварительно рекомендуется войти в настройки и улучшить качество изображения.

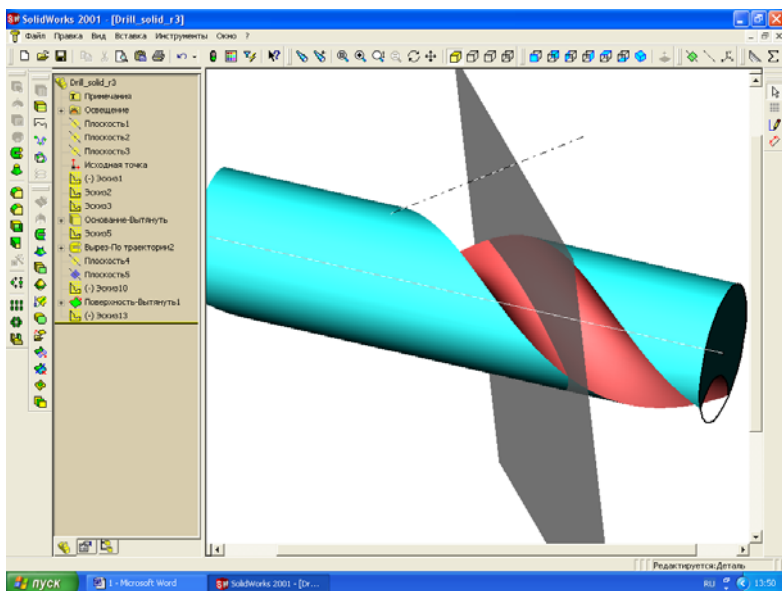


Рис. 4.5. Расположение секущей поверхности

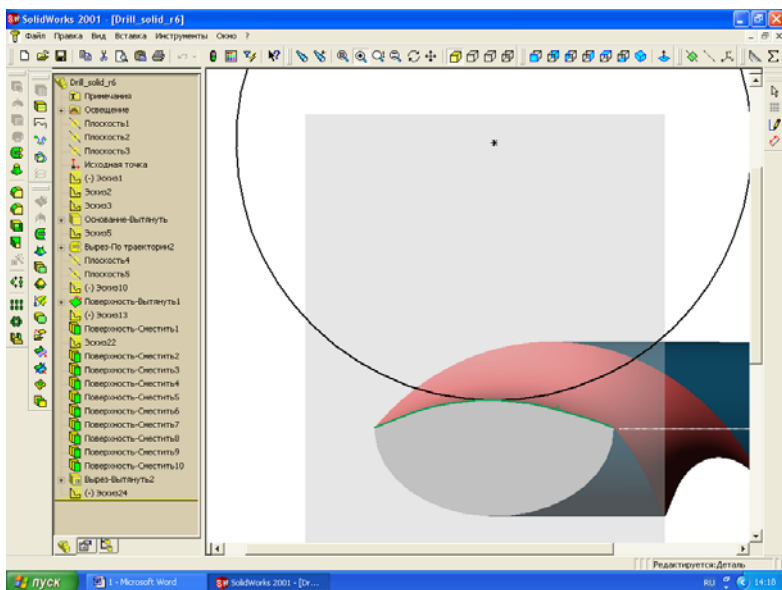


Рис. 4.6. Построение окружности профиля

После построения всех окружностей, ранее скрытые окружности отображаются, а секущие поверхности скрываются (рис. 4.7, 4.8).

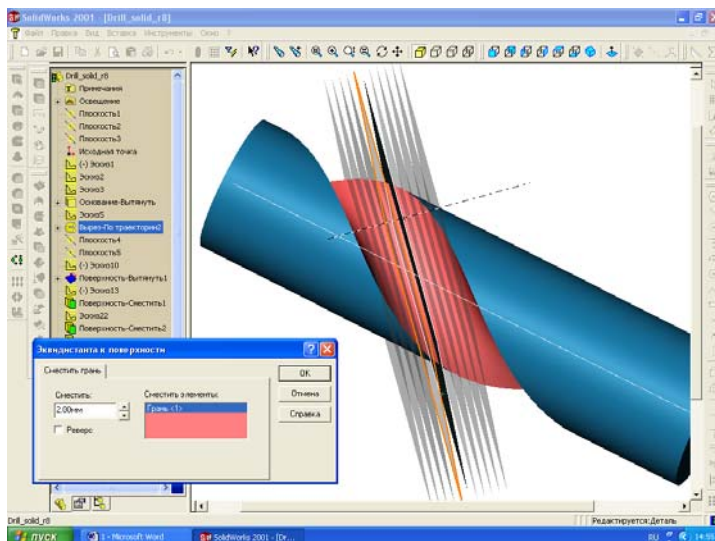


Рис. 4.7. Секущие поверхности

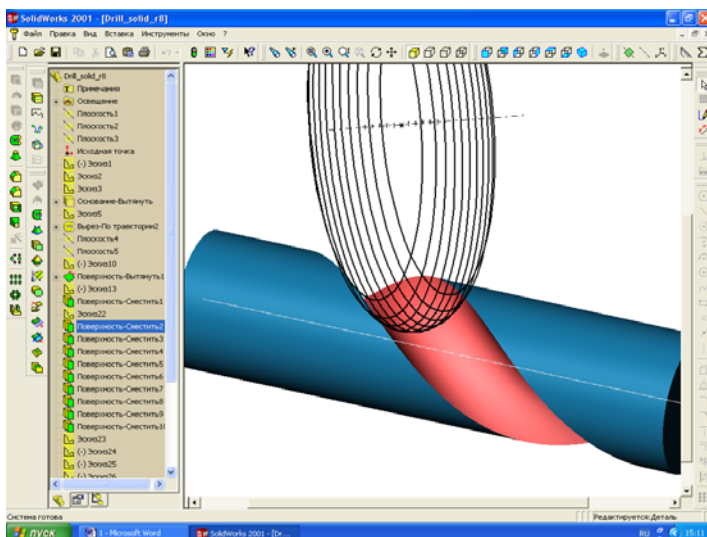


Рис. 4.8. Профилирующие окружности фрезы

Для определения точек профиля фрезы необходимо провести сечущую плоскость, которая проходит через ось вращения фрезы, предварительно скрыв тело сверла (рис. 4.9).

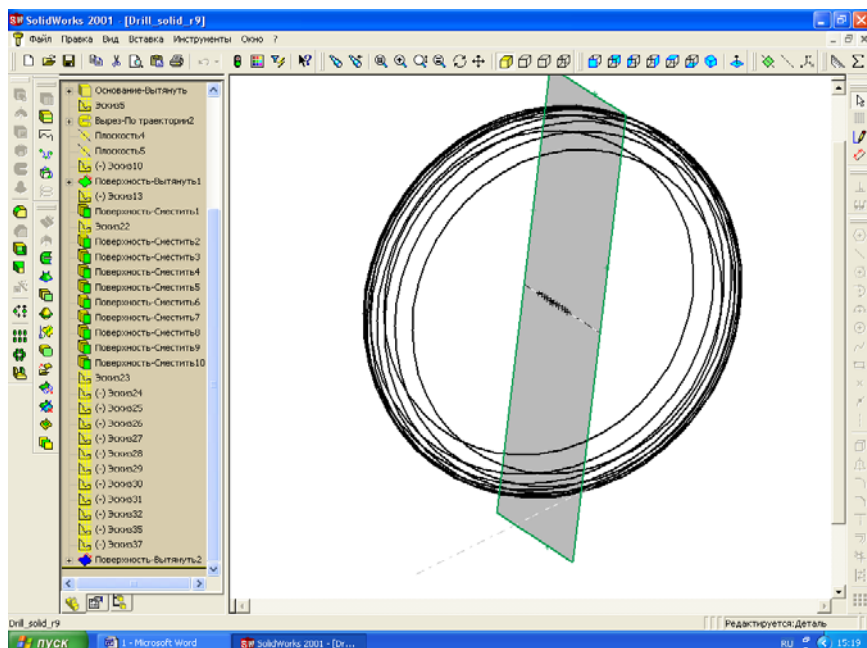


Рис. 4.9. Поверхность сечения

В выбранной плоскости строится эскиз профиля фрезы, соединяя точки профиля отрезками кривых (сплайнов) (рис. 4.10). Далее, полученный профиль копируется в другой файл (окно), где в несколько этапов создается твердотельная модель фрезы (контурная заготовка, стружечные канавки и передние поверхности зубьев, затылованные задние поверхности зубьев, посадочное отверстие и шпоночный паз в нем) (рис. 4.11).

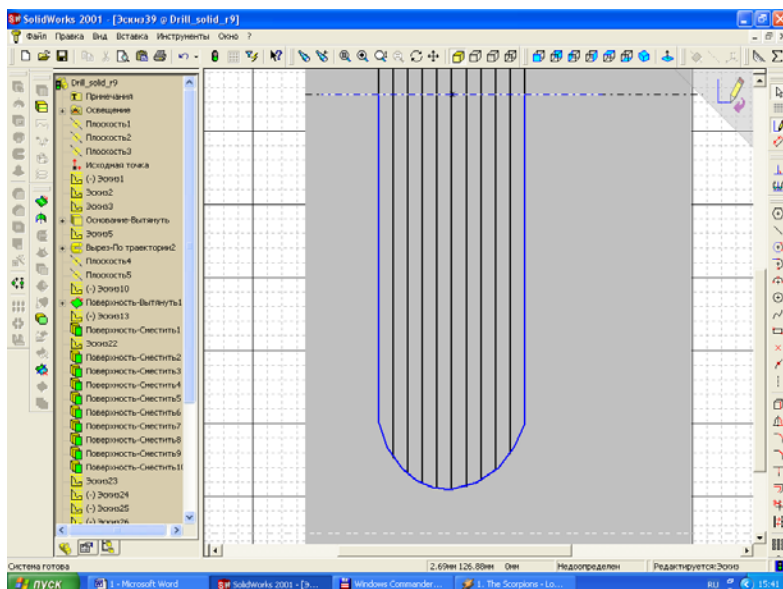


Рис. 4.10. Профиль фрезы

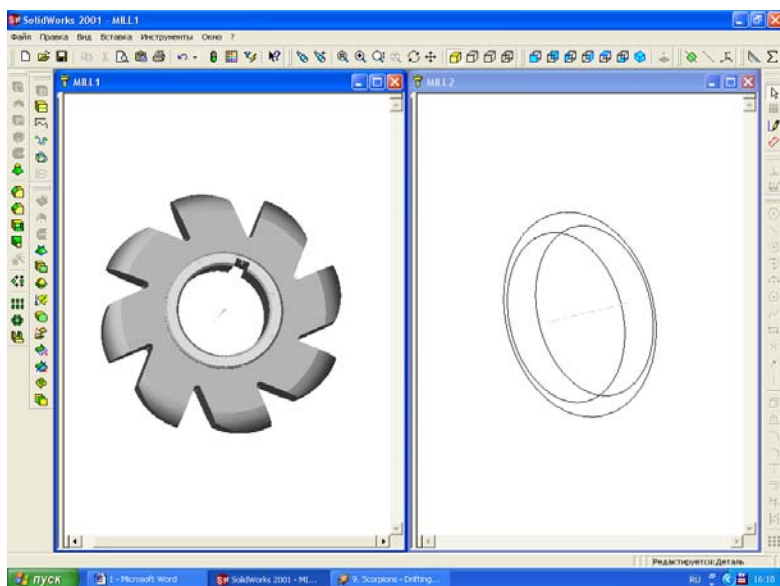


Рис. 4.11. Модель фрезы и ее профиль

ЛИТЕРАТУРА

1. Фельдштейн, Е. Э. Metallорежущие инструменты : справочник конструктора / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Мн. : Новое знание, 2009. – 1039 с.
2. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие / под. ред. Е. Э. Фельдштейна. – Мн. : Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.
3. Ажар, А. В. Решение проблем инструментального производства при проектировании сложнопрофильных фасонных и сборных инструментов методом 3D-моделирования / А. В. Ажар, А. Д. Пенкина // НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ-2020 : сборник материалов VII Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума 17–18 ноября 2020 года : в 2 т. – Мн., 2020. – Т. 1. – С. 61–63.
4. Ажар, А. В. Компьютерное моделирование сложнопрофильного инструмента / А. В. Ажар // Материалы 23-го международного симпозиума студентов и молодых ученых. – Зелено-Гура, 2002. – С. 92–99.
5. Ажар, А. В. Имитационное моделирование специального режущего инструмента / А. В. Ажар // Машиностроение. – Мн., 2003. – Вып. 19. – С. 163–168.
6. Ажар, А. В. Анализ стружкообразования на основе виртуальной модели нарезания зубьев червячной фрезой с прогрессивной схемой резания / А. В. Ажар // НАУКА – ОБРАЗОВАНИЮ, ПРОИЗВОДСТВУ, ЭКОНОМИКЕ : материалы 15-й Международной научно-технической конференции : в 4 т. – Мн., 2017. – Т. 1. – С. 473.
7. Семенченко, И. И. Проектирование металлорежущих инструментов / И. И. Семенченко, В. М. Матюшин, Г. Н. Сахаров. – М. : МАШГИЗ, 1963. – 952 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 2 т.
9. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко [и др.]; под общ. ред. И. А. Ординарцева. – Л. : Машиностроение. Ленинградское отделение, 1987. – 846 с.
10. Родин, П. Р. Основы проектирования режущих инструментов : учебник / П. Р. Родин. – Киев : Высшая школа, 1990. – 424 с.

11. Родин, П. Р. Основы формообразования поверхностей резанием / П. Р. Родин. – Киев : Высшая школа, 1977. – 192 с.
12. Палей, М. М. Технология шлифования и заточки режущего инструмента / М. М. Палей, Л. Г. Дибнер, М. Д. Флид. – М. : Машиностроение, 1988. – 288 с.
13. Палей, М. М. Технология и автоматизация инструментального производства / М. М. Палей. – Волгоград, 1995. – 488 с.
14. Радзевич, С. П. Формообразование поверхностей деталей. Основы теории : монография / С. П. Радзевич. – Киев : Растан, 2001. – 592 с.
15. Данилов, В. А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резания / В. А. Данилов. – Мн. : Наука и техника, 1995. – 264 с.
16. Панкратов, Ю. М. Профилирование обкатных инструментов / Ю. М. Панкратов. – СПб. : Изд-во «Политехника-сервис», 2010. – 158 с.
17. Алямовский, А. А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.
18. Королев, В. А. Справочник инструментальщика / В. А. Королев, П. М. Зотов, Л. С. Марголин. – Мн., 1976. – 415 с.
19. Космачев, И. Г. Карманный справочник технолога-инструментальщика / И. Г. Космачев. – М. : Ленинград, 1970. – 264 с.
20. Шагун, В. И. Режущий инструмент. Проектирование. Производство. Эксплуатация : учебное пособие / В. И. Шагун. – Мн. : НПО «ПИОН», 2002. – 496 с.
21. Технология изготовления режущего инструмента / А. И. Барсов, А. В. Иванов, К. И. Кладова [и др.]. – М. : Машиностроение, 1979. – 136 с.
22. Юликов, М. И. Проектирование и производство режущих инструментов / М. И. Юликов, Б. И. Горбунов, Н. В. Колесов. – М. : Машиностроение, 1987. – 296 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Исходные данные для проектирования фасонных резцов

Цель работы: спроектировать и проанализировать твердотельную модель фасонного резца для обработки профиля цилиндрической детали на токарном автомате или полуавтомате.

Содержание работы

В ходе работы необходимо:

1. Создать 3D-модель детали и фасонного резца для обработки ее контура на токарном станке.

2. Провести анализ условий сопряжения профилей инструмента и детали в процессе обработки на основании сборки полученных моделей.

3. Используя модель инструмента, определить высотные размеры профиля в направлении перпендикулярном базе резца. У призматического резца – в сечении нормальном опорному торцу «ласточки хвоста», у круглого – в радиальном сечении которое проходит через ось отверстия.

4. Произвести анализ геометрии фасонного резца (передних γ и задних α углов) в критических точках профиля.

5. Составить отчет, в который входит:

– краткое содержание и последовательность проектирования (схемы, рисунки, скриншоты экранных форм);

– выводы.

Номер варианта соответствует номеру машины или номеру по списку (табл. П1).

Недостающие данные и параметры необходимо выбрать по (табл. 2.1; табл. 2.2, табл. 3.1, табл. 3.2).

Варианты заданий

Таблица П1

Исходные данные для расчета фасонного резца

№ варианта	Обрабатываемый материал	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	Тип резца	Эскиз детали (рис. П1)
1	Сталь 40	600	Призматический	<i>а</i>
2	Сталь 20Х	450	Круглый	<i>б</i>
3	Сталь 45	600	Призматический	<i>в</i>
4	Сталь А40Г	600	Круглый	<i>г</i>
5	Сталь 10	350	Призматический	<i>д</i>
6	Бронза	820	Круглый	<i>з</i>
7	Алюминий	—	Призматический	<i>е</i>
8	Чугун	150 НВ	Круглый	<i>ж</i>
9	Сталь 40Х	820	Призматический	<i>и</i>
10	Медь	—	Круглый	<i>б</i>
11	Сталь 45	600	Призматический	<i>к</i>
12	Медь	—	Круглый	<i>л</i>

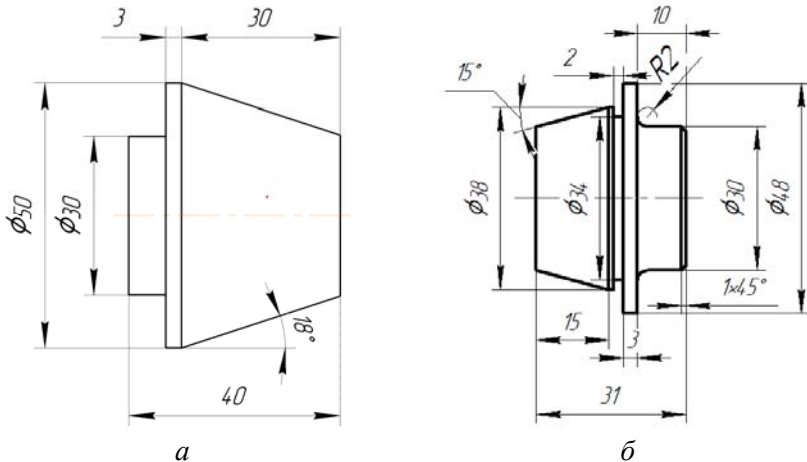
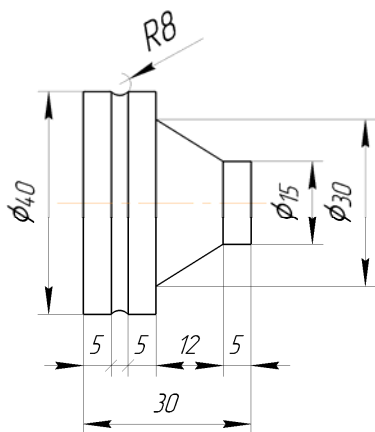
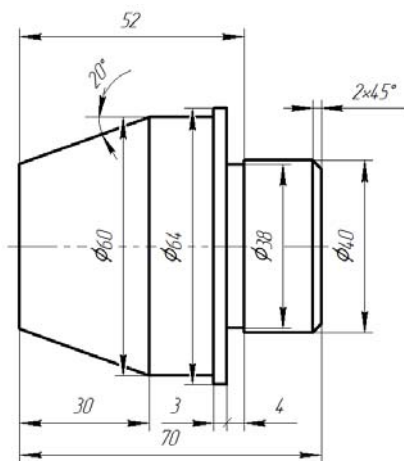


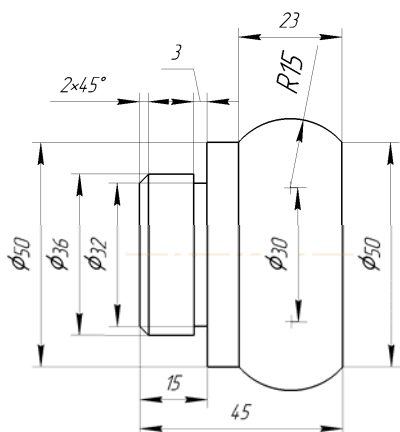
Рис. П1. Эскиз детали и ее геометрические параметры
(продолжение и окончание см. на с. 86, 87 и 88)



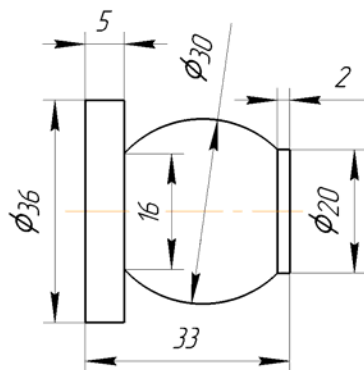
б



с



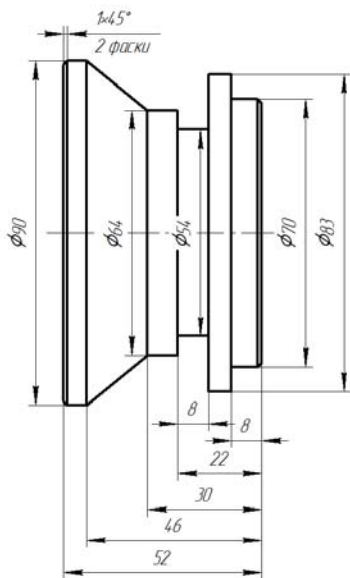
д



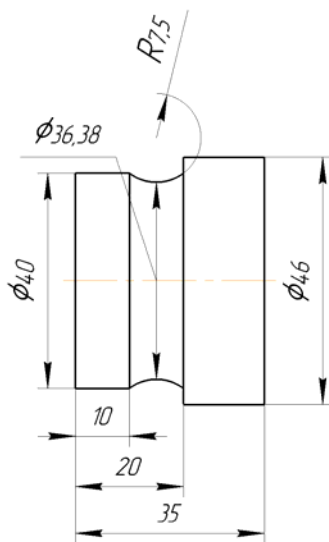
е

* размер, определяемый построением.

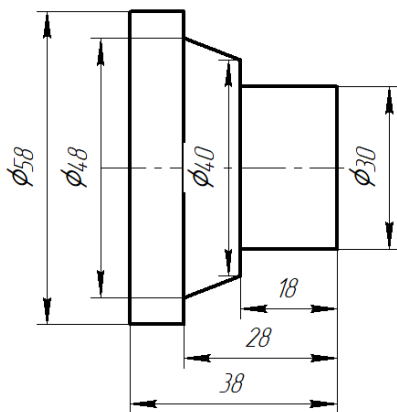
Рис. П1. Продолжение
(начало см. на с. 85, окончание – на с. 87 и 88)



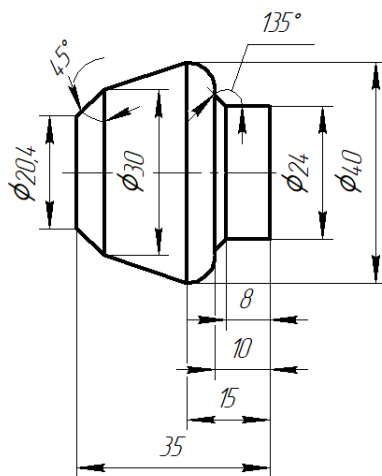
Ж



З

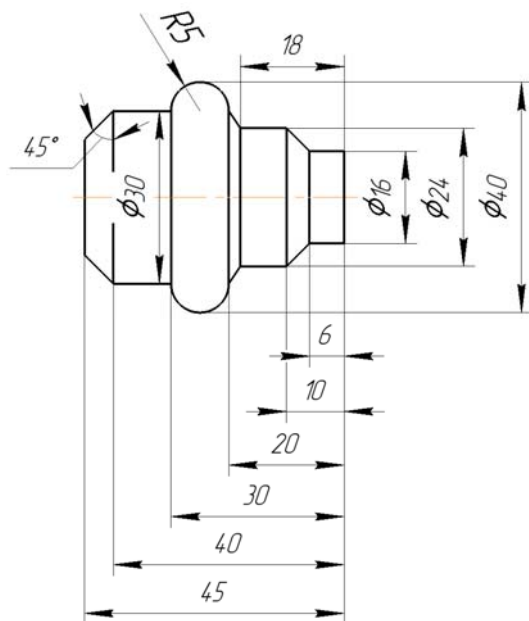


И



К

Рис. П1. Продолжение
(начало см. на с. 85 и 86, окончание – на с. 88)



л

Рис. П1. Окончание
(начало см. на с. 85, 86 и 87)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Исходные данные для проектирования фасонных дисковых фрез

Цель работы: спроектировать и проанализировать твердотельную модель фрезы для обработки винтовой канавки сверла на универсальном фрезерном, специализированном фрезерном или резьбофрезерном станке.

Содержание работы

В ходе работы необходимо:

1. Создать 3D-модель заготовки спирального сверла с винтовой стружечной канавкой и фасонной дисковой фрезы для ее обработки.
2. Провести анализ условий сопряжения профилей инструмента и детали в процессе обработки на основании сборки полученных моделей.

3. Используя модель, определить высотные размеры профиля в направлении, перпендикулярном базовой поверхности фрезы, – в радиальном сечении, которое проходит через ось отверстия.

4. Произвести анализ геометрии фасонной фрезы (передних γ и задних α углов) в критических точках профиля.

5. Составить отчет:

- краткое содержание и последовательность проектирования (схемы, рисунки, скриншоты экранных форм);

- выводы.

Номер варианта соответствует номеру машины или номеру по списку (табл. П2).

Таблица П2

Исходные данные для расчета дисковой фрезы

№ варианта	Диаметр сверла d , мм	Диаметр сердцевины на уровне поперечной кромки $d_{оп}$, мм	Центральный угол канавки λ , град	Угол наклона винтовой линии канавки, град	Главный угол в плане φ_c , град	Межосевое расстояние, мм
1	25	$0,2 d$	90	15	59	50
2	25	$0,3 d$	105	30	65	75
3	25	$0,4 d$	80	45	70	100
4	10	$0,2 d$	90	15	59	50
5	10	$0,3 d$	105	30	65	75
6	10	$0,4 d$	80	45	70	100
7	15	$0,2 d$	90	15	59	50
8	15	$0,3 d$	105	30	65	75
9	15	$0,4 d$	80	45	70	100
10	40	$0,2 d$	90	15	59	50
11	40	$0,3 d$	105	30	65	75
12	40	$0,4 d$	80	45	70	100
13	20	$0,2 d$	90	15	59	50
14	20	$0,3 d$	105	30	65	75
15	20	$0,4 d$	80	45	70	100
16	30	$0,2 d$	90	15	59	50
17	25	$0,2 d$	90	25	59	50
18	25	$0,3 d$	90	25	59	50
19	50	$0,4 d$	100	15	70	90
20	30	$0,2 d$	90	15	59	50
21	50	$0,3 d$	105	30	65	75
22	30	$0,4 d$	80	45	70	90
23	12	$0,2 d$	90	35	59	40
24	10	$0,2 d$	85	25	59	40
25	22	$0,3 d$	90	25	59	45

Учебное пособие

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЛОЖНОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА. КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ

Пособие

для обучающихся по специальностям
6-05-0714-02 «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»
и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

С о с т а в и т е л и:

АЖАР Александр Владимирович
ЛАПУКА Анастасия Дмитриевна

Редактор *А. С. Кочмарик*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 18.12.2025. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,23. Уч.-изд. л. 4,29. Тираж 100. Заказ 818.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.