

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ

*Электронные методические указания к лабораторной работе*

САМАРА  
2013

УДК 004(075)  
ББК 32.84я7  
М 744

Составители: А. Н. Жидяев, Д. Л. Скуратов

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Н. Д. Проничев

**Моделирование технологического процесса изготовления концевой фрезы** [Электронный ресурс] электрон метод. указания к лаб. работе / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. А.Н. Жидяев, Д.Л. Скуратов. - Электрон. текстовые и граф. дан. (1,02 Мбайт). - Самара, 2013. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

В электронных методических указаниях изложена методика моделирования технологического процесса и порядок создания управляющей программы для изготовления осевого инструмента на примере концевой фрезы, основанные на использовании системы подготовки управляющих программ для шлифовально-заточного центра с ЧПУ ВЗ-630Ф4, разработанной его заводом изготовителем.

Электронные методические указания предназначены для студентов механических факультетов, обучающихся по специальности 160700.65 – «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» по дисциплине «Обработка конструкционных материалов» в 6, 7 семестре, и для студентов, обучающихся по специальности 151001.65 – «Технология машиностроения» по дисциплине «Моделирование и оптимизация технологических процессов» в 9 семестре.

Разработано на кафедре механической обработки материалов.

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

Цель работы – закрепление теоретических знаний в области обработки конструкционных материалов на металлорежущем оборудовании, а также получение практических навыков моделирования технологических процессов изготовления осевого инструмента и создания управляющих программ для его формообразования.

Задачи:

– ознакомиться с методикой моделирования технологического процесса изготовления концевой фрезы и системой подготовки управляющей программы для шлифовально-заточного центра с ЧПУ ВЗ-630Ф4, применяемого для изготовления осевого инструмента;

– приобрести практические навыки моделирования технологического процесса изготовления инструмента и создания управляющей программы (УП) для его формообразования.

## **2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Изучить методические указания по выполнению данной работы.
2. Изучить систему подготовки управляющих программ для шлифовально-заточного центра с ЧПУ ВЗ-630Ф4.
3. Выполнить моделирование технологического процесса изготовления концевой фрезы и сгенерировать УП для её изготовления.
4. Оформить отчет по работе.

## **3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ И СОЗДАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЕЁ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

В современном производстве машин, приборов и оборудования независимо от отрасли машиностроения широко используется осевой режущий инструмент, к которому относятся: сверла, зенкеры, развертки, протяжки, метчики, концевые фрезы и т.д. Данный инструмент изготавливается как из быстрорежущих сталей, так и из твердых сплавов, он может быть как цельным, так и сборным. В предлагаемой лабораторной работе изложена последовательность моделирования тех-

нологического процесса изготовления концевой фрезы и создание УП для её формообразования на основе использования системы подготовки управляющих программ для шлифовально-заточного центра с ЧПУ ВЗ-630Ф4, представленного на рис. 1. Указанный ранее шлифовально-заточной центр позволяет изготавливать и затачивать осевой инструмент. То есть основными формообразующими операциями на данном центре являются операции шлифования. Используя шлифовальные круги различной формы, на данном станке можно получать спиральные канавки, формировать передние и задние поверхности, затачивать инструмент с определённой геометрией и т.д.



*Рис. 1.* Шлифовально-заточной центр с ЧПУ ВЗ-630Ф4

Для разработки технологического процесса изготовления твердосплавной четырехзубой концевой фрезы диаметром 12 мм с радиусной переходной кромкой, чертеж которой приведен на рис. 2, и формирования УП необходимо выполнить следующие шаги:



1. Ввести геометрические (линейные и угловые) и конструктивные параметры фрезы.
  2. Ввести геометрические параметры шлифовальных кругов, определяющих их систему.
  3. Ввести технологические параметры (режимы резания) для каждой обрабатываемой поверхности фрезы.
  4. Выполнить процедуру настройки поперечного сечения фрезы.
  5. Выполнить процедуру формирования УП.
  6. Дополнительно при необходимости выполнить процедуру моделирования главного вида и поперечного сечения фрезы.
  7. Произвести запись УП в рабочий каталог в системе ЧПУ станка.
- Для запуска системы подготовки УП необходимо запустить файл cilshagzakr.exe, находящийся в каталоге D:\Geometry\cilshagzakr.
- Вид начального окна системы подготовки УП для шлифовально-заточного центра с ЧПУ ВЗ-630Ф4 представлен на рис. 3.

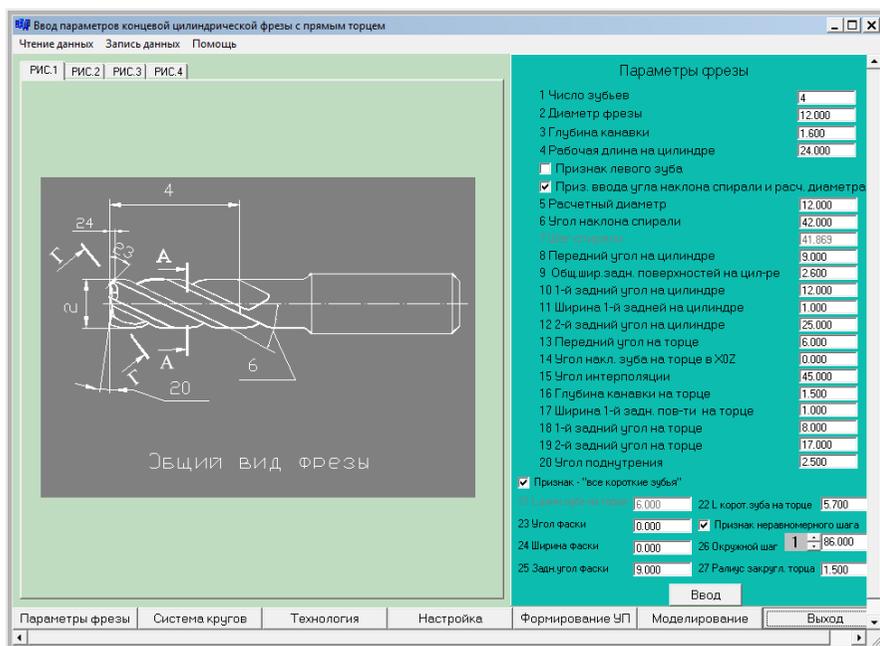


Рис. 3. Вид начального окна системы подготовки управляющих программ

В верхней части окна расположена строка меню, включающая следующие пункты:

– «Чтение данных», нажатие этой клавиши позволяет открыть ранее созданные файлы. По умолчанию для чтения открывается каталог D:\Geometry \cilshagzakr, содержащий файлы данных фрез. Файлы данных имеют расширение \*.dat;

– «Запись данных», нажатие указанной клавиши позволяет сохранить текущий файл с данными. По умолчанию файлы сохраняются в каталоге D:\Geometry \cilshagzakr);

– «Помощь».

Внизу окна находятся функциональные клавиши, позволяющие осуществлять переход между соответствующими окнами: «Параметры фрезы», «Система кругов», «Технология», «Настройка», «Формирование УП», «Моделирование» и «Выход».

### **3.1. ПАРАМЕТРЫ ФРЕЗЫ**

Окно «Параметры фрезы» появляется при запуске системы подготовки УП или при нажатии на соответствующую клавишу (см. рис. 3).

В правой части окна находится область ввода геометрических (линейных и угловых) параметров фрезы (рис. 4). По умолчанию открываются параметры двузубой фрезы диаметром 12 мм. Поля в этой области окна могут быть заполнены как все, так и частично. Для утверждения всех введенных параметров необходимо нажать клавишу «Ввод». Все вводимые параметры с целью их наглядного визуального восприятия технологом обозначены на четырех эскизах фрезы, которые отображаются в левой части окна. Переход между эскизами осуществляется с помощью клавиш «РИС.1», «РИС.2», «РИС.3» и «РИС.4», расположенных ниже строки меню. Эскизы с 1 по 4, с обозначенными на них порядковым номером геометрическими параметра фрезы (см. рис. 4), представлены соответственно на рис. 5-8.

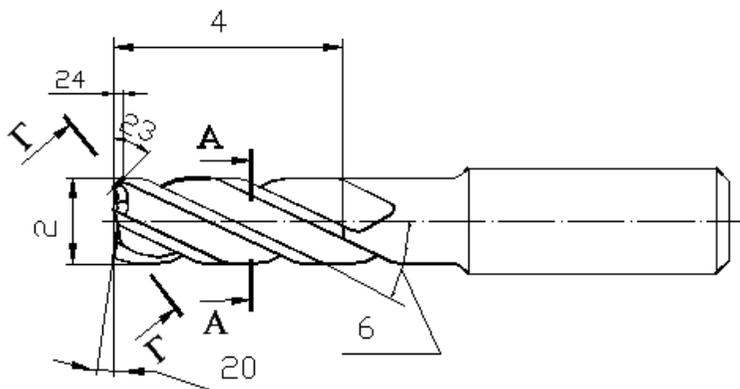
Для создания техпроцесса и УП необходимо ввести следующие данные о фрезе:

1. Число зубьев (целое положительное число от 2-х до 20-и).
2. Диаметр фрезы (реальное положительное число от 0,5 до 100 мм; указывается диаметр фрезы, который нужно получить после изготовления (переточки)).

## Параметры фрезы

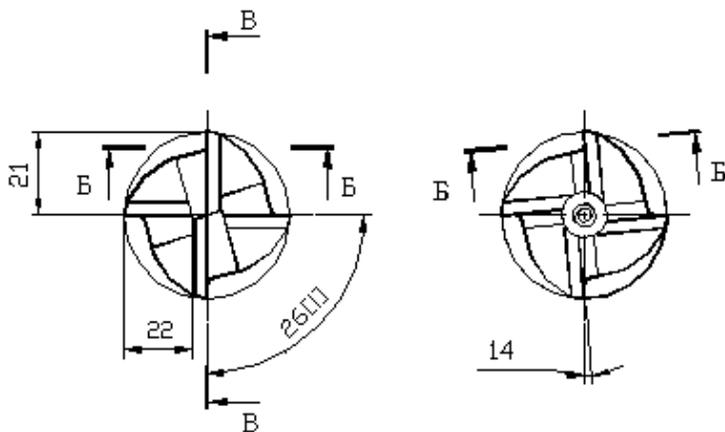
1 Число зубьев	<input type="text" value="4"/>
2 Диаметр фрезы	<input type="text" value="12.000"/>
3 Глубина канавки	<input type="text" value="1.600"/>
4 Рабочая длина на цилиндре	<input type="text" value="24.000"/>
<input type="checkbox"/> Признак левого зуба	
<input checked="" type="checkbox"/> Приз. ввода угла наклона спирали и расч. диаметра	
5 Расчетный диаметр	<input type="text" value="12.000"/>
6 Угол наклона спирали	<input type="text" value="42.000"/>
7 Шаг спирали	<input type="text" value="41.869"/>
8 Передний угол на цилиндре	<input type="text" value="9.000"/>
9 Общ.шир.задн. поверхностей на цилиндре	<input type="text" value="2.600"/>
10 1-й задний угол на цилиндре	<input type="text" value="12.000"/>
11 Ширина 1-й задней на цилиндре	<input type="text" value="1.000"/>
12 2-й задний угол на цилиндре	<input type="text" value="25.000"/>
13 Передний угол на торце	<input type="text" value="6.000"/>
14 Угол накл. зуба на торце в X0Z	<input type="text" value="0.000"/>
15 Угол интерполяции	<input type="text" value="45.000"/>
16 Глубина канавки на торце	<input type="text" value="1.500"/>
17 Ширина 1-й задн. пов-ти на торце	<input type="text" value="1.000"/>
18 1-й задний угол на торце	<input type="text" value="8.000"/>
19 2-й задний угол на торце	<input type="text" value="17.000"/>
20 Угол поднутрения	<input type="text" value="2.500"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Признак - "все короткие зубья"	
21 L длин.зуба на торце	<input type="text" value="6.000"/>
22 L корот.зуба на торце	<input type="text" value="5.700"/>
23 Угол фаски	<input type="text" value="0.000"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Признак неравномерного шага	
24 Ширина фаски	<input type="text" value="0.000"/>
26 Окружной шаг	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="86.000"/>
25 Задн.угол фаски	<input type="text" value="9.000"/>
27 Радиус закругл. торца	<input type="text" value="1.500"/>

Рис. 4. Область ввода геометрических параметров фрезы



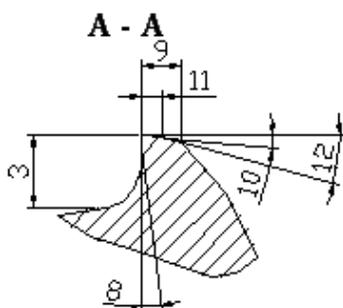
## ОБЩИЙ ВИД ФРЕЗЫ

Рис. 5. Эскиз «РИС.1» с основными геометрическими параметрами фрезы



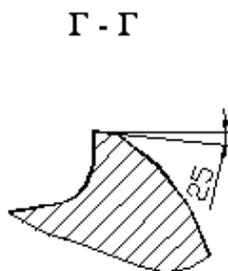
## ТИП ТОРЦА ФРЕЗЫ

Рис. 6. Эскиз «РИС.2» с параметрами, определяющими торец фрезы



Параметры зуба  
на цилиндре

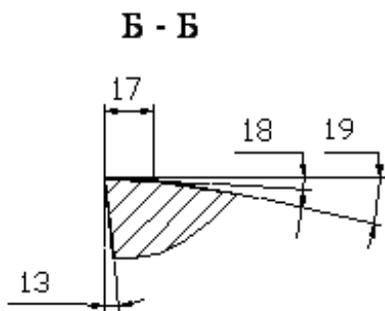
*a*



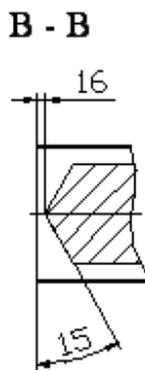
Параметры

*б*

*Рис. 7.* Эскиз «РИС.3» с параметрами, определяющими передние и задние поверхности на цилиндре (*a*) и на фаске (*б*)



Параметры зуба  
на торце



*Рис. 8.* Эскиз «РИС.4» с параметрами, характеризующими геометрию зубьев на торце фрезы

3. Глубина канавки (реальное положительное число от 0,05 до 0,4 от диаметра фрезы, мм).

4. Рабочая длина режущей части фрезы (реальное положительное число от 0 до 400 мм).

5. Расчётный диаметр (реальное положительное число в диапазоне от 0,5 до 100 мм; при формировании УП для переточки фрезы необходимо ввести диаметр, заданный при изготовлении фрезы, для сохранения шага стружечной канавки).

6. Угол наклона спирали (реальное положительное число в диапазоне от 0 до 45 градусов).

7. Шаг спирали (ввод в данное поле возможен, если убрать флажок в поле «Признак ввода угла наклона спирали и расчётного диаметра», при этом ввод в поля 5 и 6 становится невозможным).

8. Передний угол на цилиндре (реальное число от  $-30$  до  $+30$  градусов).

9. Общая ширина задних поверхностей на цилиндре, в мм (реальное положительное число от 0 до  $0,25\pi D/z$ , где  $D$  – диаметр фрезы,  $z$  – число зубьев фрезы).

10. 1-й задний угол на цилиндре (реальное положительное число в диапазоне от 0 до 15 градусов).

11. Ширина 1-й задней поверхности на цилиндре, мм.

12. 2-й задний угол на цилиндре (реальное положительное число в диапазоне от 0 до 40 градусов).

13. Передний угол на торце (реальное число от  $-20$  до  $+20$  градусов).

14. Угол наклона зуба на торце  $XOZ$  (реальное положительное число в диапазоне от 0 до 20 градусов).

15. Угол интерполяции (реальное положительное число в диапазоне от 15 до 60 градусов).

16. Глубина канавки на торце (реальное положительное число от 0 до  $0,125 D$  мм).

17. Ширина 1-й задней поверхности на торце (реальное положительное число от 0 до  $0,25\pi D/z$  мм).

18. 1-й задний угол на торце (реальное положительное число в диапазоне от 0 до 20 градусов).

19. 2-й задний угол на торце (реальное положительное число от 0 до 50 градусов).

20. Угол поднутрения (реальное положительное число в диапазоне от 0 до 15 градусов).

21. Длина длинного зуба на торце (реальное положительное число от 0 до  $0,75 D$  мм).

22. Длина короткого зуба на торце (реальное положительное число от 0 до  $0,6D$  мм).

23. Угол фаски на торце, в градусах.

24. Ширина фаски на торце, в мм.

25. Задний угол фаски, в градусах.

26. Окружной шаг, в градусах (значения окружных шагов зубьев задаются только в случае изготовления фрезы с неравномерным шагом зубьев).

При обработке инструмента с неравномерным окружным шагом зубьев необходимо установить флажок в поле «Признак неравномерного шага» и ввести значения окружного шага для каждого зуба.

При изготовлении фрезы со всеми короткими зубьями на торце в окне необходимо установить флажок в поле «Признак – «все короткие зубья»». Фрезы с короткими зубьями проще в изготовлении, но при этом они не обеспечивают возможности врезания в материал торцом фрезы под углом и засверливания.

При обработке инструмента с левым направлением стружечной канавки необходимо установить флажок в поле «Признак левого зуба».

Винтовая стружечная канавка определяется шагом, который должен сохраняться при переточке фрезы. Шаг стружечной канавки можно рассчитать по формуле  $\pi D / \operatorname{tg} \omega$ , где  $D$  – расчетный диаметр фрезы (поле 5),  $\omega$  – угол подъема спирали на расчетном диаметре (поле 6).

Следует заметить, что в системе подготовки управляющих программ передний угол на цилиндре определяется, как угол между касательной к профилю стружечной канавки в точке ее пересечения с окружностью диаметром, равным диаметру фрезы, и прямой, проходящей через эту точку и центр фрезы. При измерении изготовленной фрезы передний угол определяется, как угол между касательной к профилю стружечной канавки в точке измерения и прямой, проходящей через эту точку и центр фрезы. Чем меньше диаметр, на котором находится точка измерения, тем больше отличие между заданным и измеренным углами (рис. 9). Измерение переднего угла на цилиндре у фрезы диаметром 12 мм осуществляется, как правило, на диаметре 11 мм.

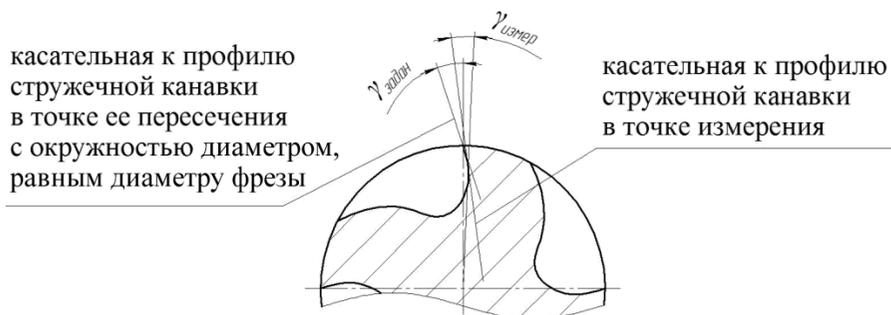


Рис. 9. Отличие в определении заданного и измеренного углов

Введём в область ввода исходных данных (см. рис. 4) геометрические (линейные и угловые) параметры фрезы с её чертежа, представленного на рис. 2. Следует отметить, что на чертеже указана глубина канавки равная 2,85 мм, а на рис. 4 в поле 3 введено значение равное 1,6 мм. Необходимость такого изменения размера будет объяснена в подразделе 3.4.

После ввода всех необходимых параметров необходимо нажать на клавишу «Ввод».

### 3.2. ПАРАМЕТРЫ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Для задания параметров кругов необходимо нажать на клавишу «Система кругов», после чего появится окно, показанное на рис. 10.

При заточке фрезы может быть использовано не более трёх кругов. Для формообразования данной фрезы используются основной, тарельчатый и чашечный круги. Их возможное расположение представлено на эскизе в левой части окна (см. рис. 10). Основной круг предназначен для образования канавки фрезы, её спинки и может использоваться для получения задних поверхностей на торце. Тарельчатый круг участвует в формировании передней поверхности на торце и разделении зубьев фрезы. Для формирования задних поверхностей на цилиндре и на торце используется чашечный круг.

В правой части окна расположена таблица для ввода геометрических параметров кругов. Она включает следующие параметры:

1. Диаметр основного круга (реальное положительное число от  $2D$ , где  $D$  – диаметр фрезы, до 400 мм).

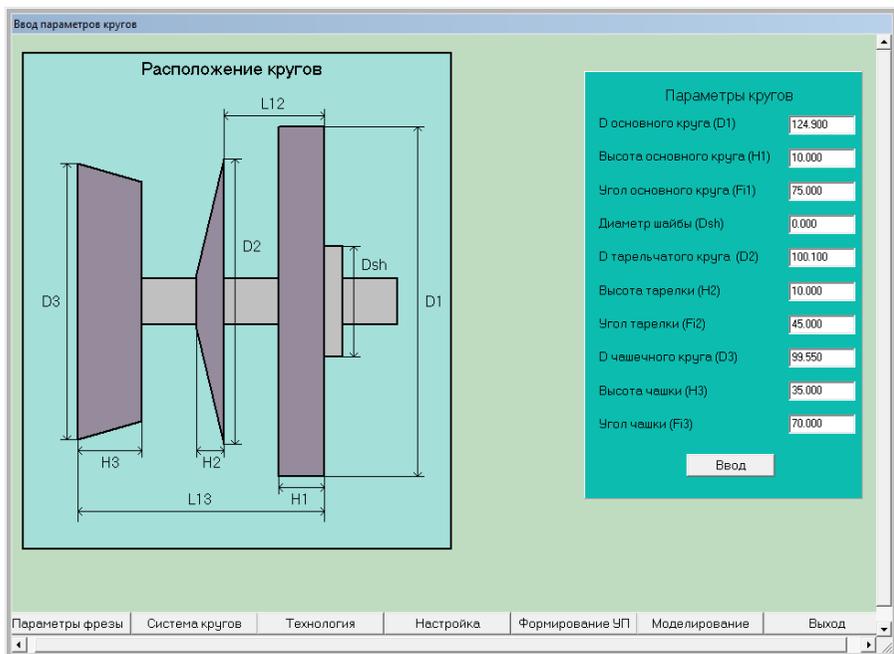


Рис. 10. Окно ввода параметров шлифовальных кругов

2. Высота основного круга (реальное положительное число от 0,5 до 100 мм).
3. Угол основного круга (реальное положительное число от 10 до 90 градусов).
4. Диаметр шайбы на шпиндельной оправке (реальное положительное число от 0 до  $D$  мм).
5. Диаметр тарельчатого круга (реальное положительное число от  $2D$  до 400 мм).
6. Высота тарельчатого круга (реальное положительное число от 0,5 до 100 мм).
7. Угол тарельчатого круга (реальное положительное число от 10 до 90 градусов).
8. Диаметр чашечного круга (реальное положительное число от  $2D$  до 400 мм).
9. Высота чашечного круга (реальное положительное число от 0,5 до 100 мм).

10. Угол чашечного круга (реальное положительное число от 10 до 90 градусов).

При изготовлении твердосплавных концевых фрез используются алмазные круги различных форм. Некоторые из этих кругов показаны на рис. 11. В качестве основного круга могут использоваться круги форм 1А1 или 1V1, в качестве тарельчатого круга – круги форм 1V1 или 4ЕТ9 и в качестве чашечного круга – круги форм 11V9 или 12V9. Основной круг в настройках инструмента на станке имеет номер 0, тарельчатый – номер 1 и чашечный – номер 2.

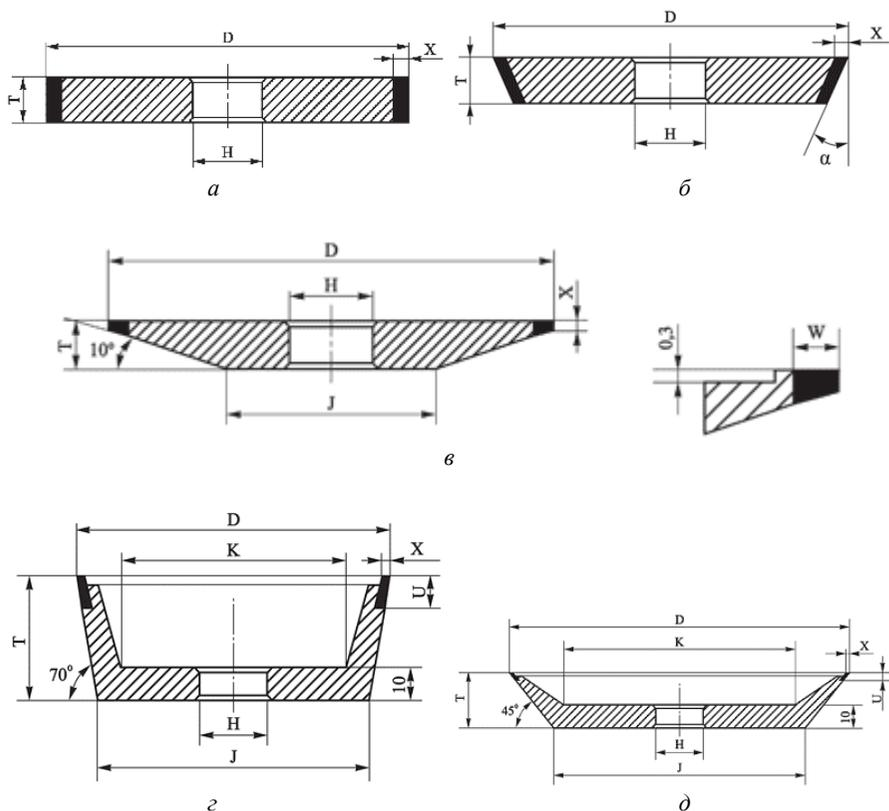


Рис. 11. Алмазные круги различных форм:  
 а – 1А1; б – 1V1; в – 4ЕТ9; з – 11V9; д – 12V9

В систему рекомендуется вводить не номинальные, а действительные размеры кругов. После ввода всех геометрических параметров кругов необходимо нажать на клавишу «Ввод».

На рис. 12 показан пример наладки шлифовальных кругов, предназначенных для формообразования твердосплавной фрезы диаметром 12 мм. В качестве основного круга используется круг формы 1V1 диаметром  $D=125$  мм, высотой  $T=10$  мм и углом  $\alpha=15^\circ$  (см. рис. 12, крайний слева). В качестве тарельчатого круга применяется круг формы 1V1 диаметром  $D=100$  мм, высотой  $T=10$  мм и углом  $\alpha=45^\circ$  (см. рис. 12, в центре), а в качестве чашечного используется круг формы 11V9 диаметром  $D=100$  мм и высотой  $T=35$  мм (см. рис. 12, крайний справа). В системе подготовки УП угол для основного и тарельчатого круга нужно задавать равным  $90^\circ - \alpha$  (см. рис. 10).

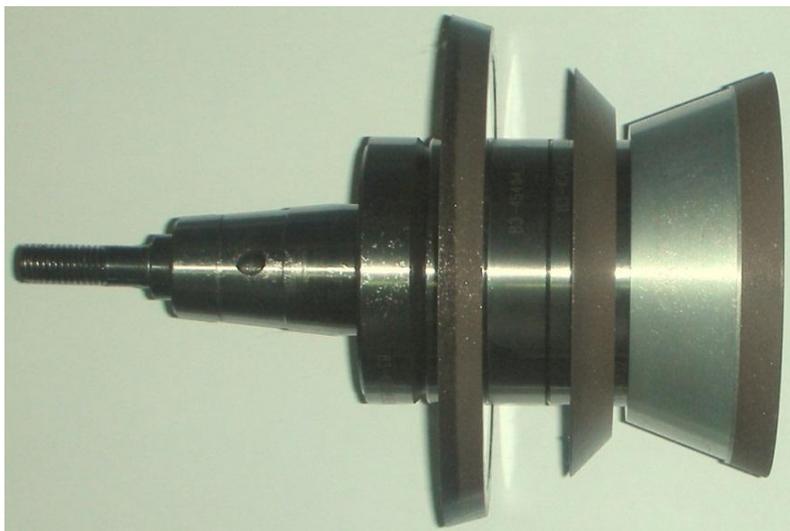


Рис. 12. Пример наладки шлифовальных кругов

### 3.3. ВВОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Ввод технологических параметров осуществляется в окне «Технология», представленном на рис. 13.

Ввод технологических параметров

<b>Общие параметры</b> <input checked="" type="checkbox"/> Обработка канавки <input checked="" type="checkbox"/> Обработка спинки <input checked="" type="checkbox"/> Обработка 1-й задн. пов. на цилиндре <input checked="" type="checkbox"/> Обработка 2-й задн. пов. на цилиндре <input checked="" type="checkbox"/> Обработка пер. пов. на торце <input checked="" type="checkbox"/> Обработка фаски <input checked="" type="checkbox"/> Обработка 1-й задн. пов. на торце <input checked="" type="checkbox"/> Обработка 2-й задн. пов. на торце <input checked="" type="checkbox"/> Закругление 1-й задней на торце <input checked="" type="checkbox"/> Закругление 2-й задней на торце <input type="checkbox"/> Применение датчика касания		<b>1-я задн. пов. на цилиндре</b> Безоп-е расстояние 3.000 Снимаемый припуск 0.000 Глубина резания 0.000 F контурная 75.000 Номер круга 2.000 Номер шпинделя 0.000	<b>1-я задняя пов. на торце</b> Безоп-е расстояние 3.000 Снимаемый припуск 0.600 Глубина резания 0.150 F контурная 75.000 Номер круга 2.000 Номер шпинделя 0.000 <input checked="" type="checkbox"/> Обработка 1-й и 2-й задних чашкой	<b>Закругление 1-й задней</b> Безоп-е расстояние 3.000 Снимаемый припуск 0.000 Глубина резания 0.000 F контурная 75.000 Номер круга 2.000 Номер шпинделя 0.000 <input type="checkbox"/> Призн. 5-ти коор. обработки
<b>Канавка на цилиндре</b> Безопасное расстояние 3.000 Снимаемый припуск 0.000 Глубина резания 0.000 F контурная 75.000 Номер круга 0.000 Номер шпинделя 0.000 <input type="checkbox"/> Съём припуска опусканием по Y		<b>2-я задн. пов. на цилиндре</b> Безоп-е расстояние 3.000 Снимаемый припуск 0.000 Глубина резания 0.000 F контурная 100.000 Номер круга 2.000 Номер шпинделя 0.000	<b>2-я задняя пов. на торце</b> Безоп-е расстояние 3.000 Снимаемый припуск 0.300 Глубина резания 0.150 F контурная 100.000 Номер круга 2.000 Номер шпинделя 0.000	<b>Закругление 2-й задней</b> Безоп-е расстояние 3.000 Снимаемый припуск 0.000 Глубина резания 0.000 F контурная 100.000 Номер круга 2.000 Номер шпинделя 0.000
<b>Спинка на цилиндре</b> Безопасное расстояние 3.000 Снимаемый припуск 0.000 Глубина резания 0.000 F контурная 75.000 Номер круга 0.000 Номер шпинделя 0.000		<b>Передняя пов. на торце</b> Безоп-е расстояние 3.000 Глубина резания 0.300 F контурная 50.000 Номер круга 1.000 Номер шпинделя 0.000	<b>Коррекции</b> для цилиндрической ленточки 0.000 на перенесение на торце 0.000 по X 1-й задней цил. поверхности 0.000 по Z 1-й задней цил. поверхности 0.000 по X 2-й задней цил. поверхности 0.000 по Z 2-й задней цил. поверхности 0.000 длинного хода 1-й задн. торце чашкой 0.000 коротк. хода 1-й задн. торце чашкой 0.000 длинного хода 2-й задн. торце чашкой 0.000 коротк. хода 2-й задн. торце чашкой 0.000	

Ввод

Параметры фрезы Система кругов Технология Настройка Формирование ЦП Моделирование Выход

Рис. 13. Окно ввода технологических данных

Область ввода под названием «Общие параметры» (рис. 14) позволяет указать какие технологические переходы следует выполнить при шлифовании фрезы. Например, если на фрезе выполняется радиусная переходная кромка между торцом и цилиндром, то фаска не делается. Необходимость в наличии данной области возникает при переточке фрез, когда, например, канавка уже сформирована, но необходимо обработать задние поверхности.

Переход «Применение датчика касания» выполняется с помощью контактного щупового устройства. Данный переход необходим для привязки к заготовке, установленной на станке, и измерения детали. Обычно он применяется при привязке к первой заготовке в партии или при переточке уже изготовленной фрезы.

В приведенных в окне «Технология» областях технологических переходов необходимо указать:

- безопасное расстояние, мм;
- снимаемый припуск, мм;



Рис. 14. Выбор технологических переходов

- глубину резания, мм;
- контурную подачу (F), мм/мин;
- номер круга, выполняющего обработку.

Если обработка поверхности производится за один проход, то снимаемый припуск и глубина резания не задаются. Если необходимо снимать припуск за несколько проходов, то количество проходов задается как отношение снимаемого припуска к глубине резания.

Программирование ведётся для одношпиндельного станка, поэтому номер шпинделя не указывается. Величина оборотов круга в минуту задается непосредственно на стойке ЧПУ на станке.

Технологический переход «Передняя поверхность на торце» не имеет поля «Снимаемый припуск», т.к. припуск рассчитывается исходя из геометрических параметров фрезы.

После обработки первой фрезы из-за наличия погрешностей профиля шлифовальных кругов и их настройки формируется погрешность обработанных поверхностей. Для её устранения необходимо ввести коррекции. Область ввода «Коррекции» (рис. 15) позволяет ввести коррекции:

- для ширины цилиндрической ленточки;
- на перемещение на торце;
- хода вдоль оси фрезы (условно вдоль оси X) для первой и второй задних поверхностей на цилиндре;

- хода поперек оси фрезы (условно вдоль оси Z) для первой и второй задних поверхностей на цилиндре;
- длинного хода (вдоль длинного зуба) при обработке первой и второй задних поверхностей на торце чашечным кругом;
- короткого хода (вдоль короткого зуба) при обработке первой и второй задних поверхностей на торце чашечным кругом.

Коррекции	
для цилиндрической ленточки	0.000
на перемещение на торце	0.000
по X 1-й задней цил.поверхности	0.000
по Z 1-й задней цил.поверхности	0.000
по X 2-й задней цил. поверхности	0.000
по Z 2-й задней цил. поверхности	0.000
длинного хода 1-й задн. торце чашкой	0.000
коротк. хода 1-й задн. торце чашкой	0.000
длинного хода 2-й задн. торце чашкой	0.000
коротк. хода 2-й задн. торце чашкой	0.000

Рис. 15. Ввод коррекции

Эти же коррекции можно ввести непосредственно в системе ЧПУ станка, после обработки первой фрезы. В большинстве случаев это удобнее, чем вносить их в УП, т.к. при изготовлении новой партии фрез по этой УП из-за размерного износа кругов или при их замене значения коррекций изменятся.

### 3.4. НАСТРОЙКА ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ФРЕЗЫ

После введения параметров фрезы и системы кругов необходимо произвести настройку поперечного сечения фрезы. Чтобы открыть данное окно необходимо нажать функциональную клавишу «Настройка». Вид окна «Настройка параметров» представлен на рис. 16. В правой части окна расположена область с настраиваемыми параметрами, а в левой – торцовое сечение фрезы.

Обработка канавки может состоять из одного перехода, который называется «Обработка канавки», или из двух переходов «Обработка канавки» и «Обработка спинки», выполняемых последовательно. Си-

стема подготовки УП рассчитывает положение основного круга в переходе «Обработка канавки» для того, чтобы обеспечить глубину канавки, передний угол на цилиндре и общую ширину задних поверхностей на цилиндре. В некоторых случаях в одном переходе не удастся сформировать нужный вид канавки, поэтому дополнительно вводится переход «Обработка спинки». Необходимость данного перехода обусловлена геометрией фрезы и имеющимися в распоряжении шлифовальными кругами. Обработка спинки в основном выполняется при изготовлении фрез с 2-мя и 3-мя зубьями.

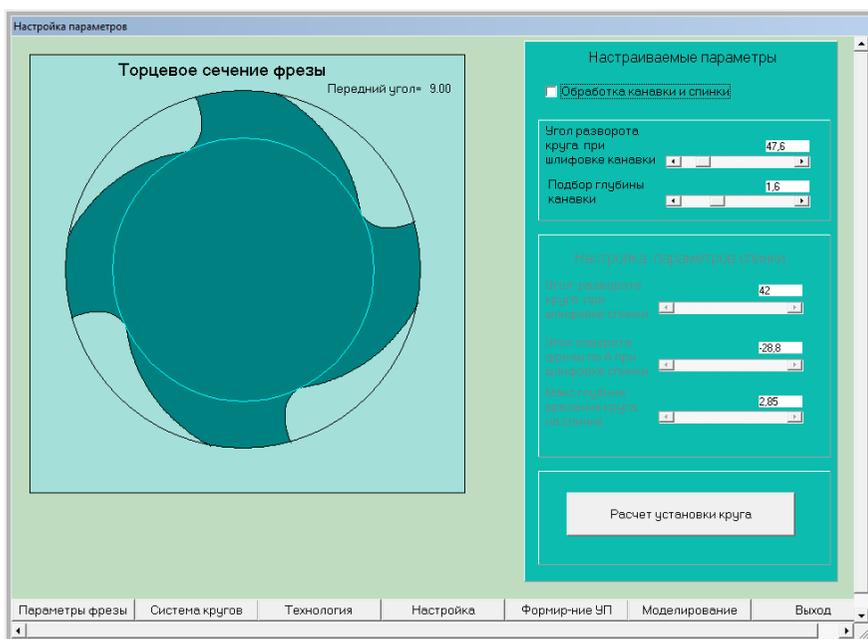


Рис. 16. Настройка параметров, определяющих торцевое сечение фрезы

Настройка поперечного сечения фрезы осуществляется в следующей последовательности:

1. Если предусмотрена обработка канавки и спинки на фрезе, то необходимо установить флажок в поле ввода «Обработка канавки и спинки» на этапе формирования спинки. В том случае, если спинка не обрабатывается, то флажок в соответствующем поле не ставится.

2. Нажать на кнопку «Расчёт установки круга».

3. Зрительно убедиться в подобии смоделированного поперечного сечения заданному сечению.

4. Для улучшения поперечного сечения необходимо провести настройку канавки и спинки вручную с помощью полей прокрутки «Угол разворота круга при шлифовании канавки», «Подбор глубины канавки», «Угол разворота круга при шлифовании спинки», «Угол поворота фрезы при шлифовании спинки», «Максимальное врезание круга на спинке».

В нашем случае формирование канавки фрезы выполняется за два перехода, именуемыми, как указывалось ранее, «Обработка канавки» и «Обработка спинки», несмотря на то, что фреза является четырехзубой.

Как было указано в подразделе 3.1, в поле «Глубина канавки» вводится значение 1,6 мм (см. рис. 3 и 4), а не 2,85 мм, как указано на чертеже фрезы (см. рис. 2). Это позволяет создать фрезу с двумя ядрами (с разной глубиной канавки) в случае, когда ход шлифовального круга при обработке канавки будет меньше хода при шлифовании спинки. Пример такой фрезы показан на рис. 17.

На переходе «Обработка канавки» флажок в поле «Обработка канавки и спинки» не ставится. Так как глубина канавки уже задана, то нажимается клавиша «Расчет установки круга», после чего рассчитывается угол разворота круга при шлифовке канавки и формируется торцовое сечение фрезы, показанное на рис. 16.

На переходе «Обработка спинки» в поле «Обработка канавки и спинки» устанавливается флажок. Затем в поле «Максимальное врезание круга на спинке» указывается значение, равное 2,85 мм, соответствующее глубине канавки на чертеже. После чего нажимается клавиша «Расчет установки круга» и рассчитываются угол разворота круга при шлифовке спинки и угол поворота фрезы по А при шлифовке спинки, а также формируется торцовое сечение фрезы (рис. 18).

На эскизе торцового сечения фрезы, представленном на рис. 18, контур, проведенный касательно к внутренней окружности, определяет материал, снимаемый шлифовальным кругом при обработке канавки. Контур, пересекающий внутреннюю окружность (см. рис. 18), определяет материал, снимаемый шлифовальным кругом при обработке спинки.

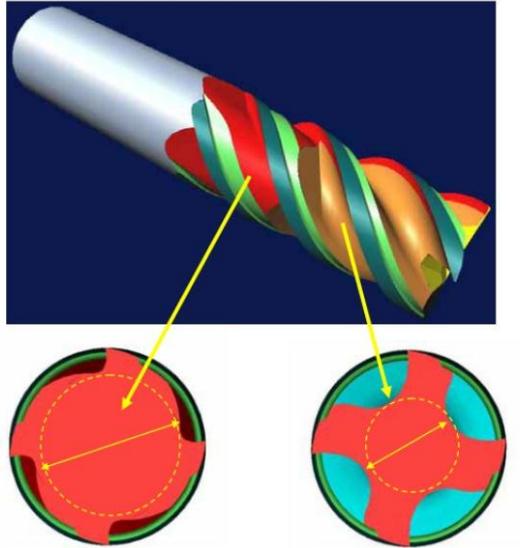


Рис. 17. Фреза производства «Сесо» серии JHP780 с двумя ядрами

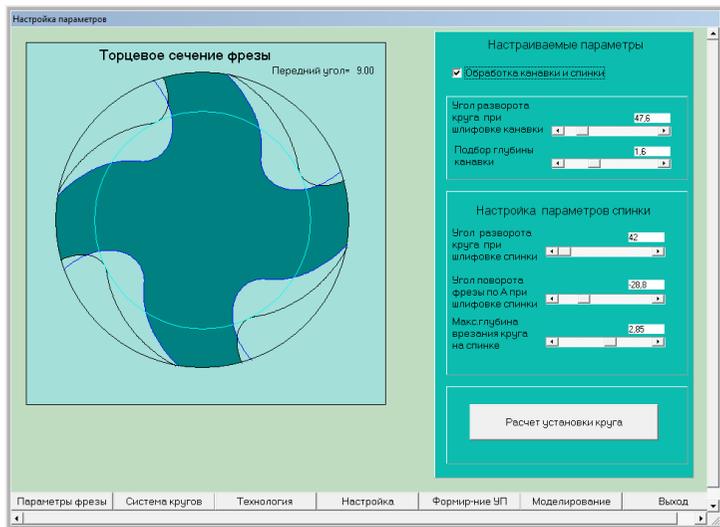


Рис. 18. Настройка параметров, определяющих торцевое сечение фрезы после обработки спинки

### 3.5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРЕЗЫ

Окно «Моделирование» находится после окна «Формирование УП», потому что моделирование не всегда требуется для формирования УП, например, оно не проводится при небольших изменениях геометрии фрезы или при изменении режимов шлифования.

Однако моделирование обработки позволяет визуально убедиться в идентичности общего вида и поперечного (торцового) сечения смоделированной и заданной фрез.

На рис. 19 и 20 представлено окно «Моделирование» соответственно после переходов «Обработка канавки» и «Обработка спинки».

Следует отметить, что данная система не моделирует фрезы с неравномерным окружным шагом зубьев. Поэтому поперечное сечение всегда отображается с равномерным шагом зубьев.

Для поперечного сечения введена возможность измерения линейных и угловых параметров фрезы. Поля ввода «Выбор поверхности»,

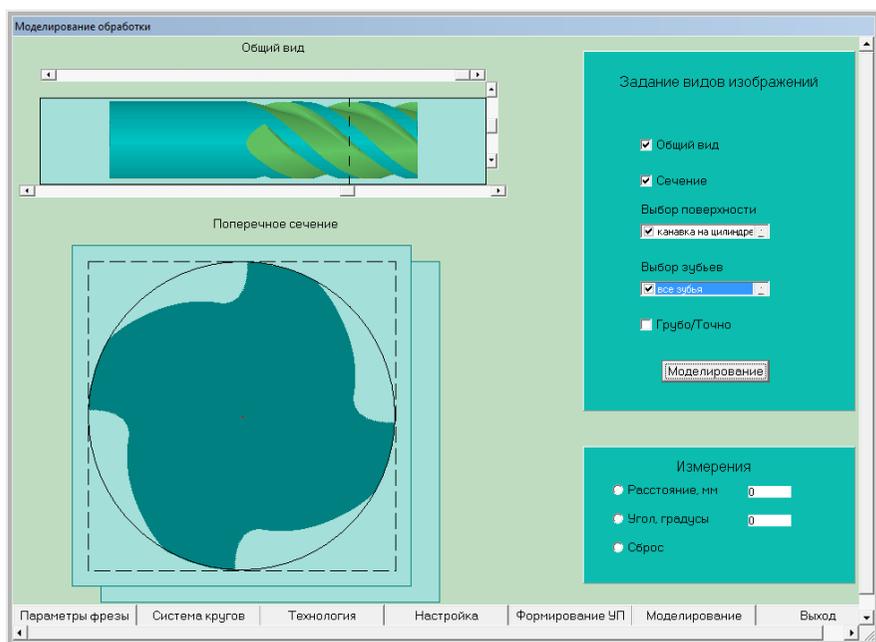


Рис. 19. Моделирование фрезы после перехода «Обработка канавки»

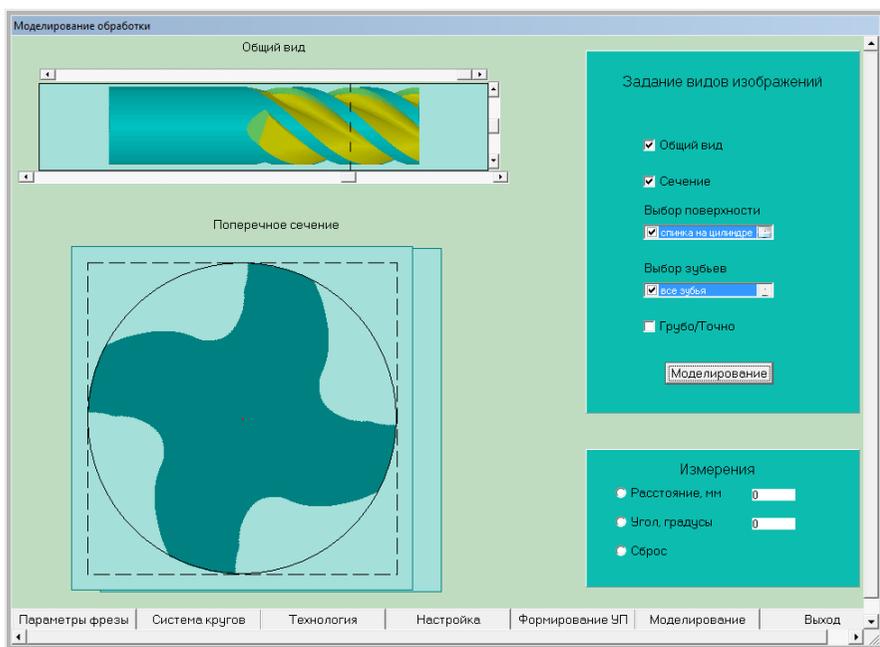


Рис. 20. Моделирование фрезы после перехода «Обработка спинки»

«Выбор зубьев» позволяют установить наименование поверхностей фрезы и количество зубьев, обработку которых необходимо смоделировать.

### 3.6. ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

После моделирования обработки фрезы, предполагаемой к изготовлению, необходимо произвести генерацию кода программы для станка с ЧПУ. При нажатии клавиши «Формирование УП» открывается рабочее окно, представленное на рис. 21. В левой части окна представлен код управляющей программы, содержащий набор программ, подпрограмм и макросов, обеспечивающих получение требуемой геометрии. Особенностью стоек Sinumerik является необходимость определения имени файла и рабочей директории в тексте программы перед импортом. Ввиду данной особенности, шапка программы (и каждой подпрограммы) должна содержать строки следующего содержания:

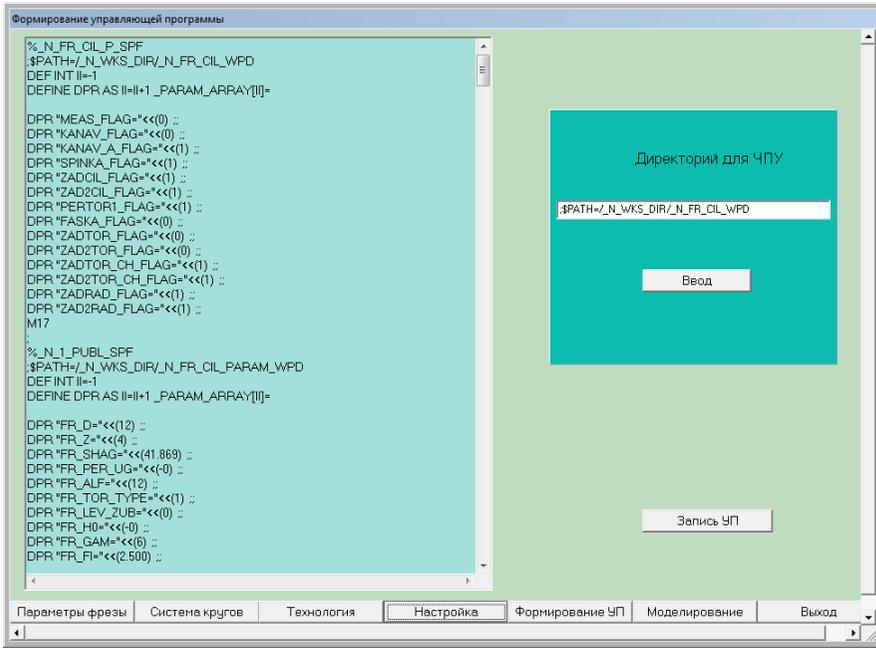


Рис. 21. Формирование управляющей программы

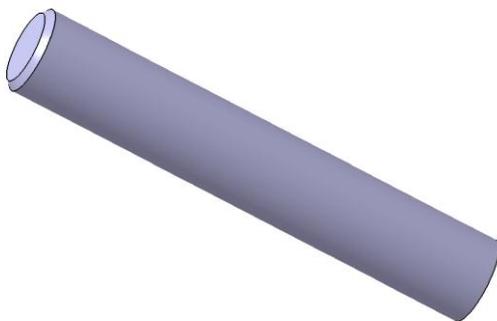
```
%_N_FR_CIL_P_SPF
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_FR_CIL_WPD
```

Данная команда обеспечивает создание нового файла с именем FR\_CIL\_P.SPF (определяется первой строкой), расположенного в директории WKS.DIR/FR\_CIL.WPD (определяется второй строкой). Для облегчения редактирования директории назначения присутствует специальная строка ввода. При нажатии клавиши «Ввод», измененное имя директории назначения копируется во все шапки подпрограмм. Клавиша «Запись УП» предназначена для вывода файла с расширением \*.upr, предназначенного для переноса на стойку ЧПУ станка, где производится непосредственное изготовление фрезы.

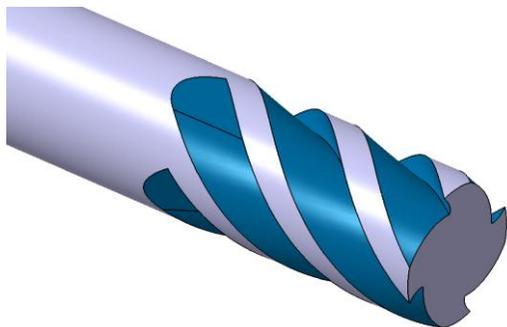
#### 4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ФРЕЗЫ НА СТАНКЕ

После формирования УП и переноса её на стойку станка с ЧПУ, в частности шлифовально-заточного центра с ЧПУ ВЗ-630Ф4, осуществляется запуск УП и начинается изготовление фрезы. В качестве заготовки, как правило, используется цельный столбик с фаской с одной стороны и наружным диаметром, выполненным с полем допуска по h6 или h5 (рис. 22). Операция шлифования включает следующие переходы (в порядке их выполнения на станке):

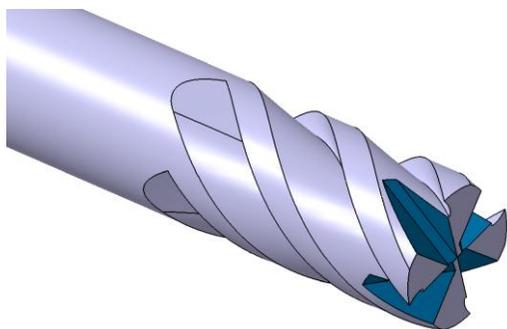
- «Обработка канавки»;
- «Обработка спинки» (поверхности, полученные после обработки канавки и спинки, т.е. после двух первых переходов, показаны на рис. 23);
- «Обработка передней поверхности на торце» (рис. 24);
- «Обработка первой задней поверхности на цилиндре» (рис. 25);
- «Обработка второй задней поверхности на цилиндре» (рис. 26);
- «Обработка первой задней поверхности на торце» (рис. 27);
- «Обработка второй задней поверхности на торце» (рис. 28);
- «Обработка второй задней поверхности на радиусе скругления»;
- «Обработка первой задней поверхности на радиусе скругления (или фаске)».



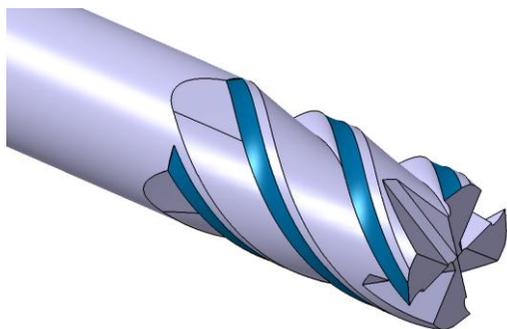
*Рис. 22.* Заготовка, используемая для изготовления фрезы



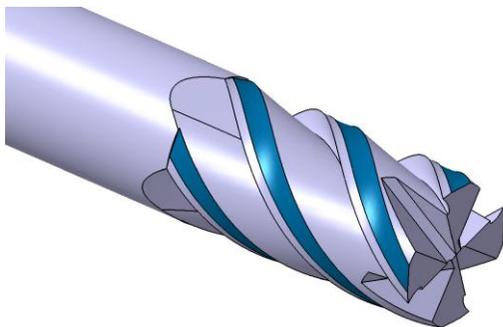
*Рис. 23.* Поверхности, полученные после переходов «Обработка канавки» и «Обработка спинки»



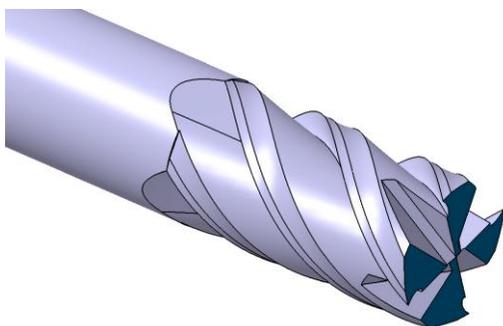
*Рис. 24.* Поверхности, полученные после перехода «Обработка передней поверхности на торце»



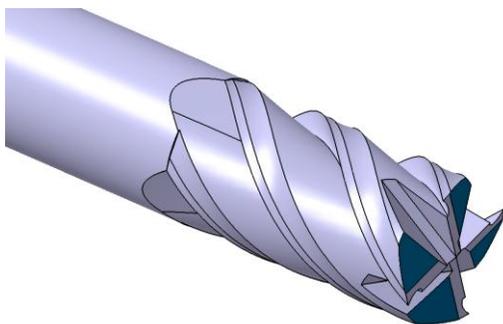
*Рис. 25.* Поверхности, полученные после перехода «Обработка первой задней поверхности на цилиндре»



*Рис. 26.* Поверхности, полученные после перехода  
«Обработка второй задней поверхности на цилиндре»



*Рис. 27.* Поверхности, полученные после перехода  
«Обработка первой задней поверхности на торце»



*Рис. 28.* Поверхности, полученные после перехода  
«Обработка второй задней поверхности на торце»

Переходы «Обработка второй задней поверхности на радиусе скругления» и «Обработка первой задней поверхности на радиусе скругления (или фаске)» на рисунках не показаны.

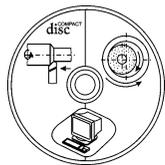
## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В процессе выполнения работы оформляется отчет. В отчете приводятся: эскиз твердосплавной концевой фрезы, для которой моделируется техпроцесс её изготовления; вид начального окна системы подготовки управляющих программ с внесёнными в поля параметрами фрезы; вид окна «Моделирование обработки» после перехода «Обработка канавки» и «Обработка спинки»; вид окна «Формирование УП» после генерации программы; ответ на индивидуальное задание и выводы по работе.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие инструменты относятся к осевым?
2. Из каких инструментальных материалов изготавливаются концевые фрезы?
3. Перечислите марки быстрорежущих сталей, из которых изготавливаются концевые фрезы.
4. Перечислите марки твердых сплавов, из которых изготавливаются концевые фрезы.
5. Перечислите режущие кромки, имеющие у концевых фрез.
6. Изложите порядок моделирования концевых фрез.
7. Какие формы алмазных шлифовальных кругов используются для изготовления твердосплавных концевых фрез?
8. С какой целью вводятся коррекции после изготовления первой фрезы?
9. Что понимается под концевой фрезой с двумя ядрами?
10. С какой целью используются поля «Угол разворота круга при шлифовании канавки», «Подбор глубины канавки», «Угол разворота круга при шлифовании спинки», «Угол поворота фрезы при шлифовании спинки», «Максимальное врезание круга на спинке» в системе подготовки управляющих программ?
11. С какой целью выполняется моделирование обработки фрезы?
12. В каком порядке выполняются технологические переходы в операции шлифования фрезы?
13. Какие элементы режима резания необходимо задавать при разработке УП?
14. В чем отличие фрез с длинными и короткими зубьями на торце от фрез только с короткими зубьями?

*Кафедра  
механической обработки  
материалов*



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

### **ОТЧЕТ** по лабораторной работе «**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ**»

*Цель работы:*

1. Эскиз твердосплавной концевой фрезы

2. Вид начального окна системы подготовки управляющих программ с внесёнными в поля параметрами фрезы

3. Вид окна «Моделирование обработки» после перехода «Обработка канавки»

4. Вид окна «Моделирование обработки» после перехода «Обработка спинки»

5. Вид окна «Формирование УП» после генерации программы

6. Индивидуальное задание

7. Выводы по работе

Преподаватель \_\_\_\_\_