

**А.Н. ТРУСОВ, Р.А. РАМАЗАНОВ**

---

**CAD/CAM - СИСТЕМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Учебное пособие

**КЕМЕРОВО 2004**

## ВВЕДЕНИЕ

CAD/CAM - система Симатрон (производитель - фирма Cimatron Ltd., Израиль) относится к системам среднего уровня, но по своим возможностям может успешно конкурировать с системами высокого уровня. Вместе с тем широкому распространению системы мешает отсутствие в настоящее время учебно-методической литературы по ее самостоятельному изучению.

Система Симатрон построена по модульному принципу.

Основные модули.

**1. Моделирование (модуль MODELING).** Включает каркасное, поверхностное и твердотельное моделирование.

**Каркасное проектирование** – из геометрических элементов (точек, линий, окружностей, конусов и пр.) создается каркас (проволочная модель изделия), который потом может быть обтянут пленкой (поверхностями).

**Поверхностное проектирование** – позволяет создавать сложные скульптурные поверхности, используя поверхности Безье, Грегори, NURBS – поверхности. Очень мощные возможности по галтельному сопряжению поверхностей, обрезке поверхностей и т.д. Каркасное и поверхностное моделирование объединены в модуле **WIRE\_FRM**.

**Твердотельное проектирование (модуль Solid).** Твердотельная модель состоит из целостной (не имеющей разрывов) совокупности поверхностей, ограничивающих тело. Модель формируется путем добавления или удаления материала, а не отдельных элементов (линий, поверхностей). Очень экономичный, интуитивно понятный способ построения, но сложен для построения скульптурных поверхностей.

И в каркасно-поверхностном, и в твердотельном моделировании возможна сборка, т.е. объединение деталей.

Здесь же можно получить некоторые характеристики деталей: площадь, объем, массу, центр тяжести, момент инерции.

**2. Черчение (модуль DRAFTING).** Все чертежные данные хранятся в файле модели детали (или сборки), поэтому процесс построения видов и чертежа максимально автоматизирован. На чертеже легко получить и разместить сечения, местные виды, изометрические проекции и пр. Достаточно просто наносится дополнительная информация: тексты, размеры, допуски, штриховки и пр. Все изменения в модели легко обновляются в чертежах.



**3. Создание управляющих программ для станков с ЧПУ (модуль NS).** На основе спроектированной модели детали можно создать УП для токарной, сверлильной обработки, фрезерования (до 5 координат), листовой штамповки, электроэрозионной обработки.

Разработка УП оптимизирована с точки зрения создания траектории движения инструмента. Любые изменения в модели автоматически учитываются. Есть возможность ручного редактирования траектории, имеется набор стандартных процедур для обработки окон, карманов и пр.

Имитация обработки (команда **SIMULATOR**) позволяет проверить и отладить УП. Возможно написание на Си и Fortran собственных процедур. Генератор постпроцессоров позволяет создать постпроцессор для конкретного оборудования.

**4. Инженерный анализ (модуль FEM).** Позволяет создать сетку конечных элементов, чтобы проводить анализ детали с использованием известных систем анализа NASTRAN, ANSYS, INJECT3, MOLDFLOW на прочностные, тепловые и другие характеристики. Файлы Симатрон могут быть конвертированы в стандарты обмена графическими данными: IGES, VDA, DFX, PTC.

Основные требования к ПК:

1. Операционная среда - Windows 95/NT, UNIX.
2. Оперативная память: минимум – 16 Мб (рекомендуется не менее 32 Мб).
3. Процессор: минимум – 486 (рекомендуется - Pentium ...).
4. Винчестер – не менее 200 Мб свободного пространства (с учетом временных файлов).
5. Трехкнопочная мышь.

В настоящем пособии рассмотрена работа с твердотельными моделями в CAD/CAM Симатрон версии 8.0: построение твердотельных моделей деталей (ТТ-моделей) и сборочных единиц; построение по ним видов и чертежей; разработка и редактирование УП для станков с ЧПУ токарной и сверлильно-фрезерной групп.

# 1. НАЧАЛО РАБОТЫ В СИМАТРОН

## 1.1. Загрузка программы

Загрузка осуществляется следующей цепочкой команд:

**ПРОГРАММЫ** ⇒ *Cimatron 8* ⇒ *Cimatron 8 NEW (Cimatron 8)*

Система предложит ввести имя файла. Имя файла может включать в себя только буква английского алфавита и цифры. Правой клавишей можно вызвать дополнительное меню, с помощью которого надо задать или выбрать имя файла детали (рис. 1.1).

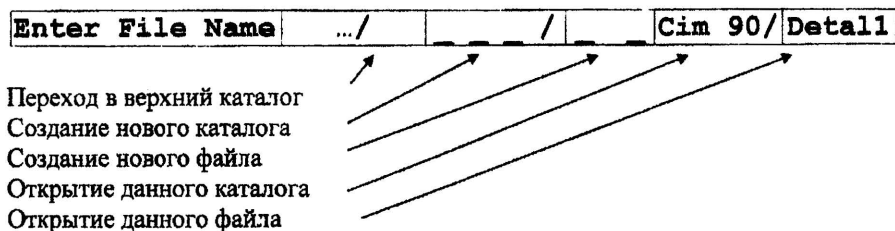


Рис. 1.1. Контекстное меню загрузки программы

Если создается новый файл, то после ввода имени файла появляется меню, в котором надо выбрать единицы измерения: мм, см, м, футы или дюймы. После этого загружается рабочий экран системы.

## 1.2. Структура рабочего экрана

Экран Симатрон разделен на несколько областей (рис. 1.2).

**Область диалога.** Здесь располагаются меню функций, таблицы модальных параметров, вводится текстовая или числовая информация.

**Область подсказки.** Подсказка сообщает пользователю, какие действия от него ожидает система.

**Область статуса.** Может содержать следующую информацию:

- активный способ привязки курсора;



- сообщение **MORE**, означающее, что меню имеет больше опций, чем высвечивается на экране (надо нажать правую клавишу, чтобы высветить следующую страницу);
- активное состояние функции **ATTRIBUTES**.



Рис. 1.2. Структура рабочего экрана

**Область графики.** Это область графических построений.

**Область сообщений.** Здесь высвечиваются сообщения об ошибках и другая полезная информация (работа в режиме макропроцедур, текущее положение инструмента, значение подачи и частоты вращения шпинделя, имя инструмента в подсистеме NC).

**Курсор.** Графический курсор по умолчанию – перекрестие. Смена курсора - функция **DISPLAY (ЭКРАН)** опция **CROSS (ТИП КУРСОРА)**.

**Панель управления** располагается в правой части экрана и содержит следующие области:

- функции немедленного доступа. К ним можно обращаться в любой момент работы и вводить локальные изменения в некоторые настройки;
- область текущего маршрута. Показываются работающий модуль, используемые команды и опции;
- область основных функций. Содержание зависит от активного модуля. При наличии нескольких панелей их можно листать правой кнопкой;
- область общесистемных функций. Состоит из двух панелей. Общесистемные функции управляют глобальными настройками.

### 1.3. Запись файла и выход из Симатрона

**Промежуточная запись.** В общесистемных функциях выберите функцию **FAIL (ФАЙЛ)**, опцию **SAVE PART (ЗАПИСЬ ФАЙЛА)**.

Подтвердите (клавишей Enter) существующее имя или введите новое.

**Выход из системы.** Используется общесистемная функция **EXIT (ВЫХОД)**.

Сценарий выхода:

1. Закройте сеанс работы с текущим файлом:

CLOSE	Закреть активный файл
OPEN	Открыть в качестве активного новый файл. Существующий остается в рабочей области и к нему можно вернуться (до 9 открытых файлов)

2. Запишите файл или подтвердите ненужность сохранения:

SAVE ON FILE	ABANDON FILING
СОХРАНИТЬ ФАЙЛ	НЕ СОХРАНЯТЬ

3. Продолжите работу с новым файлом или выйдите из системы:

CONTINUE	QUIT
ПРОДОЛЖИТЬ	ЗАКОНЧИТЬ

Узнать расположение текущего файла можно следующим образом. В функциях немедленного доступа выберите функцию **INF (ИНФОРМАЦИЯ)**, опцию **STT (СТАТУС)**. Появится информация, где будет указано, откуда запущен Симатрон и путь файла.



## 1.4. Использование мыши

Мышь – основное устройство взаимодействия в интерактивной среде Симатрон. Используются различные сочетания трехклавишной мыши. Различные комбинации нажатых клавиш показаны на рис. 1.3.

## 1.5. Организация диалога в Симатрон

Работа с Симатрон является контекстно-зависимой, т.е. появление подсказок, опций, модальных параметров и функций зависит от того, по какому сценарию развивается диалог.

После появления подсказки пользователь может:

- 1) изменить направление диалога (кнопки **EXIT**, **REJECT**, **MENU**);
- 2) установить модальные параметры;
- 3) выбрать функцию или опцию (**SELECT...**), указать точку или направление (**IND...**), отметить геометрический элемент (**PICK...**).

Сообщения означают: **PICK...& EXIT** – "отметь и выйди"; **PICK.../EXIT** – "отметь или выйди".

**Модальные параметры** задают условия выполнения функции. Располагаются в области диалога и влияют на него. Например, указание **DEFINE PLN (ЗАДАЙ ПЛОСКОСТЬ)** прерывает выполнение функции и вызывает процедуру задания плоскости (имеется 8 способов), затем система снова возвращается в прерванную функцию. Ввод числового значения осуществляется так:

- выберите этот параметр (кнопка **PICK** или клавиша "Пробел");
- введите с клавиатуры нужное число и нажмите клавишу "Enter";
- после ввода всех параметров курсор поместите в область подсказки и нажмите **PICK**.

При задании числового параметра вместо числа можно вводить арифметическое выражение (до 20 символов).

Выход из функции:

- кнопка **REJECT** – на предыдущий уровень функции;

Комбинация	Название	Действие																												
● ○ ○	<b>PICK</b> указать	<b>SELEST</b> – выбери элемент меню <b>IND</b> - укажи неявную позицию в области графики <b>PICK</b> - отметь явный элемент																												
○ ● ○	<b>EXIT</b> выход	<b>Окончание</b> выбора объекта <b>Отказ</b> от текущей опции <b>Отказ</b> от выполнения функции																												
○ ○ ●	<b>MENU</b> меню	<b>Листание</b> меню в области диалога <b>Вызов</b> дополнительного меню, предусмотренного сценарием, списка файлов, слоев и пр.																												
● ● ○	<b>REJECT</b>	<b>Откат</b> на шаг по меню <b>Листание</b> меню в обратном направлении																												
● ● ●	<b>GLOBAL</b>	<b>ОДНОВРЕМЕННЫЙ ПОКАЗ</b> всех панелей прикладных функций (в режиме ожидания выбора функций, т.е. при сообщении SELEST FUNCTION)																												
○ ● ●	<b>FOR_UR</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>W</th> <th>Эластичная рамка</th> <th>PICTURE</th> <th>Запись/Выбор картинки</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-&lt; Z -&gt;</td> <td>Масштаб</td> <td>RESET</td> <td>Возврат</td> </tr> <tr> <td>Z P R</td> <td>Дли. масштаб, сдвиг, вращение</td> <td>ROTATE</td> <td>Вращение</td> </tr> <tr> <td>PAN</td> <td>Сдвиг</td> <td>-&gt; AXIS</td> <td>Поворот вокруг оси</td> </tr> <tr> <td>COPY</td> <td>Копирование</td> <td>-&gt; ANGLE</td> <td>Поворот вокруг осей Z, Y, X</td> </tr> <tr> <td>SCALE</td> <td>Масштаб</td> <td>PLANE</td> <td>Плоскость экрана</td> </tr> <tr> <td>AW</td> <td>Автомасштаб</td> <td>R</td> <td>Перерисовка</td> </tr> </tbody> </table>	W	Эластичная рамка	PICTURE	Запись/Выбор картинки	-< Z ->	Масштаб	RESET	Возврат	Z P R	Дли. масштаб, сдвиг, вращение	ROTATE	Вращение	PAN	Сдвиг	-> AXIS	Поворот вокруг оси	COPY	Копирование	-> ANGLE	Поворот вокруг осей Z, Y, X	SCALE	Масштаб	PLANE	Плоскость экрана	AW	Автомасштаб	R	Перерисовка
W	Эластичная рамка	PICTURE	Запись/Выбор картинки																											
-< Z ->	Масштаб	RESET	Возврат																											
Z P R	Дли. масштаб, сдвиг, вращение	ROTATE	Вращение																											
PAN	Сдвиг	-> AXIS	Поворот вокруг оси																											
COPY	Копирование	-> ANGLE	Поворот вокруг осей Z, Y, X																											
SCALE	Масштаб	PLANE	Плоскость экрана																											
AW	Автомасштаб	R	Перерисовка																											
● ○ ●	<b>FREE CURSOR</b>	<p>Включение <b>ИНДИКАТОРНОГО</b> (фиктивного) режима выбора объектов. Меню:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICATE</th> <th>CROSS</th> <th>MARK</th> <th>CLEAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Указать</td> <td>Нормальный</td> <td>Пометить</td> <td>Очистить</td> </tr> <tr> <td>PICK</td> <td>CROSS-HAIR</td> <td>NO MARK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Отметить</td> <td>Широкий</td> <td>Не помечать</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	INDICATE	CROSS	MARK	CLEAR	Указать	Нормальный	Пометить	Очистить	PICK	CROSS-HAIR	NO MARK		Отметить	Широкий	Не помечать													
INDICATE	CROSS	MARK	CLEAR																											
Указать	Нормальный	Пометить	Очистить																											
PICK	CROSS-HAIR	NO MARK																												
Отметить	Широкий	Не помечать																												

Рис. 1.3. Назначение клавиш мыши в Симатрон



- клавиша **ESC** – мгновенный выход из любого уровня функции;
- выберите в меню основных функций другую функцию.

## 1.6. Общие операции

### 1.6.1. Способы привязки точек

Подсказка **IND. POINT** требует указать неявную точку. Для ее указания надо использовать способы привязки точек (активный способ высвечивается в области статуса). В табл. 1.1 приведено меню опций, которое появляется при нажатии кнопки **MENU**. Не все из указанных способов используются при работе с ТТ-моделями. На рис. 1.4 показан смысл основных используемых способов привязки точки. Опция **DELTA** используется в сочетании с опциями **END**, **MID** и др.

Таблица 1.1

Меню опций способов привязки точки

Опция	Перевод	Значение
<b>SCREEN</b>	<b>ЭКРАН</b>	Пересечение активной плоскости с перпендикуляром от экрана
<b>END</b>	<b>КОНЕЦ</b>	Конец выбранной кривой
<b>MID</b>	<b>СЕРЕДИНА</b>	Середина кривой
<b>INTERS</b>	<b>ПЕРЕСЕЧЕНИЕ</b>	Пересечение двух кривых
<b>CENTER</b>	<b>ЦЕНТР</b>	Центр дуги или окружности
<b>PIERCE</b>	<b>КРИВ. ПОВ.</b>	Пересечение отмеченной кривой с текущей раб. плоскостью
<b>CLOSE</b>	<b>НА КРИВОЙ</b>	На конце перпендикуляра, опущенного из позиции отметки на кривую
<b>PICK</b>	<b>ТОЧКА</b>	Совпадает с явной точкой (геометрическим элементом)
<b>KEY IN</b>	<b>КООРДИНАТЫ</b>	Координаты в выбранной системе координат
<b>DELTA</b>	<b>ПРИРАЩЕНИЕ</b>	Приращение к координатам точки, заданной другим способом
<b>SURF-B</b>	<b>ГРАНИЦА ПОВ.</b>	На границе поверхности, ближайшей к позиции отметки
<b>SURF-C</b>	<b>УГОЛ ПОВ.</b>	В ближайшем углу поверхности
<b>TR NOD</b>	<b>УЗЕЛ ТРАЕКТОР.</b>	Только для модуля NC
<b>UCSORG</b>	<b>НАЧАЛО UCS</b>	Начало указанной системы координат
<b>INSORG</b>	<b>СК. ВХОЖД.</b>	В начале системы координат вхождения мастера или подборки

### 1.6.2. Отметка объектов

Для отметки одного объекта поместите на него курсор и нажмите левую кнопку. Объект будет высвечиваться особым способом. Для облегчения отметки удобно пользоваться увеличением масштаба изображения.

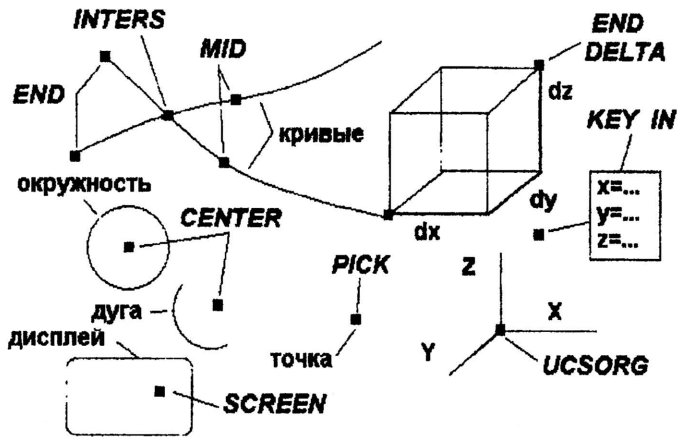


Рис. 1.4. Основные способы задания точки

Для отметки нескольких объектов можно использовать функцию немедленного доступа **SM (МАСКА ВЫБОРА)**. Снять отметки можно той же функцией или кнопкой **REJECT** (если не была еще нажата кнопка **EXIT**).

### 1.6.3. Как задать контур

Многие из функций Симатрон требуют задания контуров. Общая процедура такова.

1. Установите значения модальных параметров функции и отметьте первую кривую контура (**PICK 1 ST CURVE**). Выберите направление (**INDICAYE DIRECTION**), в котором будут отмечаться кривые, составляющие контур.
2. Отметьте кривые контура по одной (**PICK 2 ND CURVE**) или группой с помощью меню отметки элементов.
3. Повторите шаг 2 до окончания задания контура и выйдите из процедуры кнопкой **EXIT**.
4. Если предусмотрено определение островов (внутренних контуров), повторите процесс задания замкнутого контура для каждого из них.

Кривые надо отмечать ближе к точке их пересечения со следующей кривой. Порядок отметки влияет на форму контура. Кривые или



их логические продолжения должны пересекаться. Для отмены отметки используйте кнопки **РЕЖЕСТ**. Некоторые контуры предлагают выбрать сначала, какой будет контур: открытый или замкнутый.

#### 1.6.4. Как задать плоскость (DEFINE PLN)

Во многих функциях есть модальный параметр **DEFINE PLN (ЗАДАТЬ ПЛОСКОСТЬ)**, с помощью которого можно сменить активную рабочую плоскость. При нажатии кнопки **MENU** система предложит следующие способы задания плоскости (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Способы задания плоскостей

<b>ACTIVE</b>	<b>АКТИВНАЯ</b>	Плоскость XY активной системы координат
<b>UCS</b>	<b>СКП</b>	Одна из плоскостей указанной СКП
<b>PL FACE</b>	<b>ПЛАН. ПОВ.</b>	Совпадает с заданной планарной поверхностью
<b>CURVES</b>	<b>КРИВЫЕ</b>	Задается одной двухмерной (двумя прямыми) кривой
<b>VECTOR</b>	<b>ВЕКТОР</b>	Перпендикулярно заданному вектору через заданную точку
<b>3 POINTS</b>	<b>3 ТОЧКИ</b>	Тремя точками, не лежащими на одной прямой
<b>COEFF</b>	<b>УРАВНЕНИЕ</b>	Кoeffициентами уравнения плоскости
<b>PARALLEL</b>	<b>ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ</b>	Параллельно текущей плоскости через заданную точку
<b>DISPLAY</b>	<b>ЭКРАН</b>	Параллельно экрану через заданную точку

## 2. МОДУЛЬ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SOLID

### 2.1. Основные положения

Для загрузки модуля Solid выберите **MODELING**  $\Rightarrow$  **SOLID**.

Введем основные термины и понятия твердотельного моделирования.

**Грань** (face) - сторона твердотельного объекта. Бывают цилиндрические, плоские грани, грани сложной формы.

**Кромка** (edge) - линия пересечения смежных граней (граница грани объекта (рис. 2.1).

Технология создания твердотельной модели напоминает технологию создания реального объекта. К объекту добавляются или вырезаются "куски материала". Результатом выполнения любой функции является **компонент** (feature) - составная часть модели. Модель получается последовательным добавлением новых компонентов. Компонентом твердого тела является не только дополнительный "кусочек материала" или углубление (рис. 2.2, а, б), но и изменение формы существующего объекта (рис. 2.2, д, е), т. е. фаска, скругление и прочее также являются отдельными компонентами.

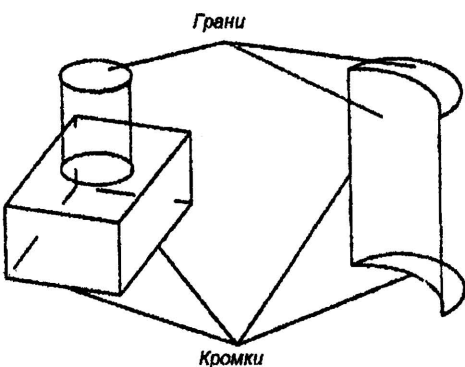


Рис. 2.1. Грани и кромки

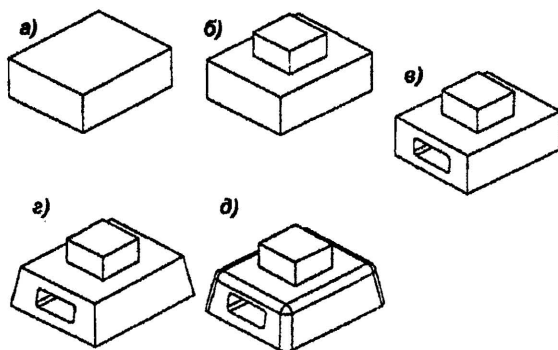


Рис. 2.2. Компоненты: а - основной; б - выступ; в - вырез; г - уклон; д - скругления

**Углубление** - это компонент, полученный удалением материала из твердотельного объекта (рис. 2.3, б).

**Выступ** - это компонент, полученный добавлением материала (рис. 2.3, а).

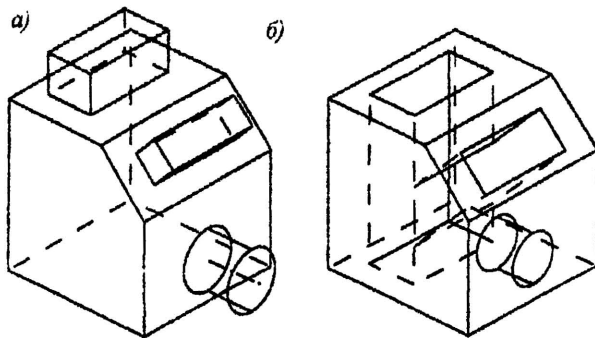


Рис. 2.3. Компоненты: а – выступы; б - углубления

Внутренняя структура твердого тела определяется последовательностью построения компонентов. Существование сценария создания модели позволяет заново "проигрывать" процесс построения модели, производить редактирование или вставку новых компонентов.

**Справочные оси и плоскости** - это дополнительные элементы, используемые при построении твердотельного объекта, но не являющиеся его частью.

На рис. 2.4, а на справочной плоскости, расположенной под углом к кубу, нарисована окружность. Эта окружность затем вытягивается и из куба вырезается цилиндр. На рис. 2.4, б показано построение тела вращения. Сначала создается справочная ось, затем контур, вращаемый вокруг этой оси. Здесь демонстрируются два способа создания компонентов выдавливанием (функция **EXTRUDE**) и вращением (функция **REVOLVE**). Видно, что компоненты строятся на базе двумерных контуров, которые создаются в модуле эскизного проектирования **Sketcher**.

**Эскизное моделирование** - это метод построения геометрической модели, при котором сначала создается черновой набросок (эскиз) будущей модели и проставляются его размеры. Модель автоматически перестраивается по заданным размерам.

Модуль **Sketcher** строит параметрические контуры, т.е. если изменить размеры, то изменится и форма контура, а значит, и всего компонента. Также можно менять и расстояние вытяжки. Для изменения формы объекта служит функция **EDIT** (рис. 2.5).

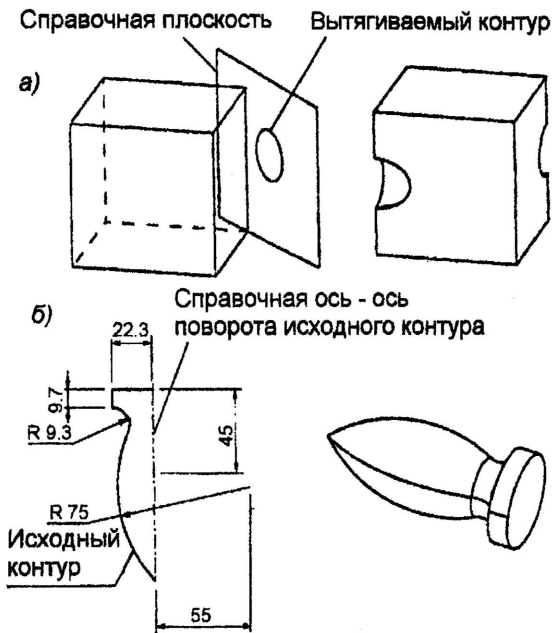
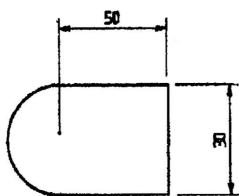
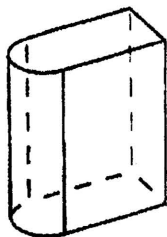
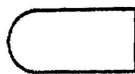


Рис. 2.4. Примеры использования: а – справочной плоскости; б – справочной оси

**EXTRUDE - ВЫДАВИТЬ**



**DELTA = 75**



**EDIT - РЕДАКТИРОВАТЬ**

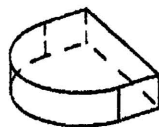
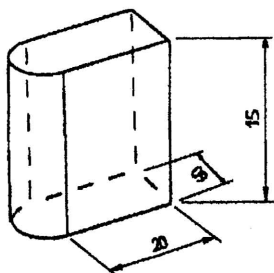


Рис. 2.5. Редактирование формы объекта

Первый компонент модели может быть построен только с помощью одной из следующих трех функций: **EXTRUDE**, **REVOLVE**, **DRIVE**. Алгоритмы построения будут рассмотрены далее.

**Задание незамкнутого контура на гранях.** При создании компонента на уже существующем твердотельном объекте (при использовании команд **ВЫДАВИТЬ** и **ВРАЩАТЬ**) в модуле Sketcher можно построить на его грани незамкнутый контур. Но незамкнутый контур вместе с кромками этой грани должен образовывать замкнутый контур (см. рис. 2.6). Контур может выходить за пределы грани. Свободные концы будут отсечены.

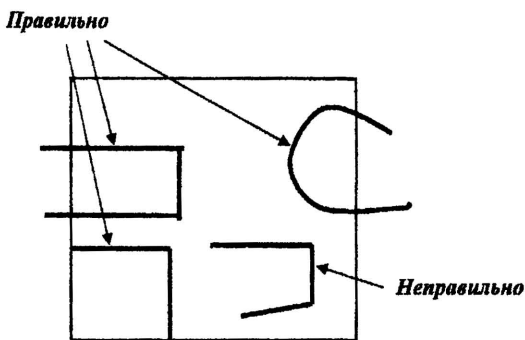


Рис. 2.6. Примеры правильного и неправильного задания незамкнутых контуров

**Отметка граней.** При работе с твердотельным объектом часто надо отметить грань, на которой будут происходить дальнейшие построения. Так как кромка всегда принадлежит двум граням, необходимо подвести курсор к нужной кромке и нажать **PICK** (удерживать левую кнопку). Если подсветилась нужная грань, отпустите кнопку **PICK**, если нет, то перемещайте курсор, пока не подсветится нужная грань. Если нужно отметить другую грань, не отпуская кнопки **PICK**, отведите курсор в сторону (чтобы ни одна грань не была подсвечена) и теперь отпустите кнопку.

## 2.2. Построение двумерных контуров в модуле Sketcher

**Sketcher** - это модуль эскизного проектирования: строится сначала черновой набросок будущего контура и проставляются его размеры, затем автоматически этот контур приобретает законченный вид в соответствии с размерами (рис. 2.7).

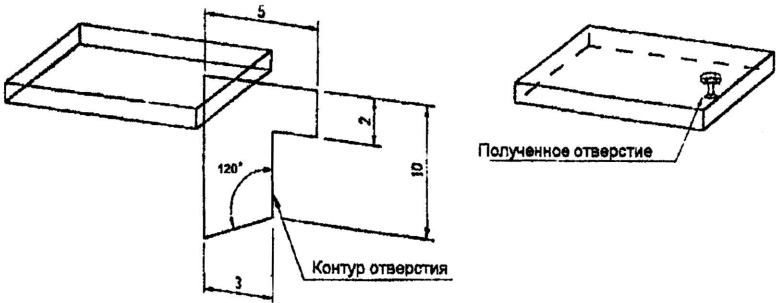


Рис. 2.7. Эскиз и получаемый компонент

Если еще нет твердотельного элемента, то первый контур строится в плоскости **XY** системы координат **Model**. Иначе система предложит выбрать плоскость или грань для построения контура. Кнопки **REJECT** (••°) вызывают отмену последнего действия.

Когда вы входите в модуль **Sketcher**, появляется следующее меню (рис. 2.8).

IND.	1ST POINT	DISPLAY	LINE	CORNER	ERASE	ADD GEOM	PREVIEW	EXIT
------	-----------	---------	------	--------	-------	----------	---------	------

LINE	ЛИНИЯ
CIRCLE	ОКРУЖНОСТЬ
ARC	ДУГА
SPLINE	СПЛАЙН
POINT	ТОЧКА
SYMMETRY	ОСИ СИММЕТРИИ
USE-GEOM	ИСП. ГЕОМЕТРИЮ
PLACE	МЕСТО
DIMENS	РАЗМЕРЫ

CORNER	ОСТРЫЙ УГОЛ
CHAMFER	ФАСКА
RADIUS	ПО РАДИУСУ

Рис. 2.8. Диалоговое меню эскизного модуля Sketcher

1. **IND. 1ST POINT** - по умолчанию активным является параметр **LINE**, и система предлагает указать начальную точку.

2. **DISPLAY** (сигнальные линии). Установка видов сигнальных линий и характерных точек, высвечиваемых на экране. При работе на экране высвечиваются сигнальные линии, которые помогают установить связь с уже существующими элементами (параллельность, перпендикулярность, касание). Можно установить высвечивание сигналь-



ных линий под произвольными, заданными пользователем углами. Также могут высвечиваться неявные точки трех типов: точки пересечения, центры дуг, концы элементов. Если проставляется точка элемента при высвечивании сигнальной линии или точки, то устанавливается соответствующая геометрическая связь, т.е. проставляемая точка становится связанной геометрически с высвечиваемым элементом.

Кроме того, при помощи опции **SAVE TO FILE** можно сохранить текущий эскиз в виде отдельного файла <имя файла.skf>. Использовать сохраненный эскиз можно при помощи опции **LINE⇒PLACE**.

3. **LINE (ЛИНИЯ)** - меню для выбора типа создаваемых элементов, вставки ранее созданных эскизов, простановки размеров.

Опция **SYMMETRY (ЛИН. СИММЕТРИИ)** используется, если контур имеет одну или две оси симметрии. Их надо строить первыми (до начала создания контура). Если линии симметрии две, то вторая должна выходить из начала первой. Эскиз создается только с одной стороны от линии симметрии, остальное отсекается. Размеры, представляемые относительно линии симметрии, считаются симметричными.

Опции **LINE (ЛИНИЯ)**, **CIRCLE (ОКРУЖН.)**, **ARC (ДУГА)**, **SPLINE (СПЛАЙН)**, **POINT (СПРАВОЧНАЯ ТОЧКА)** служат для построения соответствующих геометрических элементов. Система позволяет накладывать на строящийся элемент ограничения (правая кнопка), действующие только на этот элемент. Например, линию можно строить по точкам (по умолчанию), параллельно, перпендикулярно или по касательной к уже имеющейся кривой. Чтобы задать сплайн, необходимо задать точки, через которые он должен проходить, а также наклон сплайна в каждой точке (иначе система будет пытаться определить его автоматически). Наклон также задается с помощью кнопки **MENU**. При построении контура надо быть внимательным. Недопустимо:

- указать при входе в модуль открытый тип контура, а построить закрытый и наоборот;
- рисовать лишние элементы: точки, линии, дуги и пр. Контур должен быть образован одной непрерывной линией;
- строить больше одного открытого или закрытого контура;
- создавать на каком-либо участке контура двойные линии, т.е. дважды построить на одном месте линии.

Ошибки построения можно исправить опцией **ERASE**, удалив лишние элементы.

Для использования уже существующих в модели геометрических элементов при создании новых эскизов применяется опция **USE-GEOM (ИСП. ГЕОМЕТРИЮ)**. Необходимо указать кромку (можно замкнутую петлю), которая будет спроецирована на плоскость эскиза, и при необходимости величину смещения от первоначального положения.

Добавление созданного ранее эскиза к наброску, создаваемому в текущем сеансе работы, осуществляется опцией **PLACE (МЕСТО)**. Укажите эскиз, сохраненный в отдельном файле с помощью функции **SAVE SKETCH**. Укажите место, где будет располагаться добавляемый эскиз. Режим движения эскиза (**MOVE** или **ROTATE**) высвечивается в верхнем правом углу экрана. Контур появляется на справочной плоскости. Укажите точку на эскизе и переместите его на новое место. Тогда режим изменяется на **ROTATE**. Центром поворота будет служить последняя точка, которая использовалась для перемещения эскиза. Укажите точку на эскизе для того, чтобы определить угол поворота. Поверните эскиз. После каждого указания режим движения переключается автоматически. Для выбора режима операции вручную, укажите желаемую опцию в подменю. При указании справочной точки на эскизе, используемой для поворота или перемещения, она будет выделяться одним из следующих символов:

- □ - указывает на режим движения;
- ○ - указывает на режим поворота.

Простановка размеров осуществляется опцией **DIMENS (РАЗМЕР)**. При простановке всех размеров система выдаст сообщение **FULLY DIMENTIONED**. В этом случае можно выйти из модуля **Sketcher**. При этом произойдет перестройка контура по заданным размерам. При сообщении **OVER DIMENSIONED (ЛИШНИЙ РАЗМЕР)** необходимо опцией **ERASE (СТЕРЕТЬ)** удалить лишние или неверно проставленные размеры. Опцией **SHOW (ПОКАЗАТЬ)** можно подсветить точки и элементы, для которых не хватает размеров.

Размеры можно не проставлять в текущем сеансе, а проставить позже функцией **EDIT⇒SKETCH (РЕДАКТИРОВАТЬ⇒ЭСКИЗ)**. Следует избегать частичного проставления размеров.

4. Меню **CORNER** появляется только при рисовании линий и позволяет выбрать тип угла. При задании фаски (**CORNER⇒CHAMFER**) появляется дополнительный параметр **BY IND./SAME AS (ЗАДАТЬ**

**/ПОВТОРИТЬ**), с помощью которого можно получать разные либо одинаковые фаски.

5. Опция **ERASE** служит для удаления выбранной линии, окружности, дуги до первого пересечения.

6. Опция **ADD GEOM (ДОБ. ЭЛЕМ.)** позволяет создать дополнительные справочные элементы проецированием кромок существующих компонентов на плоскость эскиза.

Если для создания контура выбрана плоскость (а не грань), необходимо, кроме этой плоскости, задать справочные геометрические элементы, относительно которых будет образмерен контур. То есть для привязки существующего уже компонента размерами, его кромки надо указать (система спроецирует их на плоскость эскиза).

7. Опцией **PREVIEW (ПРОСМОТР)** можно увидеть весь контур до выхода из модуля Sketcher.

8. Опция **EXIT** служит для выхода из модуля Sketcher и продолжения работы с активной функцией твердотельного моделирования.

### 2.3. Функции модуля

Область основных функций (см. рис. 1.2) содержит в **SOLID** семь меню (рис. 2.9), в которых сгруппированы функции твердотельного моделирования.

<b>EDIT</b>	<b>РЕДАКТИРОВАТЬ</b>	- редактирование существующего объекта
<b>CREATE</b>	<b>СОЗДАТЬ</b>	- создание новых компонент объекта
<b>DETAIL</b>	<b>ДЕТАЛИЗАЦИЯ</b>	- добавление компонентов к объекту
<b>DATUM</b>	<b>СПРАВ. ЭЛЕМ.</b>	- создание справочных плоскостей и осей
<b>COPY</b>	<b>КОПИРОВАТЬ</b>	- копирование компонентов и объектов
<b>UTIL</b>	<b>УТИЛИТЫ</b>	- набор утилит твердотельного моделирования
<b>GROUP</b>	<b>МАСТЕР</b>	- работа с группой параметрических компонент

Рис. 2.9. Функции твердотельного моделирования

Функция **УТИЛИТЫ** содержит две опции: **SURFACE (ТВЕРД. ⇒ ПОВ.)**, которая преобразует твердотельные модели в каркасные или поверхностные, и **SET\_TOLERANCE (УСТАН\_ТОЧН.)**, которая устанавливает математическую точность, используемую при создании и визуализации компонент.

Рассмотрим подробнее использование функций модуля SOLID.

### 2.3.1. CREATE - СОЗДАТЬ

Меню содержит основные функции для создания твердотельных компонентов (рис. 2.10).

Первый компонент может быть создан только первыми тремя функциями: **ВЫДАВИТЬ**, **ВРАЩАТЬ**, **ДВИЖЕНИЕ**. При создании не первого компонента этими функциями появляется запрос **ADD / REMOVE (ДОБАВИТЬ / УДАЛИТЬ)**, т.е. системе следует указать что будет создаваться - выступ или углубление.

SELECT OPTION	EXTRUDE	ВЫДАВИТЬ	выдавливание 2-мерного контура
ВЫБЕРИ ФУНКЦИЮ	REVOLVE	ВРАЩАТЬ	вращение 2-мерного контура вокруг оси
	DRIVE	ДВИЖЕНИЕ	перемещение сечения по направляющей
	HOLE	ОТВЕРСТИЕ	создание цилиндрических и фасонных отверстий
	SHAFT	БОБЫШКА	создание цилиндрических и фасонных выступов
	SHELL	ОБОЛОЧКА	создание пустотелых оболочек разной толщины
	RIB	РЕБРО	создание ребер жесткости разной формы

Рис. 2.10. Функции меню CREATE (СОЗДАТЬ)

#### 2.3.1.1. EXTRUDE - ВЫДАВИТЬ

Суть метода выдавливания состоит в следующем: плоский контур, который пользователь создает с помощью линий, дуг, окружностей, сплайнов и т.д. в модуле Sketcher, вытягивается в направлении, перпендикулярном плоскости, в которой лежит сам контур на заданную величину, например **DELTA**. Порядок действий при создании элементов методом выдавливания несколько отличается в зависимости от ситуации.

Возможны три случая.

1. Вы создаете в текущем файле первый элемент модели (см. рис. 2.11). В этом случае после выбора команды **CREATE** ⇒ **EXTRUDE** автоматически загружается модуль Sketcher. Здесь создается контур первого компонента модели, проставляются необходимые размеры. Для выхода из Sketcher следует нажать кнопку **EXIT**.

Появляется дополнительная панель настроек, в которой надо указать, насколько вытягивать контур (рис. 2.12, а).

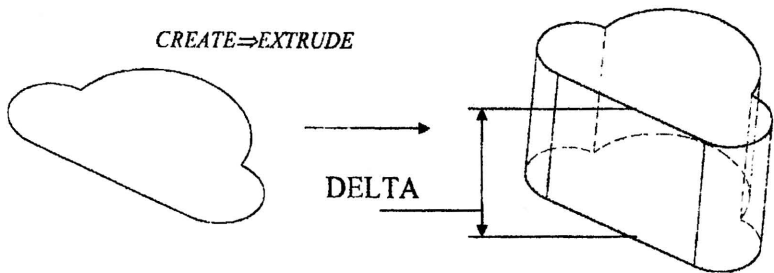


Рис.2.11. Создание первого компонента модели

SELECT OPTION	DELTA	THROUGH	FROM	TO
a)	APPLY			
b) <CR> TO CONTINUE		DELTA=20.000	ONE SIDE	
		FLIP SIDE		

Рис. 2.12. Панель настроек функции EXTRUDE

При построении первого компонента возможен только вариант ПРИРАЩЕНИЕ, для чего нажмите кнопку **DELTA** и в открывшемся меню (рис. 2.12, б) введите значение величины приращения. Для продолжения надо нажать кнопку **<CR> TO CONTINUE**. Восстанавливается панель, приведенная на рис. 2.12, а. Для создания компонента следует нажать кнопку **APPLY** (ВЫПОЛНИТЬ). Объект будет создан.

2. Вы создаете в текущем файле не первый элемент модели, контур которого лежит на одной из грани уже существующего объекта (см. рис. 2.13).

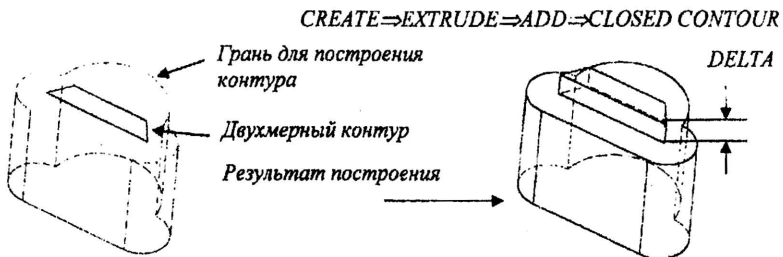


Рис. 2.13. Создание компонента на грани модели

В этом случае выберите, будет ли результатом выполнения операции добавление материала к уже существующей модели или удаление материала (рис. 2.14).

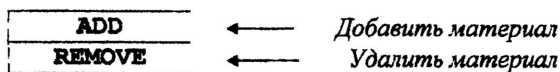


Рис. 2.14. Меню добавления или удаления материала

Затем выберите, будет ли контур нового компонента открытым или закрытым (рис. 2.15). Правила построения открытых контуров описаны ранее (см. рис. 2.6). Закрытым считается контур, у которого его начало и конец совпадают.

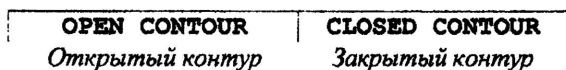


Рис. 2.15. Выбор типа контура

Загружается модуль Sketcher, в котором строится контур и представляются размеры. После постройки контура и выхода из Sketcher, если был задан *открытый контур*, система запросит стрелками указание области вытягивания (вырезания).

Теперь для указания величины вытягивания (вырезания) контура доступны все опции (рис. 2.12, а). Действия:

- **DELTA (ПРИРАЩЕНИЕ)** - введите значение высоты/глубины создаваемого компонента;
- **THROUGH (ЧЕРЕЗ)** - только для создания углублений. Надо указать, в одну (**ONE SIDE**) или в обе стороны (**BOTH SIDE**) от плоскости эскиза будет выдавлен насквозь контур;
- **FROM (ОТ)** - отметьте плоскость или грань, откуда начать выдавливать контур. Употребляется только с опциями **DELTA** или **TO**;
- **TO (ДО)** - отметьте плоскость или грань, где будет заканчиваться выступ/углубление.

Для завершения создания компонента следует нажать кнопку



3. Вы создаете в текущем файле не первый элемент модели, контур которого не лежит ни на одной из граней уже существующего объекта (см. рис. 2.16). В этом случае предварительно командами **DA-**



**TUM⇒PLANE (СПРАВ. ЭЛЕМЕНТЫ⇒ПЛОСКОСТЬ)** должна быть создана справочная плоскость.

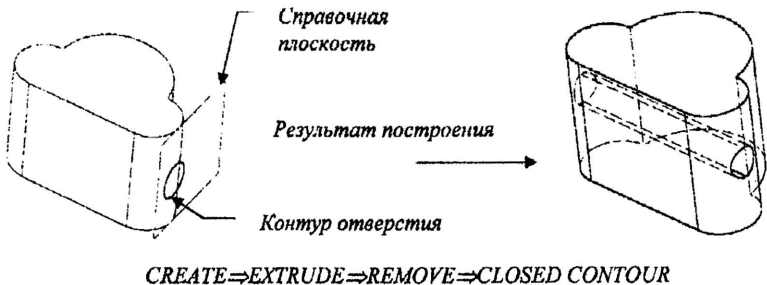


Рис. 2.16. Создание компонента на справочной плоскости

Последовательность действий:

- выберите, будет материал добавляться или удаляться (рис. 2.14);
- отметьте справочную плоскость, на которой будет создаваться контур;
- выберите кнопку **PICK REF. EDGES** (рис. 2.17) и отметьте мышью кромки существующей модели, которые необходимо спроецировать на справочную плоскость и относительно которых будет измерен контур, после чего нажмите два раза на среднюю клавишу мыши;
- выберите тип контура: открытый или закрытый (см. рис. 2.15);
- в модуле Sketcher создайте контур компонента модели, проставьте размеры с обязательной привязкой к спроецированным кромкам;
- выберите один из способов указания величины вытягивания (вырезания) контура (рис. 2.12, а). Например, на рис. 2.16 использована опция **THROUGH**;
- кнопкой **APPLY** дайте команду на создание компонента. Компонент будет создан.

**PICK REF. EDGES**

**IND +X AXIS**

Рис. 2.17. Меню для задания справочной геометрии

## 2.3.1.2. REVOLVE - ВРАЩАТЬ

Суть метода: двумерный контур, построенный в Sketcher, вращается вокруг выбранной оси (кромки) на полный оборот или на заданный угол. Также возможны три ситуации при использовании метода ВРАЩАТЬ.

1. В текущем файле создается **первый** элемент модели (рис. 2.18).

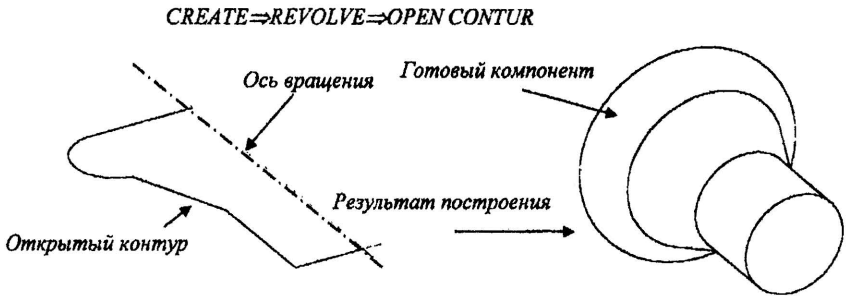



Рис. 2.18. Создание первого компонента методом ВРАЩАТЬ

Последовательность действий:

- командами **DATUM⇒AXIS** предварительно создайте будущую ось вращения;
- выберите в меню основных функций команды **CREATE⇒REVOLVE**;
- по подсказке системы (**PICK AXIS/EDGE**) отметьте созданную ось (первый компонент строится в плоскости **XY**);
- выберите тип контура (см. рис. 2.15): открытый или закрытый (контур является закрытым, если его начало и конец совпадают, если контур замыкается осью, то это открытый контур);
- загружается модуль Sketcher, в котором создайте контур первого компонента модели, проставьте размеры и выйдите, нажав кнопку ;
- в появившемся меню (рис. 2. 19) выберите способ распространения профиля: на заданный угол (надо ввести значение угла поворота - **ANGLE=...**) - **DELTA**; на полный оборот - **FULL**; от какой-либо существующей грани (плоскости) **FROM** до какой-либо существующей грани (плоскости) **TO**;

- выберите кнопку **APPLY**. Объект будет создан.

SELECT OPTION	DELTA	FULL	FROM	TO
	<b>APPLY</b>			

Рис. 2.19. Панель настроек функции **REVOLVE**

2. Создается не первый компонент, контур которого лежит на уже существующей грани (рис. 2. 20). В этом случае после выбора цепочки команд **CREATE**⇒**REVOLVE** следует указать, будет ли результатом выполнения операции добавление или удаление материала (см. рис. 2.14). Затем отметьте (на запрос - **PICK AXIS/EDGE**) в качестве оси вращения существующие справочную ось или кромку и на запрос **PICK FACE OR PLANE** укажите грань для построения. Дальнейшие действия не отличаются от первого случая.

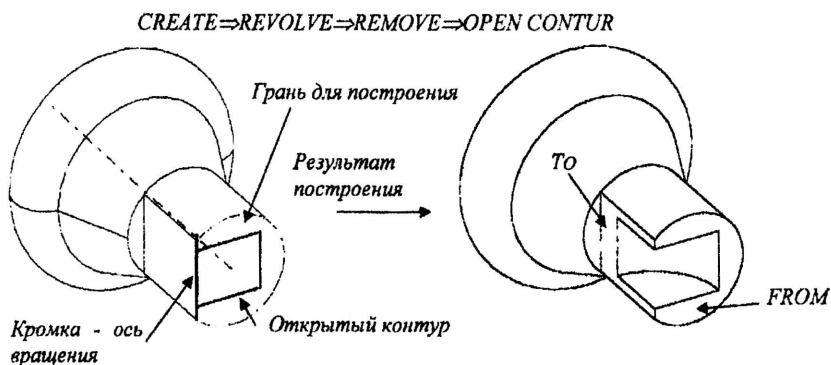



Рис. 2.20. Создание компонента методом **ВРАЩАТЬ** на грани модели

3. Создается не первый компонент, контур которого лежит на справочной плоскости (рис. 2.21). В этом случае после выбора цепочки команд **CREATE**⇒**REVOLVE** следует указать, будет ли результатом выполнения операции добавление или удаление материала (см. рис. 2.14). Затем отметьте (на запрос - **PICK AXIS/EDGE**) в качестве оси вращения существующие справочную ось или кромку и на запрос **PICK FACE OR PLANE** укажите заранее построенную справочную плоскость. В появившемся меню (рис. 2.17) выберите кнопку 

**HIT EDGES** и отметьте мышью кромки существующей модели, которые необходимо спроецировать на справочную плоскость и относительно которых будет образмерен контур, после чего нажмите два раза на среднюю клавишу мыши. Затем также выбирается тип контура (открытый или закрытый) и дальнейшие действия не отличаются от первого и второго случаев.

### 2.3.1.3. DRIVE - ДВИЖЕНИЕ

Суть метода - компонент получается путем перемещения (рис. 2.21) сечения по траектории. Также возможны различные случаи использования метода ДВИЖЕНИЕ: построение первого компонента; построение не первого компонента с размещением эскиза траектории на существующей грани или справочной плоскости. Рассмотрим подробнее последовательность построения первого компонента.

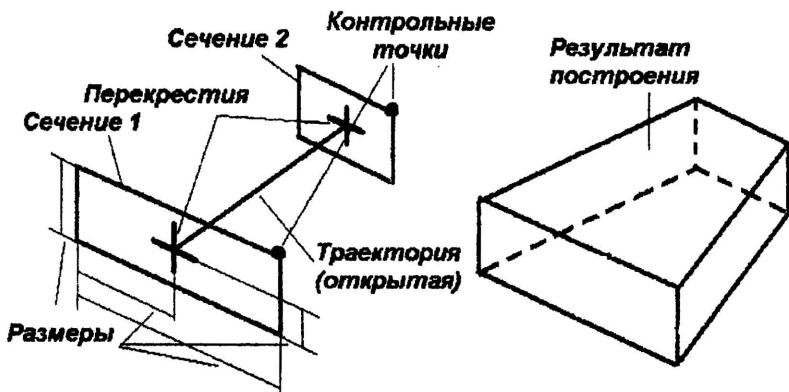


Рис. 2.21. Построение компонента методом ДВИЖЕНИЕ

После выбора метода ДВИЖЕНИЕ (*CREATE*⇒*DRIVE*) необходимо установить (нажимая соответствующие кнопки) нужные настройки (рис. 2.22):

- будет использоваться одна траектория (**SINGLE TRAJECTORY**) или несколько траекторий (**MULTI TRAJECTORY**);
- траектория будет являться открытым (**OPEN TRAJECTORY**) или закрытым контуром (**CLOSED TRAJECTORY**);

• сечение будет перемещаться перпендикулярно траектории (**NORMAL SECTION**) или параллельно самому себе (**PARALLEL SECTION**).

<b>SET DRIVE TYPE &lt;CR&gt;</b>	<b>SINGLE TRAJECTORY</b>	<b>OPEN TRAJECTORY</b>
	<b>NORMAL SECTION</b>	

Рис. 2.22. Панель настроек метода ДВИЖЕНИЕ

Затем кнопкой **SET DRIVE TYPE <CR>** загрузите Sketcher, в котором постройте контур траектории, проставьте размеры и выйдите из модуля.

В начальной точке траектории появляется перекрестие фиолетового цвета, которое определяет плоскость построения первого сечения. При нажатии кнопки **SKETCH SECTION** (рис. 2.23) вновь загружается Sketcher. Построенный контур сечения обязательно должен быть привязан размерами к центру перекрестия.

<b>LOC. SECTION</b>	<b>SKETCH SECTION</b>	<b>MODIFY PLANE</b>
---------------------	-----------------------	---------------------

Рис. 2.23. Меню для построения сечений

При выходе из Sketcher первое сечение будет построено, а перекрестие появляется в конце траектории. Если нажать среднюю кнопку мыши (**EXIT**), то сечение без изменения распространится по траектории - компонент будет построен. Но метод позволяет строить компоненты переменного сечения. Для этого при появлении второго перекрестия вновь нажмите на кнопку **SKETCH SECTION**. Опять загрузится Sketcher. Контур второго сечения может быть любой, но должен содержать столько же кромок, сколько содержало первое сечение.

После построения последнего сечения и выхода из Sketcher система потребует (запрос - **IND. END POINT/EXIT**) проверить правильность расположения контрольных точек (рис. 2.21). В конечных точках контуров сечений появятся красные точки. Они должны быть правильно расположены относительно друг друга. При необходимости левой кнопкой мыши укажите правильное положение конечной точки второго сечения. После этого нажмите среднюю клавишу мыши - компонент будет построен.

Если методом **ДВИЖЕНИЕ** создается **не первый** компонент, то действия практически те же, но есть особенности. Нужно указать, будет ли добавляться или удаляться новый компонент (см. рис. 2.14). После установки настроек метода система запросит указать существующую грань или справочную плоскость (**PICK FACE/PLANE**) для построения контура траектории. В качестве траектории можно отметить петлю из уже имеющихся кромок. В этом случае в каждом месте пересечения кромок можно потом задать свой контур сечения.

Если траектория замкнутая и задано одно незамкнутое сечение, то появится запрос о добавлении замыкающей грани (**ADD CAPPING FACE**): "ДА" - система построит плоскую грань, ограниченную внутренним путем движения, "НЕТ" - построится плоская грань на пересечении фигуры, образованной движением контура вдоль траектории и плоскости траектории (рис. 2.24).

*CREATE⇒DRIVE⇒ADD⇒CLOSED TRAJECTORY⇒NORMAL SECTION*

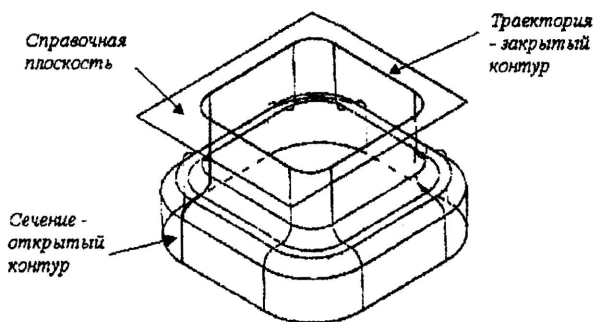


Рис. 2.24. Добавление замыкающей грани

### 2.3.1.4. HOLE - ОТВЕРСТИЕ

Команда предназначена для создания фасонных или цилиндрических отверстий. После загрузки команды (**CREATE⇒HOLE**) появляется меню выбора типа отверстия (рис. 2.25).

<b>S E L E C T</b>	<b>SHAPED</b>	- фасонное отверстие
	<b>STRAIGHT</b>	- цилиндрическое отверстие
	<b>AXIS</b>	- цилиндрическое вдоль оси

Рис. 2.25. Меню выбора типа отверстия



Рассмотрим использование команды на примере построения фасонного отверстия (рис. 2.26).

CREATE-->HOLE-->SHAPED

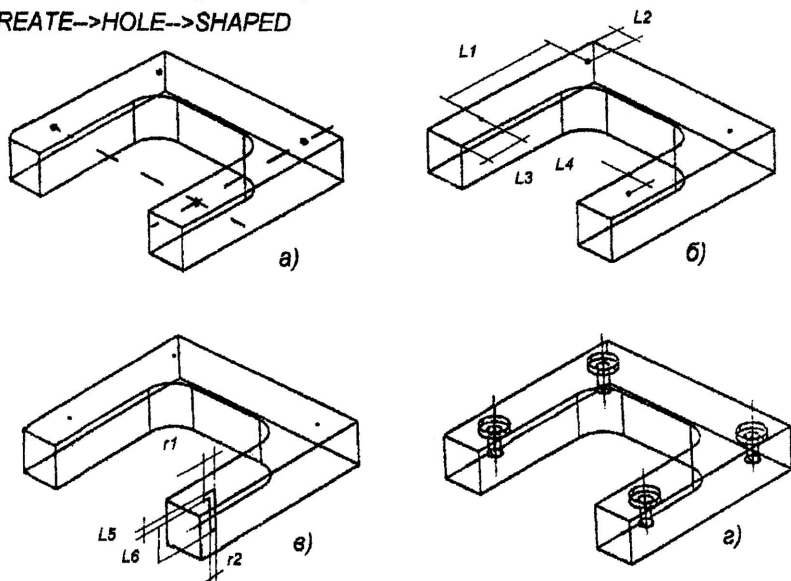


Рис. 2.26. Сценарий построения фасонных отверстий

После указания грани или плоскости для построения отверстий загружается Sketcher, в котором необходимо задать положения центров будущих отверстий. Можно за один раз построить несколько одинаковых отверстий (рис. 2.26, а). Центры отверстий привяжите размерами к существующим кромкам (рис.2.26, б). После выхода из Sketcher пользователь снова попадает в Sketcher. Теперь система предлагает построить половину сечения будущего отверстия (отверстие получается вращением этого контура на  $360^\circ$ ). На экране видны справочная ось и перекрестие. Контур сечения должен быть построен в плоскости перекрестия и образмерен (рис. 2.26, в). После выхода из Sketcher отверстия будут созданы (рис. 2.26, г).

При выборе опции **HOLE**⇒**STRAIGHT** также с помощью модуля Sketcher задаются центры всех отверстий, которые строятся за один раз. Система запрашивает величину диаметра и глубину отверстий: приращением (**DELTA**) или насквозь (**TRUE ALL**).

Опция **HOLE**⇒**AXIS** используется для создания цилиндрического отверстия вдоль существующей оси. Указываются ось будущего отверстия, его диаметр и в появившемся меню отмечаются границы отверстия (аналогично команде **EXTRUDE**).

### 2.3.1.5. SHAFT - БОБЫШКА

Команда полностью аналогична команде **HOLE**, но служит не для построения отверстий, а для построения бобышек. **Бобышка** - компонент-выступ, т.е. тело вращения цилиндрической или фасонной формы, расположенное на какой-либо грани или плоскости.

### 2.3.1.6. SHELL - ОБОЛОЧКА

**Оболочка** - это компонент, получаемый удалением материала внутри твердотельного объекта таким образом, чтобы остались стенки заданной толщины (рис. 2.27).

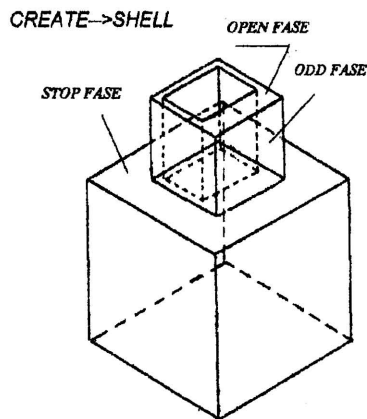


Рис. 2.27. Создание оболочки

Общая последовательность действий.

1. Задайте общую толщину оболочки (для большинства граней) - **GENERAL THICK = ...**

2. Отметьте грани, не имеющие толщины, т.е. открытые - **PICK OPEN FACE/EXIT**.

3. Отметьте грани конца действия функции (если такие есть) - **PICK STOP FACE**.

4. Отметьте грани, имеющие иную (отличную от общей) толщину - **PICK ODD FACE**, если такие есть, и введите для них толщину - **ODD THICK = ...**

## 2.3.1.7. RIB - РЕБРО

Функция служит для создания компонентов типа "ребро жесткости" (рис. 2.28).

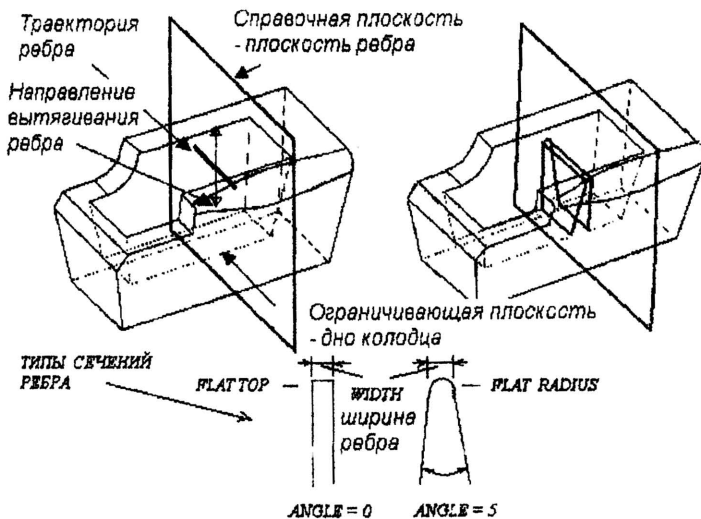


Рис. 2.28. Процедура построения компонента - ребра жесткости

Последовательность действий.

1. Создайте справочную плоскость, по которой будет проходить ребро функцией **DATUM**⇒**PLANE**.
2. Задайте функцию создания ребра - **CREATE**⇒**RIB**.
3. На запрос **PICK PROFILE PLANE** укажите нужную справочную плоскость, в которой будет построен профиль ребра.
4. Задайте ссылочные кромки (см. рис. 2.17) и два раза нажмите на среднюю кнопку мыши.
5. В загрузившемся Sketcher нарисуйте траекторию ребра (траектория не должна проходить через ссылочные кромки).
6. На запрос **INDICATE AREA** укажите направление вытягивания ребра.
7. Задайте угол и тип верхней части (рис. 2.29). Если угол равен нулю, то боковые стенки ребра будут параллельны. Также указывается ширина верха ребра.

8. Если необходимо, задайте плоскость, ограничивающую вытягивание ребра.
9. Компонент будет построен.

<CR> TO CONTINUE	WIDTH=5.000	DRAFT ANGLE=3.000
	FLAT RADIUS	

Рис. 2.29. Меню настроек параметров ребра

### 2.3.2. DETAIL - ДЕТАЛИЗАЦИЯ

Функции этого меню (рис. 2.30) служат для добавления незначительных компонентов к существующему объекту.

ROUND	СКРУГЛЕНИЕ	- скругление выбранных кромок
CHAMFER	ФАСКА	- создание фаски на выбранных кромках
EDGE-DRIVE	ВДОЛЬ КРОМОК	- создание выступа или углубления вдоль кромок
DRAFT	УКЛОН	- построение уклона выбранных граней
REPLACE-FACE	ЗАМЕНИТЬ ГРАНЬ	- замена плоской грани поверхностью
ROUND FDGE FASE	КАСАТ. К ГРАНИ	- скругление от заданной кромки к заданной грани

Рис. 2.30. Функции меню DETAIL (ДЕТАЛИЗАЦИЯ)

#### 2.3.2.1. ROUND - СКРУГЛЕНИЕ

Создание скругления с постоянным или переменным радиусом вдоль выбранной кромки (последовательности кромок).

Порядок действий для скругления постоянного радиуса (**FIXED RADIUS**):

- введите величину радиуса, **RADIUS = ....** ;
- отметьте нужные кромки. Они сразу будут скруглены.

Порядок действий для скругления переменного радиуса (**VARIABLE RADIUS**):

- отметьте нужную кромку (кромка Г на рис. 2.31, а);
- введите значения радиусов на одном конце, середине, на противоположном конце кромки. Значения радиусов будут показаны около соответствующих точек (см. рис. 2.31, а);
- нажмите среднюю кнопку. Компонент будет построен (рис. 2.31, б).

### 2.3.2.2. CHAMFER - ФАСКА

Создание фаски вдоль выбранной кромки (последовательности кромок). Вводится величина фаски и указывается одиночная кромка (кромка В на рис. 2.31, а) или последовательность кромок. Компонент будет построен (рис. 2.31, б).

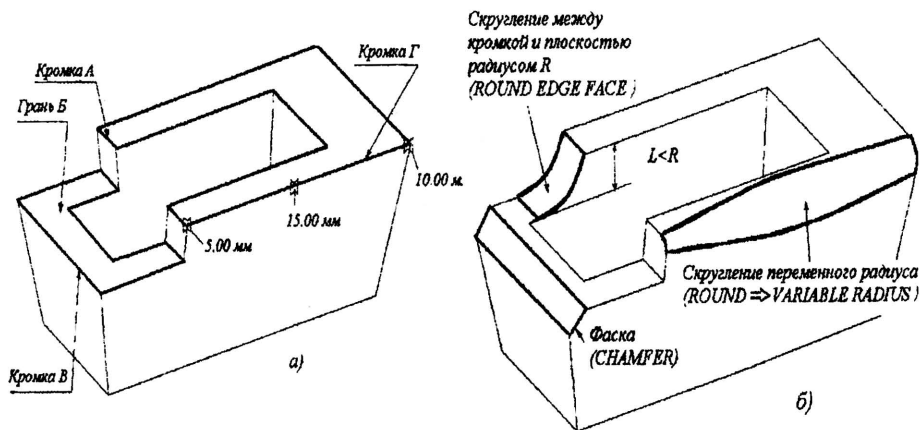


Рис. 2.31. Построение компонентов функциями **СКРУГЛЕНИЕ**, **ФАСКА**, **СКРУГЛИТЬ КРОМКУ И ГРАНЬ**:

а - подготовка; б - результат выполнения

### 2.3.2.3. ROUND EDGE FACE - СКРУГЛИТЬ КРОМКУ И ГРАНЬ

Служит для создания скругления от заданной кромки к заданной поверхности по касательной. Выберите условие: будет ли скругление постоянным или переменным радиусом (аналогично функции **СКРУГЛЕНИЕ**). Задайте значение (значения) радиуса. На запрос **PICK EDGE** укажите, от какой кромки начать скругление (кромка А на рис. 2.31, а). На запрос **PICK MATCHING FACE** отметьте, до какой поверхности провести скругление (грань В там же). Обязательное условие - величина радиуса **R** должна быть больше размера **L**.

### 2.3.2.4. EDGE\_DRIVE - ВДОЛЬ\_КРОМОК

Создание выступа или углубления движением сечения вдоль петли, образованной последовательностью кромок. Практически работает аналогично функции **ДВИЖЕНИЕ** (см. п. 2.3.1.3), но траектория не строится. В качестве ее выбираются существующие кромки или последовательности кромок.

Укажите, будет ли это выступ или углубление (**ADD/REMOVE**). Затем отметьте цепочку кромок, петлю или кромку (**CHAIN/LOOP/EDGE**) и укажите, будет ли сечение замкнутым или незамкнутым контуром. Загружается модуль **Sketcher**. На экране появляется перекрестие, в плоскости которого строится и образмеривается сечение. После выхода компонент будет построен.

### 2.3.2.5. DRAFT - УКЛОН

Построение уклона выбранных граней. Уклон необходим, чтобы вынуть деталь из пресс-формы. Максимальный угол уклона - 45 градусов. Сначала введите значение угла (положительное или отрицательное). Положительный угол увеличивает угол между выбранной гранью и справочной плоскостью. На запрос **PICK REF. PLANE** отметьте справочную плоскость или грань для задания угла. Затем отметьте грань (**FACE**) или последовательность граней (**LOOP**), на которых предполагается создать уклон (рис. 2.32).

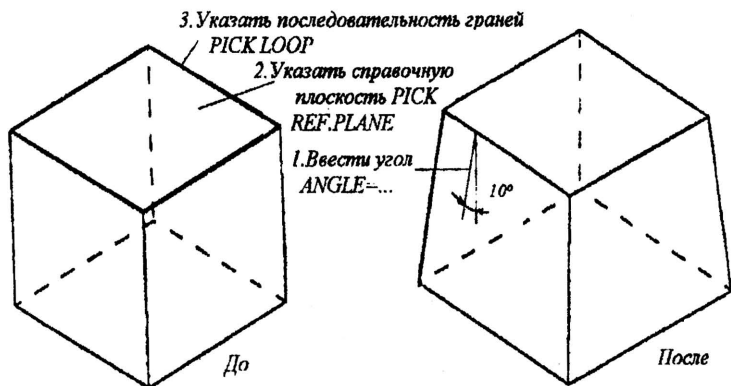


Рис. 2.32. Построение уклона функцией **DRAFT**



### 2.3.2.6. REPLACE\_FACE - ЗАМЕНИТЬ ГРАНЬ

Замена плоской грани поверхностью (рис. 2.33). Отметьте грань, заменяемую поверхностью (запрос - **PICK FACES & EXIT**). Если отмечаются несколько граней, то они не должны иметь общих кромок. Затем отметьте поверхность, которая заменит выбранные грани (запрос - **PICK SURFACE**). Если поверхность расположена выше или ниже выбранной грани, то система вытянет грани, соприкасающиеся с заменяемой, до пересечения с данной поверхностью.

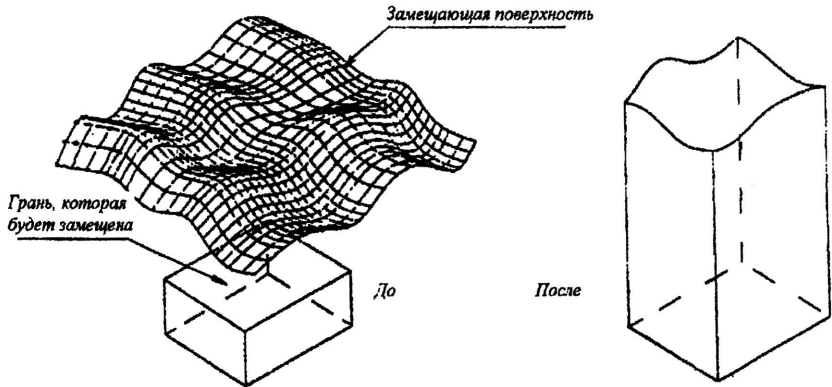


Рис. 2.33. Замена плоской грани поверхностью

### 2.3.3. DATUM - СПРАВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Функции этого меню (рис. 2.34) служат для создания, скрытия (временного удаления с экрана) и изменения размеров справочных осей и плоскостей.

PLANE	ПЛОСКОСТЬ	- создание справочных плоскостей
AXIS	ОСЬ	- создание справочных осей
BLANK	СКРЫТЬ	- скрытие и возобновление показа справочных элементов
RESIZE	ИЗМЕН.РАЗМЕР	- изменение размеров справочных плоскостей и осей
REFCRV	СПР. КРИВАЯ	- создание справочной кривой
REFCRF	СПР.ПОВЕРХНОСТЬ	- создание справочной поверхности

Рис. 2.34. Меню работы со справочными элементами

### 2.3.3.1. PLANE - ПЛОСКОСТЬ

Создание справочных плоскостей. Система предлагает следующие способы (некоторые способы построения справочных плоскостей представлены на рис. 2.35):

- **PARALLEL (ПАРАЛЛЕЛЬНО)** - параллельно выбранной грани или плоскости (**PICK FACE/PLANE**) с указанием величины смещения (**OFFSET=...**) и направления смещения;
- **EDGE+POINT (КРОМКА+ТОЧКА)** - плоскость, проходящая через указанную кромку/ось и точку (для задания точки есть четыре способа: конец, середина отрезка, центр дуги, координаты);
- **3 POINT (3 ТОЧКИ)** - через три указанные точки;
- **PERP EDGE (ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО КРОМКЕ)** - плоскость, проходящая перпендикулярно указанной кромке/оси и через выбранную точку;
- **EDGE AT ANG (ПОД УГЛОМ\_КРОМКА)** - под заданным углом к выбранной грани/плоскости и через указанную кромку/ось. Угол можно указывать положительный и отрицательный;
- **2PTS AT ANG (ПОД УГЛОМ\_2 ТОЧКИ)** - под заданным углом к выбранной грани/плоскости и через две указанные точки;
- **2PTS PAR EDG (ПАРАЛ. КРОМКЕ\_2 ТОЧКИ)** - параллельно указанной кромке/оси и через две указанные точки;
- **EDGE PERP PLANE (ПЕРП. ПЛОСКОСТИ\_КРОМКА)** - перпендикулярно отмеченной грани/плоскости и через указанную кромку/ось.

### 2.3.3.2. AXIS - ОСЬ

Задание справочных осей. Предлагается 5 способов:

- **2 POINTS (2 ТОЧКИ)** - через две указанные точки;
- **2 PLANES (2 ПЛОСКОСТИ)** - пересечением двух указанных плоскостей;
- **PARALLEL (ПАРАЛЛЕЛЬНО)** - указываются кромка/ось и плоскость/грань. Новая ось образуется переносом выбранной кромки на заданное расстояние параллельно указанной плоскости;
- **CYLINDER (СКРУГЛЕНИЕ)** - ось будет проходить через центр грани-скругления;

- **CENTER (ЦЕНТР)** - ось будет проходить через ось цилиндрической грани (указывается соответствующая круглая кромка).

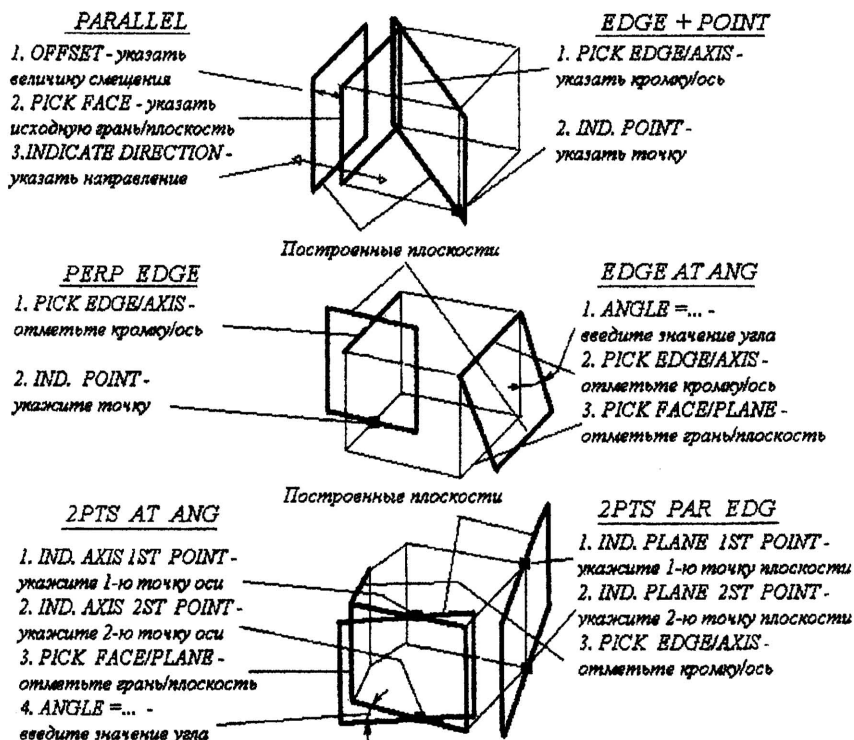


Рис. 2.35. Основные способы создания справочных плоскостей

### 2.3.3.3. BLANK - СКРЫТЬ

Временное удаление с экрана и восстановление изображения справочных элементов. Можно указать нужные элементы по одному или задать опцию **СКРЫТЬ ВСЕ**. Изображение элемента восстанавливается при его повторной отметке.

### 2.3.3.4. RESIZE - ИЗМЕНИТЬ РАЗМЕР

Для системы справочные плоскости и оси считаются безграничными. Но для удобства иногда нужно изменить видимый размер справоч-

ной оси или плоскости. Отметьте ось или плоскость (они подсвечиваются красным цветом) и при нажатой левой кнопке мыши динамически проведите нужное изменение. Выход - нажатие средней клавиши мыши.

### 2.3.4. COPY - КОПИРОВАТЬ

В этом меню собраны функции копирования компонентов.

Система запрашивает, будет ли копироваться компонент или весь объект (COPY FEATURE/ COPY ALL). Затем появляется меню команд (рис. 2.36). После выбора необходимого метода копирования система требует отметить копируемый компонент (PICK FEATURE). В большинстве методов требуется указать базовую точку (PICK BASE POINT) - любую точку копируемого компонента. Система будет показывать крестиком положение этой точки для компонентов-копий.

SELECT	APRAY	СЕТКА	- копирование компонентов в узлы сетки
ВЫБЕРИ	ROTATE	ПОВОРОТ	- копирование компонентов вокруг оси
	RELOCATE	ПЕРЕМЕСТИТЬ	- перемещение компонента в новое положение
	REFERENCE	ОБРАЗЕЦ	- копирование компонента на справочный компонент
	MIRROR	ЗЕРКАЛЬНО	- копирование компонента относительно плоскости

Рис. 2.36. Функции меню копирования

Порядок действий и результат для различных методов копирования показаны на рис. 2.37.

#### 2.3.4.1. ARRAY - СЕТКА

Копирование компонента в узлы прямоугольной сетки с заданными параметрами. Параметры сетки: расстояние между узлами по осям X и Y и количество копий по этим осям.

Система последовательно запрашивает указать: плоскость, на которой будут расположены копии, начало системы координат (координатной сетки), положительное направление оси X, начальную точку будущей сетки (ее левый нижний угол). В появившемся меню введите значения: количество копий (узлов сетки) вдоль оси X (NX), вдоль оси Y (NY), расстояние между узлами по оси X (DX), по оси Y (DY), будут

ли копии располагаться во всех узлах сетки или только в граничных точках сетки (FILL/BOUNDARY).

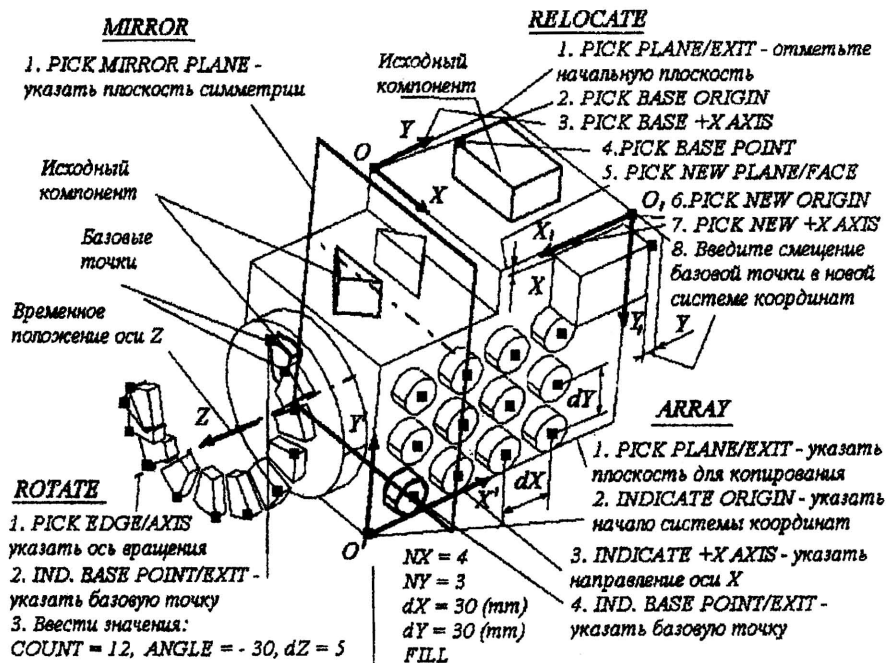


Рис. 2.37. Использование методов копирования компонентов

### 2.3.4.2. ROTATE - ПОВОРОТ

Копирование компонентов вокруг оси с заданным углом. Отметьте кромку или ось, вокруг которой будет происходить поворот, и базовую точку. В появившемся меню введите значения: общее количество (COUNT) компонентов (число копий + оригинал), угол поворота копий (ANGLE), подъем или опускание по оси Z каждой следующей копии относительно предыдущей (DZ).

### 2.3.4.3. RELOCATE - ПЕРЕМЕСТИТЬ

Создание копии существующего компонента заданием его нового положения.

Укажите плоскость, на которой построен эскиз компонента оригинала, выберите точку - начало координат этой плоскости (точка  $O$ ), положительное направление оси  $X$ , отметьте базовую точку компонента. Затем укажите новую плоскость, начало координат на ней (точка  $O_1$ ), новое положительное направление оси  $X$  и введите значения координат  $X$  и  $Y$  для нового положения базовой точки.

#### 2.3.4.4. MIRROR - ЗЕРКАЛЬНО

Создание зеркальной копии существующего компонента (объекта) относительно заданной плоскости.

#### 2.3.5. EDIT - РЕДАКТИРОВАТЬ

Функции этого меню (рис. 2.38) предназначены для модификации параметров, изменения схемы простановки размеров, установки зависимостей между размерами, удаления компонентов, исключения выбранных компонентов из числа высвечиваемых на экране и их восстановления (высвечивание), просмотра сценария построения модели и внесения изменений.

SELECT	PARAMETERS	ПАРАМЕТРЫ	- изменение размеров компонент
FUNCTION	SKETCH	ЭСКИЗ	- простановка размеров компонент
	RELATION	ЗАВИСИМОСТЬ	- параметрические зависимости размеров
	DELETE	УДАЛИТЬ	- удаление компонентов
	RENAME	ПЕРЕИМЕНОВАТЬ	- смена внутреннего имени компонента
	SUPPRESS	ПОДАВИТЬ	- скрытие/восстановление на экране
	REPLAY	ПРОКРУТИТЬ	- просмотр сценария
	TRIM	ОТРЕЗАТЬ	- удаление от выбранного шага до конца

Рис. 2.38. Функции меню РЕДАКТИРОВАТЬ

Функция **PARAMETERS** позволяет изменять размеры компонента. При отметке какого-либо компонента его размеры подсвечиваются. Их можно менять. При выходе изменится форма компонента. Пример использования этой функции показан на рис. 2.5.

Функция **SKETCH** позволяет только образмерить ранее созданный контур или изменить простановку размеров. Но сам контур (наложенные геометрические связи) менять нельзя.

Функция **RELATION** позволяет установить математическую зависимость между размерами компонентов. Отметьте компоненты, размеры которых надо увязать, существующие размеры будут показаны в буквенном виде (L1, L2 - для линейных размеров, R2, R3 - для радиальных). В меню (рис. 2.39) можно внести цифровое или математическое описание (например  $L20=L15*3$ ). Все выражения должны состоять из прописных букв. В окне можно изменить текущее значение размера, но только если оно не задано математическим выражением.

IND. DIM POS/EXIT	NAME = L20	L20=L15*3
	VALUE =	

Рис. 2.39. Меню настройки функции PELATION

При удалении (функция **DELETE**) компонента будут удаляться и компоненты-дети, если они есть, о чем система предупредит.

Функция **RENAME** позволяет сменить внутреннее имя, которое система автоматически присваивает каждому новому компоненту.

Функция **SUPPRESS** позволяет временно скрыть выбранные компоненты с экрана. Этой же функцией компоненты могут быть восстановлены.

Функция **REPLAY** позволяет прокрутить в обе стороны сценарий создания модели по компонентам. Выбрав стрелками нужный шаг построения (рис. 2.40), нажмите **EXIT**. Система будет находиться в режиме вставки. В нижнем углу красными буквами будет показано слово **INSERT**. В этом режиме можно произвести какие-либо дополнительные построения или удалить более поздние построения. Для удаления используется цепочка команд: **EDIT**⇒**TRIM**⇒**YES**.

ВНУТРЕННЕЕ ИМЯ КОМПОНЕНТА	←-	←-	->	->	JUMP
---------------------------	----	----	----	----	------

Рис. 2.40. Меню функции REPLAY

### 2.3.6. GROUP - МАСТЕР

Функции данного меню (рис. 2.41) позволяют создавать и работать с внешними и внутренними мастерами - группами выделенных компонентов.

CREATE	СОЗДАТЬ	- создание мастера из выделенных компонентов
PLACE	МЕСТО	- размещение мастера на выбранной грани или плоскости
EXPLODE	РАЗЪЕДИНИТЬ	- разъединение мастера на исходные компоненты

Рис. 2.41. Меню функции МАСТЕР

Предварительно опцией **CREATE** создается мастер.левой клавишей отмечаются необходимые компоненты (можно отмечать только компоненты, созданные в Sketcher. Например, такой компонент, как **СКРУГЛЕНИЕ**, не может быть использован). Если при создании компонентов использовались фиксированные и параметрические размеры, то сверху экрана появляется следующее меню (рис. 2.42), а компонент будет представлен в виде эскиза с указанием всех размеров, использованных при его построении. Фиксированные размеры будут представлены белым цветом, параметрические - зеленым. Фиксированные размеры не могут быть изменены с помощью опции **EDIT**⇒**PARAMETERS**. Переключатель **TOGGLE** позволяет переключать фиксированные размеры на параметрические и наоборот.

PICK DIMENSION / EXIT	TOGGLE
-----------------------	--------

Рис. 2.42. Меню выбора и работы с размерами

Далее система попросит ввести имя файла, в котором будет сохранен мастер. В результате будет создан PFM-файл, который можно просматривать, но нельзя редактировать.

Опция позволяет разместить созданный ранее мастер (внутренний или внешний) в текущем файле детали (рис. 2.43). Сначала укажите имя файла мастера (**ENTER FILENAME**). Затем можно (не обязательно) указать предварительное место расположения мастера относительно имеющейся модели (**IND. LOCATION/EXIT**). На запрос (**PICK FACE/PLANE**) укажите грань или плоскость, на которой будет размещен мастер. В результате загрузится меню Sketcher, но доступны будут только опции **PLACE** и **ADD GEOM** (см. рис. 2.8). Технология перемещения эскиза рассмотрена в п. 2.2.

Размещенный на детали мастер недоступен для редактирования. Чтобы иметь возможность редактировать обычным способом вновь размещенные компоненты, мастер надо разъединить на исходные компоненты опцией **EXPLODE**.



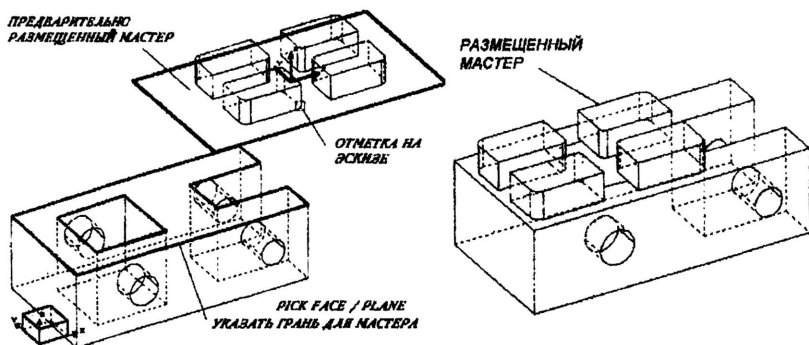


Рис. 2.43. Размещение мастера на модели текущей детали

#### 2.4. Сборка изделия в твердотельной среде

Вход в среду сборки осуществляется следующей цепочкой команд:

*ПРОГРАММЫ* ⇒ *Cimatron 8.0* ⇒ *Cimatron 8.0 Assembly / Part*

В появившемся меню (рис. 2.44) можно выбрать режим **PART** – обычная среда создания ТТ-модели или **ASSEMBLY** – твердотельная сборка.

<b>SELECT ENVIROMENT</b>	<b>ASSEMBLY</b>	<b>PART</b>
<b>ВЫБЕРИ СРЕДУ</b>	<b>СБОРКА</b>	<b>ДЕТАЛЬ</b>

Рис. 2.44. Меню выбора режима работы

Затем задайте (или выберите уже имеющийся) имя файла будущей сборки и единицы измерения. Следует особо подчеркнуть, что в файле сборки хранятся только ссылки на имена файлов моделей деталей и подборок, входящих в данную сборку, а не сами файлы. Поэтому при изменении расположения файлов деталей и попытке открыть для дальнейшей работы файл сборки будет выдано сообщение об

ошибке. Файлу сборки также присваивается расширение \*.pfm, но открыть его можно только в режиме сборки.

Деталь можно использовать в какой-либо сборке только один раз. Чтобы можно было использовать ее еще раз в этой или другой сборке, надо сделать копию файла детали и использовать копию или сменить тип файла на стандартный (**FAIL**  $\Rightarrow$  **TYPE**  $\Rightarrow$  **STANDARD**).

Функции сборки располагаются в одной панели (рис. 2.45).

<b>EDIT</b>	<b>РЕДАКТИРОВАТЬ</b>	- изменение параметров ограничений, пересборка, удаление сост. частей
<b>ASSEMBLE</b>	<b>СОБРАТЬ</b>	- включение в сборку детали или под сборки
<b>UTIL</b>	<b>УТИЛИТЫ</b>	- изменение цвета, показ взаимопересечений деталей и т.д.
<b>SUPRESS</b>	<b>ПОДАВИТЬ</b>	- исключение составных частей из высвечиваемых на экране
<b>UPDATE</b>	<b>ОБНОВИТЬ</b>	- переключить с автоматического на ручной режим обновления экрана
<b>PART</b>	<b>ДЕТАЛЬ</b>	- временный выход в среду создания детали

Рис. 2.45. Основное меню модуля сборки

Под ограничениями здесь понимаются связи между элементами эскиза, установленные при его построении и образмеривании, и связи включаемой в сборку детали относительно уже имеющихся в ней составных частей.

### 2.4.1. Создание сборочной единицы

Создание новой сборочной единицы выполнять функцией **ASSEMBLE (СОБРАТЬ)**. Последовательность действий:

1) выберите по имени (запрос **BY NAME**) первую деталь сборочной единицы. Ей можно выбрать нужный цвет. Деталь сразу располагается на экране;

2) также по имени вызовите следующую деталь и укажите ей место на экране. С появлением каждой новой детали на экране в области диалога появляется меню для наложения ограничений (рис. 2.46). Процесс сборки собственно и заключается в наложении ограничений на положение новой детали относительно имеющейся, постепенно уменьшая количество степеней свободы. Деталь считается включенной, когда не остается ни одной степени свободы;

3) выберите цвет новой детали;

- 4) зафиксируйте положение детали (кнопка **FIX**) и подтвердите, что деталь расположена правильно (последовательно нажмите **NEXT-->** и **<CR> TO CONFIRM**);
- 5) повторите пункты 2-4 для остальных деталей сборочной единицы.

<b>NEXT --&gt;</b>	<b>ALIGN PLANE</b>	<b>ALIGN AXIS</b>	<b>ALGIN POINTS</b>	<b>FIX</b>
<b>&lt;-- PRIV</b>	<b>FLIP</b>		<b>OFFSET=0</b>	<b>THETA=0</b>
<b>SET COLOR</b>		<b>SHIFT</b>	<b>ROTATE</b>	<b>ACTIVE PICK</b>
<b>ВПЕРЕД--&gt;</b>	<b>ВЫРОВ.ПЛ-ТИ</b>	<b>ВЫРОВ.ОСИ</b>	<b>ВЫРОВ.ТОЧКИ</b>	<b>ЗАФИКСИРОВАТЬ</b>
<b>&lt;-- НАЗАД</b>	<b>ПЕРЕВЕРНУТЬ</b>		<b>СДВИГ=0</b>	<b>УГОЛ=0</b>
<b>ВЫБР.ЦВЕТ</b>		<b>ПЕРЕМЕСТИТЬ</b>	<b>ВРАЩАТЬ</b>	<b>ОТМ. АКТИВ.</b>

Рис. 2.46. Меню для наложения ограничений

Во время работы всегда сначала надо отмечать плоскость, ось, точку включаемой детали или под сборки, затем соответствующую плоскость, ось или точку какой-либо детали сборки. Кнопками **ВЫРОВНЯТЬ ПЛОСКОСТЬ, ОСЬ, ТОЧКУ** уменьшаются степени свободы включаемой детали соответственно совпадением плоскости, оси или точки.

На рис. 2.47 показана сборка двух деталей. Сначала была вызвана на экран первая деталь – основание (рис. 2.47, а). Затем произвольно на экране расположили вторую деталь (рис. 2.47, б). Нажали кнопку **ВЫРОВНЯТЬ ПЛОСКОСТЬ** и указали необходимые плоскости на присоединяемой детали, а затем на детали "основание". На рис. 2.47, в показан следующий шаг сборки – выравнивание осей деталей, на рис. 2.47, г – результат сборки.

Для задания оси или точки можно использовать кнопку **MENU**. Кнопками **ВПЕРЕД, НАЗАД** можно переходить от одного ограничения к другому. Вспомогательные кнопки **ПЕРЕВЕРНУТЬ, ВРАЩАТЬ, ПЕРЕМЕСТИТЬ** позволяют уточнить положение новой детали без изменения уже наложенных ограничений. Кнопки **СДВИГ, УГОЛ** позволяют ввести соответственно значение сдвига или угла поворота относительно наложенных ограничений. Кнопка **ЗАФИКСИРОВАТЬ** фиксирует наложенные ограничения. После того как все необходимые ограничения наложены кнопкой **ВЫБР. ЦВЕТ**, можно задать цвет для включаемой детали. Для перехода на следующий шаг сборки используйте кнопку **ВПЕРЕД**.

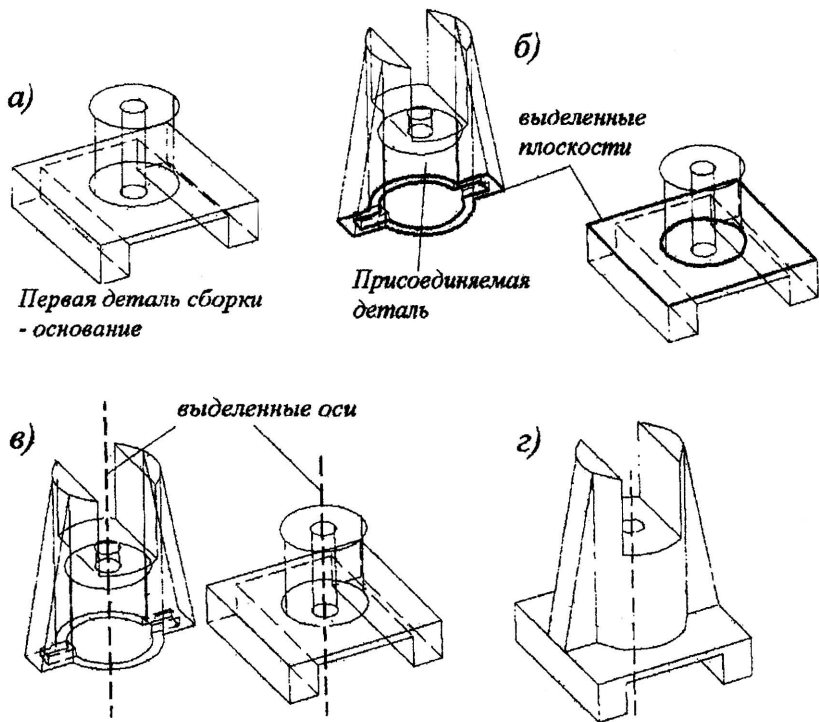


Рис. 2.47. Пошаговое представление процесса сборки:  
 а – размещение на экране первой детали; б – размещение второй детали и начало наложения ограничений (по плоскостям); в – результат выполнения выравнивания по плоскостям и продолжение наложения ограничений (по осям); г – результат сборки (невидимые линии убраны)

#### 2.4.2. Редактирование в среде сборки

Остальные функции меню сборки (рис. 2.45) в той или иной мере служат для редактирования полученной сборки. Кратко рассмотрим их возможности.

##### 2.4.2.1. EDIT – РЕДАКТИРОВАТЬ

Функция служит для выполнения изменений в сборке путем установки новых параметров составных частей (деталей) сборки, установки

других зависимостей между параметрами составных частей, пересборки, изменения параметров ограничений и удаления составных частей сборки (рис. 2.48).

<b>PARAMETERS</b>	<b>ПАРАМЕТРЫ</b>	- редактирование размеров компонентов внутри сборки
<b>RELATION</b>	<b>СООТНОШЕНИЕ</b>	- установка зависимостей между параметрами компонентов
<b>RE-ASSEMBLE</b>	<b>ПЕРЕСОБРАТЬ</b>	- пересборка деталей в сборке
<b>CONSTRAINTS</b>	<b>ОГРАНИЧЕНИЯ</b>	- изменение параметров ограничений, наложенных на деталь
<b>DISCARD</b>	<b>УДАЛИТЬ</b>	- удаление из файла сборки ненужных деталей

Рис. 2.48. Меню опций функции **РЕДАКТИРОВАТЬ**

В опции **ПАРАМЕТРЫ** надо отметить компонент, необходимый размер и ввести новое значение размера. В результате компонент будет построен с новым размером. Для деталей стандартного типа опция недоступна.

Опцией **СООТНОШЕНИЕ** можно изменить ранее установленную зависимость между размерами детали. Выделите нужный компонент, для которого установлена зависимость. Размеры будут иметь, например, следующий формат: **0:L24**, где **0** – номер составной части (нумерация начинается с **0**), **L24** – имя размера (**L** – линейный размер, **R** – радиус, **D** – диаметр, цифра – порядковый номер размера). В появившемся меню введите новое выражение, устанавливающее связь между размерами.

В опции **ПЕРЕСОБРАТЬ** выделите необходимую составную часть, которую надо собрать заново. Зависимые от нее составные части будут выделены белым цветом. В результате выполнения опции их положение также будет изменено.

Опцией **ОГРАНИЧЕНИЯ** можно изменить наложенные при сборке на деталь ограничения. Отметьте нужную составную часть. В появившемся меню (см. рис. 2.46) можно изменить наложенные ограничения.

#### 2.4.2.2. UTIL - УТИЛИТЫ

Функция служит для выполнения над сборкой дополнительных операций (рис. 2.49).

<b>INTERFERENCE</b>	<b>ВЗАИМОПЕРЕСЕЧЕНИЕ</b>	- подсвечивание пересечения красным цветом
<b>MODIFY COLORS</b>	<b>ИЗМЕН.ЦВЕТА</b>	- изменение цвета составных частей
<b>EXPLODE</b>	<b>РАЗОБРАТЬ</b>	- разъединение составных частей
<b>RENAME</b>	<b>ПЕРЕИМЕНОВАТЬ</b>	- смена имени составной части
<b>SAVE LIST</b>	<b>СОХРАНИТЬ СПИСОК</b>	- сохранение списка составных частей

Рис. 2.49. Меню утилит функции УТИЛИТЫ

Утилита **ВЗАИМОПЕРЕСЕЧЕНИЕ** показывает красным цветом линию пересечения (если детали врезаются друг в друга). Варианты опции: одна деталь с одной, одна деталь со всеми, все между собой.

Утилита **РАЗОБРАТЬ** позволяет разъединить составные части сборки на заданное расстояние вдоль оси или по плоскости. Можно применять как общую величину сдвига для всех деталей, так и индивидуальную для отдельных деталей. Пример разобранной сборки показан на рис. 2.50. Для полученной картинке можно сделать gif – файл (через меню **PLOT**).

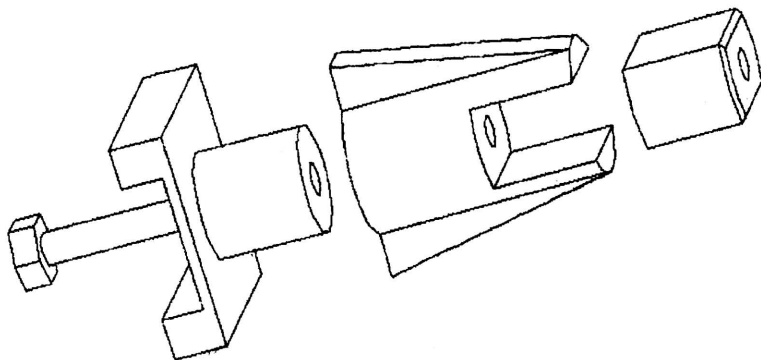


Рис. 2.50. Пример разобранной сборки

Утилита **ИЗМЕНИТЬ ЦВЕТА** позволяет изменить цвета составных частей, установленные ранее при сборке (чтобы сборка стала многоцветной необходимо включить опцию **MULTI COLORS** в общесистемной функции **SHADE⇒COLORS**).

### 2.4.2.3. ПОДАВИТЬ и ОБНОВИТЬ

Функция **SUPRESS - ПОДАВИТЬ** позволяет исключить выбранные составные части сборки из числа высвечиваемых на экране и затем их восстановить. Такое сокрытие не изменяет саму сборку.

Функция **UPDATE - ОБНОВИТЬ** позволяет переключить среду сборки с автоматического режима обновления экрана на ручной, т.е. для экономии времени в больших сборках можно не перестраивать каждый раз изображение на экране и экономить время.

### 2.4.2.4. PART - ДЕТАЛЬ

Эта функция позволяет осуществить временный выход в модуль твердотельного моделирования для модификации какой-либо детали сборки или создания новой. На соответствующий запрос системы введите имя модифицируемой детали или укажите **NEW (НОВАЯ)** и введите ее имя. В первом случае (опция **OPEN**) возможны два подрежима:

- **ASSEMBLY MODE (РЕЖИМ СБОРКИ)** – временный выход в среду детали из среды сборки для редактирования, при этом текущая сборка видна на экране в теновом режиме (ее составные части изображаются пунктирными линиями белого цвета и доступны только как справочные элементы). Чтобы вернуться в режим сборки используйте функцию **EXIT**;

- **FREE PART (НЕЗАВИСИМАЯ ДЕТАЛЬ)** – в этом случае загружается файл редактируемой детали, сама сборка на экране не видна. Выход из режима тот же.

Если выбрана опция **NEW**, то система (после ввода имени файла) предоставит три варианта создания новой детали (рис. 2.51).

<b>SELECT</b>	<b>REFERENCE PLANE</b>	<b>REFERENCE AXIS</b>	<b>FREE PART</b>
<b>ВЫБЕРИ</b>	<b>СПРАВ. ПЛОСКОСТЬ</b>	<b>СПРАВОЧНАЯ ОСЬ</b>	<b>НЕЗАВИСИМ. ДЕТАЛЬ</b>

Рис. 2.51. Варианты построения новой детали

В первых двух случаях сначала выберите положение детали (оно задается системой координат тремя точками: начало координат, направление оси **X**, направление оси **Y** или определяется положением оси и точки на сборке) относительно будущей сборки, затем создавайте саму деталь обычным образом. При выборе **FREE PART** сначала незави-

симо от сборки создайте деталь, затем стандартным образом определите ее положение в сборке. Деталь, включенная в подсборку или более чем один раз в сборку, может быть открыта только как независимая деталь.

### 3. МОДУЛЬ ЧЕРЧЕНИЯ DRAFTING

#### 3.1. Общие положения о работе в Drafting

В модуле черчения используются два основных понятия: **вид** и **чертеж**.

**Вид** - это проекция модели на заданную плоскость (можно и произвольную).

**Чертеж** – собранные на одном листе один или несколько видов.

Видам и чертежам в системе присваиваются внутренние оригинальные имена, например **Вид сверху, Аксонометрия, Чертеж 1**.

Редактирование вида (чертежа) - удаление невидимых линий, проведение дополнительных построений, простановка размеров, нанесение штриховки, надписей и т.д.

Геометрические и прочие элементы, созданные в этом режиме (редактирования) принадлежат виду (чертежу). Обычно вид двумерен, но его можно сделать трехмерным (например чтобы удалить лишние накладывающиеся элементы) и снова двумерным с помощью функций **2D-VIEW**, **3D-VIEW**. Новый вид может быть получен на основе предыдущего вида.

Полностью или частично оформленные виды размещаются на чертеже. Виды в режиме чертежа являются единичными элементами, принадлежащими чертежу. Им присваиваются (так же как и самому чертежу) оригинальные имена. В режиме редактирования вида или чертежа кроме специальных команд доступны и команды каркасного моделирования. Предусмотрена возможность, находясь в режиме чертежа, переключаться в режим редактирования любого вида (функция **DRW - VIEW** ⇒ **ЧЕРТ.-ВИД** в общесистемных функциях). При этом весь чертеж виден на экране, но можно работать с элементами вида.

В модуле черчения также сохраняется принцип *однаправленной ассоциативности*, т.е. изменения, сделанные в модели, автоматически передаются в вид и чертежи. Изменения, сделанные в виде, передаются



в чертеж, но не в модель. Изменения, сделанные в чертеже, принадлежат только ему и никуда больше не передаются.

Рекомендуется до начала создания видов и чертежей функцией **DRAF\_PAR – ПАРАМЕТРЫ ЧЕРЧЕНИЯ** настроить основные параметры черчения, чтобы в дальнейшем использовать их по умолчанию. Основные опции функции приведены на рис. 3.1.

DRAFTING STANDART	PARAM	ПАРАМЕТРЫ	- задание значений параметров по умолчанию
	ACTIVE	АКТИВНЫЙ	- выбор активного стандарта черчения
СТАНДАРТ ЧЕРЧЕНИЯ	READ	ЧИТАТЬ	- вызов стандарта черчения из каталога defdata
	CONWERT	КОНВЕРТИРОВАТЬ	- преобразование размеров в соответствии с активным стандартом
	RENAME	ПЕРЕИМЕНОВАТЬ	- переименование стандарта для текущего файла
	DELETE	УДАЛИТЬ	- удаление стандарта из текущего файла
	ATTRIB	АТРИБУТЫ	- установка атрибутов линий (цвет и др.)

Рис. 3.1. Главные опции функции ПАРАМЕТРЫ ЧЕРЧЕНИЯ

**ПАРАМЕТРЫ** – задание некоторых параметров простановки размеров, которые дальше будут использоваться по умолчанию (рис. 3.2).

**ЧИТАТЬ** – загрузка стандарта черчения. В системе доступны следующие стандарты: **ANSI, ISO, SOL**. Возможно создание пользовательского стандарта с помощью специальной утилиты.

**АКТИВНЫЙ** – назначение одного из имеющихся стандартов в качестве активного.

**КОНВЕРТИРОВАТЬ** – преобразовать простановку размеров в соответствии со стандартом при смене активного стандарта.

**АТРИБУТЫ** – служит для установки параметров линий (цвет, тип линии, ширина пера). Можно отдельно установить параметры для видимых линий, невидимых, контуров местных сечений, касательных кромок (непрорисовываемых на чертеже) и др. Основные типы линий:

- сплошная;
- пунктирная;
- штрихпунктирная;
- штриховая.

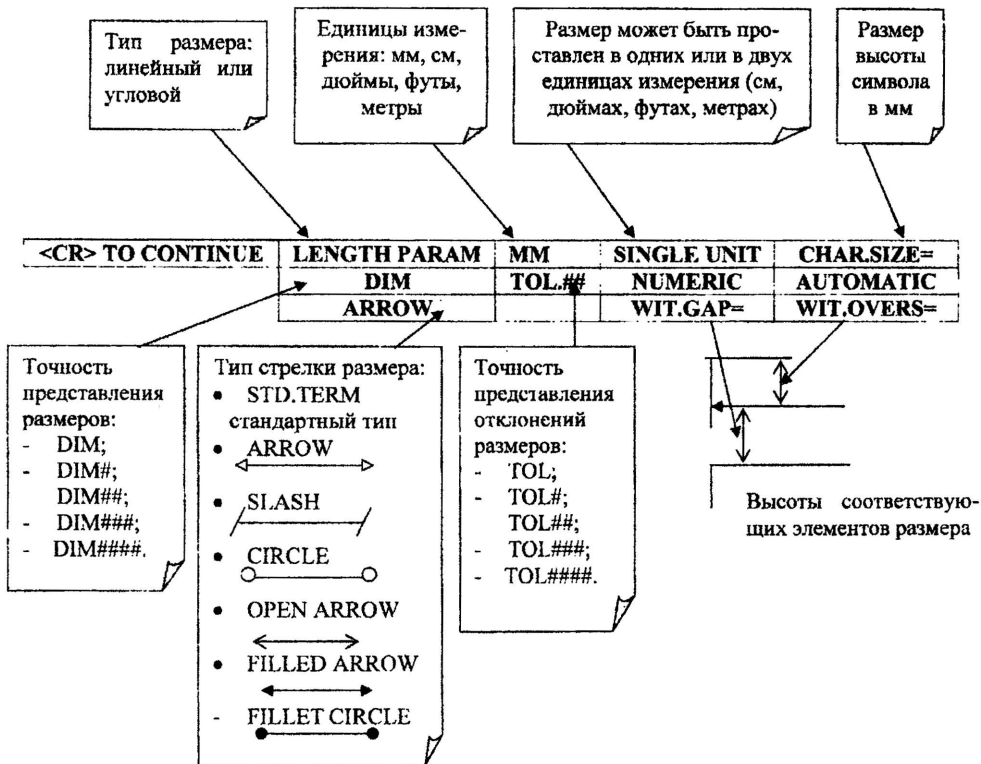


Рис. 3.2. Меню настройки параметров простановки размеров

### 3.2. Создание видов и чертежей

Чтобы начать создавать или редактировать вид (чертеж), надо вызвать соответствующий файл модели и войти в модуль **DRAFTING (ЧЕРЧЕНИЕ)**. Появится следующее меню (рис. 3.3).

VIEWS	ВИДЫ	- создавать отдельные виды
DRAWINGS	ЧЕРТЕЖИ	- создавать чертежи
DRAF_PAR	ПАР.ЧЕРЧ.	- установить параметры черчения

Рис. 3.3. Начальное меню модуля **ЧЕРЧЕНИЕ**

Создание чертежа модели обычно осуществляется в три этапа:

- создание и оформление видов;
- размещение созданных видов на чертеже;
- редактирование чертежа.

Виды могут создаваться на основе модели или других видов. Существуют виды двух типов:

- **зависимые виды** – виды, которые зависят от модели или видов, на основе которых они созданы. Все изменения, созданные в модели или исходном виде, передаются в зависимый вид. Виды, созданные из модели, всегда зависимые. Если в зависимом виде были сделаны локальные изменения, то они становятся независимыми от модели;

- **независимые виды** – виды, которые не зависят от изменений в исходном виде. Одновременно они не зависят от изменений в модели. Технология получения независимых видов описана в [1].

Новый вид создается следующим образом. Задайте плоскость проекции (если вид создается на базе модели). Определите, вся модель или отдельные ее компоненты войдут в вид. Определите, создается зависимый или независимый вид (только, если вид создается на базе другого вида). Задайте имя вида. После того как вид определен, он появится на экране таким образом, что ось **X** направлена вправо, ось **Y** – вверх. Меню для задания проекции приведено на рис. 3.4.

DEFINE VIEW	CURR. MODEL DISPLAY	DEFINE MODEL PROJECTION
	MODEL XY PROJECTION	MODEL PERSPECTIVE
ОПРЕДЕЛИТЕ ВИД	ПЛОСКОСТЬ ЭКРАНА	ЗАДАННАЯ ПЛОСКОСТЬ
	ПРОЕКЦИЯ НА XY	ПЕРСПЕКТИВА

Рис. 3.4. Способы задания плоскости проекции вида

Опции имеют следующий смысл.

**ПЛОСКОСТЬ ЭКРАНА.** Создание вида на основе модели или текущего вида проецированием на плоскость экрана. Перед этим надо расположить модель на экране желаемым образом.

**ЗАДАННАЯ ПЛОСКОСТЬ.** Создание вида на основе модели. Плоскость проекции задается тремя точками (начало системы координат, направление оси **X**, направление оси **Y**). Точка начала координат будет использоваться для позиционирования вида на чертеже.

**ПРОЕКЦИЯ НА ХУ.** Создание вида на базе модели проецированием ее элементов на плоскость **ХУ** системы координат **MODEL**.

**ПЕРСПЕКТИВА.** Создание вида на базе модели с выполнением преобразований так, чтобы получилось перспективное изображение. Перед выбором этой опции расположите изображение модели на экране желаемым образом. Модальный параметр – расстояние до глаз (**EYE DISTANCE=...**). Укажите точку – цель (**IND. TARGET POINT**), на которую будет направлен взгляд и которая используется при позиционировании вида.

Чертеж состоит из размещенных на нем видов и элементов, принадлежащих этому чертежу.

Чертеж твердотельной модели может быть создан двумя путями:

- сначала создаются виды (функция **VIEWS – ВИДЫ**), затем они размещаются на чертеже. Это традиционный метод.
- сначала располагается на чертеже основной вид, после этого создаются его ортогональные проекции.

Можно использовать эти способы совместно.

Для создания чертежа командой **DRAWINGS** откройте режим чертежа, задайте здесь внутреннее имя создаваемому чертежу. Откроется меню (рис. 3.5.), с помощью которого можно создавать новые виды, перемещать или удалять их, а также входить в режим редактирования.

SELEST	CREATE EDIT	INCLUDE	RELOCATE	REMOVE
ВЫБЕРИ	СОЗДАТЬ РЕДАКТИРОВАТЬ	ДОБАВИТЬ	ПЕРЕМЕСТИТЬ	УДАЛИТЬ

Рис. 3.5. Основное меню создания чертежа

При традиционном способе опцией **ДОБАВИТЬ** откройте список уже имеющихся видов и выберите необходимый вид. После этого откроется дополнительное меню (рис. 3.6), с помощью которого можно указать масштаб вида и угол его поворота. Используя опции **FREE**, **ALIGN Y**, **ALIGN X**, можно свободно разместить вид на чертеже или выровнять его относительно осей **Y** и **X**. Следует левой кнопкой мыши указать положение базовой точки вида и нажать среднюю кнопку **ВЫХОД**. Вид будет размещен на поле чертежа. Следующие виды также

размещаются опцией **ДОБАВИТЬ**. Можно вызвать виды не только из данного файла, но и из любого другого. Для этого на дополнительный запрос (файл: **INTERNAL / EXTERNAL**) надо выбрать **EXTERNAL** и указать имя необходимого файла.

Опция **ПЕРЕМЕСТИТЬ** позволяет выбрать новое положение вида на чертеже. С помощью опции **УДАЛИТЬ** можно удалить ненужный вид с чертежа. Опция **РЕДАКТИРОВАТЬ** служит для перехода в режим редактирования чертежа.

При втором способе опцией **СОЗДАТЬ** можно получить первый вид непосредственно. Система запросит имя нового вида и откроет меню выбора проекций вида (рис. 3.4). Далее все действия аналогичны.

<b>INDICATE LOCATION</b>	<b>ANGLE=0.000</b>	<b>SCALE=1.000</b>
	<b>FREE</b>	
	<b>ALIGH Y</b>	
	<b>ALIGH X</b>	

Рис. 3.6. Меню размещения вида на чертеже

Для создания следующей проекции используйте такую последовательность действий:

- выберите опцию **СОЗДАТЬ**;
- правой кнопкой мыши откройте контекстное меню (рис. 3.7);
- выберите опцию **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ВИД**;
- на запрос **PICK BASE VIEW** укажите базовый вид, на основе которого будет создан новый вид;
- на запрос **PICK VIEW POSITION** щелкните левой клавишей с той стороны от базового вида, с которой предполагается создать проекцию;
- введите имя нового вида;
- разместите новый вид на чертеже.

<b>CREATION TYPE</b>	<b>MAIN VIEW</b>	<b>NEXT VIEW</b>	<b>SECTION</b>	<b>DETAIL</b>	<b>EXP.VIEW</b>
<b>ТИП СОЗД. ВИДА</b>	<b>ОСН. ВИД</b>	<b>ДОП. ВИД</b>	<b>СЕЧЕНИЕ</b>	<b>МЕСТ.ВИД</b>	<b>ПОКОМП.ВИД</b>

Рис. 3.7. Контекстное меню выбора типа вида

Кроме основного и дополнительного видов, с помощью этого меню можно создать следующие виды:

- **СЕЧЕНИЕ** создание сечения детали;
- **МЕСТНЫЙ ВИД** создание местного вида;
- **ПОКОМПОНЕНТНЫЙ ВИД** вид разобранной сборки (только для сборки).

**СЕЧЕНИЕ.** Предварительно линия разреза должна быть создана опцией **SEC\_LINE**. Создаваемому сечению будет присвоено имя линии разреза (А-А). Можно выбрать, что будет показано на сечении: только элементы сечения, сечение + видимые компоненты модели за сечением (можно исключить на выбор отдельные элементы), штриховка.

**МЕСТНЫЙ ВИД.** Создание местного вида на основе какого-либо существующего вида. Отметьте исходный вид. Загрузите модуль **Sketcher**, в котором постройте линию обрыва. Затем укажите положение местного вида, его масштаб. Можно повернуть вид на заданный угол или выровнять по осям.

**ПОКОМПОНЕНТНЫЙ ВИД.** Укажите величину смещения компонентов сборки. Можно редактировать покомпонентный вид: исключать некоторые компоненты, масштабировать их, поворачивать и т.д.

### *3.3. Редактирование видов и чертежей*

Для редактирования вида выберите необходимый вид, нажмите среднюю кнопку мыши. Для редактирования чертежа выберите опцию **EDIT** (см. рис. 3.5). В обоих случаях откроются команды редактирования, располагающиеся на двух панелях (рис. 3.8). Кроме этого, пользователю доступны три панели команд каркасно-поверхностного моделирования, с помощью которых на видах и чертежах можно создавать любые дополнительные построения.

#### *3.3.1. Проставка размеров*

Размеры проставляются командой **DIMENS (РАЗМЕР)**.

Оформление размеров (стандарт черчения, единицы измерения, высота символов, точность размеров, символы выносной линии, автоматически или вручную будут проставляться размеры и пр.) осуществляется командой **DRAF\_PAR (ПАР. ЧЕРЧЕНИЯ)**.

Панель 1		Панель 2	
DIMENS	РАЗМЕРЫ	NOTE	НАДПИСЬ
GEO-TOL	ОТКЛ. ФОРМЫ	LABEL	МЕТКА
DIM-EDIT	РЕДАКТ. РАЗМ.	ID-NUM	№ ПОЗИЦИИ
SHOW-DIM	ПОКАЗАТЬ РАЗМ.	CENTER	ОСЕВЫЕ ЛИНИИ
HATCH	ШТРИХОВКА	SEC-LINE	ЛИНИЯ СЕЧЕНИЯ
		ARROW	СТРЕЛКА
		S-ROUGH	ШЕРОХОВАТОСТЬ
DIM-UPDT	ОБНОВИТЬ РАЗМ.	FINISH	ОБРАБОТКА
DRAF-PAR	ПАР. ЧЕРЧЕНИЯ	WELD	СВАРКА
SECTION	СЕЧЕНИЕ	DAT-TRGT	БАЗЫ
VIEW-EDIT	РЕДАКТ. ВИДА		
VIEWEVS	ВИДЫ	VOM	СПЕЦИФИКАЦИЯ

Рис. 3.8. Панели команд редактирования модуля черчения

После выполнения команды **РАЗМЕР** можно непосредственно проставлять размеры. Процедура простановки размеров аналогична применяемой в модуле Sketcher (укажите левой клавишей первую границу размера, затем вторую и третьим щелчком укажите место положения размера). После простановки размера появляется меню, в котором можно редактировать этот размер (рис. 3.9).

Стрелки снаружи или внутри выносных линий

2 отв.  $\varnothing 10.0$  H7/h6  $\begin{matrix} 0.03 \\ -0.05 \end{matrix}$  совместно

контролировать

<--	=	NO SYM	10.00	UT=0.0	NO SYM	=	-->
PARAM	SINGLE	CENTERED		LT=0.0	BI-TOL		--><--

Переход в меню настройки (рис. 3.2)

Способ простановки:

- SINGLE- одиночный размер;
- BASELINE- параллельно базовой линии;
- CHAIN- цепочка размеров

Центрирование размера:

- CENTRETED- по центру;
- IND.TEXT- указать начало текста;
- LABEL- размер на выносной линии

Способ простановки отклонений:

- NONE- нет отклонений;
- UNI-TOL- симметричное отклонение;
- BI-TOL- два отклонения;
- SINGLE TOL- верхнее отклонение;
- CODED- указать посадку;
- BOTH- указать посадку (отклонения автоматически)
- EXACT- размер в рамке

Рис. 3.9. Меню редактирования размеров

На рис. 3.9 стрелками указаны связи между элементами структуры размера и кнопками меню, которые позволяют вносить и изменять соответствующую информацию. При внесении какого-либо изменения оно сразу отображается на виде, что позволяет визуально контролировать правильность действий. Проставляемые размеры привязываются к геометрическим элементам, их значения определяются автоматически (по заложенным при построении модели). При изменении модели размеры можно автоматически обновить функцией **DIM\_UPDT (ОБН\_РАЗМ)**. Переход к простановке следующего размера – кнопка **EXIT**. На рис. 3.16 показан пример простановки размера.

### 3.3.2. Создание надписей и меток

Нанесение **надписей** осуществляется командой **NOTE (НАД-ПИСЬ)**, **меток** (текст в рамке с линией-выноской) – командой **LABEL (МЕТКА)**. Симатрон v.8 позволяет использовать шрифты, имеющиеся в Windows. Процедуры создания и меток практически одинаковы. Рассмотрим их на примере создания меток как несколько более сложных. Главные опции команды приведены на рис. 3.10.

CREATE	СОЗДАТЬ	- создание новой метки
EDIT TEXT	РЕД. ТЕКСТ	- редактирование текста метки
POSITION	ПОЗИЦИЯ	- изменение позиции метки
EDIT CONNECTION	РЕД. ТЧК ВЫХОДА	- изменение точки выхода линии-выноски
EDIT LEADERS	РЕД. ЛИНИИ-ВЫНОСКИ	- изменение линии-выноски

Рис. 3.10. Опции команды МЕТКА

Рассмотрим подробнее опцию **СОЗДАТЬ**. При выборе этой опции появляется меню создания текста метки (рис. 3.11). Для создания текста может быть использован внешний редактор (**EDITOR**) или внутренний редактор системы (**LINE**). Необходимый **ttf – шрифт** должен быть расположен в директории **C:\Cim80\CADSYS\FONTS**. В настоящее время в системе русифицирован и подготовлен для использования шрифт **Ariel**.

Последовательность действий при создании метки (см. рис. 3.16).

1. Создайте текст будущей метки при помощи меню (рис. 3.11). Введите текст. Можно ввести имя файла в кавычках, его содержание



будет текстом метки. Для окончания ввода текста два раза нажмите **<CR>** (при работе с внутренним редактором **LINE**) или завершите работу в **Блокноте** обычным образом.

<b>&lt;CR&gt; TO CONT</b>	<b>SINGLE</b>	<b>DIR —&gt;</b>	<b>STANDART</b>	<b>EDITOR</b>
<b>&lt;CR&gt; для продолжения</b>	Одна (двойная)	Напр. —> (<—)	Стандартный (шрифт)	Внешний (редактор)

Рис. 3.11. Меню выбора редактора и шрифта

2. Укажите положение и параметры метки на виде, используя меню (рис. 3.12). На экране появится метка. Пока пользователь находится в этом режиме, можно менять все настройки. По окончании нажмите **EXIT**.



Рис. 3.12. Меню настройки расположения метки

3. На экране появится восемь точек вокруг рамки метки. Выберите одну из них как точку выхода выносной линии и нажмите **EXIT**.

4. Создайте линию-выноску. Последовательно левой кнопкой укажите точки изгиба линии. По запросу **PICK BREAK POINT** (укажите точку разветвления) можно построить разветвленную линию-выноску.

Нанесение **надписей** осуществляется командой **NOTE (НАДПИСЬ)**.

Ввод текста и позиционирование его на чертеже практически аналогично команде **LABEL**. Надписи можно позиционировать двумя способами: **по точке** – указав положение точки на экране или динамически перемещая надпись; **по линии** – параллельно или перпендикулярно указанной кривой на заданном от нее расстоянии.

Остальными опциями (рис. 3.10) можно редактировать все элементы метки.

### 3.3.3. Создание дополнительных символов

Создание дополнительных символов осуществляется с помощью следующих команд:

- отклонения формы – **GEO\_TOL**;
- осевые линии – **CENTER**;
- линии со стрелкой – **ARROW**;
- символ шероховатости поверхности – **S-ROUGH**;
- символ обработки – **FINISH**;
- символ сварки – **WELD**;
- номера позиций на сборочном чертеже – **ID-NUM**;
- символ базы – **DAT\_TRGT**.

Рассмотрим подробнее процедуры построения символов отклонения формы и шероховатости.

**Отклонения формы** создаются командой **GEO\_TOL**. Первоначально появляется небольшое меню (рис. 3.13), опции которого позволяют создать символ отклонения формы (**GTOL**), базовой поверхности (**DATUM**) или получить справку о геометрическом элементе, к которому присоединен указанный допуск формы или база (**QUERY**).

<b>SELEST</b>	<b>GTOL</b>	<b>ОТКЛ. ФОРМЫ</b>
	<b>DATUM</b>	<b>БАЗА</b>
	<b>QUERY</b>	<b>СПРАВКА</b>

Рис. 3.13. Опции команды **GEO\_TOL**

Рекомендуется начать с создания символа базы. После входа в опцию **DATUM** задайте имя базы (используйте английский алфавит). Система запросит, что будет являться геометрическим элементом для привязки символа: точка или кривая. Затем появляется обычное меню для настройки размера символа и способа позиционирования его рамки. Укажите левой клавишей удобное место положения символа. Символ появится на экране. Пока не нажата кнопка **EXIT**, можно менять все настройки. После нажатия кнопки **EXIT** на рамке появляются во-

семь возможных точек выхода выносной линии. Выберите необходимую точку и снова нажмите **EXIT**.

Для создания собственно символа отклонения формы используйте опцию **GTOL**. В меню настройки параметров символа (рис. 3.14) можно задать, будет ли символ одиночный или двойной, тип отклонения, величину отклонения, базовую поверхность, точность представления отклонения.

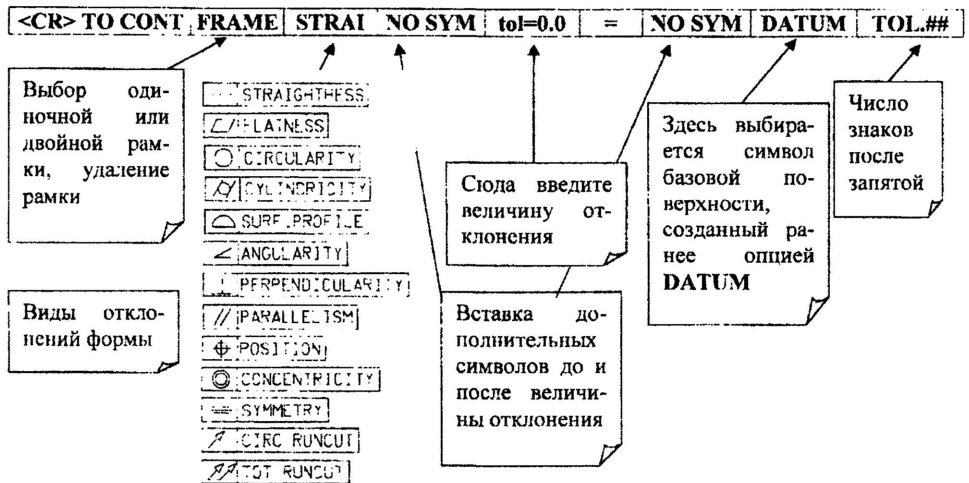


Рис. 3.14. Меню настройки параметров символа отклонения формы

Дальнейшее размещение символа на экране происходит аналогично размещению символа базовой поверхности. Пример создания символов базовой поверхности и отклонений формы показан на рис. 3.16. **Редактирование** размеров, допусков формы и расположения поверхностей осуществляется командой **DIM\_EDIT**.

Символ шероховатости поверхности создается командой **S-ROUGH**. Символ шероховатости имеет сложную структуру и соответственно достаточно развитую панель настройки. На рис. 3.15 показана панель настройки и связь между кнопками панели и элементами символа. Пустые ячейки панели заполняются опциями только в отдельных режимах (например при создании выносной линии). Следует иметь в виду, что при изменении информации в любой опции символ на экране сразу обновляется. Это позволяет следить за изменениями и легко получать желаемый результат оформления.

В пособии не рассматриваются подробно процедуры построения символов обработки (**FINISH**) и сварки (**WELD**), но они во многом аналогичны процедуре построения символа шероховатости.

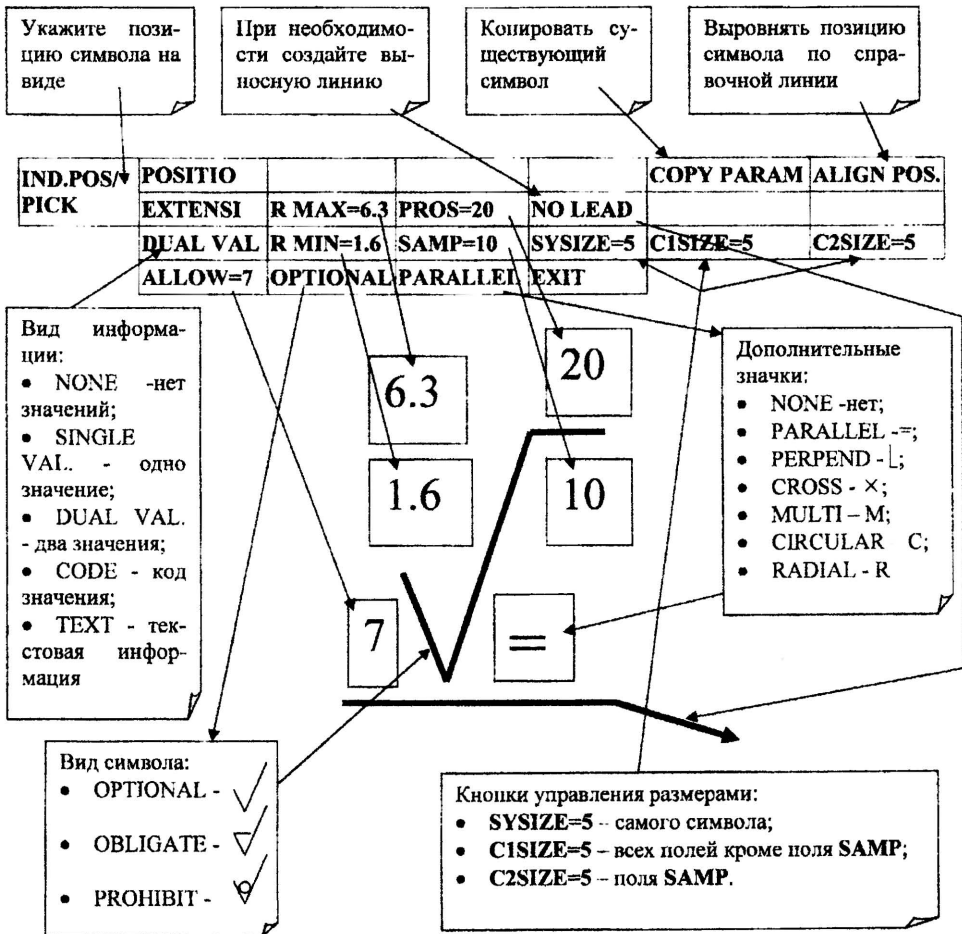


Рис. 3.15. Панель настройки параметров символа шероховатости

На рис. 3.16 показан пример простановки размеров, символов шероховатости, отклонений формы и метки.

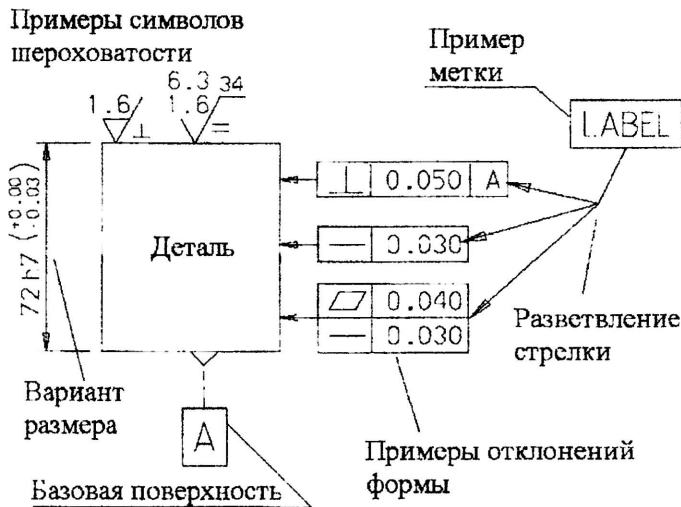


Рис. 3.16. Примеры дополнительных построений

### 3.3.4. Создание дополнительных видов

При использовании контекстного меню выбора типа вида (рис. 3.7) можно построить дополнительные виды. Одним из таких видов является **СЕЧЕНИЕ**.

**Сечение** – это особый вид, содержащий сечение твердотельной модели. Сначала необходимо построить на каком-либо виде плоскость разреза (задать линию сечения).

Линия сечения задается командой **SEC\_LINE**. Меню этой команды показано на рис. 3.17.

IND.SECTN. POINTS	BOTH SIDES FREE	LETTER OUTSIDE	AUTOMATIC	CHAR.SIZE=5.0
УКАЖИ ТОЧ. СЕЧ.	ОБЕ СТОРОНЫ СВОБОДНО	СИМВОЛЫ СНАРУЖИ	АВТОМАТ	СИМВОЛ=5.00

Рис. 3.17. Меню команды **SEC\_LINE**

После задания модальных параметров последовательно укажите точки сечения и нажмите **EXIT**, затем укажите левой клавишей с какой стороны относительно сечения будут стрелки. Название сечения (**A-A**) присваивается по порядку автоматически. Если предусмотрено ручное введение символов, то следует на соответствующий запрос (**ENT. LETTERS-LETTERS**) ввести символы. Можно создавать разорванные сечения (при использовании модального параметра **SPLIT SECTN**).

Собственно построение сечения осуществляется командой **SECTION**. Первоначально отметьте построенную ранее линию сечения. Создаваемое сечение будет иметь имя линии сечения. Работать удобнее в многооконном режиме. В одном из окон расположите вид с линией сечения. Само сечение строится автоматически, после того как будет указано: включать в сечение все видимые компоненты вида, расположенные за сечением (**SECTION + VIEW**), или только сечение (**SECTION**), штриховать (**HATCH ON**) сечение или нет (**HATCH OFF**).

Более качественно штриховку лучше создать командой **HATCH (ШТРИХОВКА)**. Последовательность действий.

1. Выберите способ задания штрихуемого контура (рис. 3.18).

HATCH	SINGLE IND.	ОГРАН. ОБЛАСТЬ	- контур задается точкой внутри области
ШТРИХОВКА	SEQUENTIAL	ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО	- контур заштрихованной области задается последовательными кривыми
	RANDOM	НЕ ПОСЛ-НО	- контур можно задавать произвольно
	MODIFY	МОДИФИЦИРОВАТЬ	- изменение параметров штриховки

Рис. 3.18. Опции команды **ШТРИХОВКА**

2. Установите параметры штриховки: угол наклона линии, расстояние между ними, их позицию и вид штриховки (рис. 3.19). Виды штриховок: обычная, сталь, бронза, пластмасса, стекло.

INDICATE AREA	ANGLE=45.00	SPACING=5.00	AUTOMATIC	GENERAL
УКАЖИ ОБЛАСТЬ	УГОЛ=45.00	РАССТ.=5.00	АВТОМАТ	ОБЫЧНАЯ

Рис. 3.19. Меню параметров штриховки

3. Для опций **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО**, **НЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО** задайте обычным образом замкнутый контур, ограничивающий область штриховки.

Некоторые дополнительные виды могут быть созданы командой **VIEW\_EDIT (РЕДАКТИРОВАТЬ ВИД)**. Эта команда работает только с твердотельными моделями. Команда имеет следующие опции:

- **CLIP (МЕСТНЫЙ)** – предназначена для создания местного вида. Линия обрыва рисуется в модуле Sketcher. При выходе из Sketcher ограниченный линией обрыва местный вид заменит исходный вид. Вид может быть разорван в нескольких местах;
- **UNCLIP (ИСХОДНЫЙ)** - возврат от местного вида к исходному;
- **EXPLODE (РАЗРЫВ)** - преобразование вида твердотельной модели в вид соответствующей каркасной модели;
- **UPDATE (ОБНОВИТЬ)** - изменение вида в соответствии с атрибутами, установленными в **DRAF\_PAR ⇒ ATTRIB**.

Еще один способ создания дополнительного вида – воспользоваться командой **DETAIL (МЕСТ. ВИД)** (см. рис. 3.7). Эта команда создает местный вид на основе какого-либо существующего вида. Линия обрыва также строится в модуле Sketcher. В отличие от команды **CLIP** в данном случае местный вид создается как отдельный вид, а не заменяет исходный.

Располагаются на чертеже и редактируются дополнительные виды так же, как и основные виды.

Очень удобной является общесистемная команда **DRW-VIEW**, которая доступна в режиме работы с чертежом. Команда позволяет редактировать отдельный вид, размещенный на чертеже, не выходя из чертежа. Остальные виды, расположенные на чертеже, в это время видны, но не доступны для редактирования. Для возвращения в режим редактирования чертежа снова воспользуйтесь командой **DRW-VIEW**.

## 4. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

### 4.1. Общие положения

С помощью модуля **NC** создаются управляющие программы (УП) для различных видов оборудования с ЧПУ, в том числе для токарного, фрезерного, сверлильного, электроэрозионного, листопробивного.

В модуле **NC** формируется траектория движения инструмента, которая затем с помощью постпроцессора преобразуется в УП для конкретного станка.

Траектория хранится в PFM-файле вместе с геометрией и другими данными о детали и высвечивается на экране так же, как и остальные геометрические элементы.

Обозначения, принятые в этом разделе:

- **ИМЯ** - опция, кнопка в главном меню;
- **[ИМЯ]** – кнопка, модальный параметр;
- **#Текст на английском языке #** - сообщение системы;
- **{ Текст на русском языке }** – перевод сообщения;
- **→** - переход.

### 4.2. Общий порядок действий по созданию траектории инструмента

#### 4.2.1. Ориентация детали на столе станка

После входа в модуль **NC** решите, как должна быть ориентирована деталь на столе станка, и создайте соответствующую систему координат **MACSYS**.

**MACSYS** (**MA**chine **CO**ordinate **SY**stem) – система координат станка, определяющая ориентацию детали на столе станка. Плоскость стола – это плоскость **XY** системы координат **MACSYS**, следовательно, ось инструмента при 2.5- и 3-координатной обработке будет параллельна оси **Z**.

При работе в модуле **NC** пользователь может находиться в одном из трех состояний. В состоянии **I** система находится сразу при входе в подсистему **NC**. В этом состоянии ни одна **MACSYS** еще не активна, активной остаётся система координат **MODEL**. Изменения в геометрии



детали, произведенные в этом состоянии, не отражаются на модели модуля **MODELING**, но передаются во все **MACSYS**. До активизации одной из систем координат **MACSYS** можно достроить какие-то геометрические элементы, которые понадобятся во всех системах координат станков, например заготовку.

Для создания и активизации систем координат станков используйте функцию **MACSYS**.

#### 4.2.2. Открытие траектории обработки

После ориентации детали на станке необходимо открыть траекторию. **Simatop** позволяет открыть траекторию для следующих видов обработки:

- фрезерная – функция **MILL**;
- токарная – функция **LATH**;
- листопробивная – функция **PUNCH**;
- электроэрозионная – функция **WIRE EDM**.

В данном пособии рассмотрены только фрезерная и токарная обработки.

После выбора соответствующей функции введите имя траектории и исходную точку инструмента, а для фрезерной необходимо еще установить количество координат обработки.

#### 4.2.3. Создание процедур траектории

Любая траектория состоит из одной или нескольких процедур.

Для фрезерной обработки можно создать следующие процедуры:

- сверление – **DRILL** – движение сверлильного инструмента в 2.5-, 4- и 5-координатном режиме;
- колодец – **POCKET** – 2.5-координатная траектория для удаления материала внутри замкнутого контура;
- профиль – **PROFIL** – 2.5-координатная траектория для обработки вдоль контуров (стенок) и т.д.

Для токарной обработки можно создать следующие процедуры:

- черновое точение – **LT ROUND** – возможно черновое и чистовое точение вдоль контура детали;

- чистовое точение – **LT FINIS** – только чистовое точение вдоль контура детали;
- сверление – **LT DRILL** – сверление отверстия вдоль оси симметрии;
- резьба – **LT THRED** – нарезание резьбы резцом;
- канавка – **LT GROOV** – обработка канавки канавочным резцом.

Создание каждой процедуры более подробно будет рассмотрено далее на примерах.

### 4.3. Создание режущего инструмента

Создать инструмент лучше всего после входа в модуль NC до задания системы координат станка, т.е. до ориентации детали. Но это не поздно сделать во время создания процедуры обработки.

Если на момент создания процедуры обработки система не располагает ни одним инструментом требуемого типа, то она предложит предварительно создать инструмент (рис. 4.1):

- #CREATE TOOL? #{создать инструмент?} → **YES**;
- (ввести параметры инструмента);
- [**<CR>** TO CONTINUE].

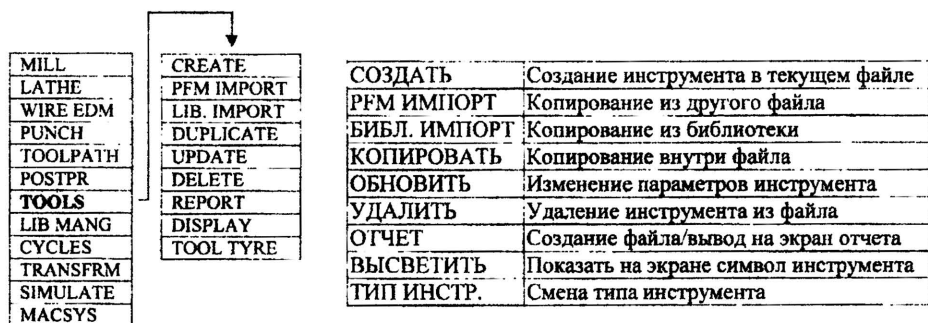


Рис. 4.1. Меню функции **TOOLS** (ИНСТРУМЕНТ)

#### 4.3.1. Создание инструмента для токарной обработки

Особое внимание следует уделить определению расчетных точек инструмента. Для токарного инструмента расчетная точка может нахо-

даться в центре радиуса заточки резца или в вершине. Для канавочного резца справа или слева в центре радиуса заточки резца или в центре.

#### 4.3.1.1. Задание параметров проходных и подрезных резцов

Выберите опцию:

- [ ] → [ ] → [ ] → [ ];
- введите параметры инструмента (рис. 4.2 и 4.3);
- [ ]

NAME = PROCHODNOY	NO TEXT	INT. TOOL: LATHE	DEFAULT SYMBOL
HOLDER LENGTH = 50.	HOLDER WIDTH = 10.000	CONTROL POINT: CENTER	HOLDER NUM. = 2
NOSE WIDTH = 8.000	NOSE RAD. = 1.000	FACE ANGLE = 85.000	BACK ANGLE = 30.000
TECH. PARAMS ...		MORE TOOL DATA ...	

ИМЯ = PROCHODNOY	НЕТ КОММЕНТАРИЯ	ВНУТР. ИН-Т: ТОКАРНЫЙ	СИСТЕМНЫЙ СИМВОЛ
ДЛИНА ДЕРЖАВКИ = 50	ШИР. ДЕРЖАВКИ = 10	ТОЧКА РАСЧЕТА: ЦЕНТР	№ ПОЗИЦИИ = 2
ДЛИНА РЕЖ. ЧАСТИ = 8.	РАДИУС ВЕРШИНЫ = 1	УГОЛ РЕЗАНИЯ = 85.0	ВСМОГАТ. УГОЛ = 30.0
РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ...		ДОПОЛНИТ. ДАННЫЕ	

Рис. 4.2. Меню настройки параметров инструмента

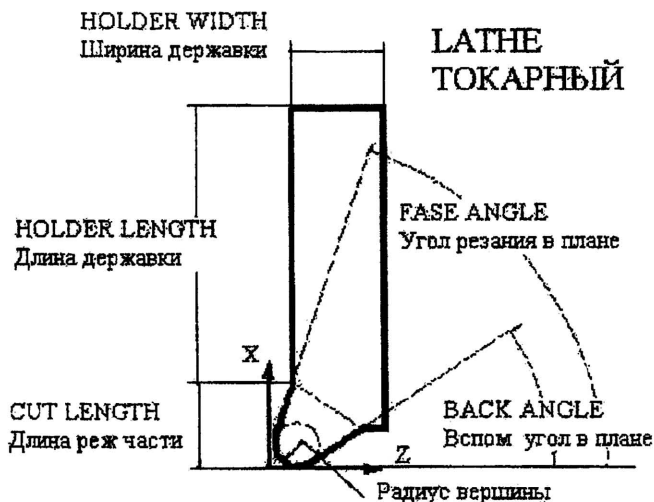


Рис. 4.3. Геометрические параметры токарного резца

В системе **Cimatron** режимы резания относятся к так называемым техническим параметрам инструмента. Поэтому во время ввода параметров инструмента, выбрав опцию **TOOL DATA**, можно ввести режимы резания (рис. 4.4).

<b>&lt;CR&gt; TO CONTINUE</b>	
<b>LATHE</b>	ТОКАРНЫЙ
<b>Vc(M/MIN) = 30.000</b>	СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ = 30
<b>SPIN = 1000</b>	ЧАСТОТА = 1000 об/мин
<b>F/rev = .350</b>	ПОДАЧА/оборот = 0.350
<b>FEED = 350.000</b>	ПОДАЧА = 350
<b>DOWN STEP = 10.000</b>	ШАГ ВНИЗ = 10
<b>AUTO UPDATE</b>	АВТООБНОВЛЕНИЕ

Рис. 4.4. Настройка технических параметров токарного инструмента

Кроме проходного реза, возможно создание канавочного **GROOV** и резьбового **THREAD** резцов.

#### 4.3.1.2. Задание параметров канавочных резцов

Выберите опцию:

- **TOOL DATA** → **TOOL DATA** → **TOOL DATA** → **TOOL DATA**;
- введите параметры инструмента (рис. 4.5 и 4.7);
- введите режимы резания (рис 4.6);
- **TOOL DATA**.

<b>NAME = КАНАВОЧНЫЙ</b>	<b>NO TEXT</b>	<b>INT. TOOL: GROOVE</b>	<b>DEFAULT SYMBOL</b>
<b>HOLDER LENGTH = 50.00</b>	<b>HOLDER WIDTH = 10.000</b>	<b>CONTROL POINT: CENTER</b>	<b>HOLDER NUM. = 2</b>
<b>LEAD ANGLE = 2.00</b>	<b>NOSE RAD. = 1.000</b>		
<b>CUT LENGTH = 10.000</b>	<b>CUT WIDTH = 10</b>		<b>TOOL AXIS ANGLE = 90</b>
<b>TECH. PARAMS ...</b>		<b>MORE TOOL DATA ...</b>	

<b>ИМЯ = КАНАВОЧНЫЙ</b>	<b>НЕТ КОММЕНТАРИЯ</b>	<b>ВН. ИН-Т: КАНАВОЧН</b>	<b>СИСТЕМНЫЙ СИМ-ВОЛ</b>
<b>ДЛИНА ДЕРЖАВКИ = 50.</b>	<b>ШИРИНА ДЕРЖАВКИ = 10</b>	<b>ТОЧКА РАСЧЕТА: ЦЕНТР</b>	<b>№ ПОЗИЦИИ = 2</b>
<b>УГОЛ РАСШИРЕНИЯ = 2</b>	<b>РАДИУС ВЕРШИНЫ = 1.0</b>		
<b>ДЛИНА РЕЖ. ЧАСТИ = 10</b>	<b>ШИРИНА РЕЖ. ЧАСТИ = 10</b>		<b>УГОЛ ОСИ ИНСТР. = 90</b>
<b>РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ...</b>		<b>ДОПОЛНИТ. ДАННЫЕ</b>	

Рис. 4.5. Таблица параметров инструмента

<CR> TO CONTINUE	
GROOVE	КАНАВОЧНЫЙ
Vc(M/MIN) = 30.000	СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ = 30
SPIN = 1000	ЧАСТОТА = 1000 об/мин
F/rev = .350	ПОДАЧА/оборот = 0.350
FEED = 350.000	ПОДАЧА = 350
DOWN STEP = 10.000	ШАГ ВНИЗ = 10
SIDE STEP = 1.000	ШАГ В СТОРОНУ = 1
AUTO UPDATE	АВТООБНОВЛЕНИЕ

Рис. 4.6. Настройка технических параметров канавочного инструмента

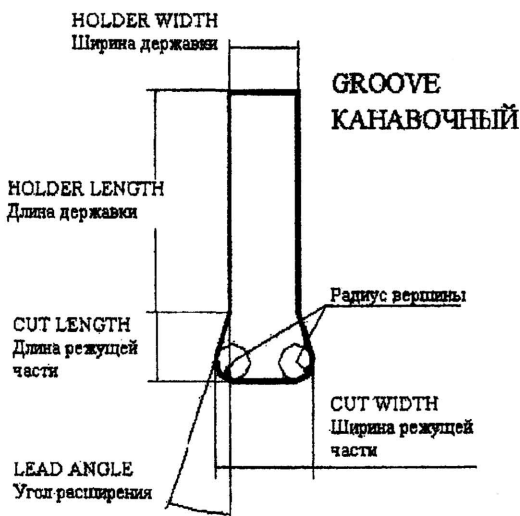


Рис. 4.7. Геометрические параметры инструмента






#### 4.3.1.3. Задание параметров резьбовых резцов

Одним из параметров резьбового инструмента является его тип. В системе присутствуют следующие типы:

- **WHITWORD** – ТРУБНАЯ ( $55^{\circ}$ );
- **METRIC** – МЕТРИЧЕСКАЯ ( $60^{\circ}$ );
- **INCH** – ДЮЙМОВАЯ ( $60^{\circ}$ );
- **TRIANGLE** – ТРЕУГОЛЬНАЯ (любой угол);

• **ТРАПЕЗОИД – ТРАПЕЦЕИДАЛЬНАЯ.**

Выберите опцию:

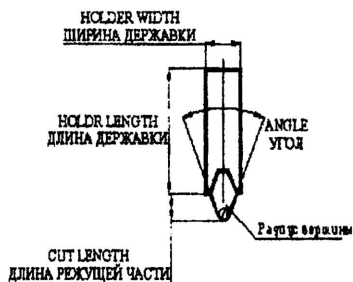
-  →  →  → ;
- введите параметры инструмента (рис. 4.8 и 4.9);
- введите режимы резания;
- .

NAME = РЕЗЬБОВОЙ	NO TEXT	INT. TOOL: THREAD	DEFAULT SYMBOL
HOLDER LENGTH = 50.00	HOLDER WIDTH = 10.000	TYPE – METRIC	HOLDER NUM. = 2
CUT LENGTH = 10.000	ANGLE = 60.0	RADIUS = 0.5	TOOL AXIS ANGLE = 90
TECH. PARAMS ...		MORE TOOL DATA ...	

ИМЯ = РЕЗЬБОВОЙ	НЕТ КОММЕНТАРИЯ	ВН. ИН-Т: РЕЗЬБОВОЙ	СИСТЕМНЫЙ СИМВОЛ
ДЛИНА ДЕРЖАВКИ = 50.	ШИРИНА ДЕРЖАВКИ= 10	ТИП - МЕТРИЧЕСКАЯ	№ ПОЗИЦИИ = 2
ДЛИНА РЕЖ. ЧАСТИ = 10	УГОЛ = 60.0	РАДИУС = 0.5	УГОЛ ОСИ ИНСТР. = 90
РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ...		ДОПОЛНИТ. ДАННЫЕ	

Рис. 4.8. Таблица параметров резьбового инструмента

ТHEAD  
РЕЗЬБОВОЙ



ТHEAD(ТРАПЕЗОИД)  
РЕЗЬБОВОЙ  
(ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫЙ)

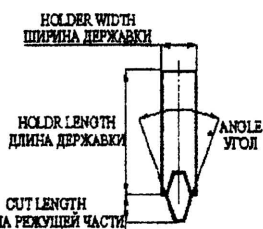


Рис. 4.9. Геометрические параметры инструмента

#### 4.3.2. Создание инструмента для фрезерной обработки

Изменяя параметры в системе Simatrop, возможно получить пальцевые фрезы различной конфигурации (см. рис. 4.10).

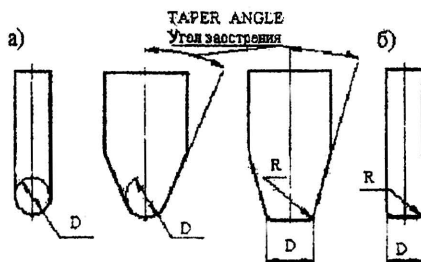


Рис. 4.10. Различные варианты оформления пальцевых фрез:  
а – сферические; б – несферические

Для создания фрезы выберите опцию:

- [ ] → [ ] → [ ] → [ ];
- введите параметры инструмента (рис. 4.11 и 4.13);
- введите режимы резания (рис 4.12);
- [ ]

NAME = ФРЕЗА	NO TEXT	INT. TOOL: MILL	DEFAULT SYMBOL
NON BALL TOLL	TOLL.DIA. = 10.000	CORNER RAD. = 0.0	HOLDER NUM. = 2
HOLDER OFF			
CUT LENGTH = 15.0	CLEAR LENGTH = 30.0	GAUGE LENGTH = 100.0	TAPER ANGLE = 0.0
TECH. PARAMS ...		MORE TOOL DATA ...	

ИМЯ = ФРЕЗА	НЕТ КОММЕНТАРИЯ	ВНУТР. ИН-Т: ФРЕЗА	СИСТЕМНЫЙ СИМВ.
НЕСФЕРИЧЕСКИЙ ИН-Т	ДИАМЕТР = 10	РАДИУС СКРУГЛЕНИЯ = 0	№ ПОЗИЦИИ = 2
ДЕРЖАВКА ВЫКЛЮЧЕНА			
ДЛИНА РЕЖ. ЧАСТИ = 15	БЕЗОПАСН. ДЛИНА = 30	РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА = 100	УГОЛ ЗАОСТРЕН. = 0
РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ...		ДОПОЛНИТ. ДАННЫЕ...	

Рис. 4.11. Таблица параметров концевых фрез

Тип фрез.	Периферией	Пазов	Торцом	Сверление
Скорость	Vc(M/MIN) = 500.0	Vc(M/MIN) = 500.0	Vc(M/MIN) = 500.0	Vc(M/MIN) = 500.
Частота	SPIN = 1000	SPIN = 800	SPIN = 1200	SPIN = 1000
Под./зуб	F/teeth = .183	F/teeth = .183	F/teeth = .183	F/rev = .183
Подача:	FEED = 500.000	FEED = 300.000	FEED = 600.000	FEED = 25.000
вниз	DOWN STEP = 25.	DOWN STEP = 10.		DOWN STEP = 45.
вбок	SIDE STEP = 2.000	SIDE STEP = 20.0	SIDE STEP = 20.0	
Автообн.	AUTO UPDATE	AUTO UPDATE	AUTO UPDATE	AUTO UPDATE

Рис. 4.12. Режимы резания для фрез и сверл (последняя колонка)

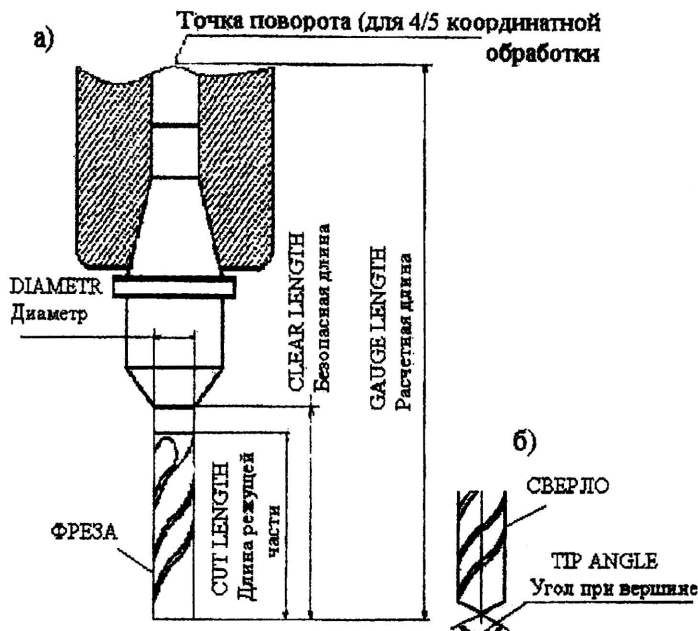


Рис. 4.13. Геометрические параметры фрезерного инструмента: а – для концевых фрез; б – для сверла (остальные параметры те же)

### 4.3.3. Создание свёрл

Система **Cimatron** различает свёрла для обработки отверстий на токарных станках от свёрл для обработки отверстий на сверлильных или фрезерных станках. Но параметры инструмента остаются идентичными.

Выберите опцию:

- **TOOLS** → **TOOL TYPE** → **LATHE-DRILL/DRILL** → **CREATE**;
- введите параметры инструмента (рис. 4.13 и 4.14);
- ввести режимы резания (рис. 4.12);
- **<CR> TO CONTINUE**.



NAME = СВЕРЛО	NO TEXT	INT. TOOL.: DRILL	DEFAULT SYMBOL
DIAMETR = 10.000	TIP ANGLE = 118.0		HOLDER NUM. = 2
CUT LENGTH = 15.0	CLEAR LENGTH = 30.0	GAUGE LENGTH = 100.0	
TECH. PARAMS ...		MORE TOOL DATA ...	

ИМЯ = СВЕРЛО	НЕТ КОММЕНТАРИЯ	ВНУТР. ИН-Т: СВЕРЛО	СИСТЕМНЫЙ СИМВ.
ДИАМЕТР = 10	УГОЛ ПРИ ВЕРШ. = 118		№ ПОЗИЦИИ = 2
ДЛИНА РЕЖ. ЧАСТИ = 15	БЕЗОПАСН. ДЛИНА = 30	РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА = 100	
РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ...		ДОПОЛНИТ. ДАННЫЕ ...	

Рис. 4.14. Таблица параметров сверл

#### 4.4. Копирование и редактирование созданного режущего инструмента

Остальные команды функции **ИНСТРУМЕНТЫ** (рис. 4.1) предназначены для копирования и редактирования уже созданного инструмента, работы с библиотекой инструментов.

**ИМПОРТ** - PFM ИМПОРТ.

Копирование инструмента из другого PFM – файла. Одним из известных способов выберите нужный файл и укажите, импортировать ли все инструменты из файла или выборочно по списку. Здесь же высвечивается таблица параметров инструмента, можно внести изменения. Инструмент всегда копируется со своими техническими параметрами, даже если материалы деталей не совпадают.

**ИМПОРТ** – БИБЛ.ИМПОРТ.

Копирование инструмента из библиотеки. Выборка осуществляется по выбранным пользователем параметрам. Инструмент, удовлетворяющий условиям выборки, копируется вместе с соответствующими текущему файлу детали техническими параметрами. Сначала пользователю предлагается определить материал для текущей детали, который затем при повторных обращениях для данного файла не меняется. После выбора материала появляется таблица параметров выборки.

В качестве условий выборки можно использовать:

- имя инструмента – все имена, которые начинаются с указанных символов;
- по любому параметру инструмента (включая материал инструмента). Укажите номинал параметра и  $\pm$  отклонение, например, если будет

указано – **DIAMETR=10.000**, **DELTA=0.5**, то будут выбраны инструменты с диаметром **9,5 ... 10,5** мм.

Может быть указано несколько параметров, тогда будут выбраны инструменты, соответствующие указанному сочетанию параметров. Список возможных параметров зависит от типа инструмента и соответствует параметрам, которые использовались для описания инструмента данного типа. Если указанным условиям соответствует несколько инструментов, то высветится этот список, из которого можно выбрать нужное число инструментов.

Например, для фрез можно составить следующий запрос (табл. 4.1).

Таблица 4.1

## Пример запроса для фрез

BY TOOL NAME OFF		REPORT
BY DIAMETER ON	DIAMETER = 10.000	DELTA = 0.500
BY CORNER RAD OFF		
BY CLEAR LENGTH OFF		
BY CUT LENGTH ON	CUT LENGTH = 50.000	DELTA = 5.000
BY GAUGE LENGTH OFF		
BY TAPER ANGLE ON	TAPER ANGLE = 16.000	DELTA = 5.000
BY TEETH NUMBER OFF		
BY TOOL LIFE OFF		
BY TOOL MATERIAL OFF		

Будут выбраны все фрезы с диаметрами от 9,5 до 10,5 мм, длиной режущей части от 45 до 55 мм и углом заострения от 11 до 21 градуса.

4.4.1. *DUPLICATE* - КОПИРОВАТЬ

Копирование инструмента внутри файла. В появившемся списке выберите нужный инструмент, появится таблица его параметров. Их можно изменить, а инструментам дать другое имя.

4.4.2. *UPDATE* - ОБНОВИТЬ

Изменение параметров инструмента. У инструментов, импортированных из библиотеки, параметры изменить нельзя (предварительно надо изменить их статус с **LIBRARY** на **INTERNAL**). Не рекомендуется менять параметры инструмента, уже используемого в траектории, т.к. придется заново ее пересчитывать.

#### 4.4.3. DELETE – УДАЛИТЬ

Удаление инструментов из текущего файла детали. Используемые инструменты не могут быть удалены. Можно удалить из списка все неиспользуемые инструменты.

#### 4.4.4. REPORT – ОТЧЕТ

Создание файла, содержащего описание инструментов текущего файла детали и/или вывод этой информации на экран. Информацию можно вывести в табличной (сокращенной) форме (**TABLE FORMAT**) или в полной форме (**ALL FIELDS FORMAT**) с содержанием всех полей и их значений, включая пользовательские.

#### 4.4.5. DISPLAY – ВЫСВЕТИТЬ


Высвечивание символов инструмента. Можно показать на экране до 10 символов инструментов. Выберите инструмент из списка и укажите позицию этого символа на экране.

### 4.5. Открытие траектории и создание процедур токарной обработки

#### 4.5.1. Ориентация детали в пространстве

Деталь необходимо сориентировать так, чтобы обрабатываемый контур лежал в плоскости **XY** создаваемой системы координат **MACSYS**.

Выполните следующую процедуру:

-  → [ \_ \_ \_ ] → #NEW MACSYS NAME# {введите имя системы координат станка};
- #PICK UCS/EXIT# {укажите систему координат и/или выход} → [ \_ \_ \_ ] → #IND. MACSYS ORIGIN# {отметьте начало координат} → #IND. PT ON +X AXIS # {отметьте точку положительного направления оси X} → #IND. PNT FOR +Y# {отметьте точку положительного направления оси Y} (рис. 4.15);
- #STLECT ORIETATION# {выберите ориентацию} → [STANDART] → [YES] → # STLECT MACSYS & EXIT# {выберите систему координат станка (только что созданную) и выход}.

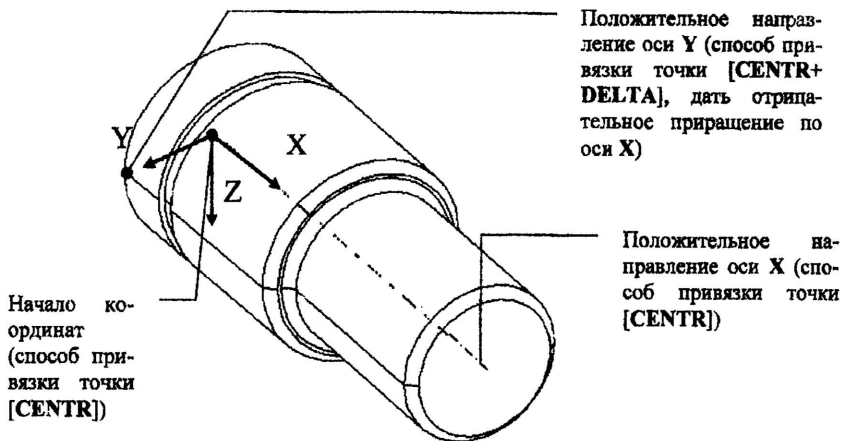


Рис. 4.15. Ориентация детали

#### 4.5.2. Открытие траектории токарной обработки

Выбрать опцию:

- → настроить модальные параметры (рис. 4.16);
- 

TR NAME = TRAEC1	LATHE		
TOOL PATH ORIGIN	UCS = MACSYS		
ORIGIN LOCATION	X = 0.00	Y = 0.00	Z = 0.00
TOOL START POINT	X = 110.00	Y = 40.00	Z = 0.00

ИМЯ ТРАЕК. = TRAEC1	ТОКАРНАЯ		
НАЧАЛО СК ТРАЕКТОРИИ	СК = MACSYS		
ПОЗИЦИЯ НАЧАЛА СК ТРАЕКТОРИИ	X = 0.00	Y = 0.00	Z = 0.00
СТАРТОВАЯ ТОЧКА ТРАЕКТОРИИ	X = 110.00	Y = 40.00	Z = 0.00

Рис. 4.16. Таблица модальных параметров открытия траектории

#### 4.5.3. Создание контура заготовки

Перед созданием траектории токарной обработки цилиндрических и торцевых поверхностей, нужно задать границы заготовки.

С помощью опций каркасного моделирования (**LINE**, **LINE**), которые доступны в модуле **NC**, задайте заготовку так, чтобы её контур обязательно пересекался с контуром, по которому будет производиться токарная обработка (рис. 4.17).

Обрабатываемый контур в местах разрыва (канавка, уступ) необходимо соединить.

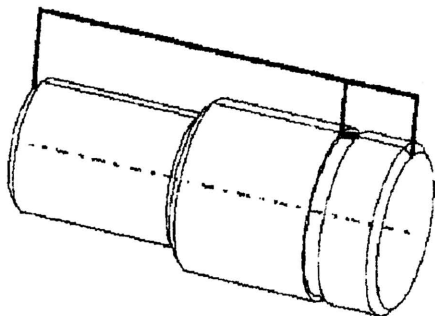


Рис. 4.17. Контурные заготовки

#### 4.5.4. Создание траектории токарной обработки

##### 4.5.4.1. Создание траектории токарной обработки внешних цилиндрических поверхностей

Можно обрабатывать наружные, внутренние цилиндрические поверхности и торцы. При необходимости можно сразу задать и чистовую обработку. Можно задавать подход к точке врезания (блок 5 в табл. 4.3) параллельными движениями по осям **Z** и **X** (**DIRECTLY**) или через промежуточную точку (**THROUGH INTERMED. POINT**). Пользователь может задавать угол (блок 11 в табл. 4.3) между параллельными проходами черновой обработки и осью **Z**.

В табл. 4.2 показаны возможные виды врезания (подвода к поверхности) и отвода инструмента относительно заготовки и детали (блоки 7-10 в табл. 4.3).

Порядок действий следующий:

1) задайте геометрию: контур детали, сторону резания, контур заготовки;

- 2) установите модальные параметры и, если нужно, переопределите заданную геометрию;
- 3) дайте указание на расчет перемещений инструмента (ответьте **OK** на запрос **OK TO EXECUTE**).

Таблица 4.2

## Виды подвода/отвода инструмента при токарной обработке

Способ подвода/отвода <b>APPROACH / RETRACT</b>	Заготовка		Деталь	
	подвод	отвод	подвод	отвод
<b>BISECTION</b> - подвод/отвод под $45^\circ$ к направлению подачи	есть			есть
<b>PERPEN</b> - подвод/отвод под $90^\circ$ к направлению подачи		есть	есть	
<b>VECTOR</b> - по вектору (задается в приращениях $\Delta Z$ , $\Delta X$ координата второй точки вектора)	есть	есть	есть	есть
<b>ANGLE</b> - под углом (задается угол к оси $Z$ и длина подхода)	есть	есть	есть	есть

Выполните следующую процедуру (рис. 4.18):

- **LT ROUNG** → #PART CONT 1<sup>ST</sup> CRV#{укажите 1-ю кривую контура детали} → #IND DIRECTION#{укажите направление обхода} → #PICK 2<sup>ND</sup> CRV\EXIT#{укажите 2-ю кривую или выход} → ... → #PRT - RINGHT CUT SIDE#{сторона врезания} → [YES];
- #STOCK CONT. 1<sup>ST</sup> CRV#{ укажите 1-ю кривую контура заготовки} → #IND DIRECTION#{укажите направление обхода} → #PICK 2<sup>ND</sup> CRV\EXIT#{укажите 2-ю кривую или выход}. Примечание: указывать контуры детали и заготовки нужно из одной точки, в сумме они обязательно должны образовывать замкнутый контур;
- настройте модальные параметры (табл. 4.3);
- [YES] → <EXIT> (средняя клавиша мыши) -- разрешение на расчет;
- **CLOSE TR** → [<CR> TO CONTINUE] – выход в состояние 2.

## Меню модальных параметров процедуры LT\_ROUGH

1	LT ROUGH = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
2	LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
3	OUTSIDE DIAMETER (НАРУЖ) INSIDE DIAMETER (ВНУТРЕН.) FACING (ТОРЕЦ)	ROUGH+FINISH / ROUGH ONLY / FINISH ONLY	UNDER CUT ANGLE = 30.0 (УГОЛ ПОДРЕЗАНИЯ - МЕЖДУ Z И ВСП. РЕЖ.КР.)	CREATE REGION CURVES: ON / OFF (ОГРАН. КОНТУР)
4	DEL X-UP = 1.000 (НЕДОБЕГ ПО X)	CLEAR X = 0.000	(КООРД. БЕЗОПАСНЫХ	ПЕРЕМЕЩЕНИЙ)
5	DIRECTLY (ПРЯМО, Т.Е. THROUGH INTERMED. POINT (ЧЕРЕЗ ПРОМЕЖУТ. ТОЧКУ) IND. INTERMEDIATE POINT	ПАРАЛЛЕЛЬНО ОСЯМ X INTERMED. Z = 0.000 (КООРД. ПРОМЕЖУТОЧ	И Z) INTERMED. X = 0.000 НОЙ ТОЧКИ)	CONTOUR TOL = 0.1
6	RGH: RADIAL OFS. = 0.000 X - ВЕЛ. ЧЕРН. ЭКВИД-ТЫ	RGH: FACE OFS. = 0.5 Z- ЧЕРН. ЭКВИД-ТА	FIN: RADIAL OFS. = 0.0 X - ВЕЛ. ЧИСТ. ЭКВИД-ТЫ	FIN: FACE OFS. = 0.5 Z- ЧИСТ. ЭКВИД-ТА
7	STOCK-BISECT. APPROACH STOCK-VECTOR APPROACH STOCK-ANGLE APPROACH	(ПОДХОД К ЗАГОТОВКЕ STOCK APP:DZ = 1.000 STOCK APP:ANGL = 2.	ПОД 45) STOCK RET:DX = 1.000 STOCK RET:DIST. = 1.000	STOCK OFFSET = 0.
8	STOCK-PERPEN. RETRACT STOCK-VECTOR RETRACT STOCK-ANGLE RETRACT	(ОТХОД ОТ ЗАГОТОВКИ STOCK APP:DZ = 1.000 STOCK APP:ANG = 45.	ПОД 90) STOCK RET:DX = 1.000 STOCK RET:DIST. = 1.00	FOLLOW CONTOUR: ON / OFF (ЗАЧИС- ЛИТЬ ПО КОНТУРУ ДА/НЕТ)
9	PART-PERPEN. APPROACH PART-VECTOR APPROACH PART-ANGLE APPROACH	ПОДХОД К ДЕТАЛИ 90 PART APP:DZ = 1.000 PART APP:ANGLE = 315.0	PART RET:DX = 1.000 PART RET:DIST. = 1.00	USE FACE ANGLE: ON / OFF (ЗАКРЫТЬ ЗОНУ ОБРАБ. ДА/НЕТ)
10	PART-BISECTION RETRACT PART-VECTOR RETRACT PART-ANGLE RETRACT	ОТХОД ОТ ДЕТАЛИ 45 PART:DX = 1.000 PART:ANGLE = 45.000	PART RET:DX = 1.000 PART RET:DIST. = 1.00	ROUND CORNER / SHARP MOTION
11	CUT DIR. BY ANGLE CUT DIR. BY POINTS	ANGLE = 180.000 (НАПР. ЧЕРН. ПРОХОД.)	DOWN STEP = 3.000 (ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ)	
12	-- REDEF. PART CONTOUR -	RED. PART CUT SIDE	REDEF. STOCK CONTOUR	

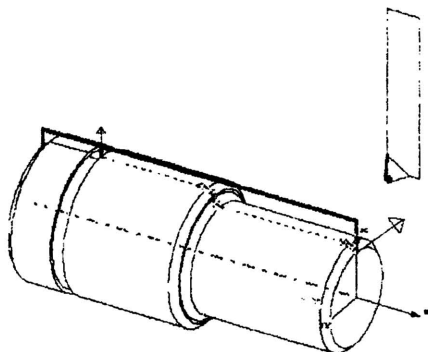


Рис. 4.18. Обрабатываемый контур и сторона обработки

На рис. 4.19 показана траектория движения инструмента, полученная в результате расчета.

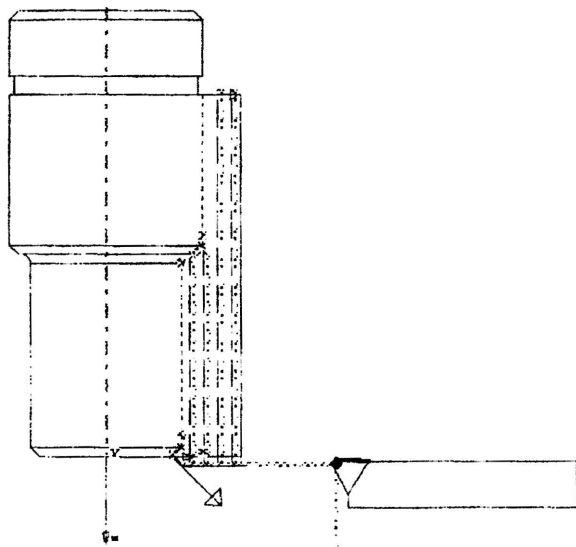


Рис. 4.19. Траектория движения инструмента

Остальные процедуры имеют аналогичную структуру. Далее рассмотрим только особенности процедур (в табл. 4.4-4.6 приведены только блоки, имеющие отличия от соответствующих блоков табл. 4.3. Остальные блоки полностью аналогичны).

#### **LT\_FINIS - ЧИСТОВАЯ.**

Задание геометрии: контур детали, выбрать сторону обработки.

Остальное аналогично.

#### **LT\_DRILL - СВЕРЛИТЬ.**

Задание геометрии: задать точку начала сверления.

Таблица 4.4

Изменения в меню модальных параметров процедуры **LT\_DRILL**

3	PECK DRILL(ГЛУБ. СВЕРЛ.) HIGH SPEED PECK DRILL	NO. OF STERS = 1		DEL. RETRACT = 2.0 (НЕДОБЕГ СВЕРЛА)
	BORING (РАСТОЧКА)	(КОЛИЧЕСТВО ЗАХОДОВ)		
5	ENTER DRILL DEPTH IND. DRILL END(ВВ. КОН. СВ.)	DRILL DEPTH = 10.00 (ГЛУБИНА СВЕРЛЕНИЯ)	Z-COORD. = 0.00 (Z-КООРД. КОНЦА СВЕРЛЕНИЯ)	



## LT\_GROOV - КАНАВКА

Задание траектории: контур канавки; сторона эквидистанты.

Таблица 4.5

### Изменения в меню модальных параметров процедуры LT\_GROOV

7	BY SIDE STEP (ПО ШАГУ ВБОК) BY OVERLAP (ПО НАХЛЕСТУ)	SIDE STEP = 8.00 OVERLAP(%) = 30	DWELL = 10 (ЗАДЕРЖКА ПЕРЕД ОТВОДОМ РЕЗЦА)	RETRACT = 1.00 (МИНИ-ОТВОД)
8	DOWN STEP = 10.000 (ШАГ ВНИЗ)	MIN DOWN STEP = 2.00 (МИНИ ШАГ ВНИЗ)	CUT DOWN ONLY CUT DOWN & UP ((РЕЗАТЬ ВНИЗ/ВВЕР)	ROUND CORNER/ SHARP CORNER

При нарезании канавки на торце параметры недобега **DEL X UP =** и линии безопасных перемещений **CLEAR X =** меняются соответственно на **DEL Z =** и **CLEAR Z =**, сохраняя тот же смысл.

## LT\_THRED - РЕЗЬБА

Можно нарезать резьбу на цилиндрических (наружных и внутренних) и торцевых поверхностях, а также различные виды резьб. Можно задать многозаходную резьбу (блок 6, табл. 4.6). Добавить дополнительные проходы на окончательной глубине для доводки резьбы (блоки 7, 8). Если значения координат по **X** точек начала и конца резьбы (блок 4) неравны, будет нарезана коническая резьба.

Глубину черновых и чистовых проходов можно задавать двумя способами (блоки 9, 10):

- прямым указанием шага вниз;
- по заданной первым проходом площади среза.

Таблица 4.6

### Изменения в меню модальных параметров процедуры LT\_THRED

3		(КООРДИНАТЫ НАЧАЛА И КОНЦА РЕЗЬБЫ)	START Z = 0.00	END Z = 100.00
4			TAPER START X = 0.00	TAPER END X = 0.00
6	THREAD LENGTH = 100.00	MIN.OVERLAP(%) = 20	TRAPEZ BASE WIDTH=0.5	NO.OF STARTS = 1
7	APPROACH PARALLEL TO X CURRENT APPROACH IND. APPROACH DIRECTION	(ПОДХОД ПАРАЛЛ. X) APPROACH ANGLE = 30. (УГОЛ ПОДХОДА)	APPROACH LINE Z = 15.00 (ДЛИНА ПОДХОДА)	SPRING PASSES: ON/ OFF (ДОП. ЧИСТ. ПРОХОДЫ ДА/НЕТ)
8	RETRACT PARALLEL TO X (СПОСОБЫ ОТХОДА АНАЛОГ.	(ОТХОД ПАРАЛЛ. X) СПОСОБАМ ПОДХОДА)		SPRING PASSES = 1 (ЧИСЛО ДОП. ПРОХ.)
9	TOTAL DEPTH = 10.00 (ОБЩАЯ ГЛУБИНА РЕЗЬБЫ)	RGH.FIXED DOWN STEP (ФИКС. ГЛУБИНА ПРОХ.) RGH.FIXED AREA SIZE (ФИКС. ПЛОЩАДЬ СРЕЗА)	RGH. DOWN STEP = 1.0 (ЧЕРН. ШАГ ВНИЗ) RGH.1ST DOWN STEP = 1.0 (ШАГ ВНИЗ 1-О ПРОХ.)	MIN DOWN STEP = 1. МИН. ДОПУСТ. ШАГ
10	FINISH DEPTH = 2.000 (ГЛУБИНА ЧИСТ. ПРОХОДОВ)	FIN.FIXED DOWN STEP FIN.FIXED AREA SIZE	FIN. DOWN STEP = 1.0 FIN.1ST DOWN STEP = 1.0	MIN DOWN STEP = 1.
11	RGH.ENTRANCE: NORMAL RGH. ENTRANCE: ZIGZAG	(ЧЕРН. ВХОД ПЕРПЕНД.) (ЧЕРН. ВХОД ПО ЗИГЗАГУ)	FIN.ENTRANCE: NORMAL FIN. ENTRANCE: ZIGZAG	(ЧИСТ. ВХОД: ПЕРПЕНД./ЗИГЗАГ)

Далее приведем примеры выполнения некоторых процедур.

#### 4.5.4.2. Создание траектории токарной обработки внешних торцевых поверхностей

Выполните следующую процедуру (рис. 4.21):

- **LT ROUGH** → #PART CONT 1<sup>ST</sup> CRV#{укажите 1-ю кривую контура детали} → #IND DIRECTION#{укажите направление обхода} → #PICK 2<sup>ND</sup> CRVEXIT#{укажите 2-ю кривую или выход} → ... → #PRT - RINGHT CUT SIDE#{сторона врезания} → [YES];
- #STOCK CONT. 1<sup>ST</sup> CRV#{ укажите 1-ю кривую контура заготовки} → #IND DIRECTION#{укажите направление обхода} → #PICK 2<sup>ND</sup> CRVEXIT#{укажите 2-ю кривую или выход}. Примечание: указывать контуры детали и заготовки нужно из одной точки, в сумме они обязательно должны образовывать замкнутый контур;
- настройте модальные параметры (рис. 4.20);
- [YES] → <EXIT> (средняя клавиша мыши) – разрешение на расчет;
- **CLOSE TR** → [<CR> TO CONTINUE] – выход в состояние 2.

LT ROUGH = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
FASING	ROUGH ONLY	UNDER CUT ANGLE = 30.0	CREATE CURVS: OFF
DEL Z-UP = 1.000	CLEAR Z = 0.000		
DIRECTLY			CONTOUR TOL = 0.1
RGH: RADIAL OFS. = 0,500	RGH: FACE OFS. = 0.5		
STOCK-BISECT. APPROACH			STOCK OFFSET = 0.
STOCK-PERPEN. RETRACT			FOLLOW CONT: ON
PART-PERPEN. APPROACH			USE FACE ANGLE: OFF
PART-BISECTION RETRACT			ROUND CORNER /
CUT DIR. BY ANGLE	ANGLE = 270.000	DOWN STEP = 3.000	
- REDEF. PART CONTOUR -	RED. PART CUT SIDE	REDEF. STOCK CONTOUR	

Рис. 4.20. Таблица модальных параметров для токарной обработки торцов

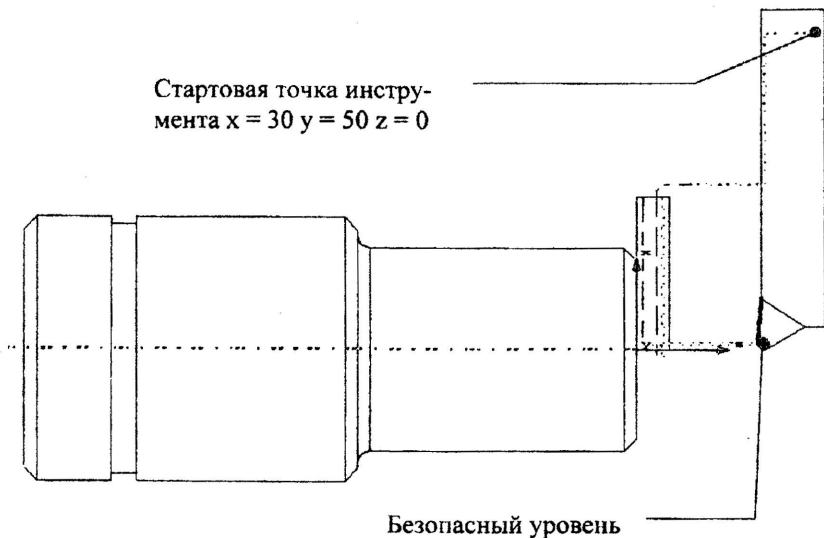


Рис. 4.21. Траектория инструмента

#### 4.5.4.3. Создание траектории токарной обработки резьбовых поверхностей

Выполните следующую процедуру (рис. 4.23):

- **LT THRED** → #IND. THRED START PT.#{указать точку начала резьбы} → #IND. THRED END PT.#{указать конечную точку резьбы} →;
- → (настроить модальные параметры) (рис. 4.22) → [<CR> TO CONTINUE] →;
- [YES] → EXIT (средняя клавиша мыши);
- **CLOSE TR** → [<CR> TO CONTINUE].

LT THRED = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
OUTSIDE DIAMETR	ROUGH ONLY	START Z = 0.0	END Z = -80.0
DEL X-UP = 1.000	CLEAR X = 40.000	TAPER START X = 20.0	TAPER END X = 20.0
DIRECTLY			CONTOUR TOL = 0.1
THREAD LENGTH = 80.0	MIN OVERLAR (%) = 20	TRAPEZ BASE WIDTH = 0.5	NO. OF STARTS = 1
APPROACH PARALLEL TO X			SPRING PASSES: ON
RETRACT PARALLEL TO X			SPRING PASSES = 1
TOTAL DEPTH = 10.0	RGH: FIXED DOWN STEP	RGH. DOWN STEP = .10	
RGH. ENTRANCE : NORMAL			
- REDEF. START POINT - -	- REDEF. END POINT -		

Рис. 4.22. Таблица модальных параметров для токарной обработки резьбы

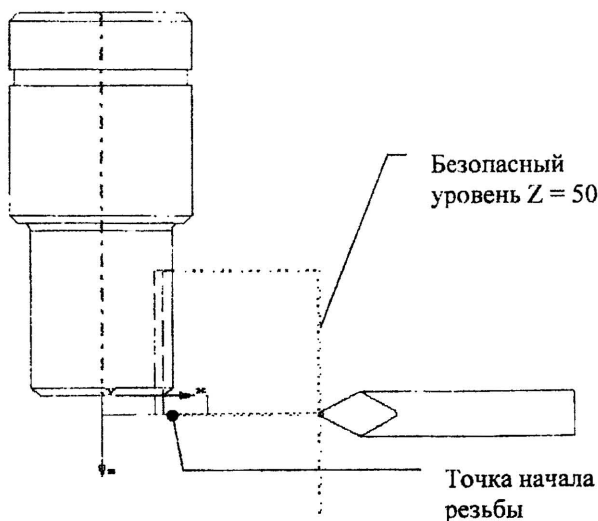


Рис. 4.23. Траектория инструмента

#### 4.5.4.4. Создание траектории токарной обработки канавок

Выполните следующую процедуру (рис.4.25):

- **LT GROOV** → #GRV CONT 1<sup>ST</sup> CRV# {укажите 1-ю кривую контура канавки} → #IND DIRECTION# {укажите направление обхода} → #PICK 2<sup>ND</sup> CRV\EXIT# {укажите 2-ю кривую или выход} → ... →

#RINGHT OFFSET SIDE?#{правильная сторона эквидистанты} → [YES]/[NO] →;

•(настройте модальные параметры (рис. 4.24) → [<CR> TO CONTINUE] →;

•[YES] → EXIT (средняя клавиша мыши);

•CLOSE TR → [<CR> TO CONTINUE].

LT GROOV = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
OUTSIDE DIAMETR	ROUGH + FINISH		
DEL X-UP = 1.000	CLEAR X = 40.000		
DIRECTLY			CONTOUR TOL = 0.1
RGH: RADIAL OFS. = 0.0	RGH: FACE OFS. = 0.0	FIN: RADIAL OFS. = 0.0	FIN: FACE OFS. = 0.0
BY OVERLAP	OVERLAP (%) = 30	DWELL = 10	RETRACT = 1.00
DOWN STEP = 10.0	MIN DOWN STEP = 2.0	CUT DOWN ONLY	SHARP CORNER
- REDEF. PART CONTOUR - -	- REDEF. OFFSET SIDE -		

Рис. 4.24. Таблица модальных параметров для обработки канавок

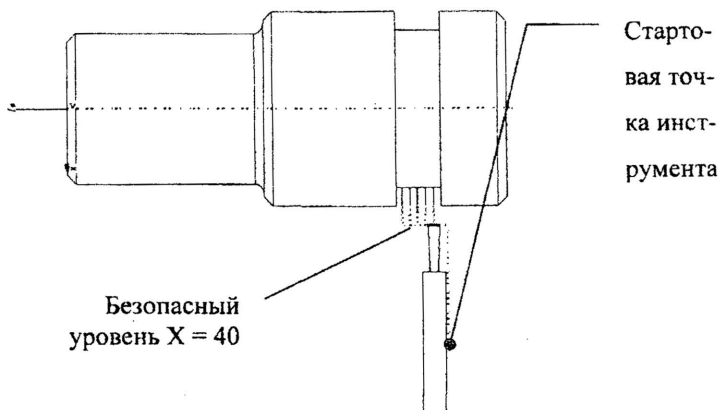


Рис. 4.25. Траектория инструмента

#### 4.5.4.5. Создание траектории токарной обработки осевым инструментом

Выполните следующую процедуру (рис. 4.27):

• **LT DRILL** → #IND DRILL START#{укажите начало сверления};

- настройте модальные параметры (рис. 4.26) → [**<CR>** TO CONTINUE] →;
- [**YES**] → EXIT (средняя клавиша мыши);
- **CLOSE TR** → [**<CR>** TO CONTINUE].

LT DRILL = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
PECK DRILL	NO. OF STEPS = 1		DEL RETRAST = 2.00
DIRECTLY			
ENTER DRILL DEPTH	DRILL DEPTH = 10.0	Z - COORD. = - 10.0	
- REDEF. START POINT - -			

Рис. 4.26. Таблица модальных параметров для токарной обработки осевым инструментом

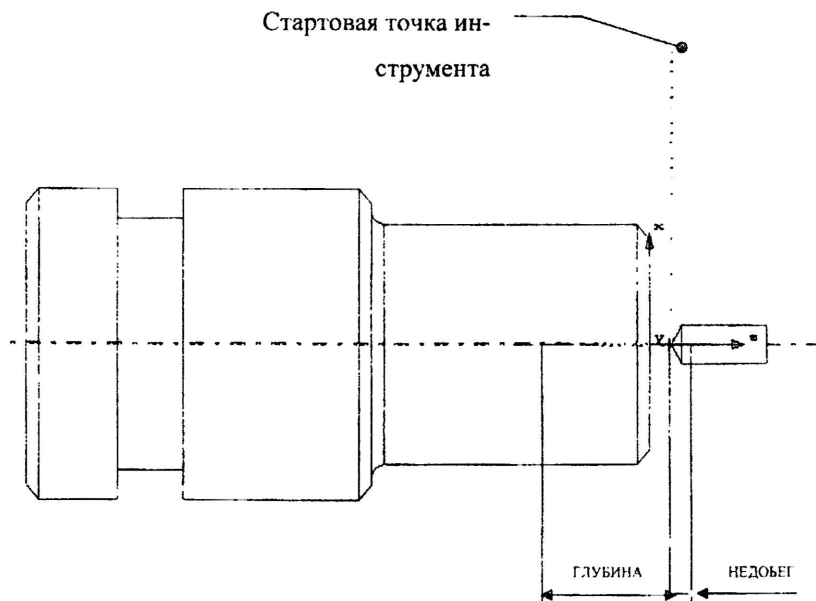


Рис. 4.27. Траектория инструмента

#### 4.6. Открытие траектории и создание процедур фрезерной обработки

Создание фрезерной обработки рассмотрим на конкретном примере.

## 4.6.1. Ориентация детали на столе станка

Деталь необходимо сориентировать так, чтобы ось обрабатывающего инструмента оказалась параллельной оси **OZ** системы координат **MACSYS**.

Первый переход - фрезерование торца.

Выполните следующую процедуру:

- **MACSYS** → [ \_ \_ \_ ] → #NEW MACSYS NAME# {введите имя системы координат станка};
- #PICK UCS\EXIT# {укажите систему координат и/или выход} → [ \_ \_ \_ ] → #IND. MACSYS ORIGIN# {отметьте начало координат} → #IND. PT ON +X AXIS # {отметьте точку положительного направления оси X} → #IND. PNT FOR +Y# {отметьте точку положительного направления оси Y} (см. рис. 4.28);
- #SELECT ORIENTATION# {выберите ориентацию} → [STANDART] → [YES] → #SELECT MACSYS & EXIT# {выберите систему координат станка (только что созданную) и выход}.

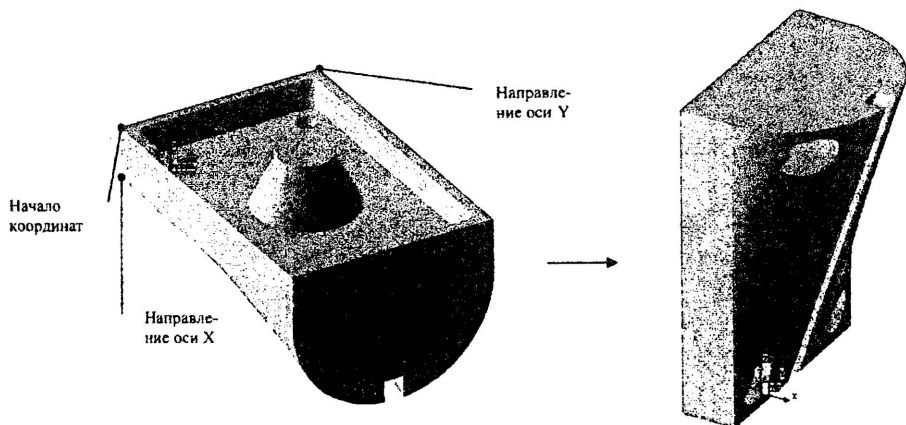


Рис. 4.28. Ориентирование модели на столе станка (выбор направления осей координат системы **MACSYS**)

Если оси **MACSYS** совпадают с направлением осей системы координат **MODEL**, то после ввода имени системы координат станка нажмите клавишу **EXIT** мыши.

Для установки способа привязки точек при указании начала координат и направлений осей системы координат станка необходимо нажать правую клавишу мыши и выбрать нужный способ привязки.

#### 4.6.2. Открытие траектории фрезерной обработки

Выполните следующие действия (см. рис. 4.30):

**MILL** → (настроить модальные параметры (рис. 4.29)) → [CR TO CONTINUE].

TR NAME = ZCUT	MILL 3 AXES		
TOOL PATH ORIGIN	UCS = MACSYS		
ORIGIN LOCATION	X = 0.00	Y = 0.00	Z = 0.00
TOOL START POINT	X = 160.00	Y = 50.00	Z = 330.00

Рис. 4.29. Таблица модальных параметров открытия фрезерной траектории

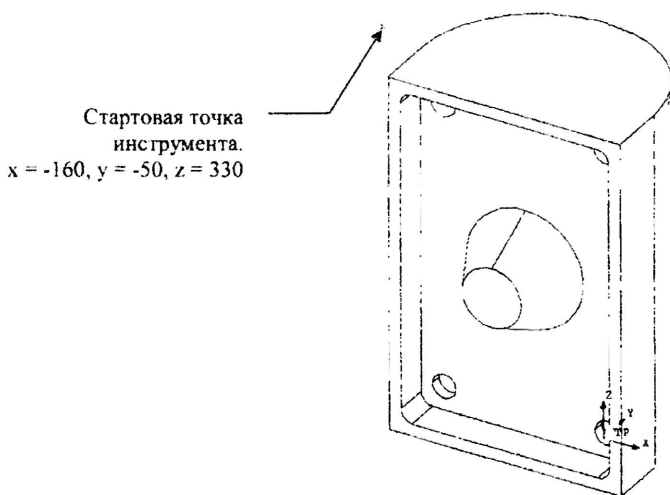


Рис. 4.30. Деталь и стартовая точка инструмента

После открытия траектории система переходит в состояние 3, и пользователю доступны две панели с процедурами обработки. Краткая характеристика этих процедур приведена ниже:

- **CURVE\_MX (КРИВАЯ-МО)** - создание 3-, 4-, 5-координатной траектории инструмента обработки вдоль **2D/3D** контура или проекции



контура на поверхность (контур проецируется по нормали к поверхности);

- **DRILL (СВЕРЛИТЬ)** - создание траектории движения инструмента сверления в 2,5-, 4- или 5-координатных режимах;

- **MILL (ФРЕЗЕРОВАТЬ)** - создание и открытие новой траектории движения инструмента фрезерной обработки;

- **POCKET (КОЛОДЕЦ)** - создание траектории для удаления материала внутри замкнутого контура по спирали или параллельными проходами. Обработываемая область может иметь острова. После обработки каждого слоя производится чистовой проход вдоль контура;

- **PROFILE (ПРОФИЛЬ)** - создание траектории инструмента для обработки вдоль контура (стенок);

- **ROT MAC (ВРАЩ. СТОЛА)** - создание процедуры переноса и вращения системы координат **MACSYS** и переноса и вращения системы координат траектории инструмента относительно детали при вращении стола или изменении ориентации инструмента;

- **ROUGH –5X (НАЧЕРНО 5X)** - создание 5-координатной обработки для удаления материала из объема, ограниченного с двух сторон стенками, а снизу – поверхностью любого типа;

- **RULED-MX (ЛИН. МО)** - чистовая обработка последовательности линейчатых поверхностей, каждая из которых задана двумя кривыми, инструмент движется вдоль параметрических кривых поверхностей;

- **SRFPKT (ПОВ.КОЛОДЕЦ)** - создание 3-координатной обработки для удаления материала из области, ограниченной проекцией замкнутого 3D контура на обрабатываемые поверхности. Инструмент движется, повторяя форму обрабатываемых поверхностей. Обработываемая зона может содержать острова;

- **SRFPRF (ПОВ.ПРОФ.)** - создание 3-координатной обработки вдоль закнутых или незамкнутых контуров, при этом положение инструмента по координате **Z** определяется заданными поверхностями (инструмент движется по ним);

- **SURCLR (ПОВ2 КОНТ)** - чистовая 3-координатная обработка внутри области, заданной двумя 3D контурами. Эти контуры также задают направление движения инструмента;

- **SURMILL (ПАР. КРИВ.)** - фрезерование последовательности поверхностей, расположенных одна за другой, вдоль их параметрических кривых;

- **WCUT (ВАТЕРЛИНИЯ)** - обработка по ватерлинии. Черновая послойная обработка детали по технологии обработки колодцев: врезание и обработка слоев по спирали;

- **ZCUT (ЧЕРН.ЗИГЗАГ)** - черновая обработка одной или нескольких поверхностей послойно параллельными проходами. Обрабатываемая зона определяется контурами и двумя координатами (верхняя и нижняя точки) по оси **Z**;

- **RE MACHINE** - финишная обработка поверхностей. Автоматически определяются и обрабатываются те зоны детали, которые соответствуют заданным геометрическим или технологическим правилам. Например, горизонтально или вертикально подчистить недоработанные зоны, подобрать углы.

Далее подробнее рассмотрим наиболее важные процедуры.

#### *4.6.3. Черновая послойная обработка параллельными проходами ZCUT*

Черновая послойная обработка одной или нескольких поверхностей движением инструмента внутри слоев параллельными (**PARALLEL CUT**) или радиальными относительно заданной пользователем точки (**RADIAL CUT**) проходами, лежащими в плоскости, параллельной плоскости **XY**. Обработанная зона определяется контурами и двумя значениями координат по оси **Z** (верхняя и нижняя точки обработки). Контуров могут содержать острова и вложенные контуры. Можно использовать ограничивающие поверхности. Обработка может вестись в одном (**UNDIR**) или в обоих (**BIDIR**) направлениях. Точки врезания могут быть назначены системой (**AUTO ENTRY POINTS**) или пользователем (**DEFINE ENTRY POINTS**).

Инструмент движется по плоскости. Если он при этом соприкоснется с поверхностью детали, то можно:

- переместиться через плоскость безопасности в новую точку обработки;
- двигаться вдоль поверхности.

Последовательность действий:

1) задайте геометрию:

- обрабатываемые поверхности (если нужно – ограничивающие поверхности);
- замкнутые контуры (наружные и острова).

- 2) установите модальные параметры (рис. 4.31);
- 3) при необходимости переопределите контуры, стороны начала фрезерования, обрабатываемые и ограничивающие поверхности;
- 4) выполните расчет перемещений (рис. 4.32).

ZCUT = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ENTER VALUES	Z - UR = 330.00	Z - DOWN = 320.00	DOWN STEP = 10.00
CONTOUR ROUGH	PARALLEL CUT		
BY SIDE STEP	SIDE STEP = 8.00	CUT DIR. BY ANGLE	ANGLE = 0.00
	CONTOUR TOL. = .10	BIDIR	MIN PLUNGE SIZE = 0.0
AUTO ENTRY POINTS	ENTRY OFFSET = 0.0	SINGLE POCKET	BETWEEN LAYERS: VERT
Z - UR APP.			DEL - UR = 1.00
GOUGE CHECK : ON		APPROX. BY TOL.	
		SRF. OFFSET = 0.0	SRF. TOL. = .100
UP AND DOWN			
- EDIT. PART SURF. --	E-EDIT CHECK SURF.	CHANGE START SIDE	EDIT CONTOUR

ZCUT = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ВВЕДИ ЗНАЧЕНИЕ Z	ВЕРХ. ТОЧКА = 330.0	НИЖ. ТОЧКА = 320.00	ШАГ ПО Z = 10.0
ЧЕРНОВАЯ ОБРАБОТКА	ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПР.		
ПО ШАГУ ВБОК	ШАГ ВБОК = 8.0	НАПРАВЛ. РЕЗАНИЯ К X	УГОЛ = 0.00
	ТОЧН. КОНТУРА = .1	В ОБИХ НАПРАВЛЕНИЯХ	
АВТОТОЧКА ВРЕЗАНИЯ		ОДИН КОЛОДЕЦ	МЕЖДУ СЛОЯМИ: ВЕРТ.
ПОДХОД ПО Z			
КОНТРОЛЬ ЗАРЕЗАНИЯ ВКЛ.		ПРИПУСК ПОСЛЕ ОБР=0	ДОП. ОБРАБ. ПОВ.=.1
- РЕДАКТ. ПОВЕРХНОСТЬ - -	РЕД. ОГРАНИЧ. ПОВ.	ИЗМ. СТОРОНУ СТАРТА	РЕД. КОНТУР

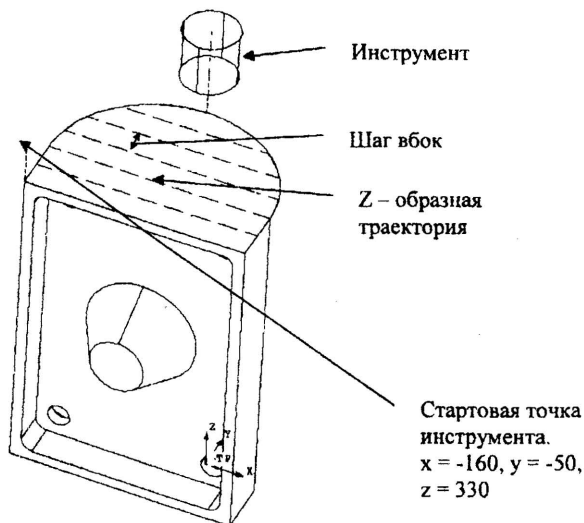


Рис. 4.31. Таблица модальных параметров ZCUT

Рис. 4.32. Траектория черновой обработки зиг-загом

#### 4.6.4. Послойная обработка детали - процедура WCUT

Черновая (и чистовая) послойная обработка детали по технологии обработки колодцев: врезание в материал и обработка слоя по спирали или параллельными проходами (ватерлиния). Снимается материал, ограниченный контурами и поверхностями детали.

Можно использовать ограничивающие поверхности. Можно включить контроль зарезания (**GOUGE CHECK**) обрабатываемых и ограничивающих поверхностей. Могут быть заданы различные виды подхода и отхода инструмента. Пользователь может задать точку врезания внутри или снаружи замкнутого контура или использовать рассчитанную системой.

Последовательность действий:

##### 1. Задайте геометрию:

- обрабатываемые поверхности, при необходимости – ограничивающие поверхности;
- замкнутые контуры (наружные и острова) с необходимыми параметрами (эквидистантой). Если обрабатываемая поверхность вогнутая, то контур не задается, т.к. им являются границы самой поверхности.

##### 2. Аналогично п. 4.6.5.

Таблица модальных параметров (рис. 4.33) зависит от условий:

- один наружный контур или несколько;
- обработка по спирали или параллельными проходами;
- черновая, чистовая или смешанная обработка.

Можно настраивать разную технологию при обработке основных (определяемых параметром **DOWN STEP**) и дополнительных слоев (поверхности, лежащие между основными слоями). Дополнительные слои настраиваются в синих блоках таблицы модальных параметров.

Если при обработке криволинейных поверхностей фактическая ширина ступеньки больше указанной параметром **MIN 2D DIST**, то система добавит необходимое число дополнительных слоев (см. рис. 4.34).

На рис. 4.35 показан пример расчета черновой траектории процедурой **WCUT**.

WCUT = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ENTER Z VALUES	Z-UR = 50.00	Z-DOWN = 20.00	DOWN STEP = 10.00
CONTOUR ROUGH	SPIRAL CUT	INSIDE OUT	CONT. ROUGH OFF.=0.0
CREATE ENTRY PNT: NO	SIDE STEP = 5.00		
	CLIMB MILLING	OPEN CONT.: NO	CONNECT REGION
	CONTOUR TOL. = .10		
OPTIMIZED ENTRY PNT		SINGLE POCKET	
RAMP ANGLE = 90.00	MACHINUNG: BY LAYER	CREATE CURVES: OFF	STOP AT EACH LAY.:NO
CONT. NORMAL APP.	CONT. APPROACH = 2.0	CONT. RETRACT = 2.0	DEL Z-UR = 1.00
GOUGE CHECK: ON		APPROX. BY TOL.	
		SRF. OFFSET = 0.00	SRF. TOL. = .100
<b>BETWEEN LAYER:CONST Z</b>	<b>MIN 2D DIST = 5.00</b>	<b>MAX PAS. BETWEEN = 50</b>	
CONTOUR ROUGH	SPIRAL CUT	OUTSIDE IN	
BY SIDE STEP	SIDE STEP = 5.00		
	CLIMB MILLING		CONT. ROUGH OFF.=0.0
- EDIT. PART SURF. - -	E-EDIT CHECK SURF.		EDIT CONTOUR

WCUT = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ВВЕДИ ЗНАЧЕНИЕ Z	ВЕРХ. ТОЧКА = 50.0	НИЖ. ТОЧКА = 20.00	ШАГ ПО Z = 10.0
ЧЕРНОВАЯ ОБРАБОТКА	ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПР.		
	ШАГ ВБОК = 5.0		
	ПОПУТНОЕ ФРЕЗЕРОВ.		
	ТОЧН. КОНТУРА = 1		
ОПТИМ. ТОЧКУ ВРЕЗАНИЯ		ОДИН КОЛОДЕЦ	
УГОЛ ВРЕЗАНИЯ = 90.0		СОЗД. КОНТ. РЕГИОНОВ	СТОП НА КАЖД. СЛОЕ
ПОДХОД ПО НОРМАЛИ	ДЛИНА ПОДХОДА = 2.0	ДЛИНА ОТХОДА = 2.0	НЕДОБЕГ ПО Z = 1.0
КОНТРОЛЬ ЗАРЕЗАНИ. ВКЛ.			
		ПРИПУСК ПОСЛЕ ОБР=0	ДОП. ОБРАБ. ПОВ.= 1
<b>МЕЖДУ СЛОЯМИ ПО Z</b>	<b>MIN 2D ДИСТАНЦИЯ=5</b>		
ЧЕРНОВАЯ ОБР. КОНТУРА	ОБРАБ. ПО СПИРАЛИ	СНАРУЖИ К ЦЕНТРУ	
ПО ШАГУ ВБОК	ШАГ ВБОК = 5.0		
	ПОПУТНОЕ ФРЕЗЕРОВ.		
- РЕДАКТ. ПОВЕРХНОСТЬ-	РЕД. ОГРАНИЧ. ПОВ.		РЕД. КОНТУР

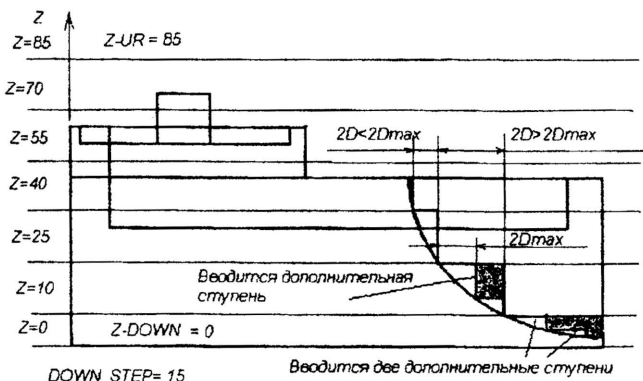


Рис. 4.33. Таблица модальных параметров WCUT

Рис. 4.34. Схема расчета дополнительных слоев

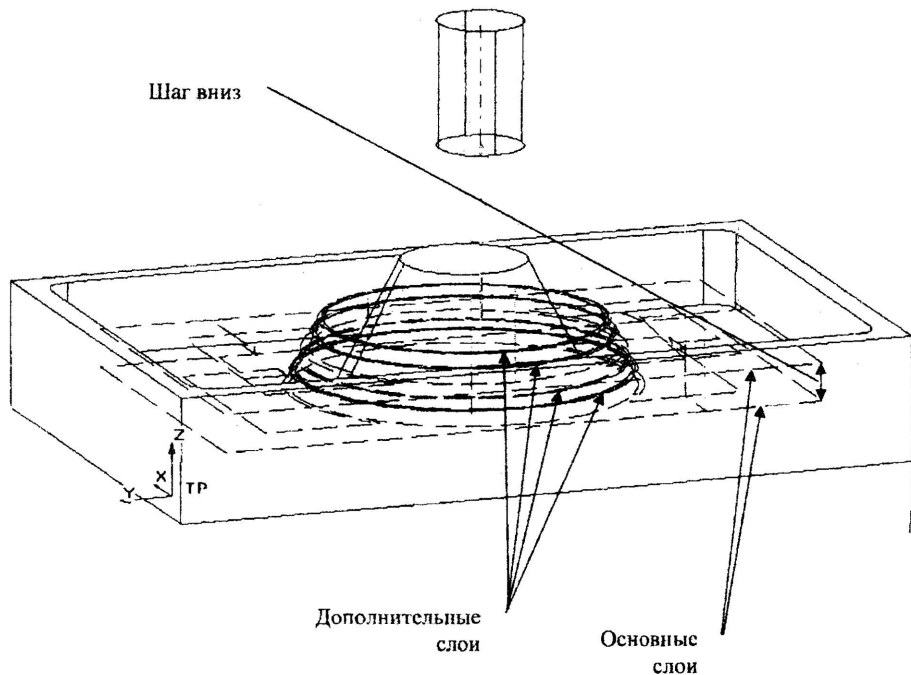


Рис. 4.35. Траектория черновой обработки зигзагом процедурой WCUT

#### 4.6.5. Обработка колодцев с плоским дном – процедура POCKET

Удаление материала из замкнутого контура (можно с островами и вложенными контурами) методами эквидистанты или параллельными проходами (рис. 4.36). Для каждого контура можно ввести свои значения эквидистанты и бокового угла. Обработка производится горизонтальными слоями (координата  $Z$  постоянна). После обработки каждого слоя производится чистовой проход по контуру. Можно задать различные виды подхода/отхода инструмента. Можно задавать свои (или система рассчитает автоматически) точки врезания.

Последовательность действий.

1. Задайте геометрию:

- задайте замкнутые контуры (можно задать несколько контуров с островами и вложенными контурами, задание контуров см. п. 1.6.3);
  - задайте значения эквидистанты (можно и отрицательные) и бокового угла для каждого контура.
2. Установите модальные параметры.
  3. Можно переопределить или отредактировать все параметры контуров.
  4. Выполните расчет перемещений инструмента.

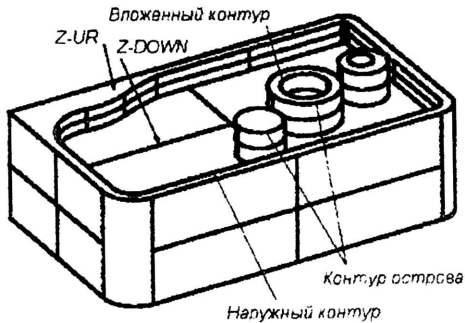


Рис. 4.36. Параметры процедуры КОЛОДЕЦ

Выполните следующий порядок действий:

- **POCKET** → #SELECT OPTION/EXIT#{выберите опцию/выход} → [LOOP];
- настройте параметры ограничивающего контура;
- #PICK LOOP/EXIT#{указать петлю/выход} → ...указать острова и вложенные контуры, настраивая для каждого контура параметры (см. рис. 4.37);
- настройте модальные параметры траектории (см. рис. 4.38);
- [<CR> TO CONTINUE] → [YES] → EXIT (средняя клавиша мыши);
- **CLOSE TR** → [<CR> TO CONTINUE].

Номер контура	Эквидистанта к контуру	Боковой угол
PICK LOOP/EXIT	LOOP № 1	OFFSET = 0.00
	TOOL: IN	DRAFT ANGLE = 0.0
	TOOL: ON	- инструмент внутри контура
	TOOL: OUT	- инструмент на контуре
		- инструмент за контуром

Рис. 4.37. Параметры ограничивающих контуров

POCKET = 1 NO TEXT		MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ENTER Z VALUES	Z-UR = 50.00	Z-DOWN = 20.00	DOWN STEP = 10.00
CONTOUR ROUGH	SPIRAL CUT	OUTSIDE IN	CONT. ROUGH OFFS. = 0.
	SIDE STEP = 4.00		
FIXED SIDE STEP	CONVENTIONAL MILL.		CONNKT REGIONS
RAMP ANGLE = 90.0	CONTOUR TOL. = 10		ROUND CORNER
AUTO ENTRY POINTS		SINGLE POCKET	AUTO END POINT
CONT. NORMAL APP	CONT. APPROACH = 2.	CONT. RETRACT = 2.00	DEL. Z-UR = 1.00
			<b>EDIT CONTOUR</b>

POCKET = 1 NO TEXT		MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ВВЕДИ ЗНАЧЕНИЕ Z	ВЕРХ. ТОЧКА = 50.0	НИЖ. ТОЧКА = 20.00	ШАГ ПО Z = 10.0
ЧЕРНОВАЯ ОБРАБОТКА	ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПР.	СНАРУЖИ К ЦЕНТРУ	ЧЕРНОВОЙ ПРИПУСК = 0
	ШАГ ВБОК = 10.0		
ФИКСИР. БОКОВОЙ ШАГ	ПОПУТНОЕ ФРЕЗЕР.		
УГОЛ ВРЕЗАНИЯ = 90.00	ТОЧН. КОНТУРА = 1		ЗАКРУГЛ. УГОЛ
АВТОТОЧКА ВРЕЗАНИЯ		ОДИН КОЛОДЕЦ	АВТОТОЧКА ВЫХОДА
ПОДХОД ПО НОРМАЛИ	ДЛИНА ПОДХОДА = 2.	ДЛИНА ОТХОДА = 2.00	НЕДОБЕГ = 1.00
			<b>РЕД. КОНТУР</b>

Рис. 4.38. Таблица модальных параметров процедуры **КОЛОДЕЦ**

На рис. 4.39 показан пример выполнения процедуры **КОЛОДЕЦ**.

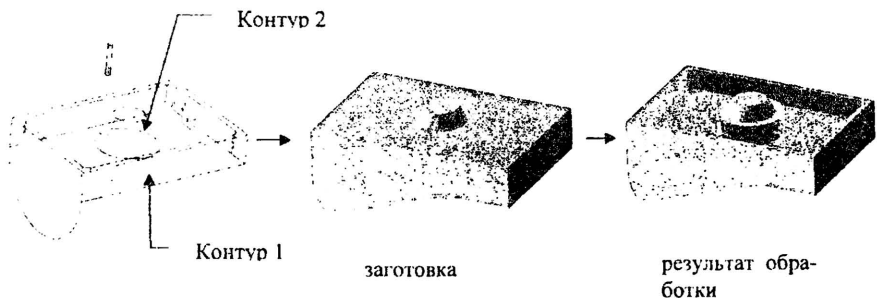


Рис. 4.39. Пример выполнения процедуры **КОЛОДЕЦ**

#### 4.6.6. Обработка колодцев с неплоским дном - процедура *SRFPKT*

Удаление материала из области, ограниченной проекцией замкнутого трехмерного контура на обрабатываемую поверхность. Инструмент повторяет форму обрабатываемой поверхности. Обрабатываемая



зона может иметь острова. Для ограничения зоны обработки можно использовать ограничивающие поверхности. Способы обработки:

- эквидистантными проходами изнутри к контуру или от контура к центру;
- параллельными проходами под любым углом к оси X в одном направлении или в обоих;
- чистовой проход по контуру.

Также можно задать эквидистанты для контуров, ограничивающих поверхностей и обрабатываемых поверхностей. Предусмотрены различные методы подвода/отвода инструмента (рис. 4.40).

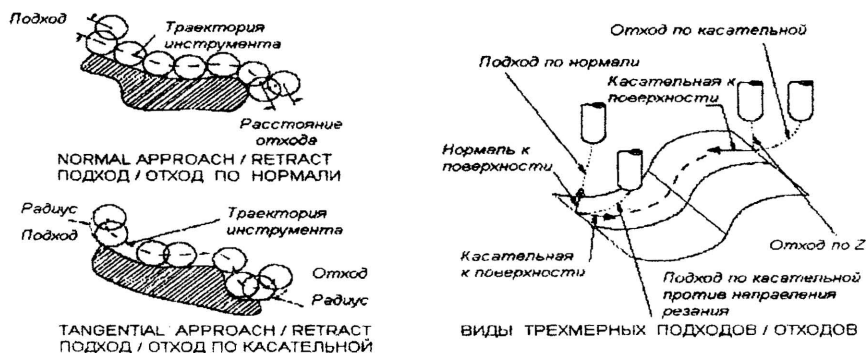


Рис. 4.40. Виды подходов и отводов инструмента при фрезеровании

### Последовательность действий.

#### 1. Задайте геометрию:

- задайте обрабатываемые и, если нужно, ограничивающие поверхности;
  - задайте замкнутые контуры (наружные и острова), определите значение и сторону эквидистанты).
2. Установите значения модальных параметров.
  3. Если нужно измените контуры, сторону начала фрезерования, поверхности.
  4. Выполните расчет перемещений инструмента.

#### Выполните следующий порядок действий:

- **SRFPKT** → #PICK SURF. & EXIT#{выберите поверхности, образующие дно колодца и выход} → #PICK CHK. SURF./EXIT#{выберите ограничивающие поверхности или выход} → #SELECT OPTION/EXIT#{выберите опцию/выход} → [LOOP];

- настройте параметры ограничивающего контура;
- #PICK LOOP/EXIT# {укажите петлю/выход};
- настройте модальные параметры траектории (см. рис. 4.41);
- [<CR> TO CONTINUE] → [YES] → EXIT (средняя клавиша мыши).
- CLOSE TR → [<CR> TO CONTINUE].

SRFPKT = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
CONTOUR ROUGH	SPIRAL CUT	INSIDE IN	CONT. ROUGH OFFS.=0.
BY 2D SIDE STEP	2D SIDE STEP=2.00		
	CONTOUR TOL. = .10		ROUND CORNER
FIXED SIDE STEP	CONVENTIONAL MILL.		CONNKT REGIONS
AUTO ENTRY POINTS	ENTRY OFFSET = 0.00	SINGLE POCKET	AUTO END POINT
CONT. TANGNT APP.	CONT. ARC RADIUS=10		
SRF. TAN. APP.	SURF. ARC RADIUS=10		DEL Z-UR = 1.00
GOUGE CHECK : ON		APPROX. BY TOL.	
		SRF. OFFSET = 0.00	SRF. TOL = .100
-- EDIT PART SURF.--	-- EDIT CHECK SURF.--		EDIT CONTOUR

SRFPKT = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ЧЕРНОВАЯ ОБРАБОТКА	ПО СПИРАЛИ	ОТ ЦЕНТРА К КРАЯМ	ЧЕРНОВОЙ ПРИПУСК=0
ПО 2D ШАГУ ВБОК	2D ШАГ ВБОК = 10.0		
	ТОЧН. КОНТУРА =.1		ЗАКРУГЛ. УГОЛ
ФИКСИР. БОКОВОЙ ШАГ	ПОПУТНОЕ ФРЕЗЕР.		
АВТОТОЧКА ВРЕЗАНИЯ		ОДИН КОЛОДЕЦ	АВТОТОЧКА ВЫХОДА
ПОДХОД К КОНТ. ПО КАСАТ	РАДИУС ПОДХОДА=10		
ПОДХОД К ПОВ. ПО КАСАТ.	РАДИУС ПОДХОДА=10		НЕДОБЕГ = 1.00
КОНТРОЛЬ ЗАРЕЗАНИЯ ВКЛ		АППРОКС. ПО ДОПУСКУ	
		ПРИПУСК ПОСЛЕ = 0.00	ДОПУСК = .100
РЕД. ПОВЕРХНОСТИ	РЕД. ОГР. ПОВЕРХН.		РЕД. КОНТУР

Рис. 4.41. Таблица модальных параметров процедуры SRFPKT

На рис. 4.42 показан пример выполнения процедуры SRFPKT.



Рис. 4.42. Пример выполнения процедуры SRFPKT

#### 4.6.7. Обработки вдоль контуров – процедура PROFILE

Создание 2,5-координатной траектории инструмента для обработки вдоль контуров (можно с эквидистантой). Возможно задание бокового угла для обработки конических форм несколькими горизонтальными проходами. Обработка производится послойно в одном направлении или в обоих попутным или встречным фрезерованием. Подходы и отходы к контуру возможны по нормали, по касательной или по биссектрисе. Могут быть заданы ограничивающие кривые (см. рис. 4.43).

Последовательность действий.

##### 1. Задайте геометрию:

- замкнутые или незамкнутые контуры (для одного незамкнутого контура задаются ограничивающие кривые или начальная и конечная точки);
- для контуров – эквидистанты, боковые углы, стороны обработки.

##### 2. Установите модальные параметры (рис. 4.44).

##### 3. При необходимости переопределите контуры и их параметры.

##### 4. Выполните расчет перемещений.

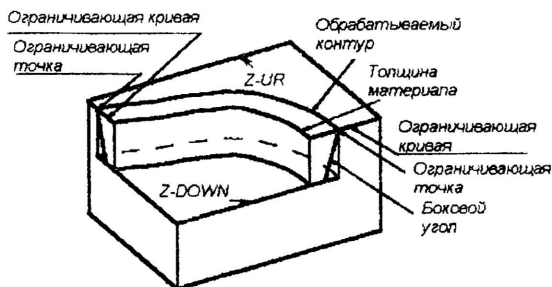


Рис. 4.43. Параметры процедуры **ПРОФИЛЬ**

*Выполните следующие действия:*

- **PROFILE** → #SELECT OPTION/EXIT# {выберите опцию/выход} → [LOOP(петля)];
- настройте параметры контура обработки (см. рис. 4.37);
- #PICK LOOP/EXIT# {указать петлю/выход} → ...укажите другие контуры, настраивая для каждого контура параметры;
- настройте модальные параметры траектории (см. рис. 4.44);

- CLOSE TR → [**<CR>** TO CONTINUE].

PROFILE = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ENTER Z VALUES	Z - UR = 50.00	Z - DOWN = 20.00	DOWN STEP = 10.00
		STOCK WIDTH = 4.00	SIDE STEP = 2.00
SINGLE PROFILE	CONTOUR TOL. = .10	ROUND CORNER	TRIM LOOPS: GLOBAL
UNIDIR	SPLINE: LINEAR APROX		
CONT. NORMAL APP.	CONT. APP. NOR. = 2.0	APP. EXTENTION = 0.0	DEL - UR = 1.00
CONT. NORMAL RETP.	CONT. RET. NOR. = 2.0	RET. EXTENTION = 0.0	CONVENTIONAL MILL
	START CHECK POINT	END CHECK POINT	EDIT CONTOUR

PROFILE = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ВВЕДИ ЗНАЧЕНИЕ Z	ВЕРХ. ТОЧКА = 50.0	НИЖ. ТОЧКА = 20.00	ШАГ ПО Z = 10.0
		ПРИПУСК НА ОБР. = 4.00	ШАГ ВБОК = 2.00
ОДИН ПРОФИЛЬ	ТОЧН. КОНТУРА = .1	ЗАКРУГЛЕННЫЙ УГОЛ	ОБРЕЗКА ПЕТЕЛЬ
В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ	СПЛАЙН ЛИНЕАРИЗИР.		
ПОДХОД ПО НОРМАЛИ	ДЛИНА ПОДХОДА = 2.0	УДЛИНЕНИЕ ПОДХОДА = 0	НЕДОБЕГ = 1.0
ОТХОД ПО НОРМАЛИ	ДЛИНА ОТХОДА = 2.0	УДЛИНЕНИЕ ОТХОДА = 0	ВСТРЕЧН. ФРЕЗЕРОВ.
	СТАРТ. ОРГАН. ТОЧКА	КОНЕЧ. ОРГАН. ТОЧКА	РЕД. КОНТУР

Рис. 4.44. Таблица модальных параметров процедуры **ПРОФИЛЬ**

#### 4.6.8. Обработка отверстий – процедура DRILL

Может быть задано множество точек сверления. Для задания точек можно использовать функцию **RATPOINT (ШАБЛОН ТОЧЕК)**. Порядок сверления может быть рассчитан системой или определяется порядком ввода точек. Точки сверления могут быть добавлены и отредактированы при работе. Для каждой точки могут быть заданы своя глубина, ориентация отверстия, вид отхода инструмента.

Глубина сверления может быть задана одним из трех способов:

- 1) полный диаметр (**FULL DIAMETER**) – расстояние между верхом детали и нижней точкой отверстия, в которой диаметр отверстия равен диаметру инструмента;
- 2) вершина инструмента (**TOOL TIP**) – расстояние до самой нижней точки отверстия – вершины инструмента;
- 3) по диаметру фаски (**CHAMFER DIA.**) – расстояние до точки, где диаметр отверстия равен заданному диаметру фаски.

Последовательность действий:

- задайте геометрию – точки сверления;
- установите модальные параметры для каждой точки или для всех сразу. Здесь можно отредактировать отдельные точки;
- выполните расчет перемещений инструмента.

Для задания точки можно использовать один из известных способов, либо указать как центр дуги или окружности (причем можно указать дуги или окружности только определенного диаметра). Можно высветить символ инструмента или только точки сверления. Здесь же задается глубина сверления и вид отхода инструмента (на исходную или только отход). Изменяя направление оси **Z**, можно изменить ориентацию отверстия (рис. 4.45).

Когда все точки будут заданы, нажмите **EXIT**.



Рис. 4.45. Меню задания точек сверления

Второй этап – заполнение таблицы модальных параметров (рис. 4.46).

В первой строке указываются статус, имя и идентификационный номер процедуры, также комментарий к процедуре и задание парамет-

ров станка и сервисных утилит. В третьей строке устанавливаются порядок обхода точек и что будет высвечено на экране. В четвертой строке устанавливаются способ задания глубины сверления и вид отхода инструмента. В пятой строке можно указать общие значения: глубину сверления, координату начала отверстий (**GLOBAL Z-UP**) и их окончания (**GLOBAL Z-DOWN**). В последней строке можно редактировать точки или вычислить максимальную глубину сверления.

Цикл сверления должен быть создан до создания процедуры сверления. Инструмент и технологические параметры задаются в циклах. В системе имеется 12 стандартных циклов. Новый цикл создается функцией **CYCLES**.

DRILL = 1	NO TEXT	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
AUTO ORDER: MAIN PATH X	REVERSE ORDER: OFF	DISPLAY: TOOL FIGURE	
DEPTH: TOOL TIP		TO INIT	DEL INIT = 80.00
GLOBAL DEPTH	GLOBAL DEPTH = 10.00		
-- EDIT POINTS			CALC. MAX. DEPTH

DRILL = 1	НЕТ КОММЕНТАРИЯ	MACHINE PARAMS	SERVICE
LOAD PARAMETERS	SAVE PARAMETERS		
ПОРЯДОК ОБХОДА: ПО X	ИЗМЕНИТЬ ПОРЯДОК	ПОКАЗАТЬ ИНСТРУМЕНТ	
ГЛУБИНА: ПО ВЕРШИНЕ		НА ИСХОДНУЮ	ПЛ-ТЬ БЕЗОП. = 80.0
ОБЩАЯ ГЛУБИНА	ОБЩАЯ ГЛУБИНА = 10.		
РЕД. ТОЧКИ СВЕРЛЕНИЯ			ОПР. НАИБ. ГЛУБИНУ

Рис. 4.46. Таблица модальных параметров процедуры **СВЕРЛИТЬ**

Цикл сверления можно установить при настройке модальных параметров с помощью опции [**MASHINE PARAMS ...**]. После входа в меню **MASHINE PARAMS** нажмите кнопку **PARAMS - TOOL PARAMS**. В системе имеются следующие стандартные циклы сверления:

- **SPOT DRILL** - сверление, центрование;
- **HIGH SPEED PECK** - быстрое глубокое сверление;
- **LEFT HAND TAPPING** - нарезка левой резьбы;
- **FINE BORING** - чистовая расточка;
- **COUNTER BORING** - расточка с выдержкой;
- **DEEP HOLE PECK** - глубокое сверление;
- **TAPPING** - нарезка резьбы;
- **BORING** - расточка;
- **BORE+SPINDLE STOP** - расточка + останов шпинделя;

- **BACK BORING** - обратная расточка;
- **BORE+DWELL+MANUAL** - расточка + выстой + ручная;
- **BORE+DWELL+FEED** - расточка + выстой + рабочая.

На рис. 4.47 показан пример процедуры **СВЕРЛЕНИЕ**.

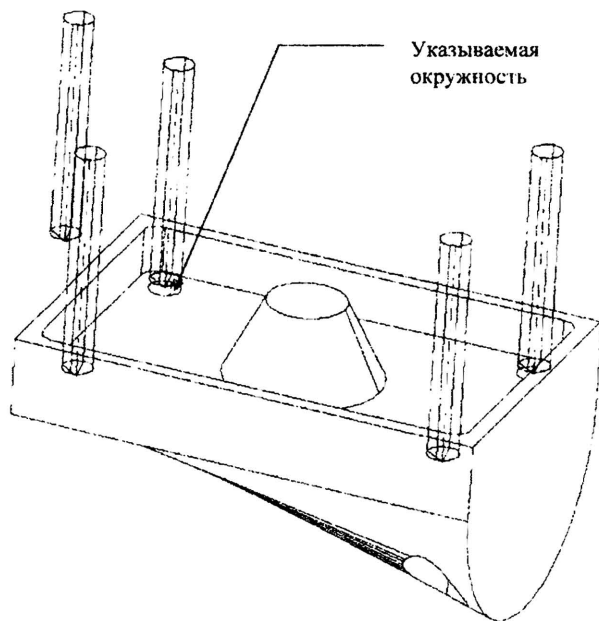


Рис. 4.47. Пример процедуры **СВЕРЛЕНИЕ**

#### 4.7. Общие функции модуля NC

Модуль имеет набор общих (не зависящих от метода обработки) функций. В каждом состоянии модуля список доступных функций различен. Общий список таких функций следующий:

- **CLOSE\_TP (ЗАКРЫТЬ ТРАЕКТОРИЮ)** – закрытие и сохранение траектории;
- **CYCLES (ЦИКЛЫ)** – создание, модификация и копирование циклов сверления;
- **LIV\_MANG (УПР. БИБЛ.)** – управление библиотекой инструментов. Библиотека инструментов – это файл, содержащий описание инструментов, т.е. их геометрию и технологические параметры. Для каждо-

го типа инструмента (фрезерного, токарного и пр.) существует своя библиотека (файл <имя инструмента>.lck в каталоге \tools);

- **MACSYS** – создание, выбор, переименование и удаление системы координат станка;
- **MANAG\_TP (УПР. ТРАЕКТ.)** – модификация, удаление, создание новых процедур, изменение их порядка внутри траектории. Функция работает со списком процедур и их идентификационными строками;
- **PATROINT (ШАБЛ. ТЧК)** – создание шаблона точек (например для сверления), т.е. позиция точек и порядок их обхода;
- **POSTPR (ПОСТПР)** – преобразование траектории инструмента в УП для конкретного станка;
- **SIMULATE (ИМИТАЦИЯ)** – имитация обработки;
- **TOOLS (ИНСТРУМЕНТЫ)** – работа с инструментом, включая импорт из других PFM-файлов или внешних библиотек, модификация существующих инструментов;
- **TOOLPATH (ТРАЕКТОРИЯ)** – создание новых и работа с существующими траекториями инструмента;
- **TRANSFRM (ТРАНСФОРМ)** – создание законов копирования (трансформации) процедур траектории инструмента.

Некоторые из этих функций уже рассмотрены. Далее опишем еще несколько наиболее важных функций.

#### 4.7.1. Имитация обработки – функция *SIMULATE*

Средство быстрой, точной и наглядной проверки созданной траектории. Существует автоматический контроль зарезания инструментом материала на холостом ходу (красный цвет). Заготовка может быть любой формы и размеров. При изображении заготовку можно повернуть удобным образом, изменить масштаб (до разрешения на создание заготовки). При имитации видны заготовка и полупрозрачное изображение инструмента. Инструмент движется по траектории и «обрабатывает» заготовку. Заготовка может быть рассечена плоскостями (отсекаемая часть может быть видна полупрозрачной или не видна совсем – значение коэффициента прозрачности в опции **PARAMETERS (0.5<SECT\_TRANSPARENCY<1)**).

##### Последовательность действий.

**Создание заготовки.**



1. Определите форму заготовки: параллелепипед или произвольная форма. Параллелепипед задайте двумя точками – противоположными по диагонали вершинами. Для задания припуска на обработку удобно использовать способ указания точек **END+DELTA**. Произвольная заготовка должна быть создана заранее с расширением **.SIM** и расположена так же, как текущее изображение, поэтому перед записью заготовки в файл (**STOCK FILE⇒SAVE**) следует сохранить текущую ориентацию функцией **PICTURE** (см. приложение).
2. С помощью функций управления изображением расположите на экране заготовку так, как это нужно.
3. Разрешите создание заготовки (**SIMULATE**).

Процесс имитации.

1. Выберите траекторию инструмента (параметр **SELECT TP**).
2. Запустите симуляцию (**SIMULATE**).
3. Можно:

- рассечь заготовку (**SECTIONS**);
- изменить параметры имитации (**PARAMETERS**);
- сделать и просмотреть файлы слайдов (**IMAGE FILE**);
- проверить полученную заготовку (**VERIFY**).

Функция **SIMULATE** имеет следующие опции (рис. 4.48):

- **STOCK CREAT** – создание заготовки, на которой будет производиться имитация обработки;
- **SECTIONS** – рассечение заготовки плоскостями;
- **SIMULATE** – имитация обработки детали;
- **Color1** – цвет заготовки;
- **Color 2** – цвет сечения;
- **Color 3** – цвет срезаемого слоя;
- **SELECT TP** – выбор траектории, имитация которой будет выполняться;
- **VERIFY** – проверка координат точек на заготовке и расстояний между ними;
- **STOCK FILE** – работа с файлами заготовок (\*.SIM): запись, выбор, удаление.
- **IMAGE FILE** – работа с файлами слайдов;
- **PARAMETERS** – изменение параметров имитации;
- **STOP/EXIT** – приостановка или выход из функции с сохранением (**KEEP**) или удалением (**LOOSE**) заготовки.

STOCK CREAT	SECTIONS	SIMULATE	SELECT TP	STOCK FILE	PARAMETERS
COLOR 1	COLOR 2	COLOR 3	VERIFY	IMAGE FILE	STOP/EXIT

Рис. 4.48. Меню функции **SIMULATE**

#### 4.7.2. Редактирование траектории – функция **MANAG TP**

Функция **MANAG\_TP** позволяет модифицировать, удалять и создавать новые процедуры обработки, изменять их порядок внутри траектории. Управление заключается в работе со списком процедур (рис. 4.49), просмотром состояния процедур, модификации существующих, имитации обработки. Процедуры можно выбрать, отметив их на экране или в списке процедур. Выбранные процедуры отображаются в режиме “отмечено”. Повторная отметка снимает отметку.

RERUN	MODIFY	EXECUTE	MANUAL EDIT	CREATE	CHANGE TOOL
LOAD PARAM.	SAVE PARAM.			EDIT APROX.	IGNORE APROX.
MOVE	COPY	DELETE	BLANK	UNBLANK	EDIT TEXT
SAVE TP	REDRAW	SIMULATE	SORT	TRNS:ATTACH	TRNS:DSP.ON
SINGLE SEL	SHOW=4	PAGE-1 (2)	NUM=0 (6)	SERVICE	TOOL DSP.ON
... DRILL	= 5	ШЕСТЬ ОТВЕРСТИЙ		CU TOOL=CTR.DRI 3	
S.. POCKET	= 1	СЛЕВА ВВЕРХ, ЧЕРНОВАЯ		U TOOL=D10R2	
G..B POCKET	= 2	СЛЕВА ВВЕРХ, ЧИСТОВАЯ		C. TOOL=D10R2	

Рис. 4.49. Меню опций функции **MANAG\_TP**

Первые четыре строки – операции, выполняемые над процедурами:

- **RERUN** – перезапустить процедуру, изменить ее параметры и рассчитать перемещения в соответствии с новыми параметрами;
- **MODIFY** – модифицировать процедуры (без расчета перемещений);
- **EXECUTE** – рассчитать перемещения в отложенных процедурах (S);
- **MANUAL EDIT** – проверить и вручную отредактировать процедуры;
- **CREATE** – создать новую процедуру;
- **CHANGE TOOL** – сменить инструменты, используемые в процедурах;

- **LOAD PARAM.** – читать параметры процедуры из текстового файла;
- **SAVE PARAM.** – записать параметры процедуры в текстовый файл;
- **EDIT APROX.** – редактировать данные аппроксимации;
- **IGNORE APROX.** – игнорировать сохраненные данные аппроксимации;
- **MOVE** – переместить процедуры внутри траектории;
- **COPY** – копировать процедуры внутри траектории;
- **DELETE** – удалить процедуру;
- **BLANK** – временно скрыть процедуру с экрана;
- **UNBLANK** – высветить скрытую процедуру на экране;
- **EDIT TEXT** – редактировать комментарий в процедурах;
- **SAVE TP** – записать траекторию на диск;
- **REDRAW** – перерисовать процедуры на экране;
- **SIMULATE** – имитировать обработку выбранных процедур;
- **SORT** – сортировать процедуры внутри траектории по используемому инструменту или названиям;
- **TRANS:ATTACH/DETACH** – присоединять или отсоединять закон трансформации к выбранным процедурам;
- **TRNS:DSP.ON** – включать/выключать отображение на экране копий процедур;
- **SERVICE** – доступ к меню **SERVICE**;
- **TOOL DSP.ON/OFF** – включить/выключить изображение инструмента.

Общий принцип работы с меню: выделить необходимую процедуру (процедуры), выбрать нужную опцию и нажать среднюю клавишу мыши **EXIT**. В пятой строке указываются параметры, определяющие способы **выбора** процедур:

- **SINGLE SEL.** – способы выбора процедур (по одной, от ... до, всех);
- **SHOW** – количество процедур, которое хотелось бы высветить на экране;
- **PAGE** – номер текущей страницы списка процедур (в скобках – число страниц);
- **NUM** – количество выбранных процедур (в скобках – общее число процедур).

Последующие строки – список **идентификационных строк** процедур. Порядок представления процедур соответствует их порядку в траектории (следует обращать внимание на символ перед названием процедуры: **G** - геометрия изменена, но не сохранена; **S** - расчет отложен на потом; **I** - расчет прерван; **M** - было ручное редактирование; **B** - перемещения инструмента скрыты).

Опция **MANUAL EDIT** открывает дополнительное диалоговое окно (рис. 4.50).

MOVE TOOL	DELETE	TRIM TO END TRIM BY CNT	ADD:GO	DELETE LOOP	MACH. PARAMS
JUMP BLOCK	FORWARD	BACKWARD	CNT. = 1	BLOCK STEP LAYER STEP PASS STEP	TRACE OFF/ON:
L:BLK = 8 БЛОК = ...		MESSAGE	BLOCK LIST	SHOW ALL SHOW BLOCK SHOW LAYER SHOW PASS	BLANK: BLANK ALL BLANK STARTOT BLANK END UNBLANK ALL B
-- M - PROFILE = 3		(КОММЕНТАРИЙ)		CU TOOL = D08R1	

Рис. 4.50. Меню опции **MANUAL EDIT**

Все созданные здесь изменения будут потеряны при перезапуске или перерасчете процедуры опциями **RERUN** и **EXECUTE**. В этом режиме можно перемещать инструмент по отдельным блокам, управлять отображением процедуры, скрывая или высвечивая след инструмента, отдельные блоки, проходы, слои обработки. Часть блоков можно удалить, затянув образовавшийся разрыв линейным перемещением прямо или через плоскость безопасности. Для этого опцией **MOVE TOOL** инструмент переместите в начало первого удаляемого блока, нажмите **DELETE**. Затем переместите инструмент в начало последнего удаляемого блока и нажмите **EXIT**. Далее выберите способ замыкания разрыва. Опцией **TRIM END** можно обрезать конец траектории процедуры (опцией **MOVE TOOL** переместите инструмент в нужное положение, включите **TRIM END**, блоки до конца процедуры будут удалены, инструмент переместится к началу следующей процедуры). Опцией **ADD:GO** можно добавить перемещение, т.е. заменить группу блоков одним линейным перемещением. Опцией **TRIM LOOP** аналогично можно удалить двухмерные петли.

#### 4.7.3. Копирование процедур – функция TRANSFRM

В подсистеме **NC** есть возможность скопировать процедуры по определенному закону. При этом сохраняется связь между исходной процедурой и ее копиями. Копирование осуществляется в два этапа.

##### Создание закона трансформации.

1. Войдите в функцию **TRANSFRM**.
2. Создайте закон копирования.

##### Присоединение закона трансформирования к процедуре.

1. Войдите в функцию **MANAG\_TP**.
2. Выберите **TRNS:ATTACH**.
3. Выберите процедуру (процедуры).
4. Выберите присоединяемый закон копирования.
5. Проверьте результат.

При создании закона копирования ему присваивается имя. В системе есть следующие возможности копирования:

- **RECTANG GRD (ПРЯМОУГОЛЬНИК)** – копирование осуществляется параллельно осям **X** и **Y**, так что исходная процедура со своими копиями образует прямоугольник с заданным числом копий по осям (**COUNT X, Y**) и расстояний между ними (**DEL X, Y**);
- **ANGULAR GRID (ОКРУЖНОСТЬ)** – копирование по окружности вокруг заданной точки (**ROTATE PNT.**) и заданным углом между копиями с поворотом копии (**ROTATE**) или путем плоскопараллельного переноса (**TRANSLATE**);
- **POINT SERIES (НАБОР ТОЧЕК)** – копирование в указанные позиции, если нужно с поворотом. Сначала указывается справочная точка исходной процедуры, затем ее новые положения.

#### 4.7.4. Преобразование траектории в УП станка – функция POSPR

Система предлагает выбрать из списка имя постпроцессора (в системе имеется постпроцессор **DEMO**). Используя утилиту «Генератор постпроцессоров», пользователь может создавать новые постпроцессоры для конкретных систем ЧПУ.

Появляется список траекторий, для которых можно создать УП. Для всех выбранных траекторий создается одна УП и записывается в один файл. Порядок траекторий в УП определяется порядком их акти-

визации (выбора). Координаты точек в УП выражены в системе координат, активной на момент создания процедуры.

Затем появляется меню, в котором можно графически или координатами указать «ноль станка».

Появляющаяся затем таблица с набором параметров зависит от постпроцессора. Эти параметры хранятся в текстовом файле «имя детали». «имя первой траектории». «имя постпроцессора». **log** – протоколе и могут быть использованы внешними утилитами (постпроцессорами).

В результате создаются текстовые файлы:

- «имя детали». «имя первой траектории». «имя постпроцессора». **Log** – протокол с параметрами УП;
- «имя детали». «имя первой траектории». «имя постпроцессора». – собственно текст УП;
- «имя детали». «имя первой траектории». **tools** – таблица инструментов, время обработки и пр.;
- «имя детали». «имя первой траектории». **originis** – список траекторий, координаты начала системы координат.

#### ***4.8. Общие модальные параметры***

Общие модальные параметры появляются при создании траектории инструмента с помощью функций обработки. К ним относятся:

- **MACHINE PARAMS** - задание и редактирование станочных параметров: инструмента, режимов резания и пр.;
- **SERVICE** - запуск сервисных утилит траектории инструмента при создании функций обработки.

##### ***4.8.1. Параметры станка – MACHINE PARAMS***

Параметр имеется в меню модальных параметров всех процедур. Он расположен всегда в верхней строке. Состав опций зависит от используемой процедуры. Общий состав опций представлен на рис. 4.51.

После установки необходимых параметров нажмите <CR> для возврата в основную таблицу модальных параметров функции обработки.

Инстр. - <имя ин-та> Высветить параметры Новый инструмент	<комментарий инстру- мента>	Охл. откл./вкл. Жидкость Туман Внутри Воздушное	Диаметр коррект. вкл Диаметр коррек. выкл
	Vc (м/мин) = .....	Частота шпинд. = .....	Шпиндель по час. стрелке
По частоте	Vc (м/мин) = .....		Шпиндель против час. стр.
По Vc и обр. диаметру		Частота шпинд. = .....	Шпиндель отключен
Подача = ....	Подача врезания (%) =	Угловая подача (%) =	Подача по бокам (%) = ....
Подача = ....	Подача = .....		
По постоянному ходу	Ход = ...		
По постоянному шагу	Шаг = ...		
По кол-ву витков на дюйм	Кол-во витков на дюйм =		
По переменному ходу	Ход = ...	Приращение = ...	
По переменному шагу	Шаг = ...	Приращение = ...	
По переменному кол-ву витков	Кол-во витков на дюйм =	Приращение = ...	
Пробивка откл.			
Пробивка вкл.			

Рис. 4.51. Меню модальных параметров MACHINE PARAMS

Как видно, таблица разбита на 5 блоков. В первом блоке можно выбрать инструмент (в том числе из списка) или создать новый, включить и выбрать тип охлаждения, установить (или отключить) корректоры на положение вершины инструмента и его диаметр.

Во втором блоке можно установить скорость резания напрямую или по частоте вращения шпинделя и обрабатываемому диаметру, ввести частоту вращения шпинделя (в об/мин) и определить направление вращения шпинделя. Связь частоты и скорости для фрезерования можно определить по формуле

$$N_{шп} = 1000 \cdot V_c / \pi \cdot D_{инстр} \cdot$$

В третьем блоке устанавливаются подачи. Рабочая подача вводится непосредственно. Подача врезания, угловая подача (при повороте инструмента на угол меньше 135° необходимо уменьшение подачи, чтобы обеспечить точный поворот) и подача по бокам (перемещение между проходами) вводятся в % от рабочей подачи.

В четвертом блоке устанавливаются параметры, используемые при нарезании резьбы на токарном станке (ход резьбы – расстояние между зубьями резьбы одного витка).

Пятый блок используется в листопробивке.

#### 4.8.2. Сервисные программы – функция SERVICE

Здесь запускаются сервисные утилиты и задаются некоторые глобальные параметры.

Главные опции представлены на рис. 4.52.

ИМЯ ТРАЕКТ.= ...	ВИД ОБРАБ.= MILL3X	СКРЫТЬ ПРЦЕДУРУ	Высвечивать инструмент Высвечивать траекторию Не высвечивать инструм.
Размер траектории	Осталось байт= ....	MACSYS = MAC 1	Слой = ....
Список траекторий	Сп. заголовков процедур	Список инструментов	Список процедур Изменить начало СКП
		Вставить сообщение	Перейти в точку
Пл-ть безопасн. =	Вкл. пл-ть безопасности	Лок. пл-ть безопас.	Локальн. пл. безоп. = ...
	Выкл. пл-ть безопасн.	В приращении	Приращение = ...

Рис. 4.52. Меню модальных параметров SERVICE

Некоторые пояснения.

Можно высветить на экране: символ инструмента в начале и конце каждого блока (**TOOL DSP.ON**) или только в конце процедуры (**TOOL DSP.OFF**), его след при движении (**TOOL TRACE DSP**), не высвечивать на ускоренной подаче (**MOTION: NO FAST DSP**) и не высвечивать вообще (**MOTION: NO DISPLAY**).

Программа показывает размер траектории в байтах и доступное место на диске.

При использовании команды **Список ...**(траекторий «имя траектории».tpl, заголовков процедур «имя траектории».hdr, инструмента «имя траектории».tls, процедур «имя траектории».prc) создается соответствующий ASCII-файл, содержащий эту информацию в текстовом виде.

Можно изменить только положение начала системы координат траектории, но не ориентацию осей.



Можно вставить перед процедурой сообщения пользователя, которые будут переданы в УП. Соответственно эти сообщения можно редактировать или удалить.

По утилите «**Перейти в точку**» создается дополнительная процедура перехода в указанную точку (свое меню модальных параметров).

По умолчанию положение плоскости безопасности устанавливается координатой **Z** начального положения инструмента. После окончания обработки инструмент вновь поднимается до плоскости безопасности, там возможны перемещения на ускоренной подаче. Внутри процедуры можно задать локальную плоскость безопасности (для перемещения на ускоренной подаче между слоями обработки). Она задается абсолютным значением высоты или приращением относительно верхней точки врезания (**DEL. Z-UP**).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CAD/CAM – системы в машиностроении: Метод. указания к выполнению курсовой работы / Сост.: А.Н. Трусов, Р.А. Рамазанов.- Кемерово: КузГТУ, 2001.
2. Симатрон - версия 7.0. Инструкция пользователя: В 7 кн. --СПб. 1995.
3. Симатрон - 90. Ведение проектов / Учеб. пособие. --СПб., 1995.

## 1. СОЗДАНИЕ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ФУНКЦИИ SIMULATE

### 1.1. Создание заготовки призматической формы

Заготовки призматической формы являются наиболее простыми и быстрыми в создании. Создать заготовку призматической формы возможно непосредственно во время работы в функции **SIMULATE**. Описанный ниже способ применяется для призматических деталей.

Последовательность создания заготовки призматической формы.

1. Загрузите модуль имитации **SIMULATE**.
2. Начните создание заготовки призматической формы (**STOCK CREATE** → **MIN - MAX DEFINITION**).
3. Укажите точки минимума и максимума (рис. П1).

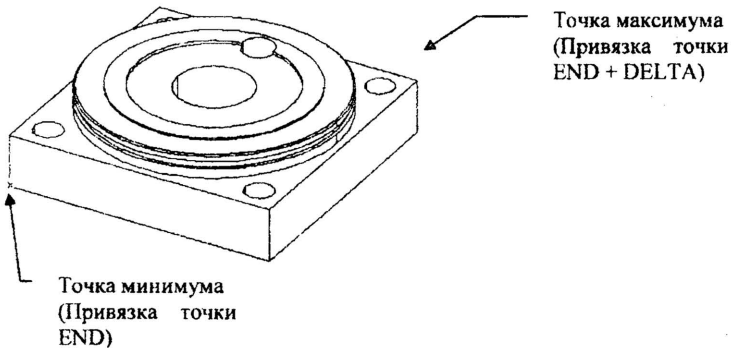


Рис. П1. Указание точек будущей заготовки

4. Активизируйте заготовку (нажмите **<CR> TO ACTIVATE**). Заготовка будет создана (рис. П2).

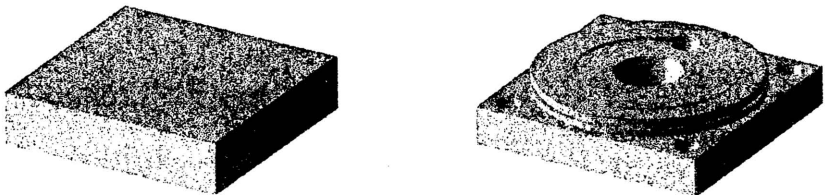


Рис. П2. Заготовка и деталь

## 1.2. Создание заготовки произвольной формы

### 1.2.1. Способ скрытия компонентов

Этот способ применяется, когда необходимо получить заготовку, которая является копией детали, но без каких-либо компонентов. Например, при имитации фрезерования шпоночного паза или сверления отверстий.

Последовательность создания заготовки.

1. Перейдите в модуль **SOLID** (*NC* → *MODELING* → *SOLID*).
2. Скройте компонент, который будет получен в результате операции, для которой создается заготовка (*EDIT* → *SUPPRESS* → *SUPPRESS* → *PICK* → (указать скрываемые элементы) → <EXIT> → <EXIT>).
3. Преобразуйте грани твердотельной модели в линейчатые поверхности с сохранением самой твердотельной модели (*UTIL* → *SOLID* → *SURFACE* → *ALL FACES*).
4. Настройте модальные параметры процесса преобразования. Строка модальных параметров должна выглядеть как на рис. П3.

<CR> TO CONTINUE
PLANAR SURF
KEEP ORIGINAL

Рис. П3. Меню модальных параметров утилиты **SOLID**→**SURFACE**

5. Произведите преобразование <CR> TO CONTINUE.
6. Высветите скрытые компоненты (*EDIT* → *SUPPRESS* → *UNSUPPRESS* → *ALL* → *YES* → <EXIT>).
7. Перейдите в модуль **NC**, войдите в систему координат станка, в которой создана траектория и для которой создается заготовка (*MODELING* → *NC* → *MACSYS* → (выбрать имя системы координат станка) → <EXIT>).
8. Войдите в модуль имитации **SIMULATE**.
9. Начните создание заготовки (*STOCK CREATE* → *SURFACES SELECTION*).
10. Укажите рамкой все поверхности (рис. П4).
11. Активизируйте заготовку (рис. П5).

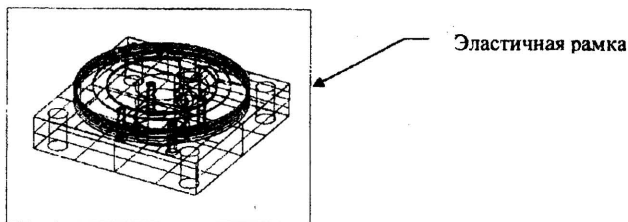


Рис. П4. Выделение поверхностей эластичной рамкой

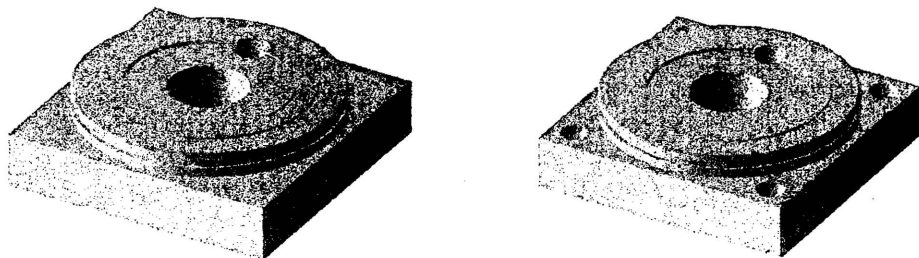


Рис. П5. Заготовка и деталь

### 1.2.2. Способ эквидистантных поверхностей

Этот способ применяется для создания заготовок сложных форм, например отливок.

Последовательность создания заготовки.

1. Перейдите в модуль **MODELING** (*NC* → **MODELING** → **SOLID**).
2. Преобразуйте грани твердотельной модели в линейчатые поверхности с сохранением самой твердотельной модели (*UTIL* → **SOLID** → **SURFACE** → **ALL FACES**).
3. Настройте модальные параметры процесса преобразования. Строка модальных параметров должна выглядеть как на рис. П3.
4. Произведите преобразование (нажмите <CR> TO CONTINUE).
5. Перейдите в модуль каркасно-поверхностного моделирования **MODELING** → **WIRE\_FRM**.
6. Каркасно-поверхностное моделирование:
  - начните процесс переноса граней **OFFSET** → **SURFACE** → **FIXED OFFSET**;

- установите модальные параметры процесса (рис. П6), укажите переносимые поверхности и сторону переноса (для каждой поверхности) (рис. П7);

PICK SURFACE	OFFSET = 10.00	DELETE ORIGINAL
--------------	----------------	-----------------

Рис. П6. Меню модальных параметров

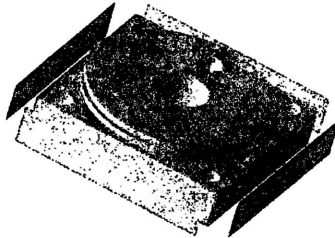


Рис. П7. Создание поверхностей

- скруглите поверхности (**FILLED** → **2D SURFACES** → **FIXED RADIUS**), настройте меню модальных параметров (рис. П8) и попарно укажите смежные поверхности. Результат представлен на рис. П9);

PICK 1 <sup>ST</sup> SURFACE	RADIUS = 10.00	TRIM BOTH	CENTER CURVE OFF
	TOL = .100	DISP. CURVES = 2	DISP. ANGLE = 3
	EXTEND OFF		

Рис. П8. Меню модальных параметров скругления

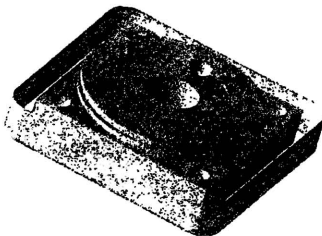
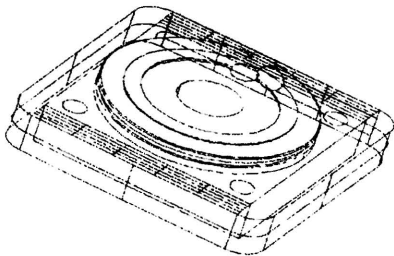
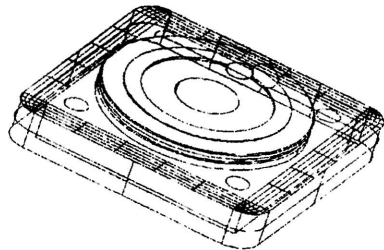


Рис. П9. Результат выполнения скругления

• создайте торцевую поверхность последовательно командами **RULED** → **TWO CURVES** и **RULED** → **TWO CONTOURS**. Результат представлен на рис. П10;



**RULED** → **TWO CURVES**



**RULED** → **TWO CONTOURS**

Рис. П10. Создание торцевой поверхности

• создайте нижнюю торцевую поверхность (**MOVE** → **DELTA** → **TWO POINTS**). Создание заготовки закончено (рис. П11).

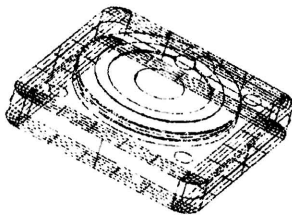


Рис. П11. Готовая заготовка

7. Перейдите в модуль NC, войдите в систему координат станка, в которой создана траектория и для которой создается заготовка (**MODELING** → **NC** → **MACSYS**) → (выберите имя системы координат станка) → **<EXIT>**.

8. Войдите в модуль имитации **SIMULATE**.

9. Начните создание заготовки **STOCK CREATE** → **SURFACES SELECTION**.

10. Укажите рамкой все поверхности (см. рис. П4).

11. Активизируйте заготовку **<CR> TO ACTIVATE**. На рис. П12 показаны деталь и созданная по ней заготовка.

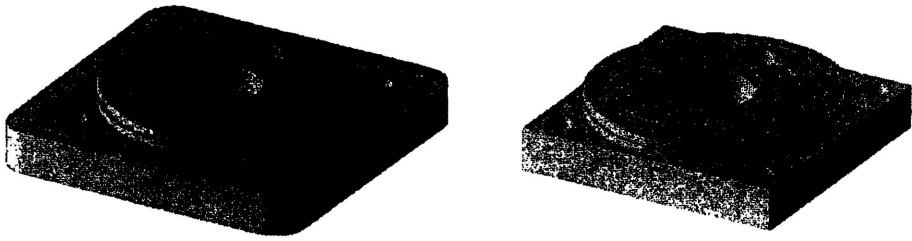


Рис. П12. Заготовка и деталь

Операции каркасно-поверхностного моделирования возможно произвести и в модуле **NC**. Если создавать заготовку в модуле **NC**, в конкретной системе координат станка, то созданные поверхности не наследуются другими системами координат станка. Если создавать заготовку в модуле **MODELING**, то для того чтобы не затемнять твердотельную модель параметрическими кривыми, можно отпривать поверхности заготовки на другой слой видимости или забланкировать.

### 1.2.3. Способ твердотельного наращивания материала

Этот способ применяется для создания заготовок сложных форм, например отливок с литьевыми уклонами.

Последовательность создания заготовки (рис. П13):

1. Перейдите в модуль **MODELING** (**NC** → **MODELING** → **SOLID**).
2. С помощью функций твердотельного моделирования нарастите материал на обрабатываемых поверхностях (возможно использовать функцию **EDIT**).
3. С помощью функции **DETAL** → **DRAFT** и **DETAL** → **ROUND** создайте литьевые уклоны и скругления.
4. Преобразуйте измененную твердотельную деталь в каркасно-поверхностную с сохранением оригинала.
5. С помощью функций **UNDO** и **EDIT** вернитесь к исходному виду модели.
6. Остальные пункты как в предыдущем разделе, начиная с п.7.

Чтобы не выполнять п.4, можно создание заготовки произвести в другом файле – копии данного с последующим сохранением полученной заготовки во внешний файл (см. ниже).

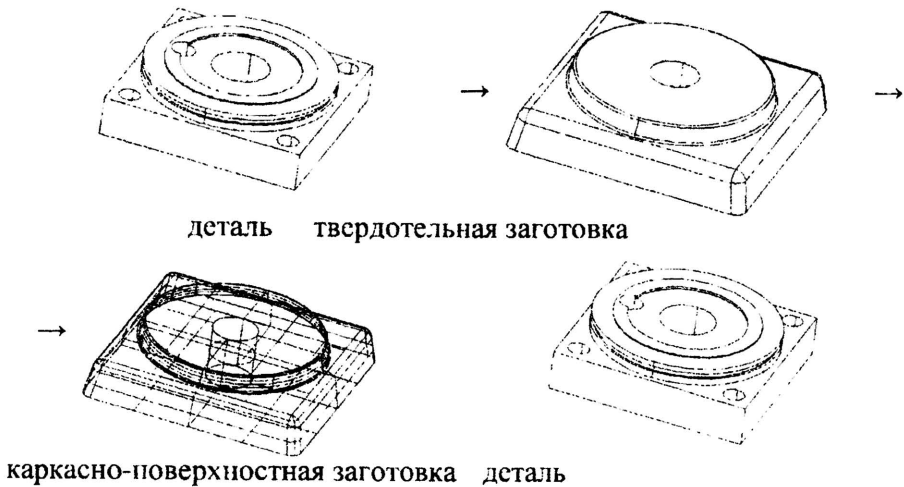


Рис. П13. Последовательность создания заготовки

## 2. СОХРАНЕНИЕ ЗАГОТОВКИ ВО ВНЕШНЕМ ФАЙЛЕ

Иногда требуется одну заготовку использовать в разных сессиях имитации обработки. В таком случае можно создать файл, в котором будет храниться заготовка в том масштабе и в той ориентации, в которых была деталь на момент создания файла заготовки. Файл заготовки записывается в текущую директорию с расширением **.sim**.

Порядок создания файла заготовки:

- войдите в модуль имитации;
- ориентируйте модель и обязательно запомните эту ориентацию в пользовательском изображении. Для сохранения ориентации в пользовательском изображении вызовите меню управления изображением и выберите опцию **PICTUR** → ——— → (введите имя изображения) → **[ENTER]**;
- активизируйте заготовку (см. пп. 9, 10, 11 в разд. 1.2.2);
- сохраните заготовку **STOCK FILE** → **SAVE** → (введите имя заготовки);
- файл заготовки будет создан.

Использование сохраненной во внешнем файле заготовки возможно следующим образом:



- войдите в модуль имитации;
- выберите пользовательское изображение модели, созданное на этапе создания файла заготовки;
- вызовите заготовку из внешнего файла ***STOCK FILE*** → ***RESTORE*** → (введите имя файла заготовки или выберите из выпадающего списка);
- произведите имитацию.

Министерство образования Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Кузбасский государственный технический университет"

**А.Н. ТРУСОВ    Р.А. РАМАЗАНОВ**

## **CAD/CAM-СИСТЕМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Учебное пособие

"Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" и специальностям: "Технология машиностроения", "Металлообрабатывающие станки и комплексы", "Инструментальные системы машиностроительных производств" (направление подготовки дипломированных специалистов – "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"); "Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)" (направление подготовки дипломированных специалистов – "Автоматизированные технологии и производства")

Кемерово 2004

Рецензенты:

Кафедра вычислительной техники и информационных технологий Кемеровского института коммерции Московского государственного университета коммерции  
Ведущий научный сотрудник Института угля и углекислыми СО РАН, доктор технических наук В.Т. Преслер

**Трусов А.Н. CAD/CAM-системы в машиностроении: Учеб. пособие.** – 2-е изд. / А.Н. Трусов, Р.А. Рамазанов; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004. – 128 с.

ISBN 5-89070-399-4

Подготовлено по дисциплине “CAD/CAM-системы в машиностроении”.

Рассмотрена практическая работа в твердотельной среде CAD/CAM - системы Симатрон версии 8. Описан полный цикл конструкторско-технологических работ: конструирование электронных моделей деталей и сборочных единиц, разработка по ним видов и чертежей, проектирование управляющих программ для станков с ЧПУ токарной и сверлильно-фрезерной групп. Излагаемый материал иллюстрирован большим количеством примеров и рисунков.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 210200 “Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)”.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ГУ КузГТУ.

**Александр Николаевич Трусов  
Рустам Александрович Рамазанов**

## **CAD/CAM-СИСТЕМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Учебное пособие

**Редактор Е.Л. Наркевич**

Подписано в печать 01.07.04 г.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 8,0. Тираж 89 экз. Заказ 42

ГУ КузГТУ.

650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография ГУ КузГТУ.

650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>1. НАЧАЛО РАБОТЫ В СИМАТРОН.....</b>	<b>5</b>
1.1. Загрузка программы.....	5
1.2. Структура рабочего экрана.....	5
1.3. Запись файла и выход из Симатрона.....	7
1.4. Использование мыши.....	8
1.5. Организация диалога в Симатрон.....	8
1.6. Общие операции.....	10
1.6.1. Способы привязки точек.....	10
1.6.2. Отметка объектов.....	10
1.6.3. Как задать контур.....	11
1.1.4. Как задать плоскость (DEFINE PLN).....	12
<b>2. МОДУЛЬ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SOLID... 13</b>	<b>13</b>
2.1. Основные положения.....	13
2.2. Построение двухмерных контуров в модуле Sketcher.....	16
2.3. Функции модуля.....	20
2.3.1. CREATE - СОЗДАТЬ.....	21
2.3.2. DETAIL - ДЕТАЛИЗАЦИЯ.....	33
2.3.3. DATUM - СПРАВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	36
2.3.4. COPY - КОПИРОВАТЬ.....	39
2.3.5. EDIT - РЕДАКТИРОВАТЬ.....	41
2.3.6. GROUP - МАСТЕР.....	42
2.4. Сборка изделия в твердотельной среде.....	44
2.4.1. Создание сборочной единицы.....	45
2.4.2. Редактирование в среде сборки.....	47
<b>3. МОДУЛЬ ЧЕРЧЕНИЯ DRAFTING.....</b>	<b>51</b>
3.1. Общие положения о работе в Drafting.....	51
3.2. Создание видов и чертежей.....	53
3.3. Редактирование видов и чертежей.....	57
3.3.1. Простановка размеров.....	57
3.3.2. Создание надписей и меток.....	59
3.3.3. Создание дополнительных символов.....	61
3.3.4. Создание дополнительных видов.....	64
<b>4. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ.....</b>	<b>67</b>

<b>4.1. Общие положения</b> .....	<b>67</b>
<b>4.2. Общий порядок действий по созданию траектории инструмента</b> .....	<b>67</b>
4.2.1. Ориентация детали на столе станка. ....	67
4.2.2. Открытие траектории обработки. ....	68
4.2.3. Создание процедур траектории.....	68
<b>4.3. Создание режущего инструмента</b> .....	<b>69</b>
4.3.1. Создание инструмента для токарной обработки.....	69
4.3.2. Создание инструмента для фрезерной обработки .....	73
4.3.3. Создание свёрл.....	75
<b>4.4. Копирование и редактирование созданного режущего инструмента</b> .....	<b>76</b>
4.4.1. DUPLICATE - КОПИРОВАТЬ.....	77
4.4.2. UPDATE - ОБНОВИТЬ.....	77
4.4.3. DELETE – УДАЛИТЬ.....	78
4.4.4. REPORT – ОТЧЕТ.....	78
4.4.5. DISPLAY – ВЫСВЕТИТЬ.....	78
<b>4.5. Открытие траектории и создание процедур токарной обработки</b> .....	<b>78</b>
4.5.1. Ориентация детали в пространстве .....	78
4.5.2. Открытие траектории токарной обработки .....	79
4.5.3. Создание контура заготовки.....	79
4.5.4. Создание траектории токарной обработки.....	80
<b>4.6. Открытие траектории и создание процедур фрезерной обработки</b> .....	<b>89</b>
4.6.1. Ориентация детали на столе станка .....	90
4.6.2. Открытие траектории фрезерной обработки.....	91
4.6.3. Черновая послойная обработка параллельными проходами ZCUT.....	93
4.6.4. Послойная обработка детали - процедура WCUT .....	95
4.6.5. Обработка колодцев с плоским дном – процедура POCKET .....	97
4.6.6. Обработка колодцев с неплоским дном - процедура SRFPKT.....	99
4.6.7. Обработки вдоль контуров – процедура PROFILE.....	102
4.6.8. Обработка отверстий – процедура DRILL.....	103
<b>4.7. Общие функции модуля NC</b> .....	<b>106</b>
4.7.1. Имитация обработки – функция SIMULATE.....	107
4.7.2. Редактирование траектории – функция MANAG_TP .....	109
4.7.3. Копирование процедур – функция TRANSFRM.....	112

4.7.4. Преобразование траектории в УП станка – функция POSPR.....	112
<b>4.8. Общие модальные параметры.....</b>	<b>113</b>
4.8.1. Параметры станка – MACHINE PARAMS .....	113
4.8.2. Сервисные программы – функция SERVICE .....	115
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	117