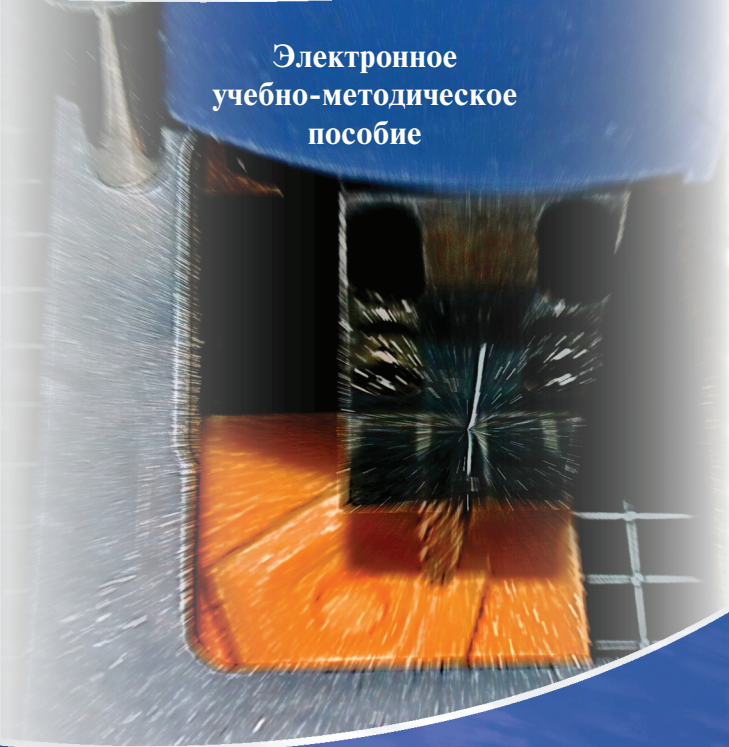


Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

А.В. Зотов

РЕАЛИЗАЦИЯ САД/САМ-МОДЕЛИРОВАНИЯ НА БАЗЕ ФРЕЗЕРНОЙ МАШИНЫ ROLAND MDX-20



Электронное
учебно-методическое
пособие

УДК 621.914:004.352:004.42
ББК 30.2.-5-05

Рецензенты:

канд. техн. наук, начальник отдела внедрения и сопровождения систем автоматизированного проектирования Волжского машиностроительного завода *Д.Е. Рыбальченко*;
канд. техн. наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства» Тольяттинского государственного университета *Д.Г. Левашкин*.

Зотов, А.В. Реализация CAD/CAM-моделирования на базе фрезерной машины Roland MDX-20 : электронное учеб.-метод. пособие / А.В. Зотов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. – 1 оптический диск.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы CAD/CAM-моделирования на примере пакетов семейства Power Solution фирмы Delcam plc применительно к технологическому оборудованию Roland MDX-20. Подробно описана программа сканирования 3D-поверхностей. Приведены примеры обработки.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра 151900.62 (15.03.05) «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (при изучении дисциплины «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов»).

Текстовое электронное издание

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования:
IBM PC-совместимый компьютер:
Windows XP/Vista/7/8; ПИИ 500 МГц или эквивалент;
128 Мб ОЗУ; SVGA; Adobe Acrobat Reader.

Редактор *Т.Д. Савенкова*
Технический редактор *Н.П. Крюкова*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 16.12.2015.

Объем издания 13,3 Мб.

Комплектация издания:

компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-22-15.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ФРЕЗЕРНАЯ МАШИНА ROLAND MDX-20.	
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ	6
1.1. Характеристики оборудования	6
1.2. Техника безопасности при работе с оборудованием	10
2. МЕТОДИКА РАБОТЫ СО СКАНИРУЮЩИМ МОДУЛЕМ	12
2.1. Обзор программного обеспечения Roland – Dr.PICZA	12
2.2. Процесс сканирования на примере режущей пластины	13
2.3. Возможности редактирования оцифрованной модели	19
3. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ САД-МОДЕЛИ	24
4. МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ	28
4.1. Система координат	28
4.2. Создание NC-файла, заготовки и определение безопасных высот	29
4.3. Создание траектории черновой обработки	31
4.4. Создание траектории чистовой обработки	36
4.5. Доработка углов	37
4.6. Вычисление управляющей программы	39
Практические работы	42
Контрольные вопросы	44
Библиографический список	46
Приложение	47

ВВЕДЕНИЕ

Представить современное производство без использования систем автоматизированного проектирования практически невозможно. Для любого специалиста в области машиностроения уже давно не являются чем-то новым такие аббревиатуры, как CAD/CAM/CAE. Сейчас ни для кого не секрет, что ускорение процессов подготовки производства, повышение производительности инженерно-технологических подразделений является серьезным конкурентным преимуществом, так как существенно сокращает производственный цикл изготовления продукции.

Целью данного учебно-методического пособия является обучение студентов специфике работы на оборудовании с использованием пакетов и средств автоматизированного проектирования на примере фрезерной машины Roland Modela MDX-20.

Пройдя практический курс, студент научится решать задачи профессиональной деятельности с использованием программного обеспечения средств систем машиностроительных производств.

В пособии представлен процесс оцифровки реального изделия, а затем создания на основе полученных данных полноценной CAD-модели. Подробно разобран пример создания управляющей программы по генерируемым траекториям обработки в САМ-модуле.

Также подробно рассмотрены специализированная программа, поставляемая с оборудованием Roland MDX-20, для сканирования трехмерных объектов – Dg.PICZA и CAD/CAM-пакеты семейства программ Power Solution фирмы Delcam plc (Великобритания), являющейся ведущим поставщиком автоматизированных систем для компьютерного моделирования и производства изделий сложной формы – PowerShape и PowerMill.

1. ФРЕЗЕРНАЯ МАШИНА ROLAND MDX-20. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Характеристики оборудования

Roland MDX-20 (рис. 1.1) идеально подходит для обратного инжиниринга. 3D-модель можно получить путем сканирования существующих изделий и последующей оцифровки данных. Благодаря точности пьезосканирующей головки, работающей по технологии RAPS (Roland Active Piezo Scanner), машина Roland MDX-20 может сканировать широкий диапазон объектов, включая мягкие: пластилиновые модели, свежие фрукты или цветы, недоступные другим контактным сканерам. MDX-20 может также сканировать стеклянные объекты, что всегда представляло сложность для оптических сканеров, так как лучи проходили сквозь стекло, не отражаясь [4; 5].

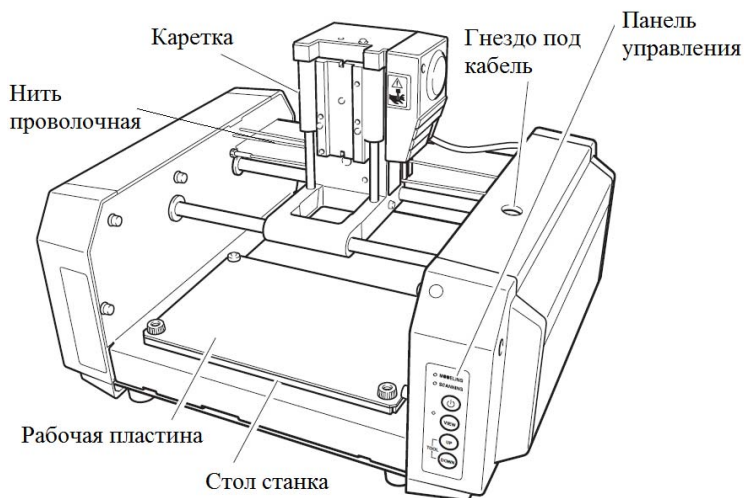


Рис. 1.1. Общий вид станка

Станок, обладая небольшими габаритами, легко размещается на столе. При замене сканирующего модуля на фрезерную головку **Roland MDX-20** становится трехкоординатной фрезерной машиной, которая позволяет создавать модели и прототипы из легкообрабатываемых материалов, таких как ювелирный воск, модельные материалы и т. п. (табл. 1.2).

Функции панели управления станком представлены на рис. 1.2.

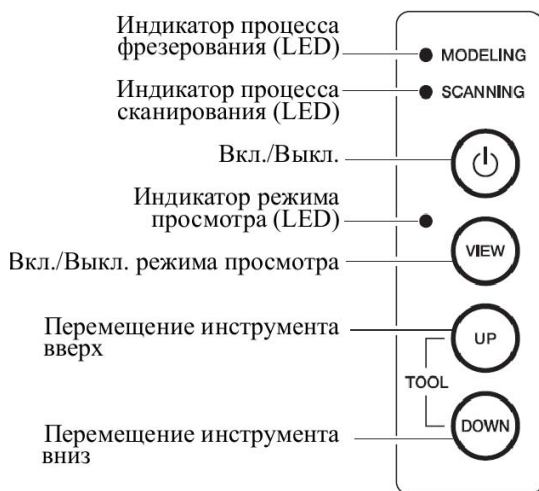


Рис. 1.2. Панель управления

Общий вид сменных модулей и рабочей пластины стола станка представлен на рис. 1.3–1.5.



Рис. 1.3. Сканирующий модуль



Рис. 1.4. Фрезерный модуль

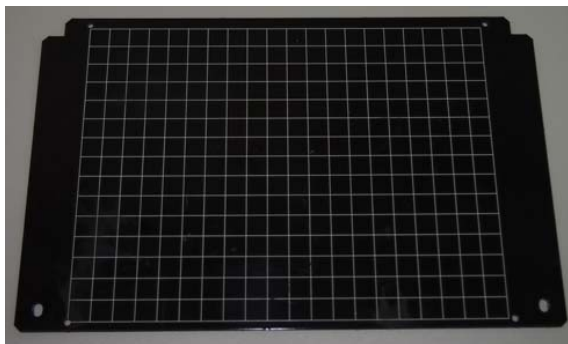


Рис. 1.5. Рабочая пластина

Как видно на рис. 1.5, пластина имеет координатную сетку, что значительно упрощает позиционирование устанавливаемых объектов.

В зависимости от длины режущего инструмента и толщины заготовки возможны два варианта установки шпиндельного модуля (рис. 1.6) [5].

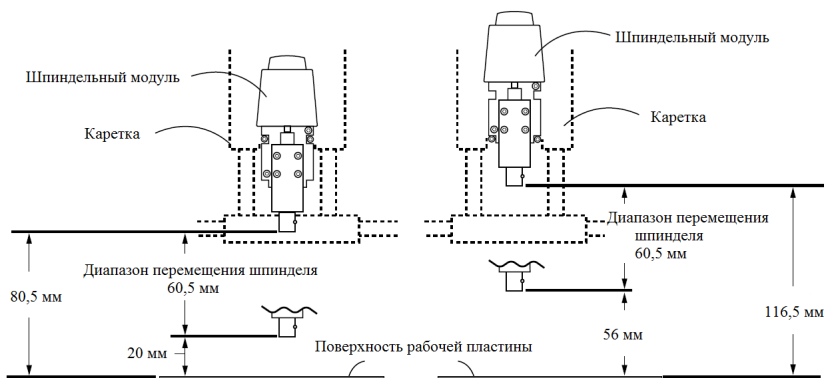


Рис. 1.6. Варианты установки шпиндельного модуля

Рекомендуется устанавливать заготовки на несколько миллиметров ниже высоты каретки станка (рис. 1.7).

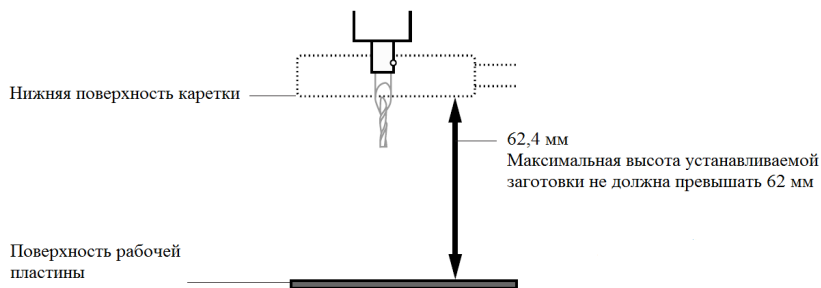


Рис. 1.7. Высота расположения каретки станка

В табл. 1.1–1.3 представлены основные технические данные станка Roland MDX-20, по которым можно составить представление о производственной нише использования данного оборудования [5].

Таблица 1.1

Технические характеристики станка Roland MDX-20

Размер стола XY	220 мм (X) × 160 мм (Y)
Мах зона обработки	203,2 мм (X) × 152,4 мм (Y) × 60,5 мм (Z)
Мах нагрузка стола	1000 г
Клавиши управления	см. рис. 1.2
Индикатор LED	Режим сканирования, режим моделирования, режим просмотра
Уровень шума	В режиме ожидания – до 35 дБ, в процессе работы (без фрезерования) – до 70 дБ
Внешние габариты	476,8 мм (Ш) × 381,6 мм (Г) × 305 мм (В)
Вес (только устройство)	13,7 кг
Температура в помещении	5...40 °C

Таблица 1.2

Технические сведения при механической обработке

Диаметр отверстия шпинделя под инструмент	6 мм
Электродвигатель фрезерного модуля	10 Вт (двигатель постоянного тока)
Механическое разрешение	0,00625 мм/шаг
Максимальная скорость вращения шпинделя	6500 об./мин
Скорость подачи	0,1...15 мм/с

Обрабатываемый материал	Дерево, гипс, модельный пластик, ювелирный воск
Совместимые инструменты	Концевая фреза, сверло

Таблица 1.3

Технические сведения при сканировании

Головка	Roland Active Piezo Sensor (RAPS) длина щупа – 60 мм, диаметр наконечника – 0,08 мм
Метод сканирования	Контактный, с расчетом высоты для точек сетки
Шаг сканирования (Dr.PICZA)	По осям X/Y – от 0,05 до 5,00 мм (с пошаговой настройкой в 0,05 мм), по оси Z – 0,025 мм
Скорость сканирования	4...15 мм/с
Экспорт файлов в форматах	DXF, VRML, STL, 3DMF, IGES, Grayscale, Point Group и BMP

Детали закрепляются двусторонней клейкой лентой, позволяющей достаточно прочно закрепить модельные материалы. Такой механизм крепления является своеобразной защитой механизмов шпиндельной головки машины на операциях механической обработки.

Эта машина незаменима для обучения студентов основам CAD/CAM-моделирования с реальным выходом на изготовление спроектированной модели изделия.

1.2. Техника безопасности при работе с оборудованием

Ниже изложены основные положения техники безопасности при работе с оборудованием Roland MDX-20, нарушение которых может привести к поражению электрическим током или пожару [5].



















Не включать станок и не работать на нем в отсутствие преподавателя.



Не разбирать, не ремонтировать и не модифицировать оборудование.



Использовать только заводской блок питания.

-  Использовать только с кабелем, идущим в комплекте.
-  Оборудование должно быть заземлено.
-  Не использовать при разнице в вольтаже электророзетки и обозначений на блоке питания.
-  Не использовать оборудование, если присутствуют признаки поломки (дым, запах гари, необычный шум и т. д.). В этом случае необходимо немедленно отсоединить вилку шнура от розетки и обратиться к преподавателю.
-  Не использовать с поврежденным блоком питания, кабелем или неисправной розеткой.
-  Если оборудование не используется несколько часов, необходимо отключить его от электросети.
-  Не пытайтесь отсоединить вилку кабеля от розетки мокрыми или грязными руками.
-  Не допускайте попадания жидкостей, металлических предметов или огнеопасных веществ внутрь оборудования.
-  Устанавливайте оборудование на устойчивую поверхность.
-  Во избежание травм не трогайте наконечники режущих инструментов и измерительного щупа сканирующей головки руками.
-  Во избежание попадания стружки и пыли в органы дыхания или зрения во время использования оборудования надевайте защитные очки и маску.
-  Во избежание травм во время сканирования или обработки резанием не помещайте руки в рабочую зону оборудования.
-  В случае возникновения нестандартных (чрезвычайных) ситуаций немедленно отключите кабель питания.
-  Не производите замену шпиндельного и сканирующего модуля при включенном оборудовании.
-  Не используйте оборудование при поврежденных средствах защиты (треснувшая защитная крышка и т. п.).
-  Для удаления металлических отходов используйте мягкую щетку.

2. МЕТОДИКА РАБОТЫ СО СКАНИРУЮЩИМ МОДУЛЕМ

Фрезерная машина комплектуется программным обеспечением для 3D-сканирования – программой Dr.PICZA. Эта программа позволяет полностью управлять процессом сканирования: изменять шаг и размеры зоны сканирования, менять выпуклость/вогнутость изображения для создания литейных форм, создавать зеркально-симметричные объекты функцией «зеркало», регулировать наклон объекта, включать функцию сглаживания кривых, устанавливать высоту поверхности [4].

2.1. Обзор программного обеспечения Roland – Dr.PICZA




Возможности сканирования трехмерного объекта:

- сканирование трехмерных форм и создание 3D-данных;
- повторное сканирование любых отдельных элементов отсканированного объекта;
- установка высоты сканирования;
- установка области сканирования;
- выбор качества сканирования (точность обработки);
- изучение сканируемых изделий с разных точек зрения;
- экспорт данных в 3D-редакторы;
- экспорт данных для CAD-модуля.

Основные команды панели инструментов Dr.PICZA (при наведении указателя мыши на клавишу всплывает краткое описание ее функции) представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Краткая характеристика команд Dr.PICZA

	Wire Frame (каркас сетки сканированных точек) – показывает с учетом всей площади сканирования
	Hide Lines (скрыть линии) – скрывает элементы сетки заднего плана (формирование непрозрачной модели)
	Rendering (визуализация) – заливка объекта (добавляет цвет и затенение)

	Coordinate Display (окно координат) – показывает координаты выделяемой точки объекта и расстояние между двумя точками
	Export (экспорт) – сохраняет данные в требуемом формате, отличном от формата по умолчанию Dr.PICZA
	Postprocessor (постпроцессор) – запускает САМ-модуль (MODELA)
	Controller (контроллер) – настройка параметров сканирования
	Area Rectangle, Ellipse, Polygon (площадь прямоугольная, эллипсовидной формы, полигональная) – выделение области соответствующей формы на отсканированном объекте
	Area Rescan (область под повторное сканирование) – выделение на отсканированном объекте области, требующей более точной сетки
	Invert (инверсия) – вертикальное отображение объекта (ось Z)
	Mirror (зеркало) – зеркальное отображение объекта (ось X)
	Smoothing (сглаживание) – сглаживание поверхности отсканированного объекта
	Data-reduction (упрощение) – понижает точность сетки
	Chance Height of Object Bar – изменение высоты выделенной области на поверхности отсканированного объекта
	Adjust Slant (регулировка положения) – изменение положения объекта (угла наклона) относительно базовой системы координат

2.2. Процесс сканирования на примере режущей пластины

Рассмотрим порядок выполнения необходимых действий при работе с установленным сканирующим модулем на Roland Modela MDX-20 для получения в итоге оцифрованной модели объекта.

Следует помнить, что станок необходимо включать только после загрузки операционной системы подключенного к нему компьютера.

Первым делом после запуска программы Dr.PICZA следует выбрать коммуникационный порт (если порт выбран неверно, то

3D-сканер не будет воспринимать сигнал). Для этого нужно в главном меню выбрать команду «File» – «Preference» и в появившемся диалоговом окне выбрать коммуникационный порт (рис. 2.1). В нашем случае это COM3. Коммуникационные порты на сканирующий и фрезерный модули не должны совпадать.

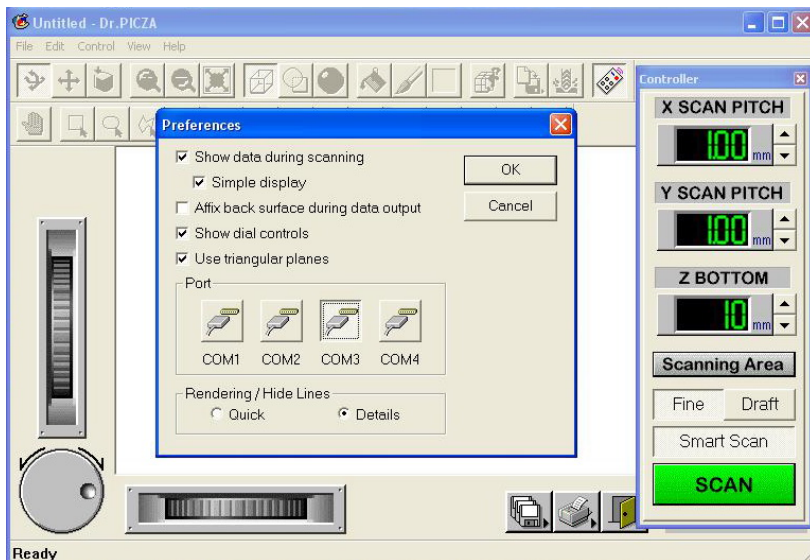


Рис. 2.1. Окно «Preference»

Рассмотрим специфику окна «Preference». Отмечая ту или иную команду, мы выбираем параметры просмотра выходных данных во время сканирования.

Теперь подробнее.

- ◆ Show data during scanning (отображение данных во время сканирования) – здесь происходит постоянное обновление изображения по ходу сканирования. При выключенной опции изображение оцифрованного объекта появляется только после окончания работы сканера, что удобно при необходимости разгрузки оперативной памяти.

- ◆ Simple display (простой вид) – отображает упрощенный образ объекта в процессе сканирования. С одной стороны, контролируется процесс оцифровки, с другой – не перегружается память.

◆ Show dial controls (отображение панели управления) – при отключении скрывает колеса прокрутки.

◆ Use triangular plans (использование трехгранных элементов) – преобразует (разбивает) простые четырехгранные элементы в трехгранные.

◆ Rendering – визуализация: Quick – быстро (упрощенно); Details – подробно.

При запуске программы единственной активной командой панели инструментов является «Controller» .

При её выборе появляется соответствующее окно (рис. 2.1).

Функции «Controller»:

- X SCAN PITCH – шаг (точность сканирования) по оси X ;
- Y SCAN PITCH – шаг (точность сканирования) по оси Y ;
- Z BOTTOM – высота нижней плоскости области сканирования относительно стола станка;
- Scanning Area – окно настройки площади сканирования (рис. 2.2);
- Fine, Draft – настройка качества сканирования;
- Smart Scan – идентификация области сканирования;
- SCAN – запускает непосредственно процесс сканирования.

Перед началом работы для повышения производительности процесса необходимо как можно точнее настроить область сканирования путем ввода координат точек по осям X и Y либо перемещая маркеры при помощи мыши (рис. 2.2).

Координатная сетка пластины стола на станке Roland MDX-20 (см. рис. 1.5) значительно упрощает предварительную настройку. При помощи клавиш «Begin Area Test» и «Cancel Area Test» производится окончательная настройка области сканирования (уточнение введенных координат) путем визуального наблюдения за перемещением иглы сенсора.

Для ускорения выхода на высоту области сканирования необходимо активировать команду «Z Upper Limit» и ввести примерные координаты самой высокой точки объекта. Если сканер в процессе работы найдет более высокую точку, произойдет автоматический пересчет координат. Теперь при сканировании щуп сенсора будет сразу выходить на заданную координату верхней точки объекта.

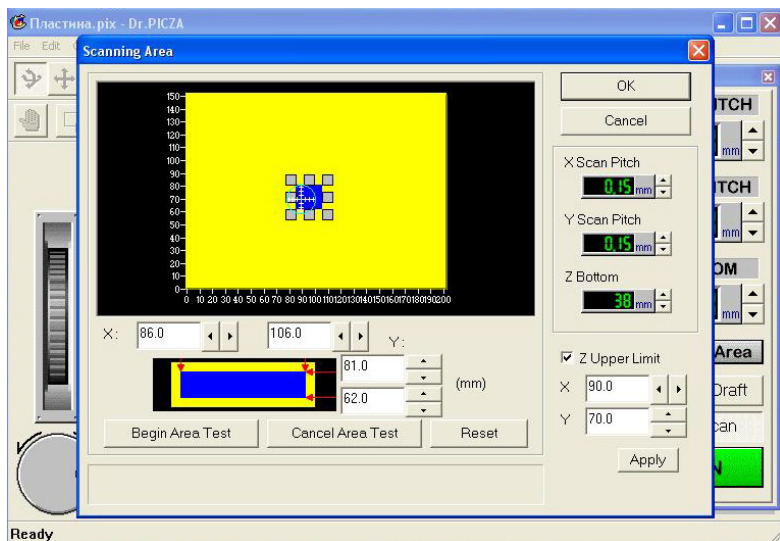


Рис. 2.2. Окно «Scanning Area»

Настроив вышеперечисленные параметры окна «Controller», запускаем непосредственно сам процесс сканирования (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Обход шупом поверхности пластины

Пятигранная режущая пластина установлена на подставке (ускоряет процесс настройки области сканирования) и закреплена двусторонней клейкой лентой.

Во время работы сканирующего модуля на экран выводится окно хода данного процесса «Processing» (рис. 2.4).

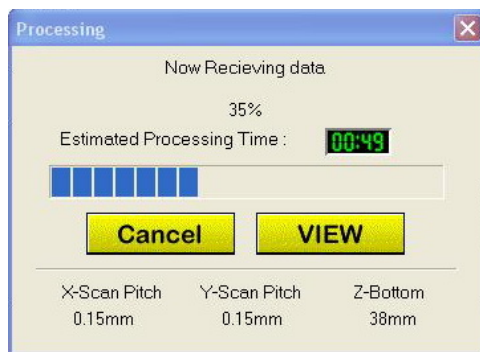



Рис. 2.4. Окно «Processing»

Здесь можно видеть, сколько времени осталось до конца процесса (может меняться в значительных пределах, в зависимости от формы объекта, подвергаемого сканированию), параметры окна «Controller», а также команды «Cancel» и «View».

«Cancel» – отменяет процесс сканирования, но все данные, оцифрованные до аннулирования, остаются в памяти. На рис. 2.5 представлена модель прерванного процесса оцифровки пятигранной режущей пластины с активной функцией  – заливка объекта.

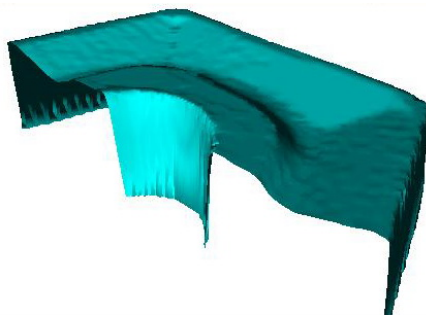


Рис. 2.5. Данные, сохраненные при аннулировании процесса

«View» – прерывание процесса сканирования (дублирует соответствующую кнопку на лицевой панели станка Roland MDX-20). Стол станка выдвигается к оператору для удобства выполнения требуемых действий. Повторное нажатие возобновляет процесс.

Окончательный результат сканирования пятигранной режущей пластины с точностью позиционирования по X и Y 0,15 мм представлен на рис. 2.6.

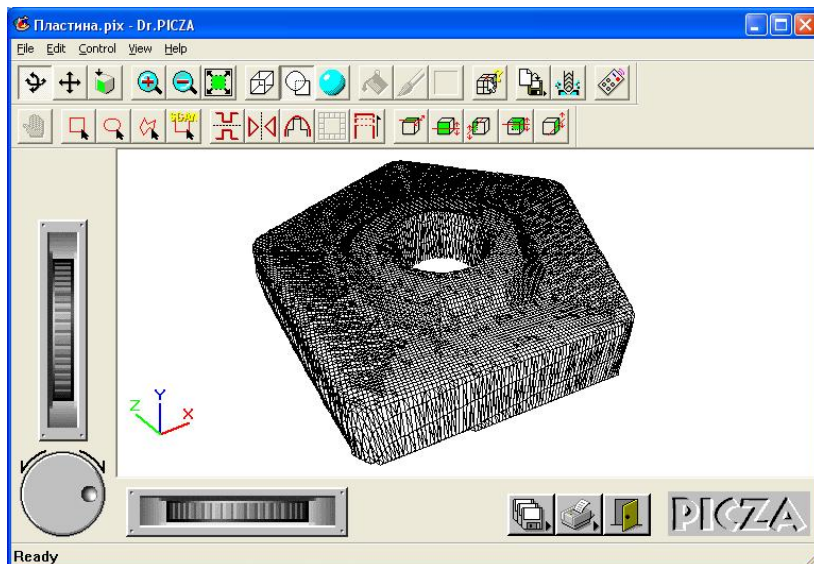


Рис. 2.6. Оцифрованная модель пятигранной режущей пластины

Как только получена отсканированная модель, становятся активными практически все команды панели инструментов (рис. 2.6).

2.3. Возможности редактирования оцифрованной модели

Перед началом редактирования необходимо обязательно сохранить данные сканирования, так как эта версия программы Dr.PICZA не обладает возможностью отката ни на один шаг назад.

Помимо соответствующих команд панели инструментов действия по ориентации оцифрованной модели можно выполнять с зажатой левой кнопкой мыши – осуществляется вращение объекта, а также дополнительно:

- для масштабирования – удерживать клавишу «Shift»;
- для перемещения – одновременно удерживать клавиши «Shift» и «Ctrl».

При сканировании сложных габаритных объектов процесс может занять довольно продолжительное время (до нескольких часов). Выключить станок и на следующий день продолжить сканирование не получится. В этом случае выручает возможность повторного сканирования уже оцифрованного объекта. То есть сначала производится процесс сканирования с относительно большим шагом (рис. 2.7), затем выделяется область под повторное сканирование (рис. 2.8) с точным шагом. Таким образом, появляется возможность проводить сканирование одного и того же объекта в разное время.

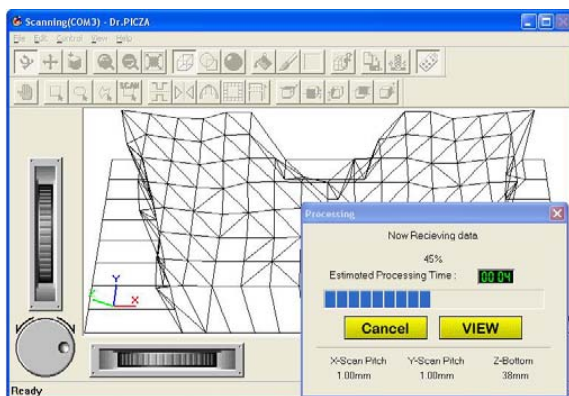


Рис. 2.7. Окно программы во время процесса грубой оцифровки

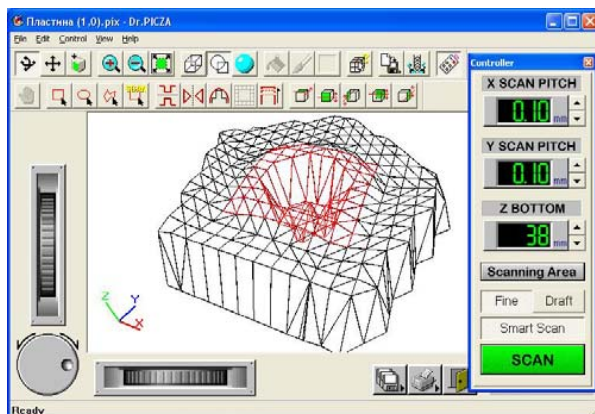


Рис. 2.8. Область, выделенная под точную оцифровку

Конечно, это не основное предназначение функции повторного сканирования. Как при создании конечно-элементных сеток в специализированных САЕ-программах, так и при сканировании на любых деталях имеются элементы (галтели, отверстия, переходные радиусы и т. п.), на которых требуется более точная оцифровка рассматриваемого объекта.

Так, в качестве наглядного примера на рис. 2.9–2.10 показан процесс точной оцифровки отверстия и прилегающей к нему области.

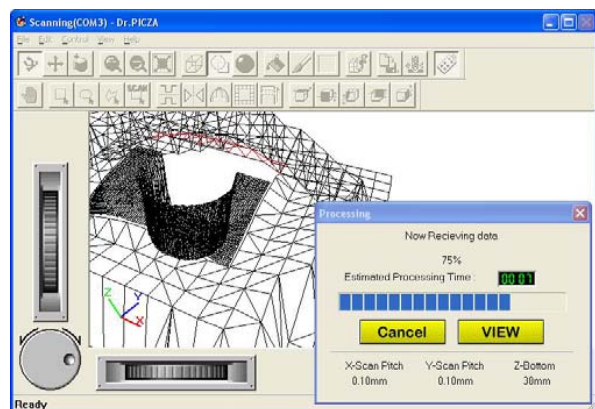


Рис. 2.9. Окно программы во время процесса точной оцифровки

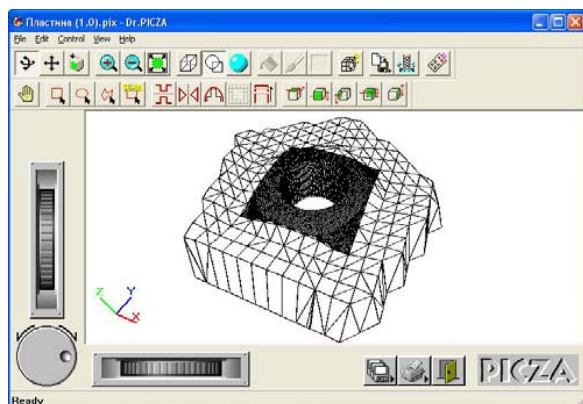





Рис. 2.10. Результат повторного сканирования с повышенной точностью

На объекте можно сразу выделять несколько областей под повторное сканирование, но нужно помнить, что в окне «Processing» время до окончания процесса указывается только на одну выделенную область, обрабатываемую в данный момент. В частности, на рис. 2.9 можно наблюдать вторую область под сканирование – она выделена красным цветом.

Функция зеркального отображения объекта  удобна, когда возникает необходимость сканирования симметричных деталей (относительно плоскости YZ). В этом случае достаточно снять данные с одной модели, а вторую получить зеркальным отображением.

С помощью инверсии объекта  в вертикальной плоскости возможно получение предварительного профиля его «пресс-формы». На рис. 2.11–2.12 представлены соответственно результат инверсии модели пластины и её сглаженная поверхность (результат действия функции ).

Как видно на рис. 2.12, сглаженная поверхность является более предпочтительной для создания по ней CAD-модели, но необходимо учитывать, что в зависимости от степени сглаживания модель теряет определенную точность.

Посредством функции  можно провести предварительный анализ оцифрованного объекта (рис. 2.13).

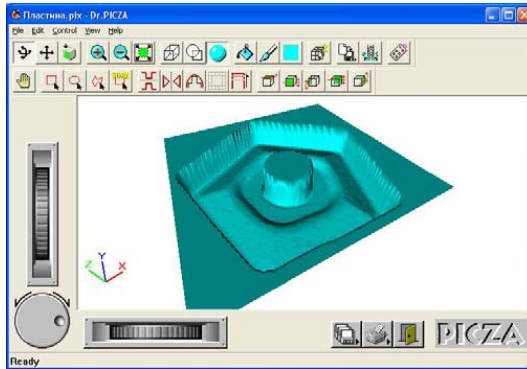


Рис. 2.11. Инверсия пятигранной пластины

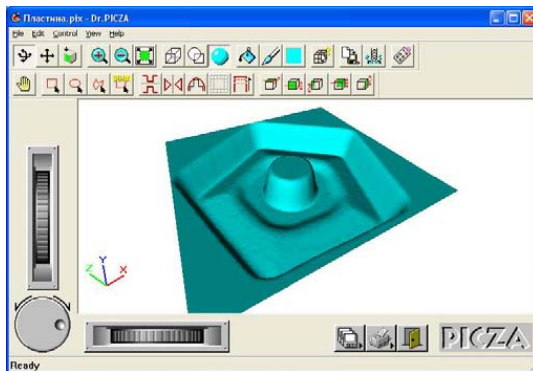


Рис. 2.12. Сглаженная поверхность

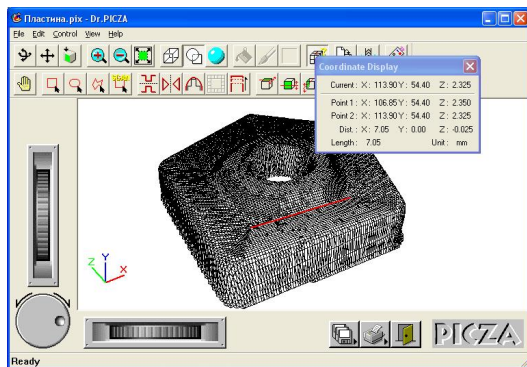


Рис. 2.13. Окно «Coordinate Display»

Окно «Coordinate Display» отображает координаты в пространстве двух выбранных точек, разность этих координат по каждой оси и расстояние между точками.

Окончательно отредактированную модель необходимо экспортировать посредством записи в соответствующий формат [2] (рис. 2.14).

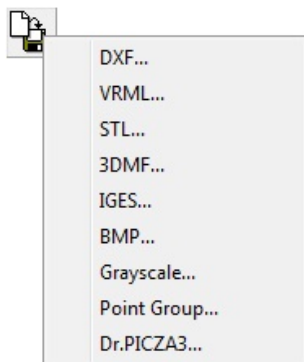


Рис. 2.14. Варианты экспорта

Из всех перечисленных форматов PowerShape и PowerMill без установки каких-либо дополнительных приложений воспринимают формат STL (binary). Для импортирования же в таком нейтральном формате, как IGES, необходима установка модуля PS-Exchange [1] (набор прямых интерфейсов для считывания данных, записанных во внутреннем формате большинства CAD-систем).

3. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ CAD-МОДЕЛИ

В семействе программ Power Solution есть мощная система преобразования данных, полученных с контрольно-измерительных и сканирующих машин, – CoreCAD. Данные оцифровки после редактирования преобразуются в триангулированную и далее в поверхностную модель. При этом поверхности генерируются в пределах заданной погрешности и в случае необходимости обеспечивается гладкое сопряжение примыкающих поверхностей по их границам. По линиям сканирования строится сеточная модель в формате STL с использованием различных способов формирования сетки – от простых до интеллектуальных, которые анализируют данные и предлагают лучший вариант связывания точек. Если уже имеется готовая модель, записанная в формате STL, как в нашем случае, то CoreCAD позволяет произвести ее редактирование.

Получить поверхностную модель по импортированному изображению в формате STL возможно и с помощью пакета объемного моделирования – PowerShape, являющегося совершенным инструментом для работы со сложными формами и обеспечивающего идеальную подготовку CAD-модели для дальнейшего изготовления [1].

Рассмотрим основные шаги формирования CAD-модели в PowerShape.

Импортированная в PowerShape модель пятигранной режущей пластины, предварительно сохраненная перед этим в формате STL, представлена на рис. 3.1.

Как видно, поверхность далека от идеальной, и импорт подобной модели в САМ-модуль не позволит выполнить генерацию траекторий требуемого качества.

В настоящее время Delcam внедряет в программный модуль PowerShape новые функциональные возможности, которые позволят эффективно обрабатывать данные, полученные со сканирующих машин, и создавать на их основе CAD-модели с точным математическим описанием тел и поверхностей, которые будут пригодны для разработки на их основе качественных управляющих программ для станков с ЧПУ.

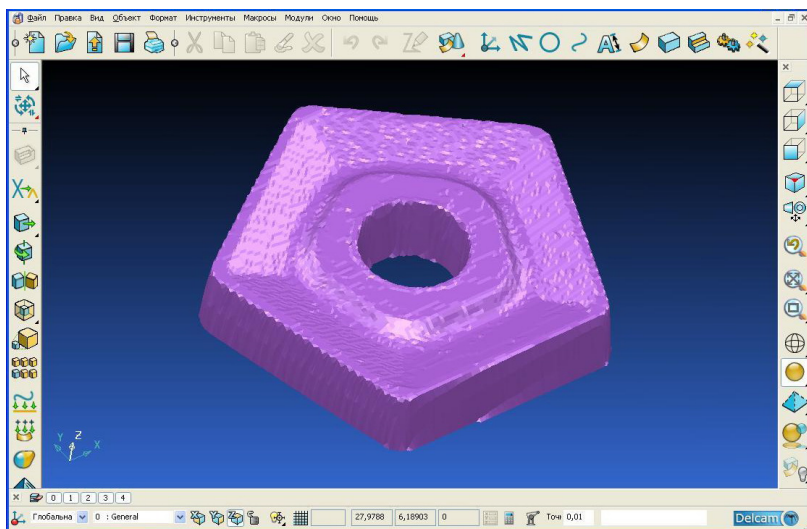


Рис. 3.1. Импортированная модель

В настоящий момент для создания 3D-модели пятигранной пластины по импортированным данным построим совокупность каркасных пространственных объектов (рис. 3.2), по сети которых уже создадим непосредственно сами поверхности (рис. 3.3).

Как видно на рис. 3.3, при наложении импортированной оцифрованной модели и созданной на ее основе поверхностной наблюдаются разрывы в некоторых местах, но принцип их проявления указывает не на ошибочность построения, а на погрешность при оцифровке и последующем экспорте.

Далее выполним скругление построенных поверхностей (рис. 3.4), контролируя их по импортированной модели, и окончательную доработку с учетом реальных параметров пятигранной пластины (рис. 3.5). В частности, необходимо было убрать уклон на гурте, которого нет на прототипе объекта сканирования. Это еще раз показывает, насколько важна точность при оцифровке.

Для повышения качества отображения закрашенной модели (рис. 3.5) повысим точность триангулированной сетки.

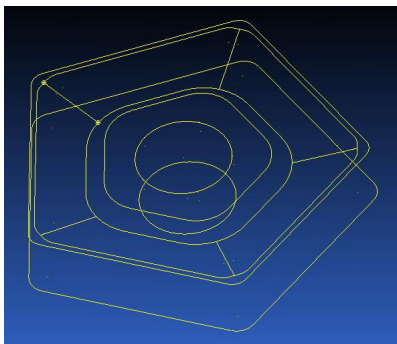


Рис. 3.2. Каркас сетки

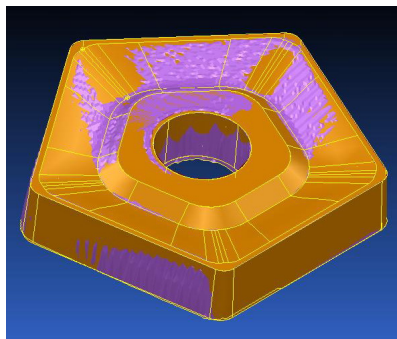


Рис. 3.3. Сгенерированные поверхности

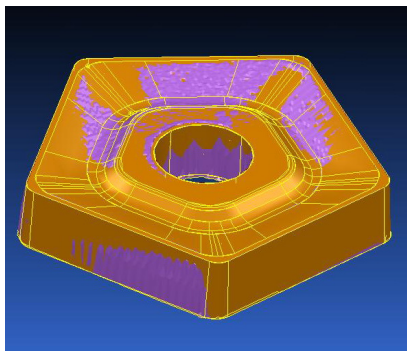


Рис. 3.4. Скругление поверхностей

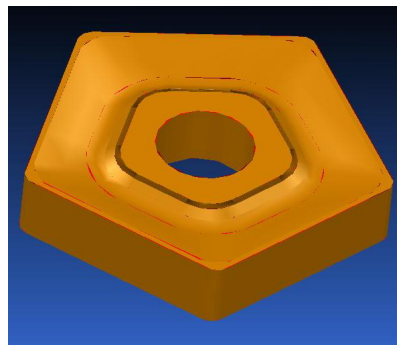


Рис. 3.5. Поверхностная модель

Для этого необходимо пройти по пути «Инструменты» – «Параметры» – «Вид» – «Закраска» и в появившемся окне (рис. 3.6) выставить требуемую точность. Чтобы увидеть изменения сразу, нужно нажать на кнопку «Регенерировать сетку».

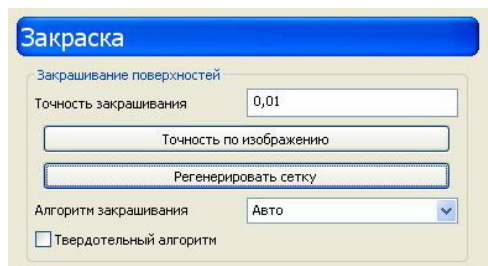


Рис. 3.6. Окно «Закраска»

На рис. 3.7 представлена окончательно сформированная твердотельная CAD-модель пятигранной пластины, созданная путем преобразования из набора ранее построенных поверхностей.

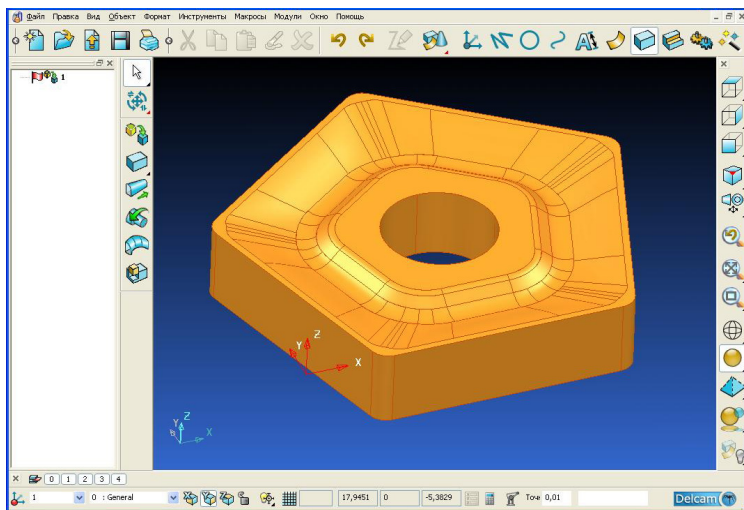


Рис. 3.7. Твердотельная модель пятигранной пластины

Готовую 3D-модель необходимо импортировать в соответствующий формат, для программ Delcam это DGK. Кроме того, при работе с PowerShare импортирование возможно посредством главного меню: вкладка «Модули» – «PowerMill».

Для исключения лишних манипуляций в САМ-модуле перед импортированием необходимо создать локальную систему координат, ориентированную осью Z в предполагаемом направлении оси инструмента (рис. 3.7).

4. МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

В качестве САМ-системы будем использовать один из лучших в мире пакетов для 2,5-, 3- и 5-осевой обработки – PowerMill.

PowerMill – это пакет, позволяющий быстро и с высокой точностью получать черновые и чистовые траектории перемещения инструмента на операциях фрезерования и сверления. PowerMill нетребователен к качеству данных и выполняет обработку без зарезов даже в случае наличия разрывов на поверхности модели. PowerMill импортирует трехмерные модели, созданные не только в PowerShape (формат DGK), но и в большинстве САД-систем (в универсальных форматах IGES, STL, Parasolid и т. п.) и готовит программы для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). В пакет встроены модули визуализации, позволяющие уже на этапе проектирования оценить качество полученной траектории обработки без изготовления прототипа. Широкий выбор стратегий обработки дает возможность создания управляющей программы исходя из возможностей оборудования. PowerMill автоматически оптимизирует длину траекторий, сводя к минимуму число перемещений инструмента [1].

4.1. Система координат

Первым делом после импортирования САД-модели («Файл» – «Импорт модели») необходимо активировать в дереве проекта требуемую систему координат и завязать ее с нулем станка, под который планируется создание управляющей программы. В нашем случае это Roland MDX-20, имеющий рабочую пластину с координатной сеткой, устанавливаемую на столе станка (рис. 1.5). Щелчком правой кнопки мыши по иконке активной системы координат выбираем в появившемся контекстном меню команду «Правка» – «СК детали» (рис. 4.1), где задаем соответствующее требуемое положение системы по всем трем направлениям, базируясь по координатной сетке в плоскости XY и основываясь на вылете инструмента и высоте установленной заготовки в направлении оси Z .

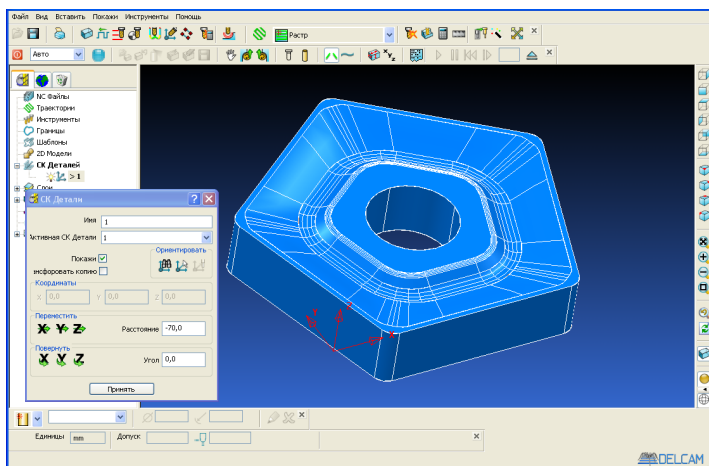




Рис. 4.1. Окно «СК детали»

4.2. Создание NC-файла, заготовки и определение безопасных высот

Разработку управляющей программы начнем с создания NC-файла – это верхняя строчка дерева проекта. В выпадающем контекстном меню выбираем «Создать NC-файл» и в открывшемся окне присваиваем имя, указываем место расположения файла вывода и обязательно постпроцессор, без которого создание управляющей программы невозможно. После этого командами «Выполнить» и «Принять» сохраняем произведенные изменения.

Следующим шагом зададим размеры заготовки. Вызовем окно «Заготовка», нажав на соответствующую иконку  на главной панели инструментов, воспользовавшись подсказкой (появляется при наведении курсора мыши), и зададим ее параметры (рис. 4.2).

В нашем случае в качестве заготовки используется блок. Кнопка «Вычислить» автоматически определяет параметры заготовки и просчитывает ограничения по осям координат. Далее необходимо вручную указать реальные размеры обрабатываемого блока в плоскости XU и для обеспечения возможности обработки верхнего торца изменить координату «Max Z», увеличив заготовку по высоте.

Затем определим безопасные высоты. В соответствующем окне  выберем в качестве области перемещения плоскость и воспользуемся кнопкой «Установить по заготовке» для программного подсчета требуемых координат по оси Z (рис. 4.3).

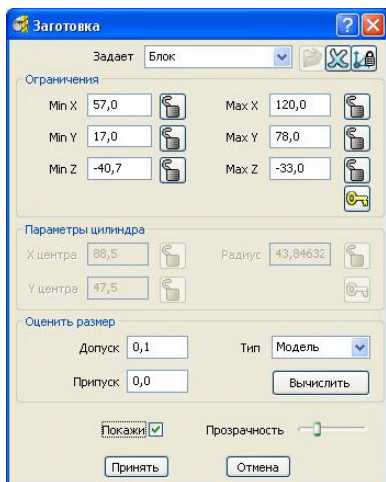


Рис. 4.2. Окно «Заготовка»

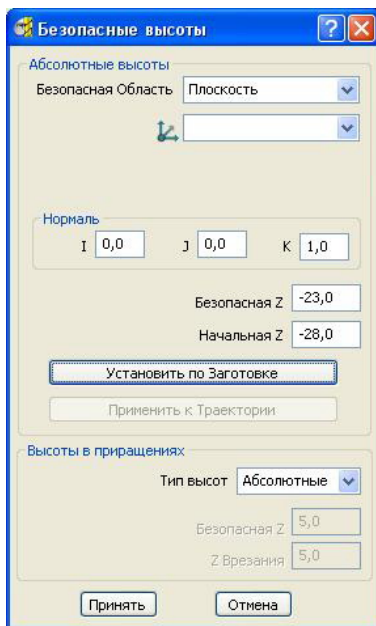


Рис. 4.3. Окно «Безопасные высоты»

На данной высоте инструмент имеет возможность перемещаться на ускоренных подачах.

Ограничения по заготовке и безопасные высоты рассчитываются в координатах созданной нами системы, ориентация которой жестко привязана к заготовке, надежно зафиксированной на рабочей пластине стола станка (рис. 4.4) двусторонней клейкой лентой.

Уже на данном этапе мы можем выбирать стратегии обработки. Создадим нашу деталь черновым, чистовым проходами и выборкой углов.

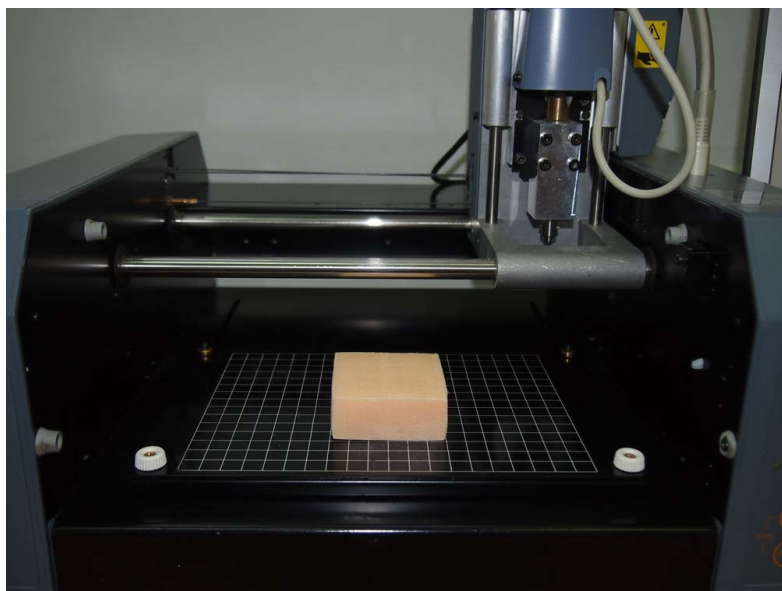



Рис. 4.4. Рабочая зона станка с установленной заготовкой

4.3. Создание траектории черновой обработки

Для выбора стратегии черновой обработки учитываем наиболее подходящий метод удаления материала.

Для создания траектории черновой обработки необходимо выбрать опцию стратегии обработки  на главной панели инструментов и в появившемся диалоговом окне выбрать закладку «3D-выборка» и далее «Выборка смещением 3D-модель» (рис. 4.5). Смещение – обработка по контуру, материал удаляется эквидистантными (равнотудаленными на заданный шаг) к каждому контуру проходами до полной выборки слоя [3].

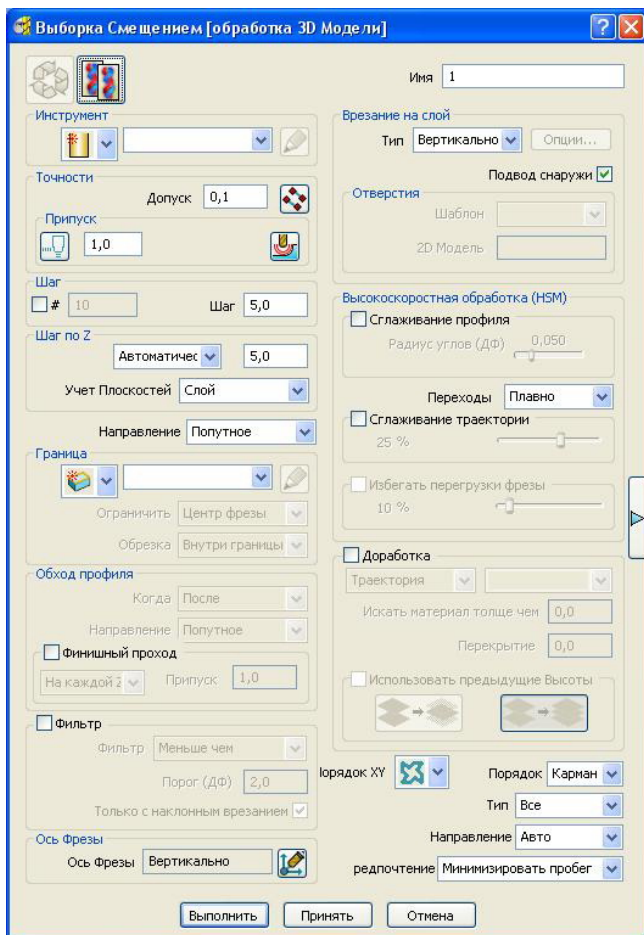


Рис. 4.5. Окно «Выборка смещением»

В выпадающем меню «Инструмент» произведем выбор требуемого нам типа. Для черновой обработки создадим концевую фрезу диаметром 3 мм. Последовательно заполняя ячейки по вкладкам окна «Концевая фреза» (рис. 4.6), ориентируясь на реальные параметры инструмента и шпиндельной головки, зададим параметры непосредственно режущей части, хвостовика (посадочный диаметр у Roland MDX-20 равен 6 мм), патрона и назначим требуемые режимы резания на данный инструмент.

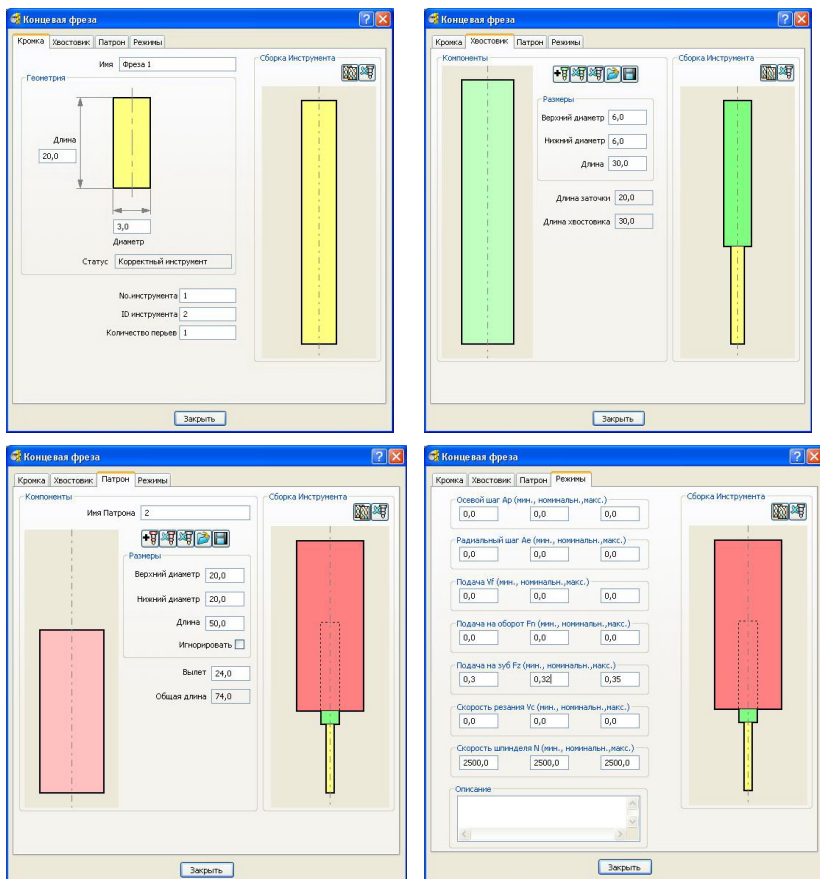


Рис. 4.6. Геометрические параметры и режимы резания концевой фрезы

Далее устанавливаем приемлемый для нас допуск на отклонение моделируемой траектории (по умолчанию – 0,1 мм); припуск на последующие проходы (в связи со спецификой обработки назовем 0 мм); шаг в радиальном направлении зададим 2,5 мм; направление выберем «любое», так как на черновой обработке нас прежде всего интересует производительность; ось фрезы и врезание на слой – «вертикально», в связи с особенностями оборудования и возможностями фрезы.

Шаг по Z по умолчанию – автоматически 5 мм. Для оптимизации траектории выберем задание шага «вручную» и в диалоговом

окне (рис. 4.7) зададим выборку материала за три прохода. Происходит автоматический подсчет координат по высоте с учетом выбранного допуска.

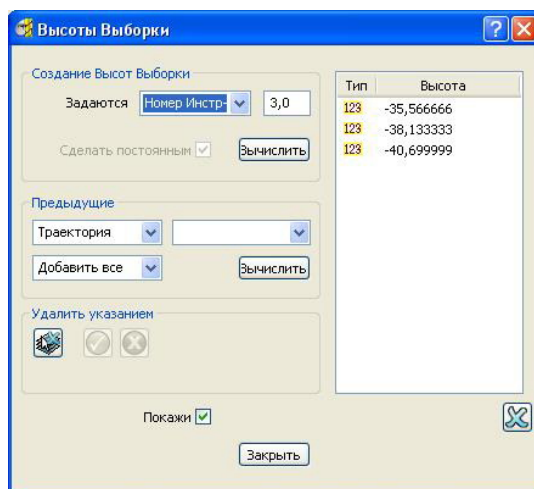


Рис. 4.7. Окно «Высоты выборки»

Активируем опцию сглаживания профиля – в этом случае в траекторию движения инструмента вписываются дуги, снижающие резкое изменение направления [3].

Порядок выборки, то есть последовательность перемещения инструмента между отдельными областями одного слоя обработки, в плоскости XU оставим по умолчанию, а именно – обработку по кратчайшей траектории.

По завершении выбора необходимых параметров сохраняем их для созданной траектории: «Выполнить» – «Принять».

На рис. 4.8 в графическом окне программы представлены отображение инструмента, закрепленного в патроне, и траектория выборки при черновом фрезеровании. Для большей наглядности в дереве проекта был погашен слой «General». Также можно скрыть инструмент, траекторию и т. д.

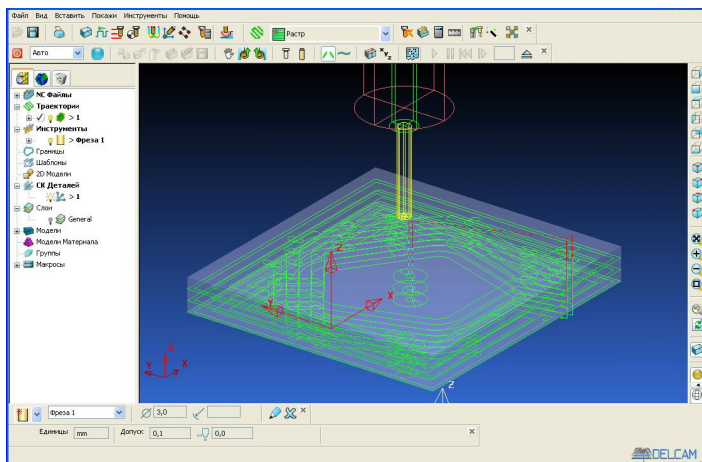


Рис. 4.8. Отображение инструмента и траектории черновой обработки

Зелеными линиями обозначают рабочие ходы, пунктирными красными – переходы между ними, голубыми – подводы инструмента на подаче врезания.

Чтобы проследить за движением инструмента, нужно при щелчке правой кнопкой мыши по значку траектории в дереве проекта выбрать строку «Анимация» и установить нужную скорость.

Кроме того, PowerMill имеет возможность визуализации процесса обработки, имитирующей реальные движения инструмента по разработанным стратегиям. То есть предварительный анализ качества построения траектории возможно провести без передачи программы на станок и в случае ошибки отредактировать ее и пересчитать.

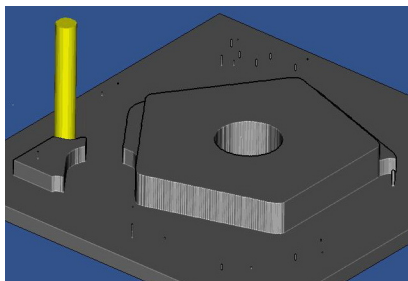


Рис. 4.9. Визуализация черновой обработки

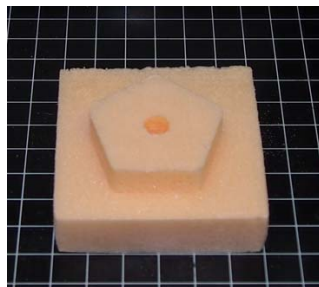



Рис. 4.10. Обработанный образец

На рис. 4.9 представлено окно визуализации ViewMill обработки опоры во время снятия припуска на черновой операции, а на рис. 4.10 представлено фото образца после завершения операции.

4.4. Создание траектории чистовой обработки

При создании траектории чистовой обработки мы производим замену режущего инструмента, и здесь необходимо уделить внимание тому, чтобы вылет инструментов был одинаковым.

Генерацию траектории чистовой обработки начнем с выбора стратегии обработки:  – «Чистовая» – «3D-смещением». При чистовой обработке материал удаляется также эквидистантными проходами, но шаг откладывается непосредственно по поверхности [3].

Инструмент выбираем аналогично предыдущей обработке – коническую сферическую фрезу с радиусом сферы 2 мм, углом скоса 4° и новыми режимами резания – с целью повышения чистоты поверхности обороты шпинделя оставляем на прежнем уровне, а подачу снижаем до 0,28 мм/зуб.

Допуск снижаем до 0,05 мм, припуск оставляем равным 0,0 мм, шаг вычисляем автоматически по высоте гребешка (0,8 мм) и уже это значение понижаем до 0,5 мм для итогового повышения чистоты поверхности.

При чистовой обработке создадим границу по выбранным поверхностям (рис. 4.11). Выбор поверхностей производим с зажатой клавишей Shift. Для отмены случайно выбранной поверхности – с зажатой клавишей Ctrl.

Для сокращения количества подъемов между замкнутыми эквидистантными контурами активируем опцию «Спираль» – набор замкнутых контуров превратится в один спиральный проход.

Результат расчета траектории чистовой обработки представлен на рис. 4.12, а на рис. 4.13 – визуализация в окне ViewMill с активированной опцией «Все траектории NC-файла» – в этом случае перед визуализацией чистовой обработки будет выполнена визуализация черновой обработки.

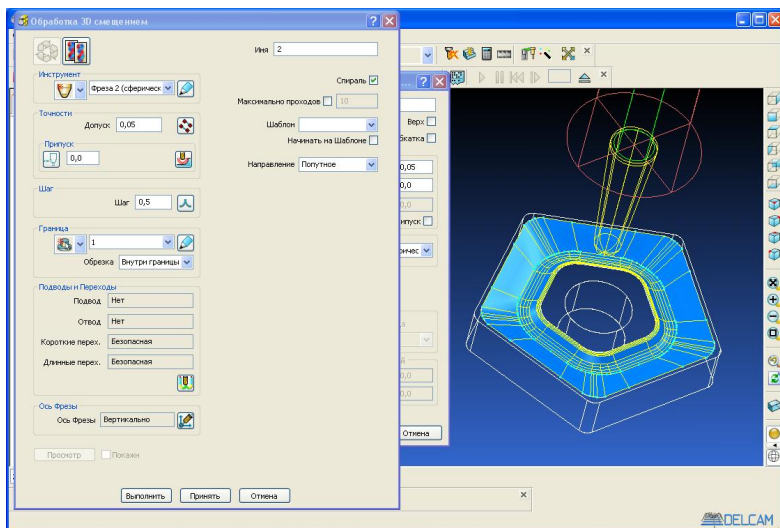


Рис. 4.11. Создание границы по выбранным поверхностям

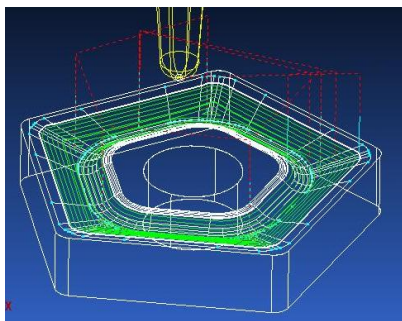


Рис. 4.12. Траектория чистовой обработки

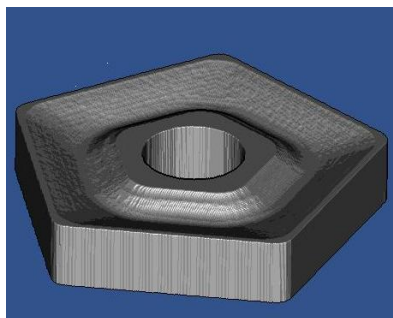


Рис. 4.13. Визуализация чистовой обработки

4.5. Доработка углов

Выполним проверку радиусов поверхности после обработки сферической фрезой на чистовой операции.

Для этого в дереве проекта вызываем контекстное меню параметра «Модели» и выбираем функцию «Отрисовка» – откроется окно параметров отображения модели (рис. 4.14). Здесь нас на данный

момент интересует радиус кромки фрезы – вводим значение радиуса шаровой фрезы с учетом допуска на обработку.

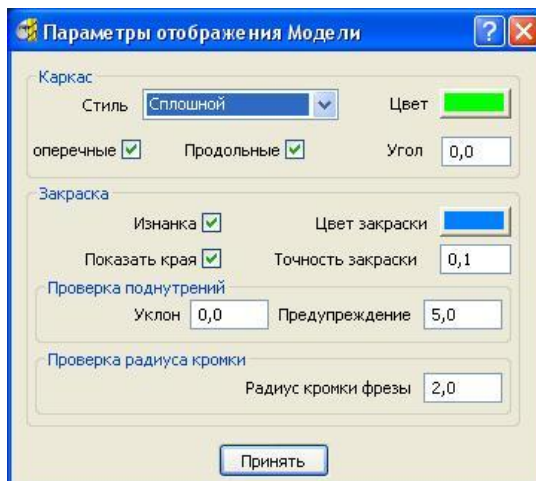



Рис. 4.14. Окно «Параметры отображения модели»

Далее на панели видов выбираем опцию  – проверка радиуса. В результате получаем вид модели, представленный на рис. 4.15.

В красный цвет окрашены не обрабатываемые в данный момент участки.

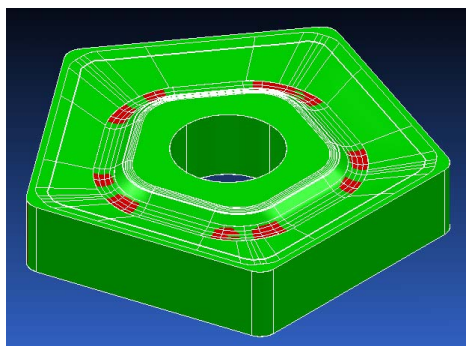



Рис. 4.15. Проверка радиусов

При изменении радиуса кромки фрезы в окне параметров на 1 мм модель будет полностью окрашена в зеленый цвет.

Рассчитаем траекторию доработки необработанных углов:  – «Чистовая» – «Угол автоматический» – по результатам вычисления области, направления и порядка обработки будет произведен выбор наиболее подходящей траектории. Стратегия обработки будет построена с учетом траектории предыдущей фрезы (рис. 4.16).

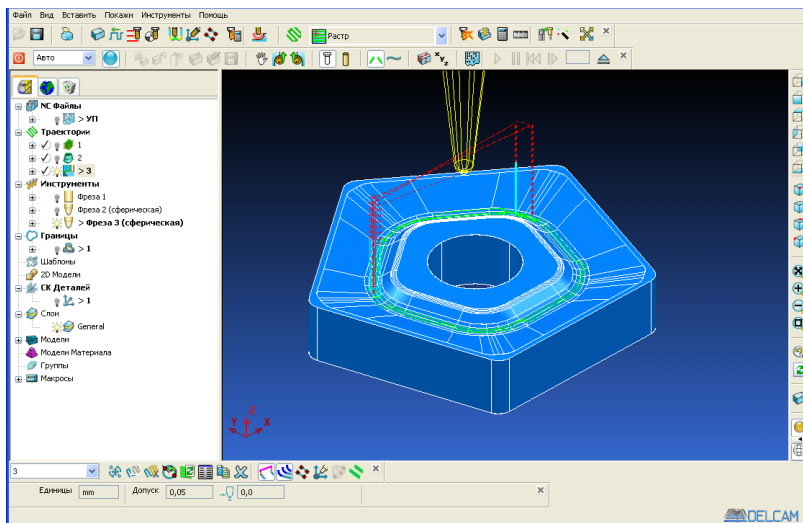


Рис. 4.16. Сгенерированная траектория доработки углов

4.6. Вычисление управляющей программы

Перед началом работы нами был создан NC-файл. Сейчас, кликнув правой кнопкой мыши по иконке в дереве проекта, выбираем строку «Параметры» и в открывшемся окне выполняем действие «Записать» (рис. 4.17). В этот момент запустится работа постпроцессора, и в итоге появится сообщение о завершении работы. Создание NC-файла возможно и после всего комплекса работ по созданию управляющей программы.

В окне NC-файла (рис. 4.17) можно видеть перечень траекторий с параметрами инструментов на каждой.

Для просмотра текста программы, написанной в нашем случае с учетом системы управления фрезерного станка Roland MDX-20, нужно открыть файл *tar через программу «Блокнот» (рис. 4.18).

Файл вывода постпроцессора имеет разрешение *tar.

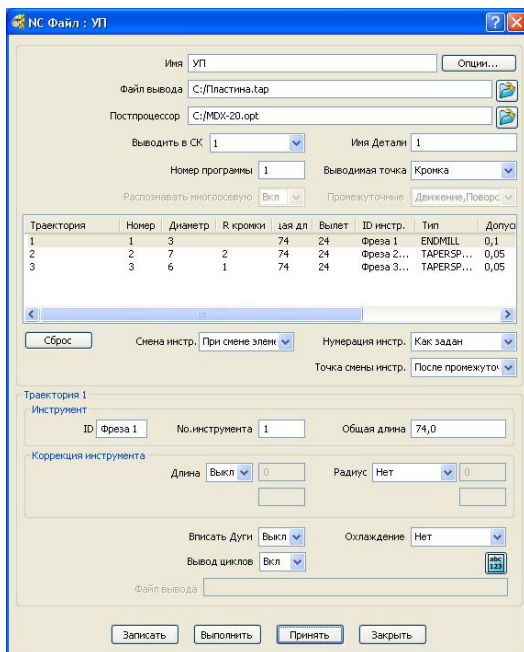


Рис. 4.17. Окно «NC-файл»

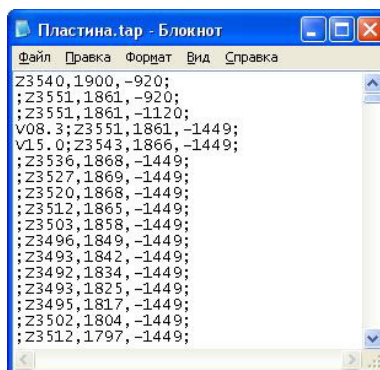


Рис. 4.18. Фрагмент текста управляющей программы

На рис. 4.19 и 4.20 приведены фотографии процесса обработки и окончательно обработанной пятигранной пластины (2:1) в паре с оригиналом.

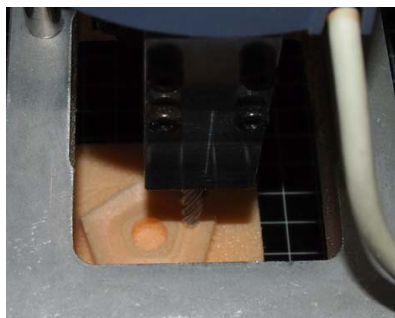


Рис. 4.19. Процесс обработки

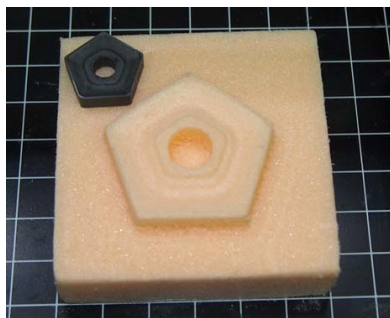


Рис. 4.20. Готовое изделие

Умение работать с современным программным обеспечением автоматизированного проектирования, создавать оптимальные траектории перемещения инструмента и генерировать управляющие программы обработки изделий на станках с числовым программным управлением является неотъемлемой частью компетенций выпускников высших учебных заведений, которые выбрали направление подготовки – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа 1 *Настройка области сканирования*

Цель – освоить приемы точной настройки по координатам габаритов объекта сканирования.

Задание. Закрепите объект сканирования согласно варианту (см. приложение) на рабочей пластине стола станка и настройте оптимальное перемещение сканирующего модуля.

Практическая работа 2 *Повторное сканирование оцифрованного объекта*

Цель – освоить приемы повышения точности оцифрованных объектов.

Задание. Произведите сканирование объекта согласно варианту с крупной сеткой и уточнение элементов сетки отдельных областей.

Практическая работа 3 *Инверсия и анализ объекта*

Цель – освоить команды редактирования модели.

Задание. Выполните инверсию модели ранее отсканированного объекта (согласно варианту) и отредактируйте её геометрические характеристики с фиксацией результатов каждой использованной команды на отдельной области оцифрованной модели.

Практическая работа 4 *Создание CAD-модели в программном пакете PowerShape*

Цель – освоить приемы создания сеточного каркаса по импортированной модели.

Задание. Создайте твердотельную модель согласно варианту, используя приемы каркасной геометрии при работе с поверхностями.

Практическая работа 5 *Создание траектории черновой выборки в пакете PowerMill*

Цель – освоить стратегии черновой обработки 3D-модели.

Задание. Задайте оптимальные параметры (инструмент, пуск, шаг, сглаживание и т. п.) при создании стратегии черновой выборки.

Практическая работа 6

Создание траектории чистовой обработки в пакете PowerMill

Цель – освоить стратегию «3D-смещением» чистовой обработки 3D-модели.

Задание. Создайте траекторию с использованием границы по выбранным поверхностям.

Практическая работа 7

Доработка углов в пакете PowerMill

Цель – освоить приемы доработки углов по поверхности, обработанной предыдущим инструментом.

Задание. Произведите проверку радиусов поверхности после обработки фрезой на чистовой операции, выполните подбор фрезы для доработки необработанных углов и создайте соответствующую стратегию обработки.

Практическая работа 8

Создание управляющей программы и фрезерование объекта проектирования

Цель – освоить приемы записи смоделированных стратегий в NC-файл.

Задание. Запишите NC-файл смоделированных стратегий и запустите обработку изделия на станке.

Контрольные вопросы

1. Какими возможностями обладает фрезерный модуль станка Roland MDX-20?
2. Какими возможностями обладает сканирующий модуль станка Roland MDX-20?
3. Что позволяет выполнять программа Dr.PICZA?
4. Как происходит настройка отображения данных при сканировании?
5. Как происходит настройка площади сканирования?
6. В чем заключаются и какие возможны этапы при повторном сканировании?
7. Какие варианты редактирования оцифрованной модели вы знаете?
8. Перечислите этапы создания CAD-модели по оцифрованным данным.
9. Как повысить качество триангулированной сетки?
10. Как произвести совмещение нулей модели и станка?
11. Что необходимо выполнить для создания NC-файла?
12. Перечислите возможные способы создания заготовки в PowerMill.
13. На чем основывается определение безопасных высот?
14. Перечислите этапы при создании траектории черновой обработки.
15. Что позволяет оценить окно визуализации ViewMill?
16. Перечислите этапы при создании траектории чистовой обработки.
17. Какие принципиальные отличия присутствуют в алгоритме действий при создании траекторий черновой и чистовой обработок?
18. Когда применяется и как происходит проверка и доработка углов?
19. Перечислите этапы создания управляющей программы для станка с числовым программным управлением.
20. С какой целью производят упорядочивание траекторий обработки?
21. В чем заключаются особенности создания управляющей программы для Roland MDX-20?

22. Перечислите основные этапы пути от оцифровки данных твердотельного объекта до получения управляющей программы для его обработки.
23. В чем заключаются преимущества и недостатки создания CAD-модели по сравнению с изготовлением прототипа традиционным способом?
24. С какой целью генерируются оцифрованные поверхности?
25. Какими возможностями обладают программы семейства Power Solution?

Библиографический список

1. Делкам в России : [Электронный ресурс]. 2014. URL : <http://www.delcam.ru>. (Дата обращения: 14.10.2014.)
2. Левашкин, Д.Г. Руководство оператора системы ЧПУ «Интеграл» : учеб.-метод. пособие / Д.Г. Левашкин, А.С. Селиванов, В.И. Малышев. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 53 с.
3. Карданов, С.Б. Компьютерное моделирование деталей и проектирование технологии их изготовления в программном комплексе Power Solution : учебное пособие / С.Б. Карданов. – Тольятти : ТГУ, 2006.
4. MDX-20/15 – Roland DG Corporation : [Электронный ресурс]. 2014. URL : http://www.rolanddg.com/product/3d/3d/mdx-20_15/mdx-20_15. (Дата обращения: 14.10.2014.)
5. Roland Modela (3D Plotter) MDX–20 : User’s Manual. – Roland DG Corporation, 2000. – 70 с.



Вариант 1
Вариант 15 (инверсия)



Вариант 2
Вариант 16 (инверсия)



Вариант 3
Вариант 17 (инверсия)



Вариант 4
Вариант 18 (инверсия)



Вариант 5
Вариант 19 (инверсия)



Вариант 6
Вариант 20 (инверсия)



Вариант 7
Вариант 21 (инверсия)



Вариант 8
Вариант 22 (инверсия)



Вариант 9
Вариант 23 (инверсия)



Вариант 10
Вариант 24 (инверсия)



Вариант 11
Вариант 25 (инверсия)



Вариант 12
Вариант 26 (инверсия)



Вариант 13
Вариант 27 (инверсия)



Вариант 14
Вариант 28 (инверсия)