

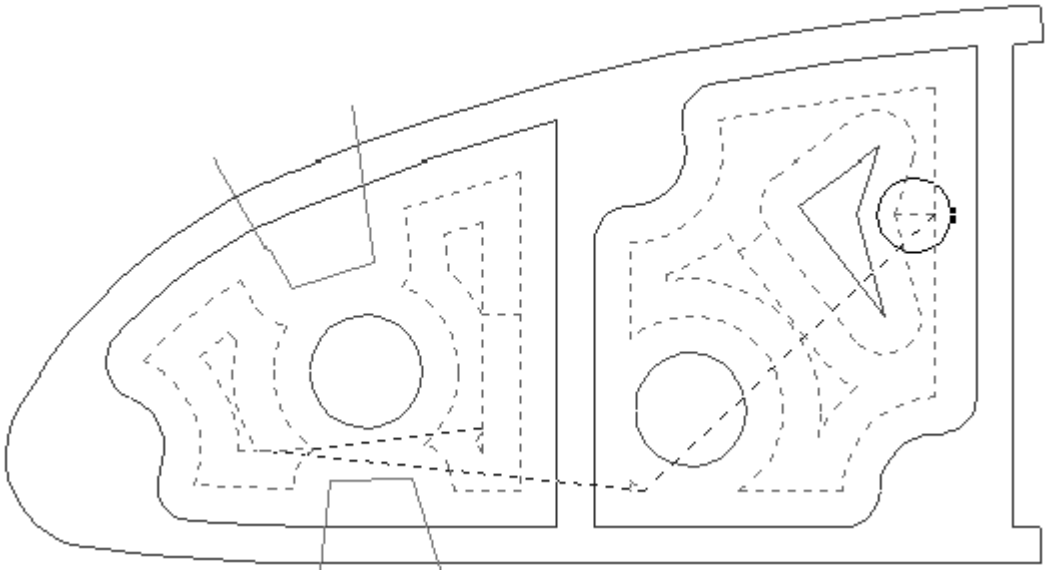
Глава



Обработка 2D

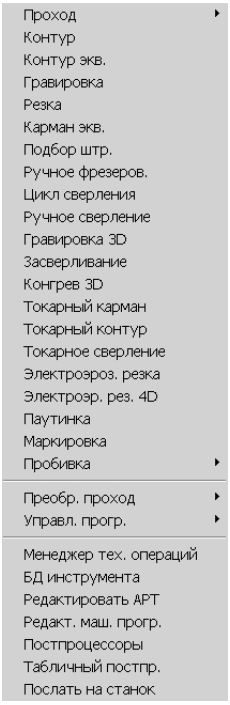
Обработка 2D

Пункт **Обработка 2D** предназначен для формирования “проходов” - участков траектории режущего инструмента, обеспечивающих обработку отдельных элементов детали или детали в целом, представленных в виде плоских контуров.



Для того, чтобы использовать возможности модуля плоской обработки, необходимо запустить геометрический редактор - 2D, вызвав его через панель задач Windows и кнопку ***Пуск*** (ярлык GeMMa-2D) или перейти из геометрического редактора - 3D в редактор 2D, нажав кнопку ***2D*** в основном меню системы.

После входа в пункт главного меню **Обработка 2D** появляется дополнительное меню:



Пункт **Проход** включает в себя команды визуализации, удаления, объединения проходов и редактирования комментария предварительно созданных проходов.

В пунктах меню, начиная с пункта **Контур** и заканчивая пунктом **Пробивка**, строятся проходы инструмента (фрезы, сверла, резца, проволоки или пуансона), в зависимости от вида обработки.

В пункте **Контур** проход строится для заданного контура, к которому могут быть добавлены участки подхода и отхода инструмента, а также элементы включения и выключения коррекции. При этом инструмент движется по контуру своим центром.

В пункте **Контур** эквидистантой проход строится эквидистантно к заданному контуру, с учетом припуска и радиуса инструмента, подхода и отхода, а также коррекции на радиус. При этом инструмент движется по

контуру своей периферией.

В пункте **Гравировка** проход строится для указанного пользователем множества элементов, из которого состоит изделие (точки, отрезки, дуги, сплайны), производится сбор простых элементов в цепочки, и минимизируются переходы по плоскости безопасности. Инструмент движется по каждому элементу своим центром, а в точках производится сверление.

В пункте **Резка** строится проход, обеспечивающий процесс вырезания системы контуров из заготовки без нарушения ее целостности. Сначала вырезаются внутренние контура, затем внешние. Исходная геометрия представляет собой совокупность непересекающихся замкнутых контуров.

В пунктах **Карман эквидистантой**, **Подбор штриховкой** формируется процесс выборки материала из указанной области. Проход строится внутри заданного замкнутого составного контура или системы замкнутых и разомкнутых контуров. Формируются траектории инструмента по эквидистантам или системе параллельных линий. При построении учитывается диаметр инструмента и радиус скругления кромки; припуск на обработку по ограничивающему контуру; способ врезания; степень перекрытия соседних ходов инструмента.

Пункт **Подбор штриховкой** может использоваться при программировании подбора после выборки материала фрезой большого диаметра.

Пункт **Ручное фрезерование** предназначен для формирования прохода фрезы, заданного перемещением инструмента от точки к точке.

Пункт **Цикл сверления** предназначен для программирования циклов сверления.

Пункт **Ручное сверление** предназначен для формирования циклов сверления, заданных перемещением инструмента от точки к точке.

Пункт **Гравировка 3D** предназначен для формирования прохода инструмента для выборки коническим граверным резцом области внутри системы замкнутых контуров или обхода незамкнутых контуров. Проход формируется как 3D проход фрезы.

Пункт **Засверливание** формирует циклы сверления в тех точках, где фреза будет опускаться в материал в процессе выполнения операции выборки.

Пункт **Конгрев 3D** задает еще один вид гравировки. Обработка ведется сферическим инструментом.

Пункты **Токарный контур, Токарный карман, Токарное сверление** предназначены для создания проходов токарного резца.

Пункты **Электроэрозионная резка 2D, Электроэрозионная резка 4D** предназначены для создания проходов проволоки при соответствующих видах обработки.

Пункт **Паутинка** позволяет сформировать проход в тех местах изделия, где происходит изменение условий резания за счет увеличения площади соприкосновения инструмента с обрабатываемым материалом (например, в

процессе выполнения операции выборки в угловых точках траектории). Таким образом происходит «разгрузка» материала в этих местах.

Пункт **Маркировка** предназначен для создания программ маркировки изделий, имеющих последовательную нумерацию.

Пункт **Пробивка** включает в себя различные стратегии вырубки (высечки) изделий из листовой заготовки пуансоном заданной формы.

Пункт **Преобразовать** проход предназначен для выполнения с заданным проходом геометрических преобразований - перенос, поворот, отражение, масштабирование.

Пункт **Управляющая программа** позволяет создать новую управляющую программу для станков с ЧПУ по созданным ранее проходам, задав соответствующие параметры обработки в меню Параметры управляющей программы или отредактировать сгенерированную ранее программу.

Пункт **Менеджер технологических операций** позволяет параметризировать технологические операции обработки. В результате чего при изменении одного из составляющих технологической операции (параметров обработки, инструмента или обрабатываемой геометрии) будет пересчитан проход фрезы с новыми параметрами.

Пункт **База данных инструмента** предназначен для создания собственных баз используемого инструмента в зависимости от вида операции.

Для редактирования текста универсальной управляющей программы или программы в кодах конкретного станка используются пункты меню **Редактирование APT-программы** и **Редактирование MSH-программы** соответственно.

Пункт **Постпроцессоры** содержит перечень программ-перекодировщиков (постпроцессоров) для различных станков, которые позволяют перекодировать универсальную управляющую программу в инвариантных кодах (APT-программу) в коды управления конкретного станка.

Пункт **Табличный постпроцессор** предназначен для создания программы-перекодировщика (постпроцессора) из APT-файла в коды управления конкретного станка.

Пункт **Послать на станок** обеспечивает передачу управляющей программы с компьютера непосредственно на стойку управления станка.

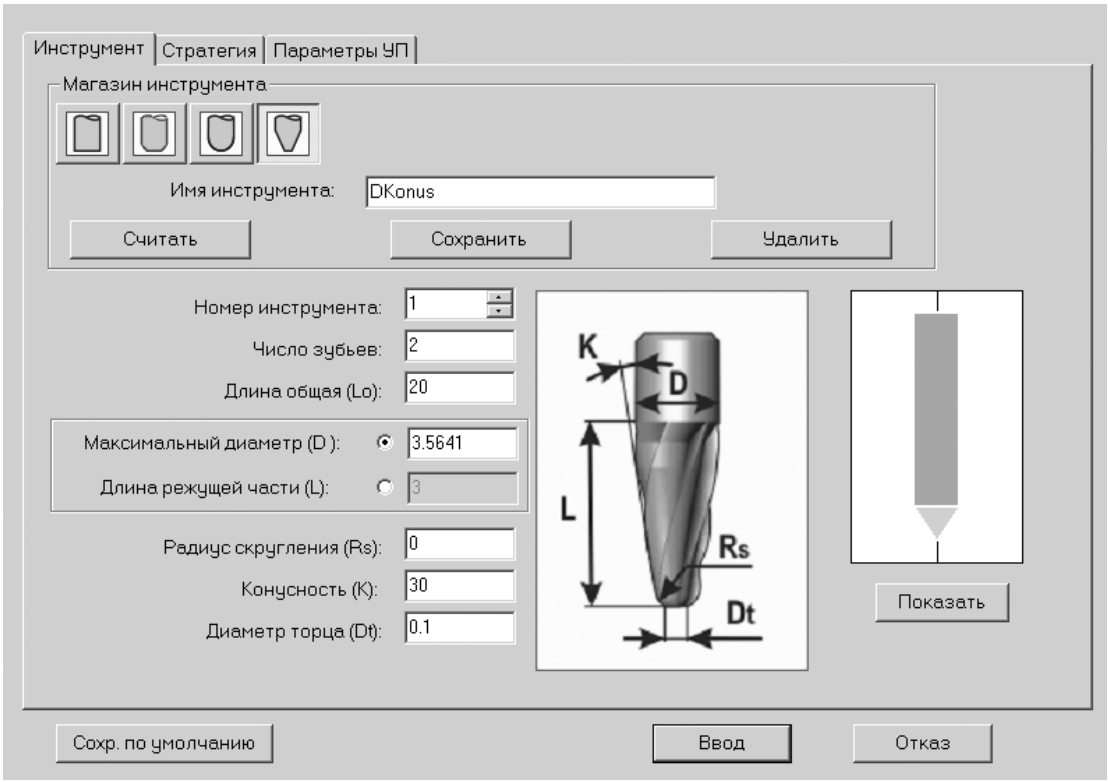
Задание инструмента

Построение проходов 2D-обработки начинается с задания инструмента. Параметры инструмента задаются на закладке *Инструмент* после выбора стратегии обработки.

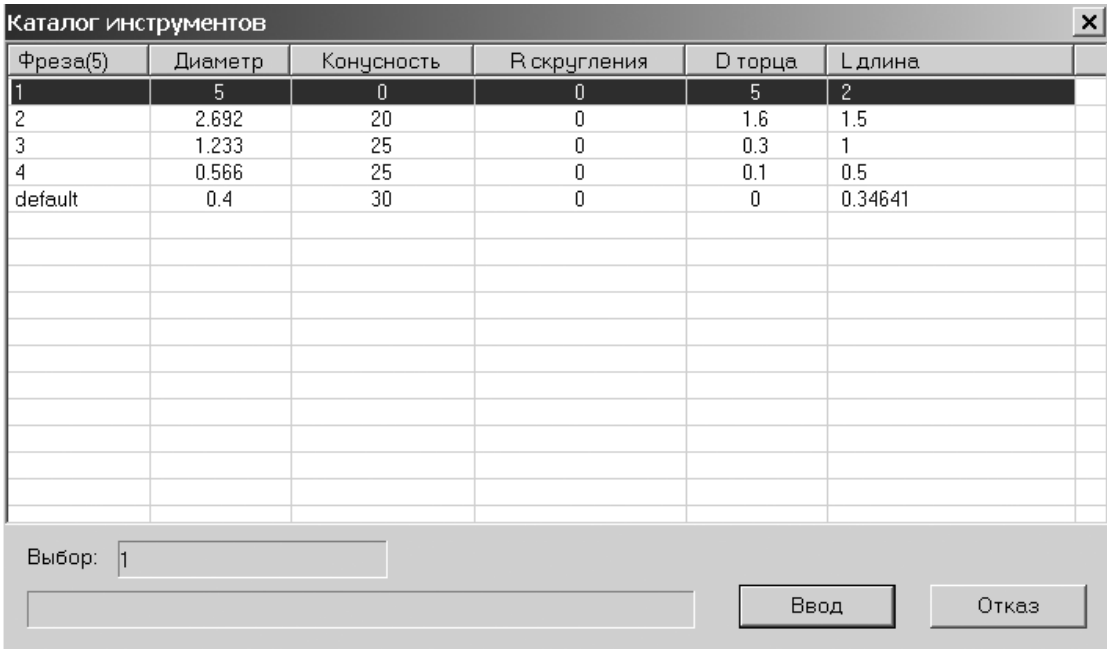
Диалоговая панель задания инструмента содержит параметры инструмента, эскиз и окно визуализации инструмента.

Каждый инструмент имеет уникальное имя. Пользователь имеет

возможность считать, сохранять или удалять запись в базе данных, содержащую полную информацию об инструменте. Рисунок демонстрирует вид панели, задающей конический инструмент и таблицу записей по текущему инструменту в базе данных.



Магазин инструмента содержит 4 вида фрез:



Концевая с плоским торцем

Фреза характеризуется следующими параметрами:

Номер инструмента – определяет позицию инструмента в магазине инструмента станка при многоинструментальной обработке;

Число зубьев – используется при расчете режимов резания (необязательный параметр);

Длина общая (Lo) – длина инструмента, включающая длину державки и режущей части инструмента;

Максимальный диаметр (D) – в данном случае диаметр режущей части инструмента;

Длина режущей части инструмента (L).

Концевая со скругленной режущей кромкой у основания (торовая)

К параметрам **Концевой фрезы с плоским торцем** добавляется параметр:

Радиус скругления (Rs) – радиус между торцевой и периферийной частями фрезы.

Примечание: при расчете траекторий обработки торовой фрезой используется диаметр концевой части фрезы, равный разности диаметра фрезы (D) и удвоенного радиуса скругления (Rs).

Концевая со сферической режущей частью – вариант **Концевой со скругленной режущей кромкой** при радиусе скругления (Rs) равном половине диаметра фрезы (D).

Концевая с конической режущей частью

Фреза характеризуется следующими дополнительными параметрами:

Максимальный диаметр (D) – максимальный диаметр конусной части фрезы;

Длина режущей части инструмента (L) - соответствует максимально возможной глубине обработки, ниже которой инструмент не может опускаться. При задании этого ограничения вручную возможно искажение исходного рисунка.

Радиус скругления (Rs) - радиус между конусной частью и торцем;

Конусность (K) - задает половинный угол при вершине инструмента;

Диаметр торца (Dt) - минимальный диаметр инструмента в нижней точке резания.

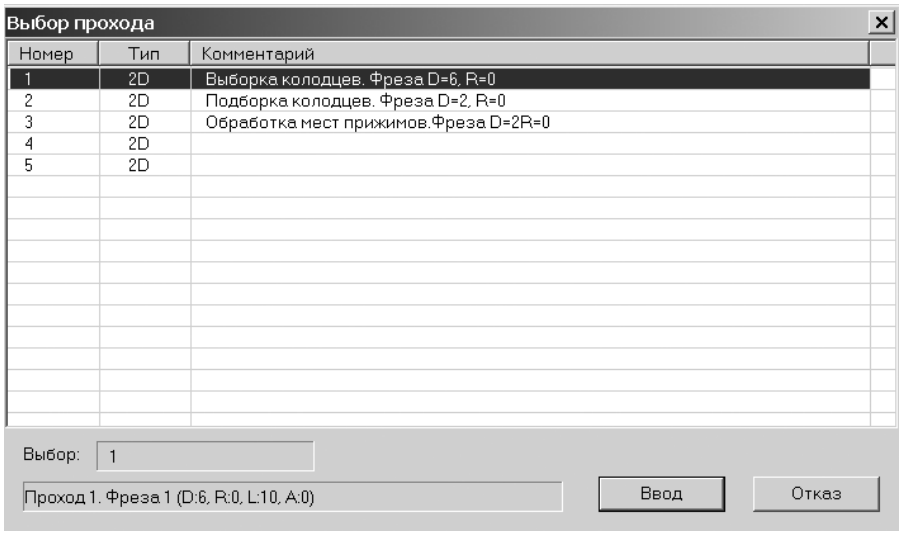
Проход 

Проходы обозначаются порядковыми номерами, начиная с 1. В базе данных каждый проход хранится в отдельном файле с расширением, равным порядковому номеру прохода. Именем всех файлов с проходами (как и всех других файлов с описанием конкретной детали) является имя детали. Каждый проход сопровождается комментарием, который должен отражать

смысловое значение прохода фрезы и позволяет отличать один проход фрезы от другого.

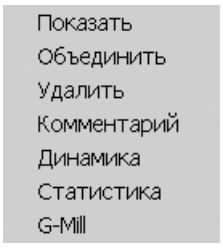
Пункт **Проход** объединяет команды визуализации, удаления, объединения предварительно созданных проходов.

Работа в каждом пункте построена по общему сценарию. После входа в пункт на экране появляется таблица, содержащая порядковый номер



прохода и комментарий к нему. Пользователь может указать нужный проход, и он будет изображен на экране. При этом рабочие переходы на экране закрашиваются сиреневым цветом, участок наклонного врезания закрашивается красным цветом, а переходы по плоскости безопасности - желтым. В строке сообщений будет выведена информация об использованном инструменте.

После выбора пункта **Проход** на экране появится дополнительное меню:



Пункт **Показать** предназначен для просмотра предварительно созданных проходов инструмента.

Пункт **Объединить** предназначен для объединения проходов инструмента.

Пункт **Удалить** предназначен для удаления проходов инструмента.

Пункт **Комментарий** предназначен для редактирования комментария предварительно созданного прохода инструмента.

Пункт **Динамика** предназначен для визуализации процесса обработки непосредственно в 2D-редакторе системы.

Пункт **Статистика** предоставляет пользователю информацию о полученных проходах в виде информационной таблицы.

Пункт **G-Mill** запускает визуализатор обработки, позволяющий имитировать процесс обработки на станке, а также проконтролировать качество обработки для выбранных проходов.

Показать 

Пункт **Показать** предназначен для простого отображения созданных проходов. При этом проход может содержать участки траектории, окрашенные в следующие цвета: фиолетовым цветом высвечиваются участки рабочих перемещений (на рабочей подаче резания), желтым цветом - участки переходов на высоте безопасности, красным – участки врезания.

Объединить 

Пункт **Объединить** предназначен для объединения ряда проходов в один проход.

Условия объединения перемещений в общий проход инструмента для задачи плоской обработки следующие:

в 2D проход могут объединяться:

- Перемещения, выполняемые на одной и той же рабочей глубине;
- Перемещения, выполняемые одним и тем же режущим инструментом.

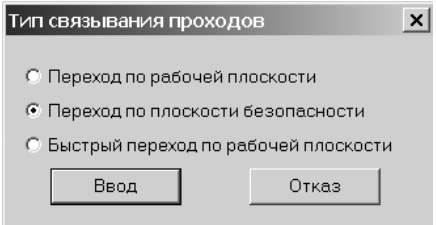
Управляющая программа формируется таким образом, что в пределах прохода не меняются следующие параметры:

- обороты шпинделя;
- рабочая подача;
- подача врезания;
- высота начала врезания;
- высота рабочая.

После входа в пункт **Объединить** на экране появляется список-таблица, содержащая порядковый номер прохода и комментарий к нему.

После указания выбранный проход фрезы отображается на экране.

Согласившись с выбором первого прохода, пользователь указывает второй. После чего определяется способ перехода между блоками проходов:

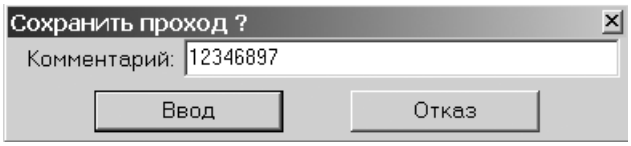


- По рабочей плоскости (на рабочей подаче);
- По плоскости безопасности (на подаче быстрого перемещения);
- Быстрый переход по рабочей плоскости (на подаче быстрого перемещения).

Далее, если необходимо, пользователь указывает следующий проход. При

этом объединение осуществляется в цикле. Цикл завершается нажатием кнопки ***Отказ***.

В результате на экране появляется изображение объединенного прохода фрезы, информация об инструменте и проходе. После ввода комментария созданный проход сохраняется в базе данных.



Удалить 

Пункт **Удалить** предназначен для удаления созданных проходов.

После входа в пункт **Удалить** на экране появляется список-таблица, содержащая порядковые номера проходов и комментарии к ним.

После указания выбранный проход фрезы высвечивается на экране.

В случае согласия с выбором прохода он удаляется из базы данных. В случае не согласия необходимо нажать кнопку ***Отказ***.

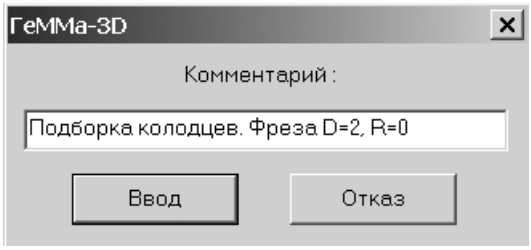
Комментарий 

Пункт **Комментарий** предназначен для редактирования комментария к проходу.

После входа в пункт **Комментарий** на экране появляется список-таблица, содержащая порядковые номера проходов и комментарии к ним.

После указания выбранный проход высвечивается на экране.

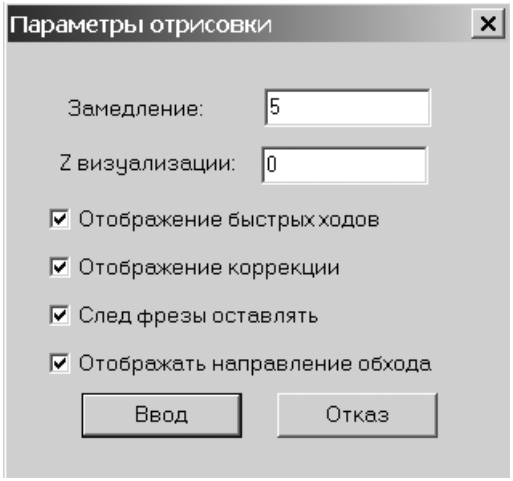
В случае согласия с выбором прохода на экране появляется окно с комментарием, который можно отредактировать. В случае не согласия необходимо нажать кнопку ***Отказ***.



Динамика 

Пункт **Динамика** предназначен для визуализации ряда проходов инструмента.

После указания пункта на экране появляется диалоговая панель. В ней можно определить параметры и условия, влияющие на процесс визуализации.



Замедление - определяет время между визуализацией двух движений инструмента. Помогает замедлить или ускорить процесс визуализации, в зависимости от цели - детального анализа процесса обработки или получения окончательного ее результата.

Z-визуализации - определяет уровень по оси Z, на котором производится закраска при отображении 2D или 3D фрезерного, гравировального или сверлильного прохода. Глубина задается положительной величиной.

Отображение быстрых ходов - условие позволяет не отображать быстрые переходы.

Отображение коррекции - условие позволяет определить то, как размещать инструмент при визуализации относительно его траектории, по центру или с коррекцией на радиус инструмента в сторону, с которой был выполнен подход.

След фрезы оставлять - определяет возможность закраски площади, обрабатываемой инструментом при его движении (т.е. зону обработки для одного или нескольких инструментов и проходов). При этом легко могут быть определены зоны недоработки. Каждый проход отображается своим цветом.

Отображение направления обхода – направление движения будет показано стрелками на траектории прохода.

После определения параметров на экране появляется список-таблица, содержащая порядковый номер прохода и комментарий к нему.

Пользователь указывает один или несколько проходов (с нажатой кнопкой **<Shift>** или **<Ctrl>**), которые последовательно отображаются на экране. Максимально возможно одновременное отображение 15 проходов фрезы разными цветами.

Рисунок демонстрирует деталь и результат ее обработки несколькими проходами инструмента.



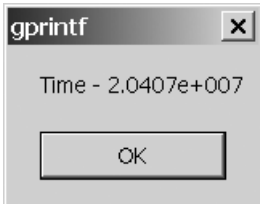
Статистика

Пункт **Статистика** предназначен для определения времени обработки.

После входа в пункт **Статистика** на экране появляется список-таблица, содержащая порядковые номера проходов и комментарии к ним.

После указания выбранный проход высвечивается на экране.

В случае согласия с выбором прохода на экране появится окно показывающее время обработки.



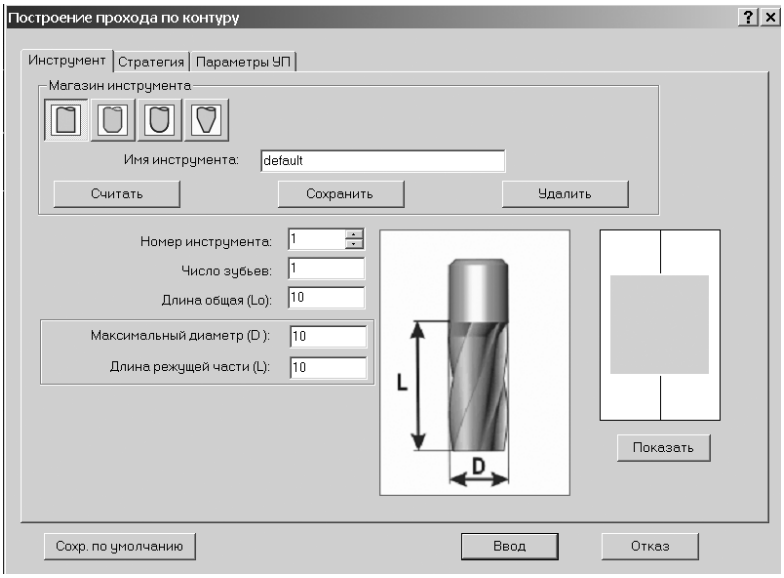
Контур (центром)

Пункт **Контур** предназначен для создания прохода по одному замкнутому или разомкнутому контуру. По контуру движется центр фрезы. В проход, кроме движения по контуру, могут быть включены подход к контуру и отход. Участки подхода и отхода представляют собой простое продолжение контура и могут быть созданы заранее, как часть контура (пункт меню **Утилиты** - **Подход-отход**). На этих участках параметры обработки те же, что и на контуре. Различные варианты обработки контура определяются параметрами и условиями, задаваемые на закладках диалоговой панели, после вызова пункта **Контур**.

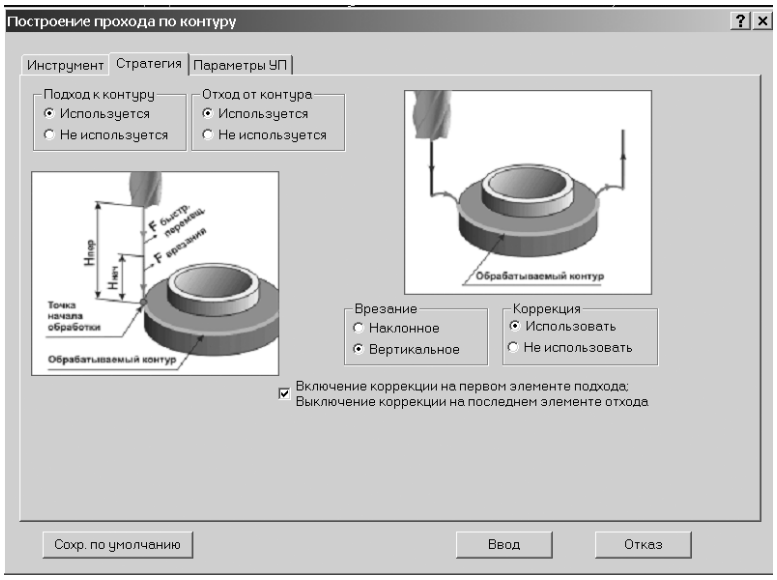
При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в

соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, описывающие геометрию фрезерного инструмента, рассмотренные выше (см. параграф **Задание инструмента**).



Закладка *Стратегия* определяет вариант задания обработки по контуру. Задаются вариант врезания, коррекции, вариант начала обработки (подход или точка на контуре) и вариант завершения обработки (отход или точка на контуре).



Вертикальное врезание задается по умолчанию для любого подхода. Врезание осуществляется в начальной точке подхода (если задан элемент подхода) или в точке на обрабатываемом контуре.

Наклонное врезание может быть задано от произвольной точки к начальной точке обработки или начальной точке участка подхода к контуру.

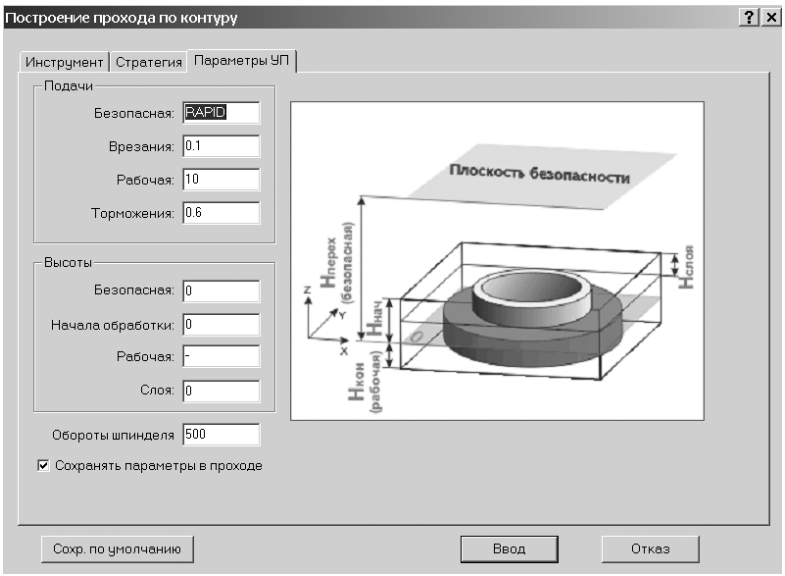
При наклонном врезании траектория инструмента может представлять

собой чередование наклонных и горизонтальных участков траектории, где включаются соответственно **Подача врезания** и **Подача рабочая**. Горизонтальные участки используются в случае, если при врезании образуется сливная стружка, которую необходимо периодически ломать. Уклон наклонных участков траектории и длина горизонтальных участков задается при формировании исходной управляющей программы.

Коррекция на радиус инструмента обычно включается на элементе, перпендикулярном к элементу подхода, и выключается на элементе перпендикулярном к элементу отхода. В этом случае необходимо активизировать соответствующий пункт **Включение коррекции на первом элементе подхода – выключение на последнем элементе отхода**. Перпендикулярные участки автоматически создаются при построении элементов подхода-отхода. Направление коррекции (правая или левая) указывается на этапе создания прохода по контуру.

Примечание: элементы подхода-отхода формируются предварительно с использованием утилиты **Подход -отход**. Подход (отход) может быть простым геометрическим элементом или составным контуром. В подходе не может использоваться сплайн.

Закладка *Параметры УП* позволяет задать высоты безопасности, начала обработки, рабочую высоту и толщину снимаемого слоя, а также подачи - безопасности, врезания, рабочую и торможения, обороты вращения шпинделя. Величины высот и подач могут быть изменены на этапе формирования управляющей программы.



Различают следующие высоты:

Безопасная высота - определяет плоскость безопасности при переходе фрезы по воздуху. Отсчитывается от нулевой плоскости (Z=0).

Высота начала обработки - задает высоту начала врезания инструмента на подаче врезания. Отсчитывается от нулевой плоскости (Z=0). Может принимать отрицательные значения.

Высота конца обработки - задает высоту, на которой заканчивается

обработка. Отсчитывается от нулевой плоскости (Z=0). Может принимать отрицательные значения.

Толщина съема слоя - задает расстояние между плоскостями обработки. Если значение равно 0, то будет снят слой материала, равный разности высот Начала обработки и Конца обработки. Если значение не равно 0, то указанный слой материала будет сниматься слоями, число которых зависит от значения параметра.

Различают следующие виды подач:

Безопасная - подача, на которой происходит переход по воздуху на Безопасной высоте, а также при подъеме и спуске до высоты Начала обработки. Может быть задана как RAPID.

Врезания - подача, которая включается на высоте Начала обработки в начале прохода при вертикальном и наклонном врезании.

Рабочая - подача, которая включается после выполнения врезания инструмента и на которой осуществляется выборка материала с обрабатываемой поверхности.

Торможения - подача, которая включается в момент торможения инструмента при переходе на следующую строку обработки.

Если активизирован пункт **Сохранять параметры в проходе**, то заданные величины высот, подач и оборотов шпинделя будут автоматически занесены в соответствующие разделы параметров управляющей программы. В противном случае эти параметры необходимо задать на этапе формирования управляющей программы (см. п. **Построение APT-программы**).

После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание геометрических элементов, в соответствии с выбранной стратегией.

Укажите координаты точки врезания

Для наклонного врезания задается точка начала врезания.

После подтверждения возникает запрос на указание подхода к контуру (если соответствующий пункт был отмечен).

Укажите подход к контуру (отказ -> без подхода)

Необходимо курсором указать элемент подхода. Если нажать ***Отказ***, то проход строится без подхода, и появляется запрос на указание обрабатываемого контура и направления его обхода.

Укажите обрабатываемую часть контура:

После указания обрабатываемого контура и направления обработки следует запрос на указание направления коррекции.

Коррекция левая(правая)?:

Затем пользователь определяет отход от контура.

Укажите отход от контура (отказ -> без отхода)

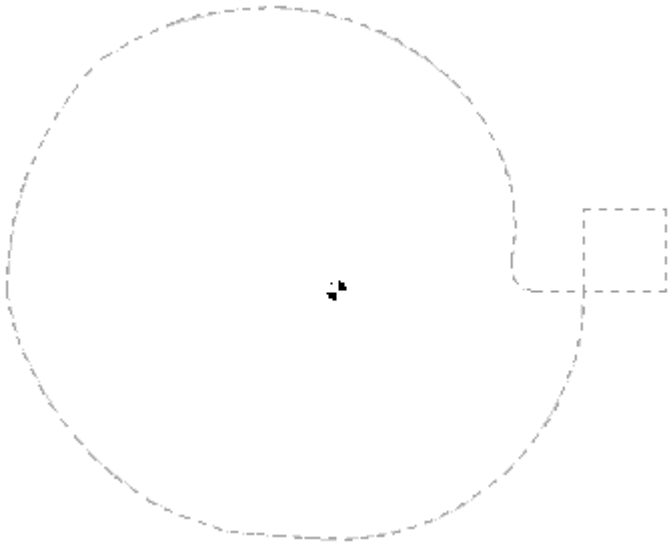
Для задания отхода надо указать его курсором. Если нажать ***Отказ***, то проход строится без отхода.

В заключение пользователь определяет отрезки прямых, на которых включается и выключается коррекция (если активирован пункт **Использовать коррекцию**, но не активирован пункт **Включение на первом элементе -выключение на последнем**).

Укажите элемент включения коррекции (отказ - без коррекции)

Укажите элемент выключения коррекции (отказ - без коррекции)

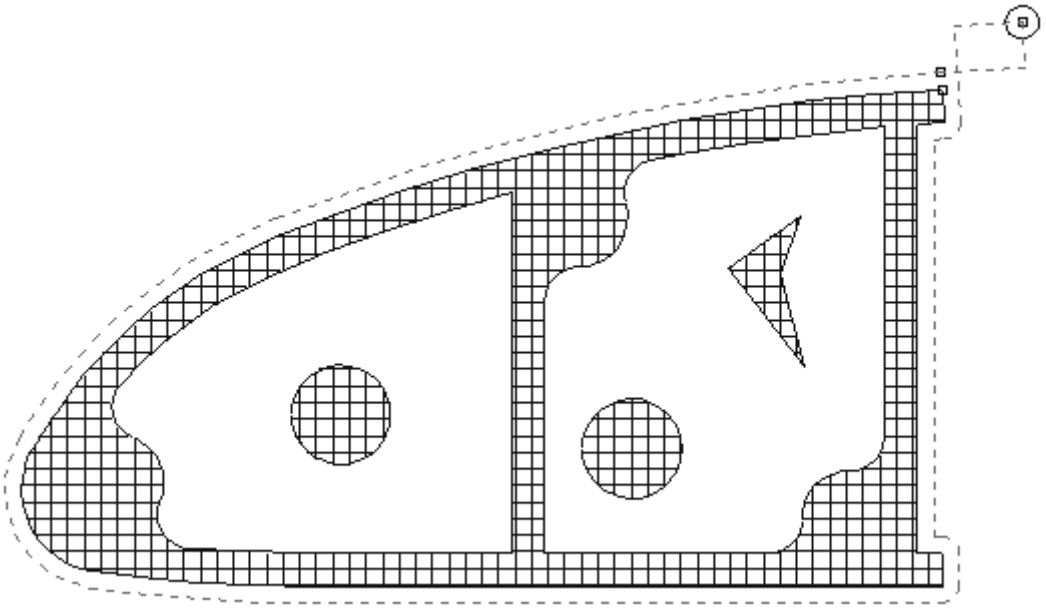
После завершения указания проход отображается на экране. Далее предлагается сохранить созданный проход с соответствующим комментарием в базе данных.



Контур эквидистантой 

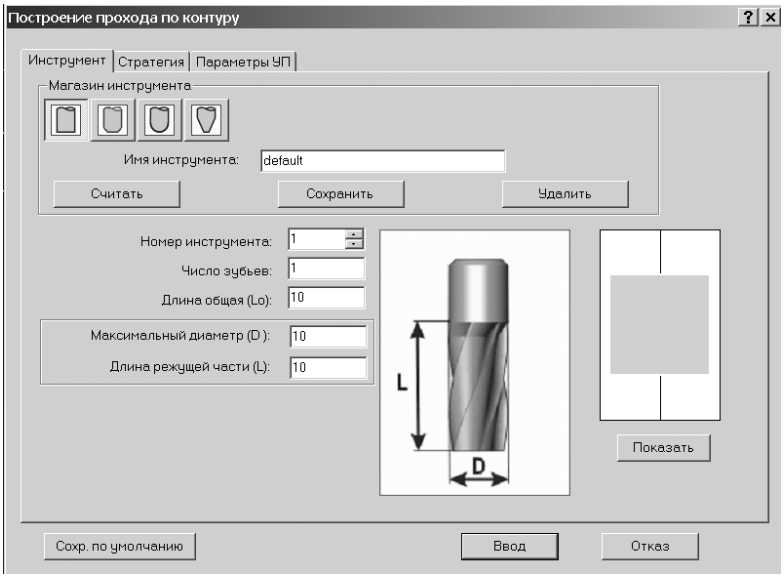
Пункт **Контур эквидистантой** предназначен для создания прохода по эквидистанте к одному замкнутому или разомкнутому контуру. По контуру движется периферия фрезы. Эквидистанта строится с учетом радиуса инструмента и припуска на обработку. В проход, кроме движения по контуру, автоматически включаются подход к контуру и отход, а также коррекция на радиус инструмента.

Участки подхода и отхода представляют собой стандартное построение подхода-отхода из внешней точки. Обрабатываемая часть контура ограничивается точками соединения подхода и отхода с этим контуром. При необходимости использовать более сложные способы подхода, отхода или врезания применяется пункт **Контур центром** и утилита **Подход-отход**. Различные варианты обработки контура определяются параметрами и условиями, задаваемые на закладках диалоговой панели, после вызова пункта **Контур эквидистантой**.



При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, описывающие геометрию фрезерного инструмента, рассмотренные выше (см. параграф З**адание инструмента**).

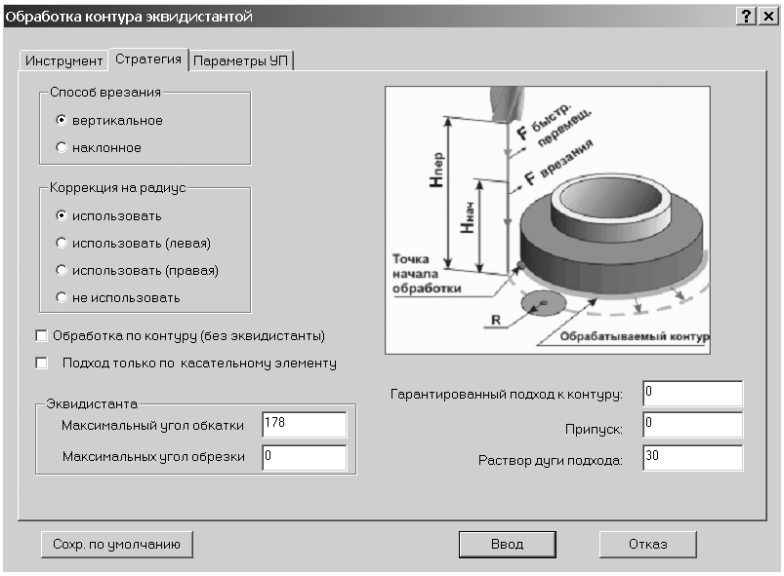


Закладка *Стратегия* определяет вариант задания обработки по контуру. Задаются вариант врезания, коррекции, параметры элементов подхода-отхода.

Вертикальное врезание осуществляется в начальной точке элемента подхода или в точке на обрабатываемом контуре.

Наклонное врезание может быть задано от произвольной точки к начальной

точке обработки или начальной точке элемента подхода к контуру.



При наклонном врезании траектория инструмента может представлять собой чередование наклонных и горизонтальных участков траектории, где включаются соответственно **Подача врезания** и **Подача рабочая**. Горизонтальные участки используются в случае, если при врезании образуется сливная стружка, которую необходимо периодически ломать. Уклон наклонных участков траектории и длина горизонтальных участков задается при формировании исходной управляющей программы.

Пункт **Коррекция на радиус** обеспечивает введение в управляющую программу оператора, отвечающего за коррекцию на радиус в случае изменения геометрии инструмента. Если известно направление коррекции, то необходимо выбрать один из пунктов – **Использовать левую (правую) коррекцию**. Если на данном этапе работы направление коррекции не определено, то необходимо выбрать пункт **Использовать коррекцию**, а направление можно будет задать на этапе формирования управляющей программы.

Пункт **Обработка по контуру (без эквидистанты)** позволяет создавать проход по указанному контуру центром фрезы.

Пункт **Подход только по касательному элементу** предполагает, что подход к обрабатываемому контуру будет осуществляться по касательному элементу, длина которого определяется параметрами **Гарантированный подход к контуру** и **Раствор дуги подхода**.

Пункт **Гарантированный подход к контуру** - задает длину элемента подхода инструмента к обрабатываемому контуру с учетом радиуса инструмента.

Пункт **Раствор дуги подхода** - определяет величину раствора дуги подхода инструмента к обрабатываемому контуру. Если величина равна 0, то подход осуществляется по прямой, длина которой задается параметром **Гарантированный подход к контуру**.

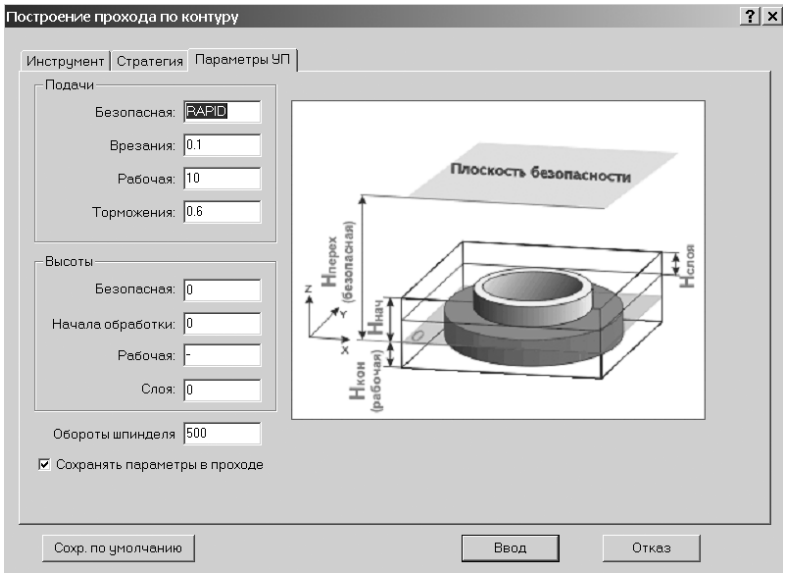
Пункт **Эквидистанта** определяет различные способы обхода угловых точек траектории путем задания **Углов обкатки** и **Углов обрезки**.

Угол обкатки - максимальный угол обкатки эквидистанты [0-180 град.], задает максимальное значение угла, при котором угол контура при построении эквидистанты обходится по дуге.

Угол обрезки - максимальный угол обрезки эквидистанты [0-180 град.], задает значение угла, при котором угол контура при построении эквидистанты обходится срезанным углом.

Пункт **Припуск** - позволяет обрабатывать контур, эквидистантный заданному и отстоящий от него на величину припуска.

Закладка *Параметры УП* позволяет задать высоты безопасности, начала обработки, рабочую высоту и толщину снимаемого слоя, а также подачи - безопасности, врезания, рабочую и торможения, обороты вращения шпинделя. Величины высот и подач могут быть изменены на этапе формирования управляющей программы. Назначение параметров высот и подач аналогично описанному для стратегии **Контур (центром)** – закладка *Параметры УП.*



После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание геометрических элементов в соответствии с выбранной стратегией.

Укажите обрабатываемую часть контура:

После указания обрабатываемого контура и направления обработки следует запрос на указание начальной точки.

Координаты точки начала обработки

Используя меню **Параметры ввода**, определяется положение начальной точки обработки.

Указав направление обхода контура, задаются координаты конечной точки.

Координаты точки конца обработки

После подтверждения возникает запрос на указание подхода к контуру (если

соответствующий пункт был отмечен).

После завершения указания параметров проход отображается на экране. Далее предлагается сохранить созданный проход с соответствующим комментарием в базе данных.

Для завершения операции **Контур эквидистантой** необходимо нажать кнопку ***Отказ*** в меню параметров обработки.

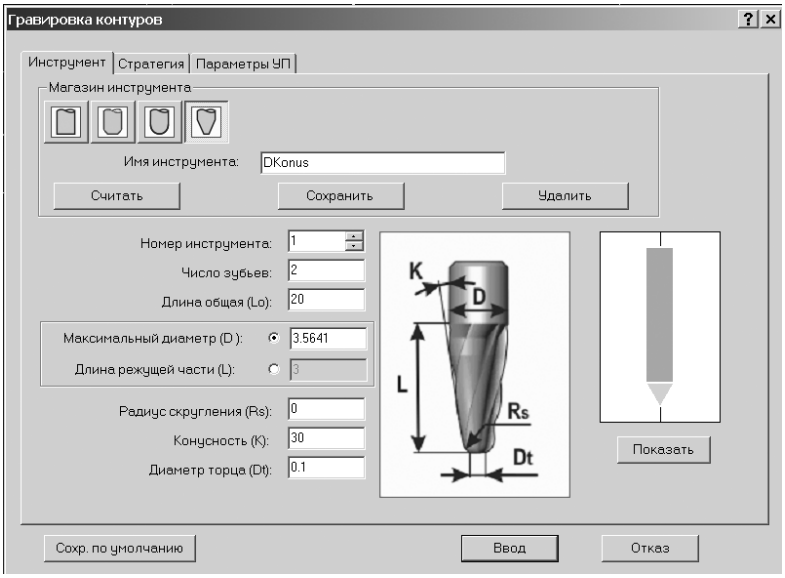
Гравировка



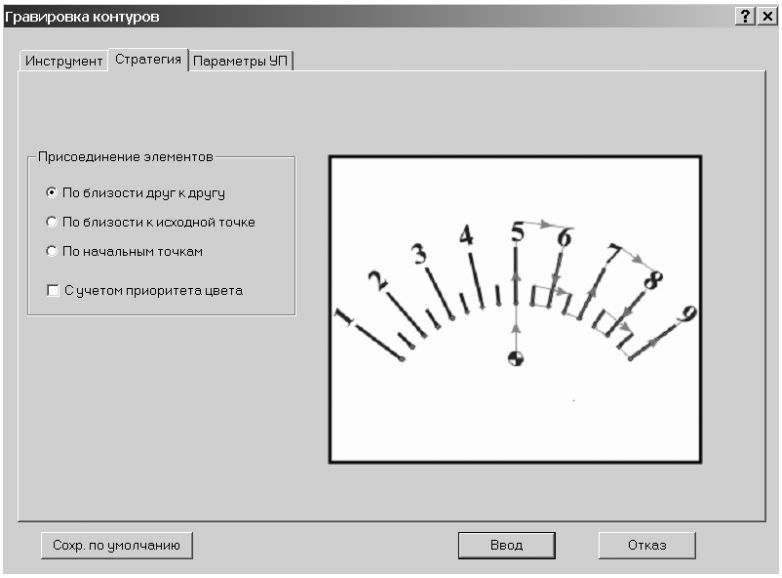
Пункт **Гравировка** предназначен для построения прохода по большому количеству элементов центром инструмента и может использоваться для гравировки, разметки, резки или сверления большой группы элементов. При этом производится сбор простых элементов в цепочки, и минимизируются переходы по плоскости безопасности. Если указанная группа элементов содержит только маркеры, то формируется цикл сверления.

При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, описывающие геометрию фрезерного и гравировального инструмента, рассмотренные выше (см. пункт **Задание инструмента**).



Закладка *Стратегия* определяет выбор последовательности обработки контуров.



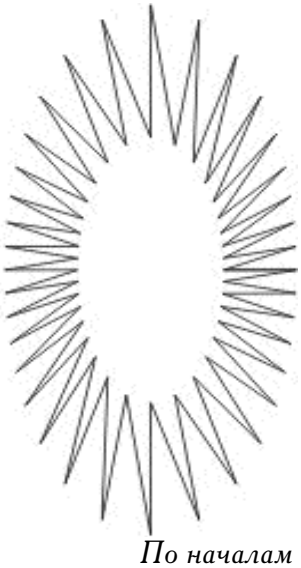
Пункт **Присоединение элементов** задает варианты перехода между элементами контуров:

- по близости элементов друг к другу;
- по близости к начальной точке построения прохода;
- по начальным точкам элементов (по порядку их указания в процессе создания).

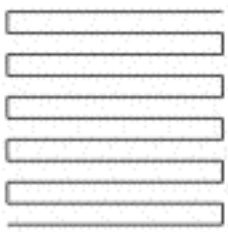
Рисунки иллюстрируют различные стратегии гравировки.



По близости друг к другу



По началам



По близости друг к другу

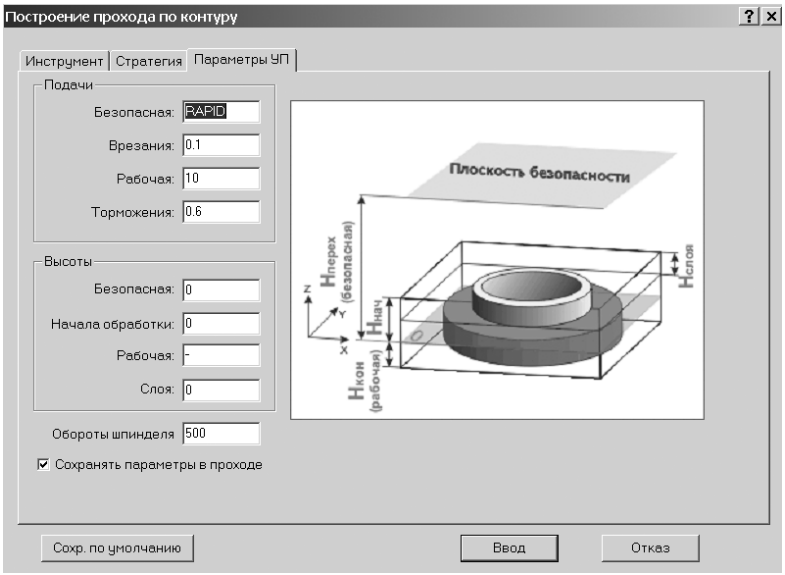


По близости к начальной точке

Помимо этого, при построении прохода может быть учтен приоритет цвета контуров, т.е. элементы будут обрабатываться в следующей последовательности:

Синий – Зеленый – Голубой – Красный – Фиолетовый – Белый - Ярко-синий - Ярко-зеленый - Ярко-голубой - Ярко-красный - Ярко-фиолетовый - Желтый.

Закладка *Параметры УП* позволяет задать высоты безопасности, начала обработки, рабочую высоту и толщину снимаемого слоя, а также подачи - безопасности, врезания, рабочую и торможения, обороты вращения шпинделя. Величины высот и подач могут быть изменены на этапе формирования управляющей программы. Назначение параметров высот и подач аналогично описанному для стратегии **Контур (центром)** – закладка *Параметры УП.*



После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание геометрических элементов, в соответствии с выбранной стратегией:

Укажите точку, ближайшую к началу обработки

Положение указанной точки будет учитываться при присоединении элементов в соответствии с выбранной стратегией.

Укажите набор объектов

Пользователь указывает все элементы, которые необходимо обработать.

Если объекты выбираются простым указанием курсором, то последовательность выбора сохраняется при обработке. При множественном указании объектов “Окном”, “Направлением” или “Все” последовательность обработки определяется с минимизацией переходов между объектами.

Примечание: Если возможны несколько вариантов объединения контуров, то существует следующий приоритет при обработке:

1. Цвета обрабатываемых элементов;
2. Последовательность указания элементов курсором;
3. Выбранная стратегия **Присоединения элементов**.

Продолжить?

Если есть необходимость добавить в проход новые элементы, пользователь указывает новую группу.

Траектория формируется после отказа от продолжения указания элементов (правой кнопкой мышки).

Далее предлагается сохранить созданный проход с соответствующим комментарием в базе данных.

Пункт **Гравировка** используется для планирования 3D обработки. Подготовленный 2D проход может быть в дальнейшем спроектирован на поверхность.



Резка

Пункт меню **Резка** предназначен для контурной обработки одним и тем же инструментом из единой заготовки любого числа замкнутых контуров. Для его работы нужно:

- Установить параметры обработки.
- Указать контура для обработки и (если нужно) другие геометрические данные (точки разрыва, отрезки связи и т.п.)

Параметры обработки при групповой резке контуров задаются в стандартной форме с закладками. Меняя параметры формы, можно быстро установить порядок следования контуров и множество вариантов обработки каждого отдельного контура. Всего предусмотрено 20 независимых переключателей условий обработки контуров, что дает более 500.000

вариантов настройки. Какой нибудь из них обязательно будет наилучшим для конкретных условий обработки. Форма включает кнопки ***Ввод, Отказ, Сохранить по умолчанию*** и четыре закладки:

Подход-отход

Коррекция и эквидистанта

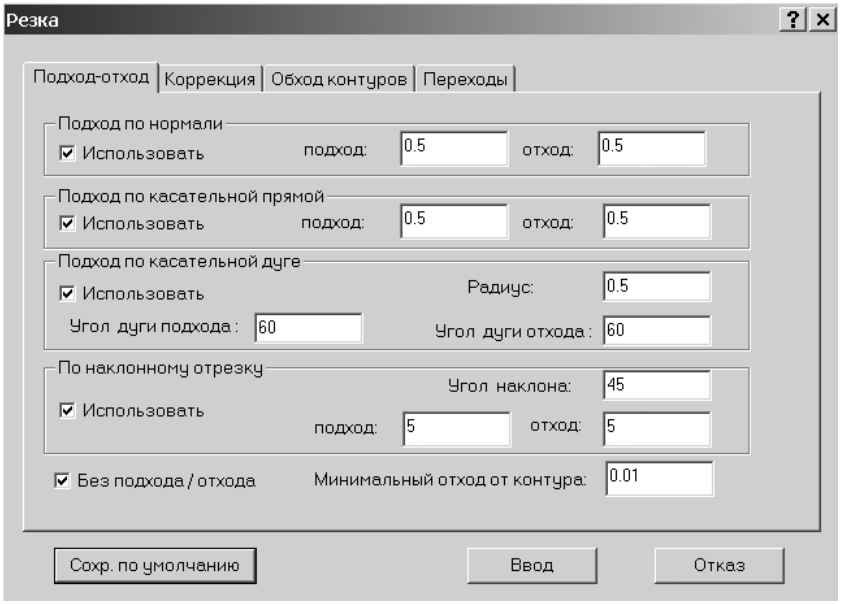
Обход контуров

Переходы

При нажатии кнопки ***Ввод*** считается, что настройка произведена и начинается исполнение команды. Кнопка ***Отказ*** прерывает исполнение. Обычно для конкретного типа резки и станка комбинации переключателей почти не меняются. Для удобства пользователя предусмотрена кнопка ***Сохранить по умолчанию***. При ее нажатии все заданные параметры для текущего проекта будут сохранены для новых проектов.

Подход-Отход

Закладка *Подход-Отход* определяет способы и параметры подхода и отхода инструмента от каждого контура. Предусмотрен следующий перечень вариантов подхода (отхода) к контуру:



Подход-отход по касательному отрезку. Этот вариант обеспечивает наилучшее врезание в контур в его выпуклых углах и на участках выпуклых дуг. При выборе варианта следует также задать длину отрезков подхода и отхода.

Подход-отход по отрезку – нормали к контуру. При выборе варианта следует также задать длину отрезков подхода и отхода.

Подход-отход по касательной дуге. По условиям врезания этот вариант почти так же хорош, как врезание по касательной прямой, но требует большего пространства для организации подхода-отхода. При его выборе следует

также задать радиус и угол скругляющей дуги.

Подход-отход по наклонному отрезку, как вариант подхода по касательной дуге радиуса 0. При его выборе следует задать длину и угол наклона отрезка. При задании угла следует исключать значения близкие к 0 (касательный отрезок) или к 90 градусов (нормаль).

Без подхода - резка контура начинается и заканчивается непосредственно в точке на контуре. Этот вариант автоматически меняется на подход-отход по нормали, если при резке контуров используется коррекция и/или наклонное врезание.

Подход-отход по наклонному отрезку рассматривается как вариант подхода/отхода по дуге. Если одновременно допустимо использование обоих вариантов, то всегда будет строиться подход по наклонному отрезку. Далее при упоминании номеров этих вариантов всегда пишется 3/4(3 или 4).

Предусмотрена возможность одновременно использовать любую комбинацию вариантов подхода-отхода. Если разрешены все способы подхода-отхода, то вблизи точки входа в контур без перемычек (см. закладку *Обход контуров*) будут последовательно проверяться варианты 1,3/4,2,5. При проверках правильности построений подход и отход различаются. Поэтому вполне возможны смешанные варианты, например, **Подход по касательной прямой – отход по касательной дуге**.

Если задан обход с перемычками, то вариант подхода–отхода по касательному отрезку исключается, а последовательность проверок будет 5,2,3/4.

Правильность подхода-отхода проверяется по двум условиям:

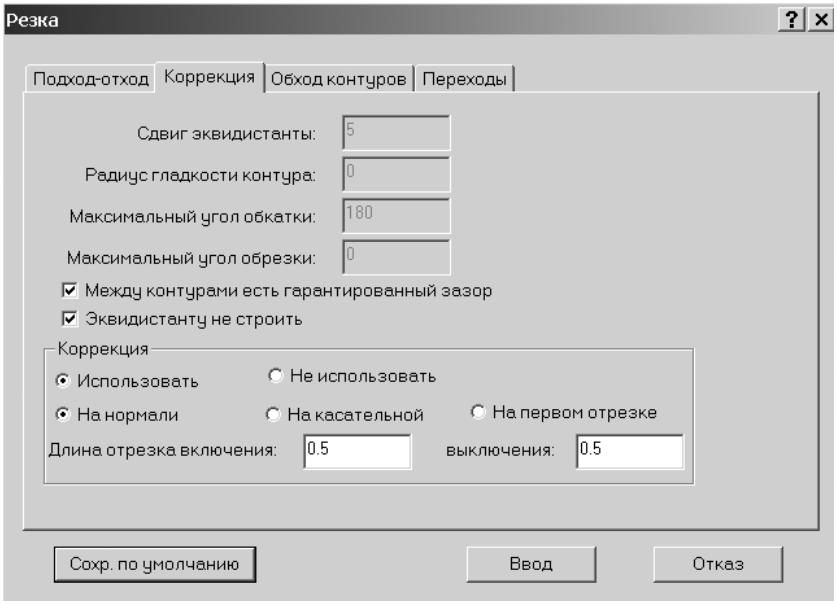
1. Нет подреза участков обрабатываемых контуров линиями подхода-отхода.
2. Расстояние от точки начала подхода (конца отхода) до линий основного контура не менее величины, задаваемой параметром «минимальный отход от контура». Величину этого параметра не следует задавать слишком большой. Например, если ее задать больше длины отрезка или диаметра дуги подхода, то подхода не будет совсем!

Коррекция и эквидистанта

Закладка *Коррекция и эквидистанта* позволяет задать способы коррекции радиуса режущего инструмента, определить параметры построения основной и сглаживающей эквидистант к контурам. Она разделена на две части – параметры коррекции и эквидистанты.

Способы управления коррекцией задаются двумя параметрами (длина отрезков включения и выключение коррекции в миллиметрах) и тремя переключателями вариантов:

- Использовать - НЕ использовать коррекцию.
- Включать/выключать коррекцию на отрезке прямой - НОРМАЛИ



или на КАСАТЕЛЬНОЙ или на ПЕРВОМ (последнем) отрезке подхода (отхода). Выбор варианта «На нормали» предполагает, что за отрезком коррекции будет следовать нормальный ему элемент контура или подхода к контуру. Если при этом используются варианты подхода к контуру по касательной или наклонной прямой или дуге, то они автоматически дополнятся отрезком включения/выключения коррекции. Выбор варианта «На касательной» предполагает, что следующим за отрезком включения коррекции будет касательный ему элемент контура (или подхода к контуру). При использовании подхода к контуру по касательной дуге, к ней автоматически добавляется касательный отрезок прямой включения коррекции. Если используется подход по нормали или по наклонному отрезку, то отрезок подхода дробится точкой на две части – отрезок включения коррекции и собственно подход к контуру.

- Переключатель **Эквидистанту не строить**. Установка этого переключателя предполагает включение коррекции на полный радиус режущего инструмента и эквидистанта к контурам не строится вообще. Если этот переключатель не установлен, предполагается коррекция на изменение радиуса режущего инструмента. Чаще используется вариант коррекции на полный радиус режущего инструмента. Однако следует соблюдать осторожность при использовании этого варианта для обработки контуров с перемычками (см. закладку *Обход контуров*), т.к. при проходе по отрезкам включения и выключения коррекции перемычка может быть перерезана.

ЗАМЕЧАНИЕ: если величина сдвига эквидистанты меньше точности построений (см. команду оперативного меню **Параметры 2D**), эквидистанта НЕ будет строиться при любом положении переключателя **Эквидистанту не строить**.

Набор параметров для определения способа построения эквидистанты к контурам включает:

Смысл параметра **Сдвиг эквидистанты** очевиден из названия. Значение параметра следует устанавливать равным половине диаметра режущего

инструмента. Если установлен переключатель **Эквидистанту не строить**, или величина сдвига эквидистанты меньше точности построений, эквидистанта не строится.

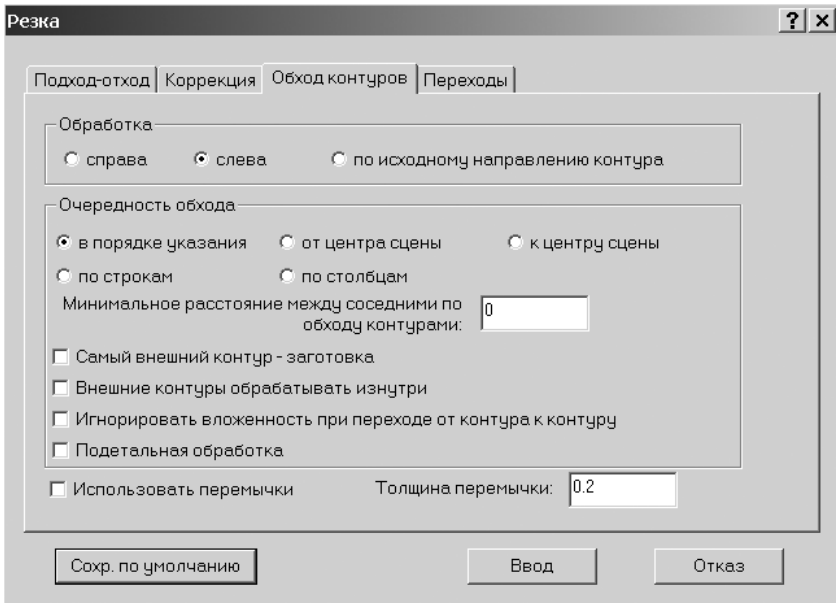
Переключатель **Между контурами есть гарантированный зазор**. Если он установлен, эквидистанта будет строиться отдельно к каждому контуру. При этом радикально сокращается время работы процедуры в целом. Если полной гарантии правильного расположения контуров нет, следует снять установку переключателя. В этом случае строится совместная эквидистанта ко всем контурам сразу, и участки пересечений контуров будут удалены.

Радиус гладкости контура – если этот параметр задается отличным от нуля, то острые углы впадин контуров скругляются заданным радиусом. Тем самым исключается выгорание материала детали в узостях границы контура.

Параметры **max угол обкатки** и **max угол обрезки** управляют обходом внешних и внутренних углов контура при построении эквидистанты и скругления контура (более подробно см. параграф **Утилиты (технологические построения) -> Эквидистанта**). Полезны две комбинации значений этих параметров: 180,0 – обеспечат построение эквидистанты к контуру гладкой во всех своих точках; 0,90 – исключат выгорание материала детали и во внутренних, так и во внешних углах контура.

Обход контуров

Параметры и переключатели закладки *Обход контуров* определяют очередность прохода по контурам, сторону, направление и вариант резки.



Напоминаем: операция **Резка** настроена на вырезание замкнутых контуров из единого листа - заготовки. Поэтому «сторона» обхода (внутри или вне контура) автоматически определяется уровнем вложенности контура. Самые внешние контуры считаются охватывающими и обходятся снаружи. Контуры внутри них – отверстия первого порядка – обходятся изнутри.

Внутри отверстий могут располагаться обходимые снаружи охватывающие контуры второго порядка. Внутри них – свои отверстия и т.д.

Уровень вложенности контуров не ограничен. Главное – ни сами контуры, ни эквидистанты к ним не должны пересекаться между собой. Если такие пересечения есть, то при эквидистантной обработке с построением общей эквидистанты ко всем контурам, будут возникать видимые глазом изменения топологии: некоторые из контуров сольются в один, другие могут исчезнуть совсем и т.д. Пути исправления этой ситуации очевидны: или изменить раскладку контуров на листе заготовки, или использовать режущий инструмент меньшего диаметра.

Изменить уровень вложенности контуров на обратный можно установкой флага ***Самый внешний контур – заготовка***. Тогда все охватывающие контуры нулевого порядка будут игнорироваться.

Изменить сторону обработки всех контуров на обратную можно установкой флага ***Внешние контуры обрабатывать изнутри***. Тогда все охватывающие контуры будут обрабатываться изнутри, а отверстия – снаружи.

Направление обхода каждого из контуров определяется установкой флага: центр инструмента движется ***Справа*** или ***Слева*** от контура, или ***По исходному направлению контура***. Последний вариант предполагает, что по каким-то соображениям направление обхода контуров не должно совпадать. Для ручной смены направления контуров можно воспользоваться пунктом меню **Инверсия** из группы **Модификация**.

На очередность прохода по контурам влияют флаги ***Игнорировать вложенность*** и ***Подетальная обработка***, параметр **Минимальное расстояние между соседними по обходу контурами** и перечень вариантов переходов по контурам: «в порядке указания», «от центра сцены», «к центру сцены», «по строкам», «по столбцам».

В большинстве случаев правильной последовательностью прохода по вложенным друг в друга контурам будет: «от самых внутренних - к внешним». При этом всегда есть гарантия того, что сначала будут вырезаны отверстия контура, и только после этого - сам контур. Однако, если гарантируется жесткая фиксация листа – заготовки в целом и всех ее частей (например: резка больших контуров из тонкого листа на столе с мощным пневматическим присосом, или, резка контуров с перемычками), от этого условия можно отказаться, установив флаг ***Игнорировать вложенность контуров***. Заметим, что вложенность игнорируется только при определении очередности переходов от контура к контуру. Сторона обработки контура всегда определяется его вложенностью.

При резке большого числа контуров из единого листа может возникать местный перегрев (и коробление) заготовки. Чтобы дать листу остыть, приходится вырезать не рядом стоящие, а удаленные друг от друга контуры. Выполнение этого условия обеспечивается установкой величины параметра **Минимальное расстояние между соседними по обходу контурами**. После обработки очередного контура из всех допустимых по условиям вложенности контуров будут выбираться только те, расстояние до которых

превышает указанное значение. Если ни один из еще не обработанных контуров не отвечает заданному условию, то будет выбран самый удаленный.

Установка флага ***Подетальная обработка*** обеспечивает другой способ борьбы с короблением заготовки. Если из листа вырезаются детали малых размеров, можно и не ждать остывания листа после каждого контура, а, наоборот, максимально быстро вырезать деталь. Листовая деталь всегда задается своим наружним контуром и (если они есть) – перечнем контуров отверстий. При установленном флаге ***Подетальная обработка***, если началась обработка одного из отверстий детали, то, пока не завершится обработка всех контуров этой детали, другие детали вырезаться не будут.

Флаги ***Игнорировать вложенность*** и ***Подетальная обработка*** противоречат друг другу. Если установлен флаг ***Игнорировать вложенность***, то флаг ***Подетальная обработка*** игнорируется.

Очередность обработки контуров одного уровня вложенности определяется одним из следующих вариантов:

Как пришли – контуры будут обходиться в том порядке, в котором они были перечислены при указании;

От центра сцены – сначала обрабатывается контур, ближайший к центру заготовки, затем – по спирали против часовой стрелки - все остальные контуры;

К центру сцены – сначала обрабатывается самый «левый - нижний» контур, затем – по спирали по часовой стрелке – все остальные контуры;

По строкам - сначала обрабатывается самый «левый – верхний» контур, затем – нечетные строки слева-направо, четные справа-налево – остальные контуры;

По столбцам – сначала обрабатывается самый «левый - нижний» контур, затем – нечетные столбцы снизу-вверх, четные – сверху-вниз – остальные контуры.

В целом очередность обхода контуров определяется по следующим правилам: сначала по условиям вложенности, принадлежности детали и расстояния от последнего пройденного, определяются все контуры, допустимые к проходу, затем по правилам выбора очередного контура из них выбирается один – следующий.

ЗАМЕЧАНИЕ: существует режим **Переходы только в зоне резания** (см. закладку *Переходы*), в котором очередность переходов между контурами определяется по другим правилам.

Переключатель **Использовать перемычки** определяет вариант полного или частичного обхода контура и используется совместно с параметром **Толщина перемычки**.

Нормальный режим работы предполагает полный обход каждого контура. Однако в ряде случаев оказывается полезным при вырезании контура оставлять перемычки, крепящие его к материалу заготовки.

Примеры:

1. Требуется исключить потерю деталей при выпадении вырезанных из заготовки контуров;

2. Необходимо исключить поворот деталей при резке на лазерной установке с тубусом отклоняющей системы луча, расположенным слишком близко к плоскости листа заготовки;

3. При газовой резке (переходы между контурами только в зоне резания) бывает полезно сохранять крепление всех деталей до момента окончания резки.

Во всех этих и иных подобных случаях следует выбрать режим частичной резки и установить значение толщины перемычки.

Если используется режим переходов между контурами только в зоне резания (см. закладку *Переходы*), все перемычки автоматически организуются вдоль отрезков связи контуров. При этом на отрезки связи налагается дополнительное условие: ОНИ НЕ ДОЛЖНЫ ПЕРЕСЕКАТЬСЯ (иначе перемычки будут перерезаны).

При использовании режима переходов между контурами только вне зоны резания, после запроса на указание контуров программа выдаст запрос на указание точек разрыва обработки контуров. Зона разрыва обработки контура будет располагаться симметрично этой точке по обе стороны контура на толщину перемычки. Каждая такая точка должна обязательно лежать на линиях контура (точки вне контуров будут игнорироваться). Если на контуре не указано ни одной точки, он и в режиме частичной резки будет обрабатываться полностью.

Перед обращением к команде **Резка** следует подготовить точки разрыва как маркеры на контурах, или отрезки связи - как отрезки прямых, пересекающие контуры. При обращении к команде **Резка** их можно указать все сразу в режиме «Окно» или «Все». «Лишние» точки (не лежащие на контурах) и отрезки (не пересекающие контуры) будут игнорироваться.

Чтобы гарантировать минимальные искажения контура вблизи зоны разрыва обработки (см. п. **Подход-Отход**) приходится изменять обычную шкалу приоритетов в способах подхода к контуру:

Вариант **без подхода** в данном случае будет наилучшим, т.к. величина необрабатываемой части контура минимальна. Однако этот режим не предполагает использование коррекции или наклонного врезания в материал заготовки.

Варианты **подход по нормали** на выпуклых участках контура, где отрезки расходятся, обеспечит минимальную величину необрабатываемой части контура. Если точка разрыва обработки указана на вогнутом участке, для сохранения заданной длины перемычки придется увеличивать размер необрабатываемого участка контура.

Варианты подхода **по касательной дуге** или **по наклонному отрезку** предполагает увеличение зоны искаженной обработки контура за счет

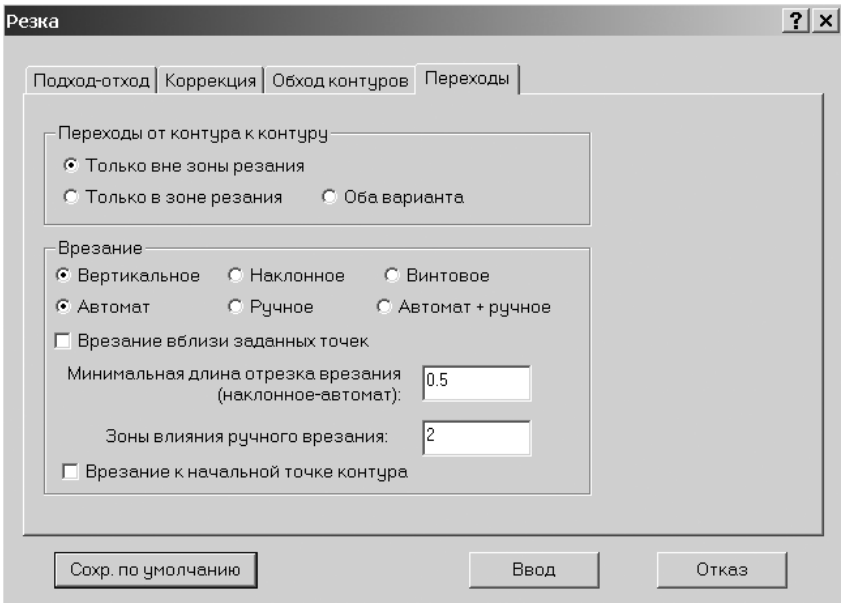
скругляющей дуги (наклона отрезка). Это искажение можно уменьшить выбором минимально допустимого радиуса и угла раствора дуги, или максимального угла наклона и минимальной длины отрезка.

Подход по касательной прямой вносит слишком значительные искажения исходной формы контура и в режиме частичной обработки контура игнорируется.

Режим коррекции в варианте обработки контуров с перемычками: Если в режиме частичной обработки контуров используется режим полного радиуса коррекции (см. описание п. **Коррекция и Эквидистанта -> п. Эквидистанту не строить**), то величина перемычки должна быть увеличена на полный диаметр инструмента. В самом деле, включение коррекции обычно происходит следующим образом: в начале отрезка включения коррекции инструмент своим центром стоит на отрезке. По ходу движения центр инструмента сдвигается так, чтобы в конце отрезка его касался край режущего диаметра. Перемычка в этом случае будет иметь минимальную толщину не вблизи контура, а в точке начала отрезка включения коррекции. Для уменьшения ширины перемычки может оказаться полезным использовать только режим коррекции на изменение радиуса режущего инструмента.

Переходы

Закладка *Переходы* обеспечивает управление способами выбора начальной точки для врезания в лист заготовки перед подходом к контуру и переходов между контурами.



За выбор способов перехода между контурами отвечает переключатель, имеющий следующие варианты значений:

- Только вне зоны резания;
- Только в зоне резания;

- Допустимы оба варианта.

Выбор значений **Только вне зоны резания** или **Оба варианта** предполагает, что режущий инструмент может быстро перемещаться от контура к контуру, не оставляя следов на заготовке (например, фреза или лазер).

Выбор значения **Только в зоне резания** означает, что режущий инструмент (например, газовая горелка или Вольтова дуга) должен непрерывно резать материал заготовки в течение процесса резки всех контуров. При таком варианте очевидно невозможна резка за один проход охватывающего контура с отверстиями – деталь будет испорчена. Можно вырезать только один или несколько внешних контуров – деталей. Не допустим и обычный (см. п. **Обход контуров**) порядок определения очередности переходов от контура к контуру. Поэтому после задания перечня контуров для обработки программа запросит еще и перечень отрезков связи.

Отрезок связи – это отрезок прямой линии, пересекающий два соседних контура. Вдоль него будет организован проход от контура к контуру, поэтому места расположения отрезков следует выбирать так, чтобы они не подрезали других контуров или эквидистант к ним. Все контуры должны быть соединены отрезками связи. На каждую пару контуров должен быть только 1 отрезок связи (если их больше одного, использоваться будет только последний). Из одного контура может исходить любое число отрезков связи с другими контурами.

За врезание в лист заготовки отвечают варианты переключателей:

Вертикальное - наклонное

Автомат - ручное задание точки - оба варианта

Если режущий инструмент обеспечивает прорезание листа заготовки насквозь без изменения своего положения (например, лазерная резка) следует выбирать вариант «вертикальное» врезания. Если режущий инструмент не допускает вертикального врезания (пример – фреза с плоским торцем), то нужно наклонное врезание. Для газовой резки выбор не очевиден, поскольку «наклонное» врезание (читай: предварительный прогрев материала заготовки на отрезке заданной длины) обеспечит лучшие условия для начала резания. В таких случаях лучше положиться на опыт эксплуатации установки. Если выбран вариант наклонного врезания, то следует установить значение параметра **Минимальная длина участка врезания**. Здесь не обязательно указывать полную длину участка врезания – если указан отрезок короче нужного, режущий инструмент будет ходить по отрезку туда-сюда до тех пор, пока не наберется полная длина.

Способ задания точек входа в лист заготовки может быть или ручной, или автоматический, или частично ручной и автоматический. Если выбран автоматический способ, то точки входа в лист будут выбираться так, чтобы холостые переходы между контурами были минимальны.

Если выбран только ручной способ врезания, то после указания обрабатываемых контуров программа попросит указать точки, в которых нужно врезаться в лист (в случае наклонного врезания –отрезки врезания).

Не обязательно указывать для каждого контура свою точку или отрезок врезания. Одна и та же точка может служить входом для нескольких контуров. Если заданные вручную точки заранее подготовить (например, перед циклом резки включить цикл сверления по тем же точкам), то отпадает необходимость в наклонном врезании. Если при только ручном врезании для какого-либо контура не находится ни одной подходящей точки врезания (такой, что путь от нее до контура НЕ ПОДРЕЗАЕТ остальные контуры), такой контур обрабатываться не будет.

ЗАМЕЧАНИЕ: Перед использованием команды **Резка** точки или отрезки врезания нужно нарисовать на экране. При работе с командой **Резка** их можно указывать в том числе и в режиме «Окно» или «Все». «Лишние» точки и отрезки, не лежащие вне деталей, будут удалены!

Если выбран вариант только ручного или ручного и автоматического врезания, следует дополнительно установить значение параметра «Зона влияния точки врезания». Из ручных точек врезания для контура будут выбираться только те, расстояние до которых меньше заданного. Если таких точек для контура не найдется, будет организовано автоматическое врезание.

В вариантах ручного врезания полезно использование переключателя **Врезание вблизи заданных точек**. Если он установлен, то подход к контуру будет начинаться из заданной вручную точки. Такой режим полезен, например, при фрезерной резке, если в заданных точках листа заранее просверлены отверстия.

Если точки ручного врезания задаются только для примерного указания места подхода к контуру, то переключатель **Врезание вблизи заданных точек** следует установить. При этом длина (и время резания) по цепочке линий подхода сократится.

Другой способ задания точки подхода к контуру обеспечивает переключатель **Врезание к начальной точке контура**. Если он установлен и для контура не нашлось ни одной подходящей «ручной» точки врезания, то поиск «автоматической» точки не проводится – врезание организуется только в точку начала контура. Установить новую точку начала замкнутого контура можно с помощью пункта меню **Смена начальной точки** из группы **Создать** -> **Контур**.

Обработка кармана эквидистантой 

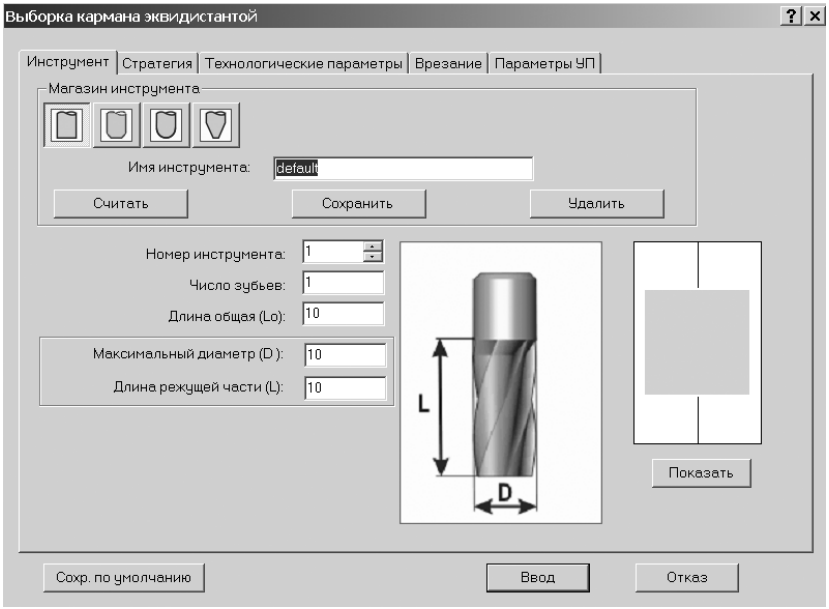
Пункт **Карман эквидистантой** предназначен для создания прохода фрезы внутри одного или нескольких замкнутых или незамкнутых контуров. Траектория инструмента автоматически вычисляется по эквидистантам с учетом диаметра инструмента, припуска и перекрытия соседних ходов инструмента. Составляющие контуры могут содержать любые элементы. Система автоматически строит всю траекторию инструмента, включая вертикальное или наклонное врезание, построение эквидистантных контуров и переходов между ними. Минимизируются “холостые” ходы

инструмента.

Различные варианты обработки определяются параметрами и условиями, задаваемые на закладках диалоговой панели, после вызова пункта **Выборка кармана эквидистантой**.

При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, описывающие геометрию фрезерного инструмента, рассмотренные выше (см. параграф **Задание инструмента**).



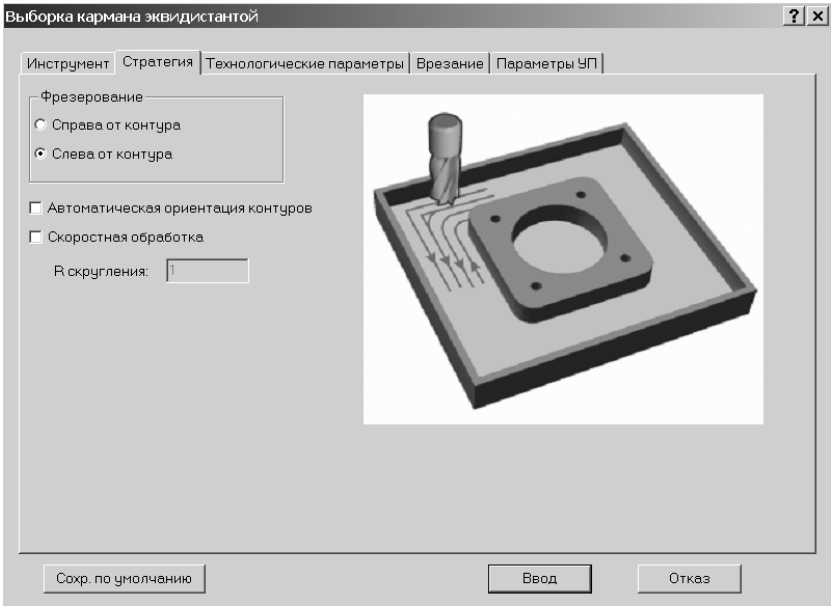
Примечание: задавая инструмент для выборки карманов надо учитывать, что в алгоритмах используется диаметр концевой части фрезы, равный разности диаметра фрезы и удвоенного радиуса скругления.

Закладка *Стратегия* определяет варианты выборки материала из указанной области.

Варианты фрезерования **Справа от контура** и **Слева от контура** характеризуются тем, что каждый контур из числа указанных может обходиться так, что он будет находиться справа от движущейся фрезы или слева. Направление обхода контуров определяется технологом с учетом заточки используемых фрез.

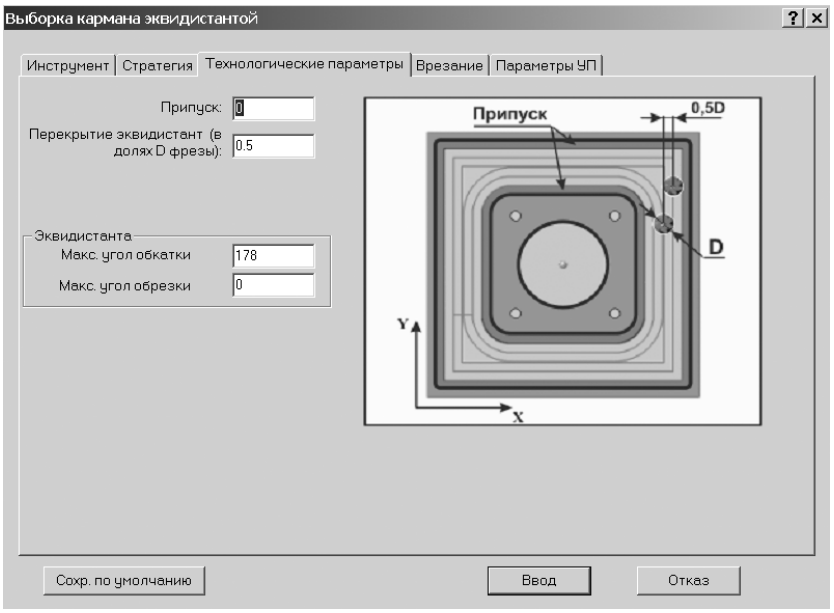
Пункт **Автоматическая ориентация контуров** определяет направление обработки внутри области, ограниченной замкнутыми или разомкнутыми контурами. Если пользователь работает только с замкнутыми не пересекающимися контурами, то необходимо активировать переключатель **Автоматическая ориентация контуров**. В этом случае при указании контуров направление обработки запрашиваться не будет, т.е. предполагается, что контура не имеют точек пересечения, поэтому направление обработки

может быть определено автоматически по принципу вложенности контуров - от самых внешних контуров обработка производится внутрь, от второго уровня наружу и т.д. Одновременно с замкнутыми контурами возможно указание текстовых строк, заданных контурными шрифтами, поскольку они неявно представлены совокупностью замкнутых контуров.



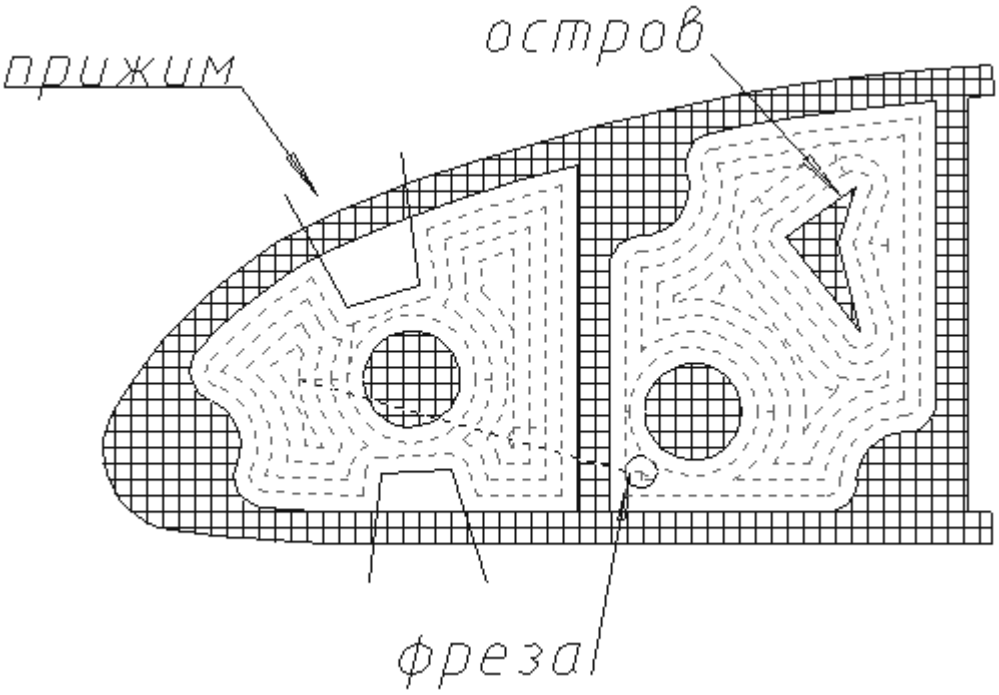
Пункт **Скоростная обработка** предназначен для создания траектории, не содержащей изломов. Места изломов в траектории сглаживаются дугой заданного радиуса, величина которой задается параметром R скругления. Оптимальное значение радиуса скругления, зависящее от динамических характеристик станка, располагаемых тангенциальных и нормального ускорений, можно вычислить, исходя из паспортных данных станка или определить экспериментально.

Закладка *Технологические параметры* позволяет задать припуск, расстояние между строками обработки и способ обхода угловых точек траектории.



Пункт **Припуск** определяет величину, на которую фреза не дойдет до исходного контура, оставив таким образом материал для последующей обработки. Величина припуска может быть равна нулю или быть больше нуля.

Пункт **Перекрытие эквидистант** определяет расстояние между строками обработки, измеряемое в долях диаметра концевой части инструмента. Перекрытие определяет наложение соседних ходов инструмента и задается числом, заключенным между 0 и 1 , но не равного 0 и 1. При значении перекрытия, близком к 0, расстояние между эквидистантами близко к диаметру инструмента. При значении перекрытия близком к 1, расстояние между эквидистантами близко к 0. При значении перекрытия равном 0.5, расстояние между эквидистантами равно радиусу инструмента. Перекрытие выбирается в зависимости от формы обрабатываемой области поверхности и влияет на чистоту обработки и наличие необработанных зон. Рациональная величина перекрытия устанавливается технологом.



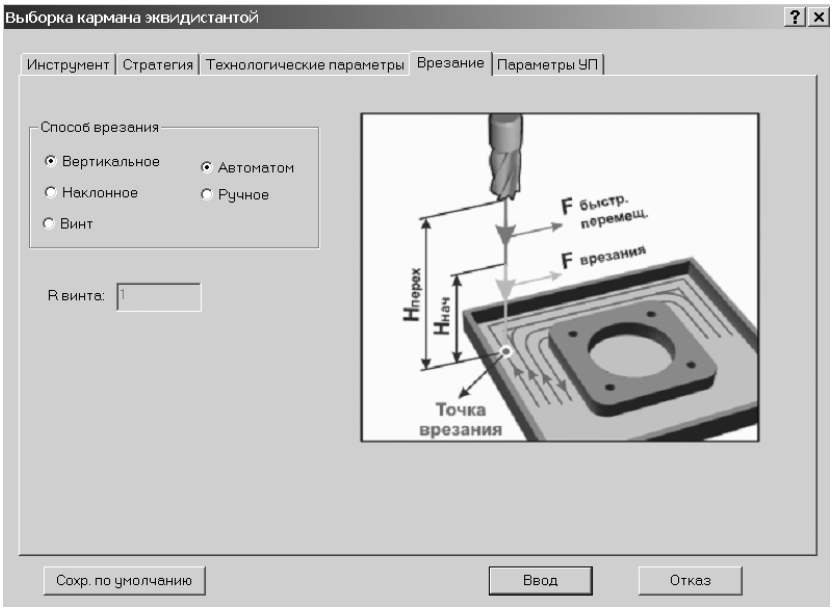
Пункт **Эквидистанта** позволяет задать различные способы обхода обрабатываемых и ограничивающих контуров, содержащих изломы. Параметры «max угол обкатки» и «max угол обрезки» управляют обходом внешних и внутренних углов контура при построении эквидистанты и скругления контура (более подробно см. параграф **Утилиты (технологические построения) -> Эквидистанта**).

Закладка *Врезание* определяет различные варианты захода фрезы в массив материала.

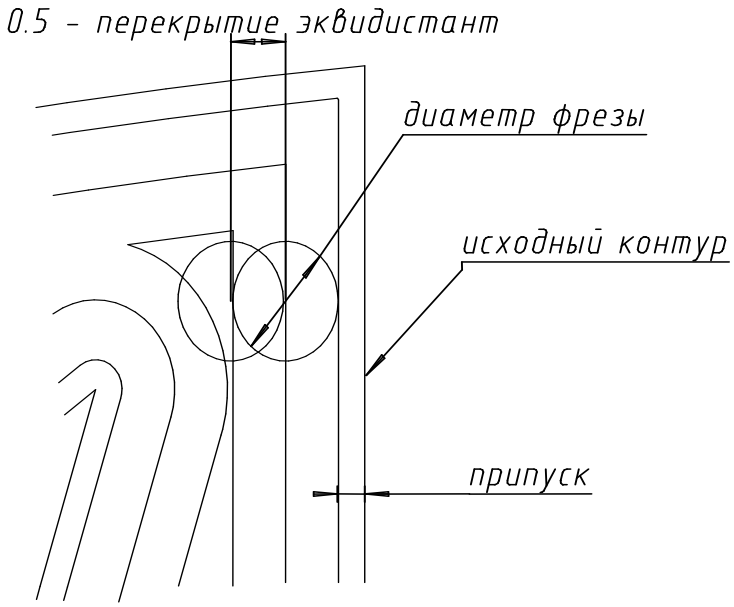
Возможны следующие способы врезания:

- вертикальное
- наклонное автоматическое

- винтовое
- вертикальное
- наклонное ручное
- винтовое



При выборе автоматического способа врезания точки врезания выбираются системой автоматически в области начала обработки. В случае выбора ручного способа врезания пользователь должен указать одну (для вертикального способа) или две точки (для наклонного и винтового врезания).

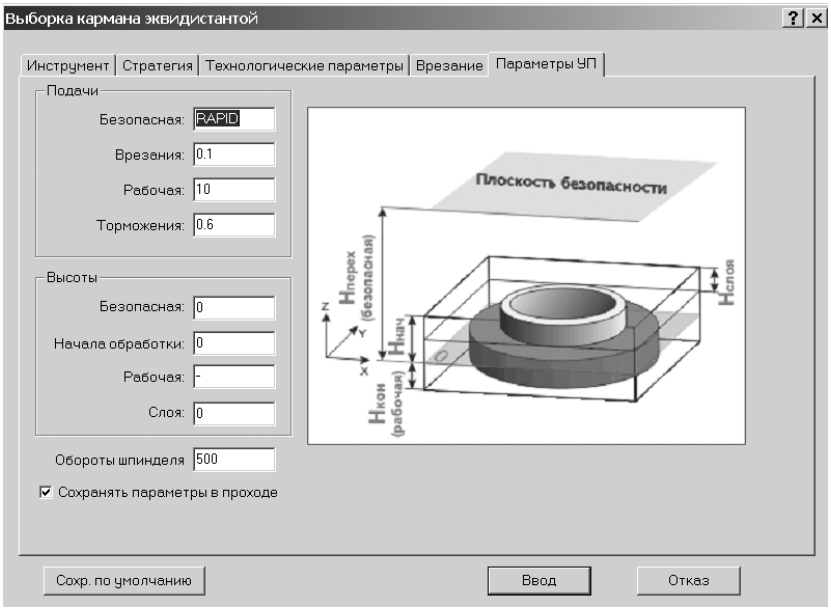


Если способ врезания выбирается вертикальным, то предварительно в этой точке должно быть произведено засверливание. Эту операцию можно выполнить с использование соответствующей стратегии обработки (см. описание стратегии **Засверливание**).

При наклонном врезании траектория инструмента может представлять собой чередование наклонных и горизонтальных участков траектории, где включаются соответственно **Подача врезания** и **Подача рабочая.** Горизонтальные участки используются в случае, если при врезании образуется сливная стружка, которую необходимо периодически ломать. Уклон наклонных участков траектории и длина горизонтальных участков задается при формировании исходной управляющей программы.

При винтовом врезании формируется траектория в виде спирали, радиус витка которой задается параметром R винта.

Закладка *Параметры УП* позволяет задать высоты безопасности, начала обработки, рабочую высоту и толщину снимаемого слоя, а также подачи - безопасности, врезания, рабочую и торможения, обороты вращения шпинделя. Величины высот и подач могут быть изменены на этапе формирования управляющей программы. Назначение параметров высот и подач аналогично описанному для стратегии **Контур (центром)** – закладка *Параметры УП.*



После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание геометрических элементов, в соответствии с выбранной стратегией.

Укажите набор объектов

В ответ необходимо последовательно указать все обрабатываемые контура. В случае отключения пункта **Автоматическая ориентация контуров** на указанном контуре появляется стрелка, определяющая область обработки. Направление стрелки меняется повторным указанием контура. Третье указание контура отменяет операцию указания. Если все контура указаны, то для отказа от дальнейшего указания необходимо нажать правую кнопку мыши, а для подтверждения выбора – левую кнопку.

Дальнейшая последовательность действий зависит от выбранного способа врезания.

Если выбрано “вертикальное -> ручное”, то внизу экрана появляется запрос:

Координаты точки начала обработки:

В ответ надо задать точку начала обработки. В этой точке произойдет вертикальное врезание в начале прохода. Дальнейшее построение прохода от заданной точки производится автоматически.

Если выбрано “наклонное -> ручное”, то внизу экрана появятся последовательно два запроса:

Координаты точки начала врезания:

Координаты точки начала обработки:

В ответ надо задать две точки, определяющие отрезок врезания (от точки начала врезания до точки начала обработки). От точки начала обработки дальнейшее построение прохода производится автоматически.

После завершения указаний формируется проход фрезы (процесс может продолжаться длительное время и сопровождаться индикацией шага исполнения).

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

Подбор штриховкой 

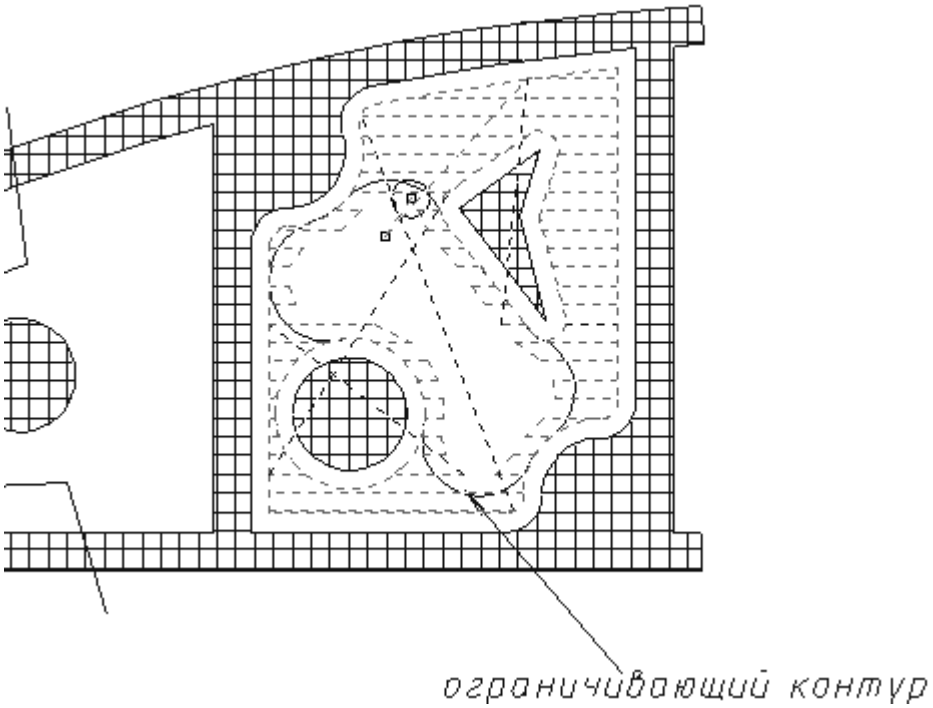
Пункт **Подбор штриховкой** предназначен для создания прохода фрезы внутри одного или нескольких замкнутых составных контуров, при наличии одного или нескольких ограничивающих контуров. Под ограничивающим контуром понимается граница области, в которой выборка материала была произведена ранее, или материал отсутствует (открытый край технологического кармана).

Подбор штриховкой можно использовать в двух режимах:

- Выборка кармана штриховкой (без ограничивающих контуров).
- Подбор кармана штриховкой, который производится после выборки основной массы материала фрезой большой диаметра.

Необходимо помнить, что область, выделяемая ограничивающими контурами, должна лежать либо целиком внутри, либо целиком снаружи системы обрабатываемых контуров.

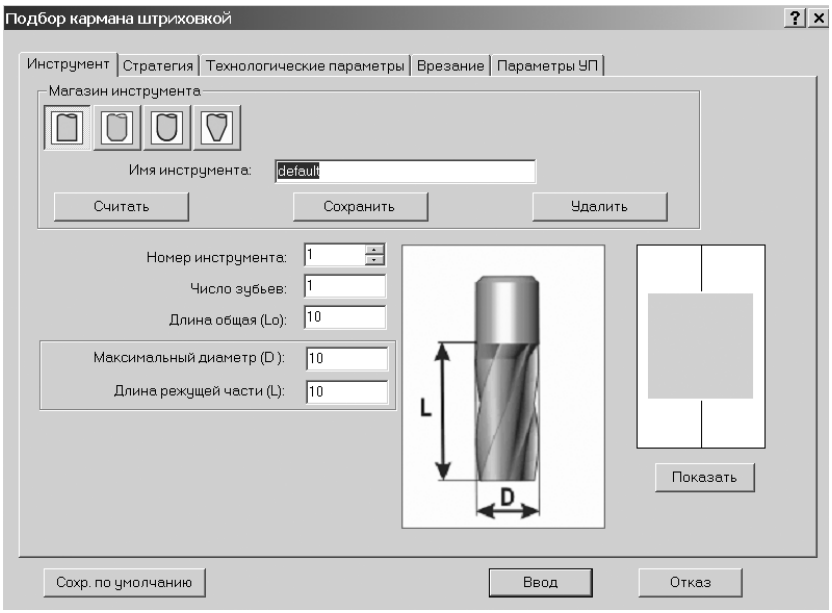
Допускается обработка карманов как с “островами”, так и без них. Обеспечивается наименьшее для данного способа выборки число холостых ходов фрезы.



Различные варианты обработки определяются параметрами и условиями, задаваемые на закладках диалоговой панели, после вызова пункта **Подбор кармана штриховкой**.

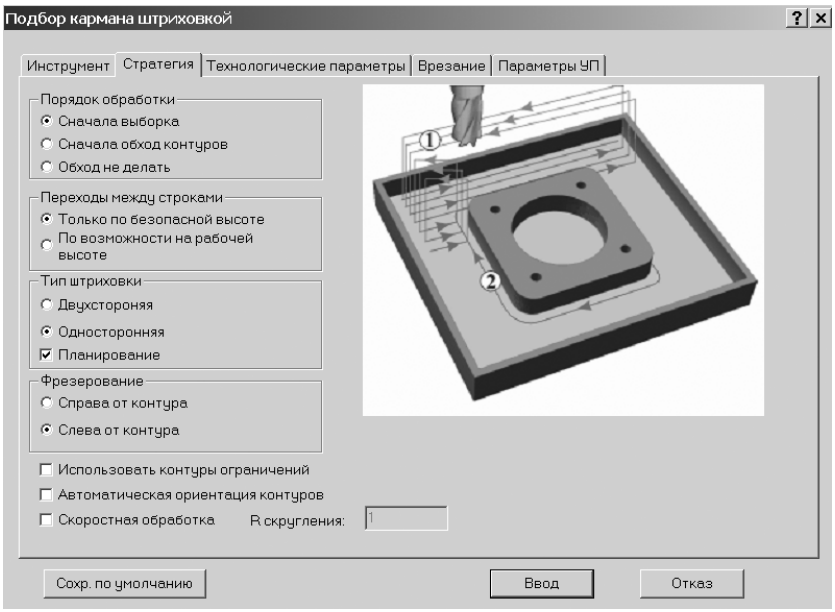
При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, описывающие геометрию фрезерного инструмента, рассмотренные выше (см. параграф **Задание инструмента**).



Примечание: задавая инструмент для выборки карманов надо учитывать, что в алгоритмах используется диаметр концевой части фрезы, равный разности диаметра фрезы и удвоенного радиуса скругления.

Закладка *Стратегия* определяет варианты выборки материала из указанной области и способы перехода инструмента между областями обработки.



Пункт **Порядок обработки** задает последовательность, в которой будет производиться выборка материала. Возможны следующие варианты обработки:

Сначала выборка (обход внешних и внутренних контуров производится после выборки);

Сначала обход контуров (выборка материала производится после обхода внешних и внутренних контуров);

Обход не делать (производится только выборка материала).

Пункт **Переходы между строками** определяет способ перехода инструмента от конца предыдущей строки к началу следующей. Возможны два варианта перехода:

- Только по безопасной высоте;
- По возможности на рабочей высоте.

Пункт **Тип штриховки** определяет вариант движения по строкам. Различают двухстороннюю и одностороннюю штриховку. Двухсторонняя штриховка представляет собой обычный способ движения инструмента по траектории типа «змейка». Односторонняя штриховка представляет собой однонаправленное движение инструмента на рабочей подаче с переход в начало следующей строки по воздуху (соответствует траектории типа «петля»).

Планирование - обработка строится с учетом возможности перехода между линиями штриховки в одном направлении. Тем самым обеспечивается качественный стык по поверхности в месте соединения области штриховки

вокруг внутренних “островов” в системе контуров.

Пункт **Тип фрезерования** определяет варианты фрезерования Справа от контура и **Слева от контура**, которые характеризуются тем, что каждый контур из числа указанных при обработке будет находиться справа от движущейся фрезы или слева. Направление обхода контуров определяется технологом с учетом заточки используемых фрез.

Область начала обработки определяется углом штриховки (задается на закладке *Технологические параметры*) и типом фрезерования (справа/слева от контура). Например:

Угол штриховки: 0; фрезерование справа –> левый нижний край области обработки;

Угол штриховки: 0; фрезерование слева –> левый верхний край области обработки;

Угол штриховки: 180; фрезерование справа –> правый верхний край области обработки;

Угол штриховки: 180; фрезерование справа –> правый нижний край области обработки.

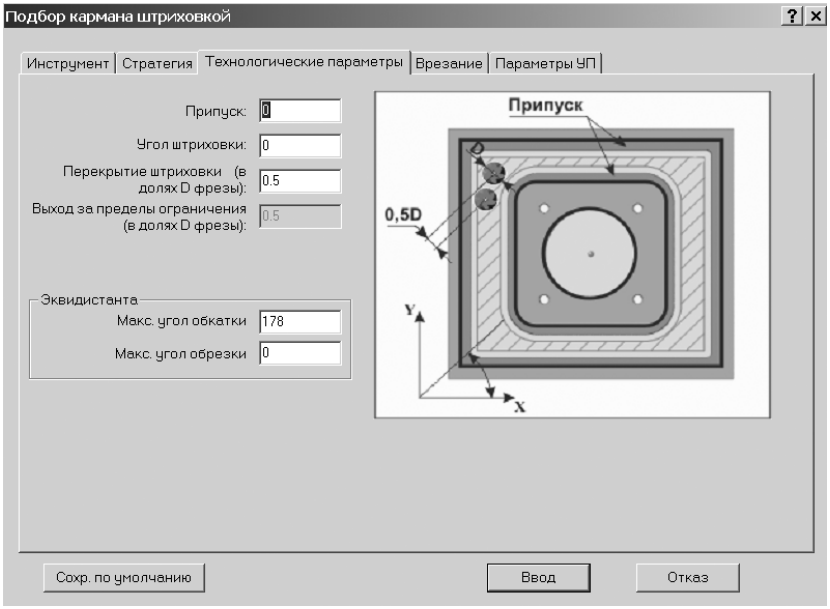
Пункт **Использовать контуры ограничений** позволяет произвести операцию подборки кармана штриховкой после выборки основной массы материала фрезой большой диаметра или произвести выборку материала с учетом ограничивающих контуров. Для построения ограничивающего контура в первом случае можно воспользоваться утилитой **Вписать фрезу** (более подробно см. параграф **Утилиты** (**Технологические построения** -> **Вписать фрезу**).

При включении пункта **Использовать контуры ограничений** становится активным пункт **Выход** за пределы ограничения (закладка *Технологические параметры*), который задает величину выхода центра инструмента (в долях D фрезы) за пределы ограничивающего контура, что бывает полезно для дополнительной подчистки тех областей колодца, где ранее прошел инструмент большего диаметра.

Пункт **Автоматическая ориентация контуров** определяет направление обработки внутри области, ограниченной замкнутыми или разомкнутыми контурами. Если пользователь работает только с замкнутыми не пересекающимися контурами, то необходимо активировать переключатель **Автоматическая ориентация контуров**. В этом случае при указании обрабатываемых контуров направление обработки запрашиваться не будет, т.е. предполагается, что контура не имеют точек пересечения, поэтому направление обработки может быть определено автоматически по принципу вложенности контуров - от самых внешних контуров обработка производится внутрь, от второго уровня наружу и т.д. Если активировать пункт **Использовать контуры ограничений**, пункт **Автоматическая ориентация контуров** становиться не активным и для каждого обрабатываемого и ограничивающего контура будет запрашиваться направление, определяющее область обработки.

Пункт **Скоростная обработка** предназначен для создания траектории, не содержащей изломов. Места изломов в траектории сглаживаются дугой заданного радиуса, величина которой задается параметром R скругления. Оптимальное значение радиуса скругления, зависящее от динамических характеристик станка, располагаемых тангенциальных и нормального ускорений, можно вычислить, исходя из паспортных данных станка, или определить экспериментально.

Закладка *Технологические параметры* позволяет задать припуск, угол и расстояние между строками обработки, способ обхода угловых точек траектории.



Пункт **Припуск** определяет величину, на которую фреза не дойдет до исходного контура, оставив таким образом материал для последующей обработки. Величина припуска может быть равна нулю или быть больше нуля.

Пункт **Угол штриховки** задает угол наклона линий штриховки в градусах, определяемый технологией обработки. Сочетанием параметров **Угол штриховки** и **Тип фрезерования** можно изменить область начала обработки.

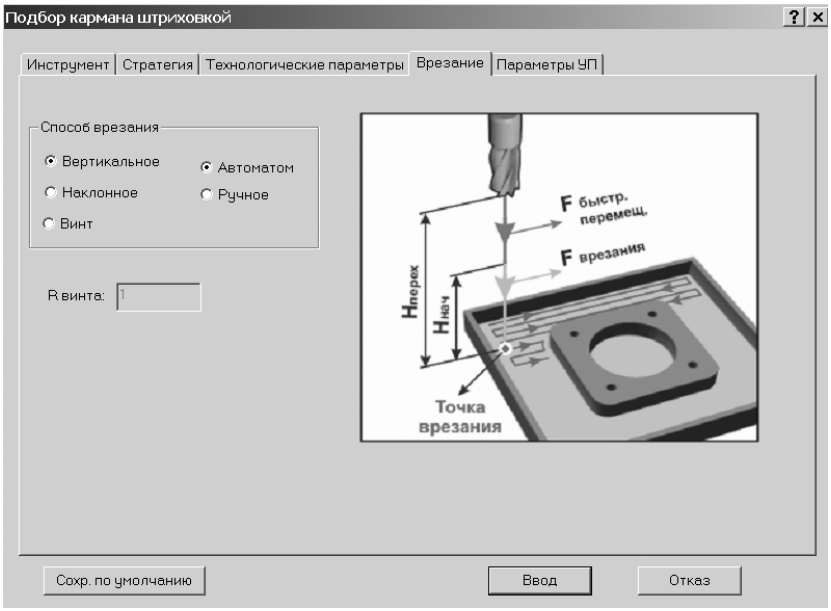
Пункт **Перекрытие штриховки** определяет расстояние между строками обработки, измеряемое в долях диаметра концевой части инструмента. Перекрытие определяет наложение соседних ходов инструмента и задается числом, заключенным между 0 и 1 , но не равного 0 и 1. При значении перекрытия, близком к 0, расстояние между строками близко к диаметру инструмента. При значении перекрытия близком к 1, расстояние между строками близко к 0. При значении перекрытия равном 0.5, расстояние между строками равно радиусу инструмента. Перекрытие выбирается в зависимости от формы обрабатываемой области поверхности и влияет на чистоту обработки и наличие необработанных зон. Рациональная величина перекрытия устанавливается технологом.

Пункт **Выход за пределы ограничений** задает величину выхода центра инструмента (в долях D фрезы) за пределы ограничивающего контура, в

случае если активен пункт **Использовать контуры ограничений**.

Пункт **Эквидистанта** позволяет задать различные способы обхода обрабатываемых и ограничивающих контуров, содержащих изломы. Параметры «max угол обкатки» и «max угол обрезки» управляют обходом внешних и внутренних углов контура при построении эквидистанты и скругления контура (более подробно см. параграф **Утилиты** (**Технологические построения** -> **Эквидистанта**).

Закладка *Врезание* определяет различные варианты захода фрезы в массив материала.



Возможны следующие способы врезания:

- вертикальное
- наклонное автоматическое
- винтовое
- вертикальное
- наклонное ручное
- винтовое

При выборе автоматического способа врезания точки врезания выбираются системой автоматически в области начала обработки. В случае выбора ручного способа врезания пользователь должен указать одну (для вертикального способа) или две точки (для наклонного и винтового врезания).

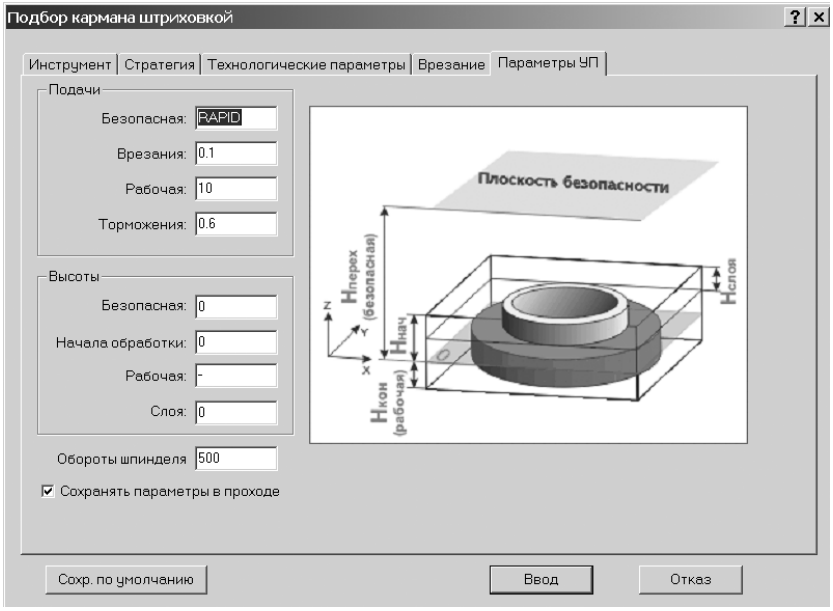
Если способ врезания выбирается вертикальным, то предварительно в этой точке должно быть произведено засверливание. Эту операцию можно выполнить с использование соответствующей стратегии обработки (см. описание стратегии **Засверливание**).

При наклонном врезании траектория инструмента может представлять собой чередование наклонных и горизонтальных участков траектории, где

включаются соответственно **Подача врезания** и **Подача рабочая**. Горизонтальные участки используются в случае, если при врезании образуется сливная стружка, которую необходимо периодически ломать. Уклон наклонных участков траектории и длина горизонтальных участков задается при формировании исходной управляющей программы.

При винтовом врезании формируется траектория в виде спирали, радиус витка которой задается параметром R винта.

Закладка *Параметры УП* позволяет задать высоты безопасности, начала обработки, рабочую высоту и толщину снимаемого слоя, а также подачи - безопасности, врезания, рабочую и торможения, обороты вращения шпинделя. Величины высот и подач могут быть изменены на этапе формирования управляющей программы. Назначение параметров высот и подач аналогично описанному для стратегии **Контур (центром)** – закладка *Параметры УП*.



После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание геометрических элементов в соответствии с выбранной стратегией.

Укажите множество обрабатываемых контуров

В ответ необходимо последовательно указать все обрабатываемые контура. В случае включения пункта **Использовать контуры ограничений** или отключения пункта **Автоматическая ориентация контуров** на указанном контуре появится стрелка, определяющая область обработки. Направление стрелки меняется повторным указанием контура. Третье указание контура отменяет операцию указания. Если все обрабатываемые контура указаны, то для отказа от дальнейшего указания необходимо нажать правую кнопку мыши, а для подтверждения выбора – левую кнопку.

Укажите множество ограничивающих контуров

Пользователь определяет систему контуров, являющихся ограничениями

при обработке. Пользователь может отказаться от указания ограничивающих контуров, и тогда, работа будет осуществляться по схеме выборки кармана штриховкой. Если задана система ограничивающих контуров с указанием направления области обработки, то будет осуществлена подборка штриховкой.

Дальнейшая последовательность действий зависит от выбранного способа врезания.

Если выбрано “вертикальное -> ручное”, то внизу экрана появляется запрос:

Координаты точки начала обработки:

В ответ надо задать точку начала обработки. В этой точке произойдет вертикальное врезание в начале прохода. Дальнейшее построение прохода от заданной точки производится автоматически.

Если выбрано “наклонное -> ручное”, то внизу экрана появятся последовательно два запроса:

Координаты точки начала врезания:

Координаты точки начала обработки:

В ответ надо задать две точки, определяющие отрезок врезания (от точки начала врезания до точки начала обработки). От точки начала обработки дальнейшее построение прохода производится автоматически.

После завершения указаний формируется проход фрезы (процесс может продолжаться длительное время и сопровождаться индикацией шага исполнения).

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

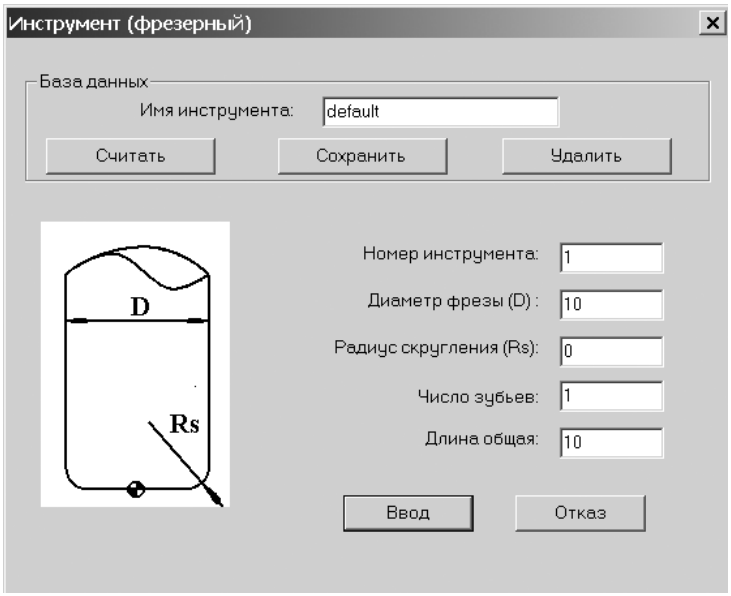
Ручное фрезерование

Пункт **Ручное фрезерование** предназначен для создания прохода фрезы, задаваемого ее перемещением от точки к точке, координаты или положение которых пользователь задает вручную. При этом предыдущая точка соединяется с последующей непрерывной траекторией.

После указания параметров инструмента в меню **Инструмент** появляется запрос:

Координаты точки(x,y):

Пользователь последовательно указывает положения центра инструмента (узловые точки траектории), визуально отслеживая путь и область, которая будет обработана фрезой заданного диаметра. При неточном указании положения центра можно воспользоваться операцией **Отмена** в оперативном меню и вернуться на необходимое количество шагов.



Завершение указания производится правой кнопкой мыши.

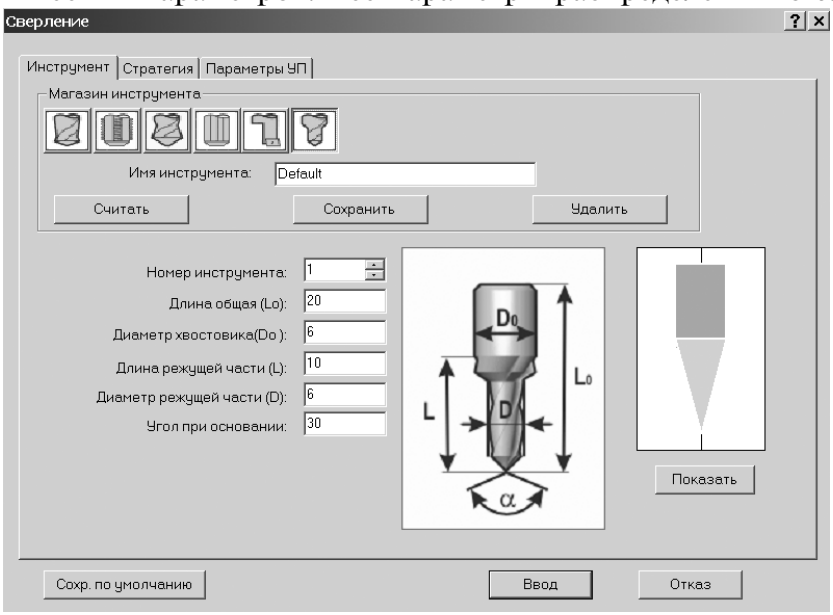
После завершения указаний формируется проход фрезы.

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

Цикл сверления 

Пункт **Цикл сверления** предназначен для программирования операций сверления, нарезания резьбы метчиком, зенкерования, развертки, расточки и центровки отверстий по точкам, заданных набором маркеров, и/или по контурам окружностей, заданных диапазоном радиусов. Работа пункта во многом аналогична описанной выше операции **Гравировка**, но в качестве объектов указываются маркера и окружности.

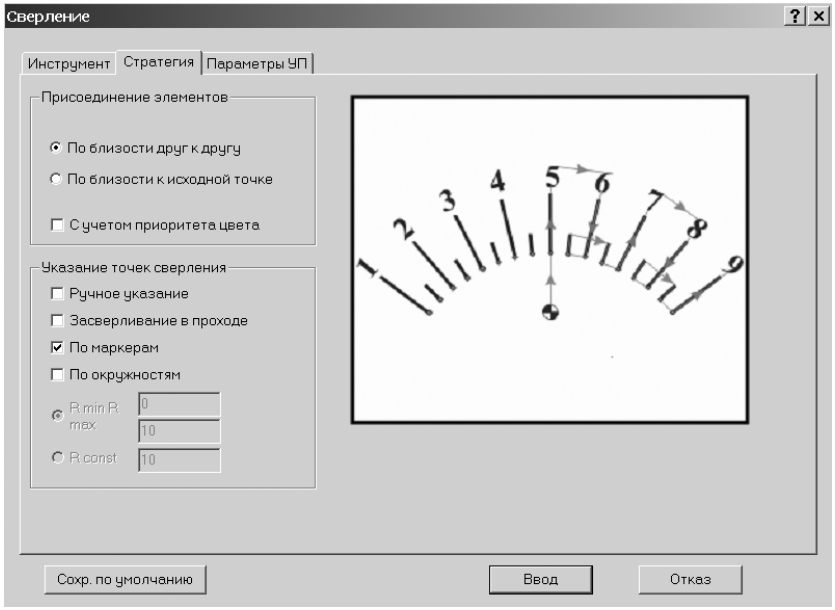
При выборе пункта меню **Цикл сверления** появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в



соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, описывающие геометрию различного вида осевого инструмента - сверла, метчики, зенкера, развертки, расточные резцы и центровки для соответствующих операций обработки.

Закладка *Стратегия* определяет выбор последовательности обработки маркеров и контуров окружностей.



Пункт **Присоединение элементов** задает варианты перехода между маркерами и/или контурами окружностей:

- по близости элементов друг к другу
- по близости к начальной точке построения прохода

Помимо этого, при построении прохода может быть учтен приоритет цвета контуров, т.е. элементы будут обрабатываться в следующей последовательности:

> **Синий - Зеленый - Голубой - Красный - Фиолетовый - Белый - Ярко-синий - Ярко-зеленый - Ярко-голубой - Ярко-красный - Ярко-фиолетовый - Желтый.**

Пункт **Указание точек сверления** определяет стратегию, в соответствии с которой будет выполнена одна из операций. Пункт включает в себя следующие варианты:

Ручное указание - положение центров отверстий пользователь определяет вручную простым их указанием курсором на экране. Последовательность указания точек сохраняется при формировании прохода и между точками автоматически создается траектория перехода по воздуху.

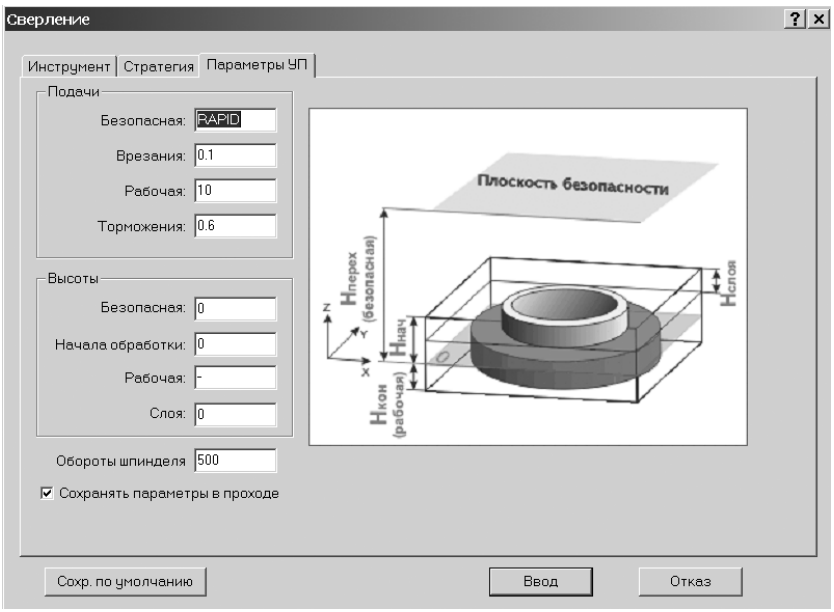
Засверливание в проходе - точки засверливания определяются автоматически из 2D-прохода в местах вертикального врезания инструмента в материал детали.

По маркерам - операции сверления производятся по маркерам, являющимся центрами отверстий.

По окружностям - операции сверления производятся путем указания контуров окружностей, центры которых определяются автоматически. При этом допускается задание диапазона радиусов (Rmin, Rmax), обработка которых будет выполнена в текущем проходе указанным инструментом или задание постоянного радиуса окружности (Rconst).

Примечание: допускается одновременное задание двух последних вариантов указания - по маркерам и по окружностям.

Закладка *Параметры УП* позволяет задать высоты безопасности, начала обработки, рабочую высоту и толщину снимаемого слоя, а также подачи - безопасности, врезания, рабочую и торможения, обороты вращения шпинделя. Величины высот и подач могут быть изменены на этапе формирования управляющей программы. Назначение параметров высот и подач аналогично описанному для стратегии **Контур (центром)** - закладка *Параметры УП*.



После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание геометрических элементов, в соответствии с выбранной стратегией:

При **Ручном указании** положение центров отверстий задается пользователем вручную, указывая их положение курсором на экране, используя, при необходимости, привязки к точкам, линиям в меню **Параметры ввода**. При неточном указании положения центра можно воспользоваться операцией **Отмена** в оперативном меню и вернуться на необходимое количество шагов. Отказ от дальнейшего указания производится правой кнопкой мышки. При указании нескольких центров отверстий между ними автоматически формируются переходы по воздуху на высоте безопасного перехода.

При **Засверливании** в проходе возникнет таблица проходов, из которых необходимо выбрать тот, в котором предполагается провести операцию засерливания. Подтвердив выбранный проход левой кнопкой мышки,

система автоматически сформирует засверливание в тех точках, где инструмент производит вертикальное врезание в материал.

При сверлении **По маркерам** и/или **По окружностям** после указания положения начальной точки следует запрос:

Укажите набор объектов

Пользователь указывает точки и/или контура окружностей, которые удовлетворяют условиям меню **Контур - Окружность**. Диапазон радиусов окружностей, который был задан раннее, при необходимости, может быть скорректирован на этапе указания.

Если объекты выбираются простым указанием курсором, то последовательность выбора сохраняется при обработке. При множественном указании объектов "Окном", "Направлением" или "Все" последовательность обработки определяется с минимизацией переходов между объектами и/или в соответствии со способом Присоединения объектов.

Примечание: Если возможны несколько вариантов объединения элементов, то существует следующий приоритет при обработке:

1. Цвета обрабатываемых элементов;

2. Последовательность указания элементов курсором;

3. Выбранная стратегия **Присоединения элементов**.

Продолжить?

Если есть необходимость добавить в проход новые элементы, пользователь указывает новую группу.

Траектория формируется после отказа от продолжения указания элементов (правой кнопкой мышки).

Далее предлагается сохранить созданный проход с соответствующим комментарием в базе данных.

Примечание: интерпретация созданного цикла сверления как одной из операций (сверление, зенкерование, резьбонарезание, расточка) производится на этапе формирования управляющей программы.

Гравировка 3D 

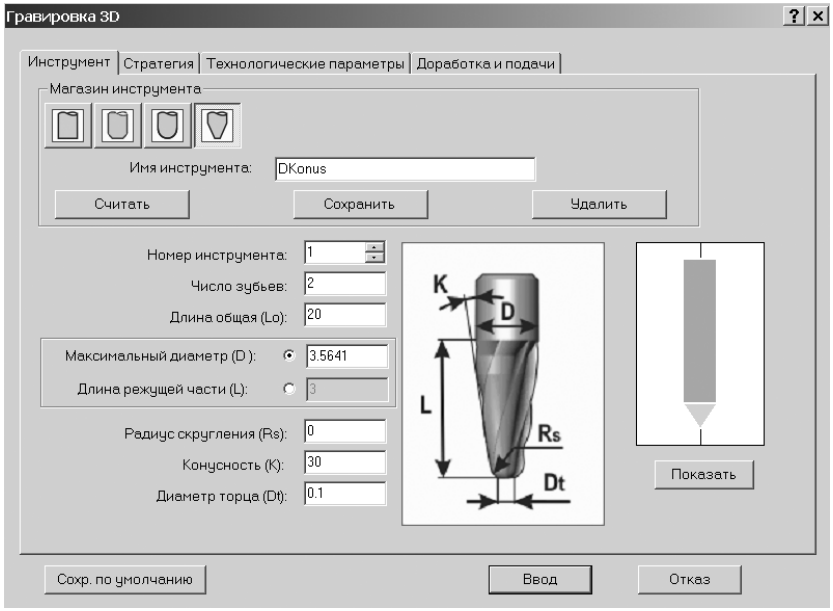
Пункт **Гравировка 3D** предназначен для построения прохода для выборки области, ограниченной совокупностью замкнутых контуров коническим гравировальным резцом, конической, торовой, цилиндрической или сферической фрезами. Обработка происходит с переменной глубиной. Считается, что обрабатываемые контура лежат на высоте Z = 0, а рабочее сечение инструмента на этой плоскости вписывается в обрабатываемую систему замкнутых контуров.

Примечание: если обрабатываемые контура не замкнуты или пересекаются, то перед выполнением операции **Гравировка 3D** необходимо произвести их преобразования, используя утилиты **Объединить, Вычесть, Пересечь, Обрезка** (более подробно см. параграф **Утилиты** (**Технологические построения)**).

Различные варианты обработки определяются параметрами и условиями, задаваемые на закладках диалоговой панели, после вызова пункта **Гравировка 3D**.

При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

Закладка **Инструмент** включает в себя параметры, описывающие геометрию фрезерного инструмента, рассмотренные выше (см. параграф **Задание инструмента**).



Закладка *Стратегия* определяет порядок выборки материала и обхода контуров, способ выборки и направление обработки.

Пункт **Порядок** обработки задает последовательность, в которой будет производиться выборка материала и обход контуров. Возможны следующие варианты обработки:

- Только выборка (производится только выборка материала из указанных областей);

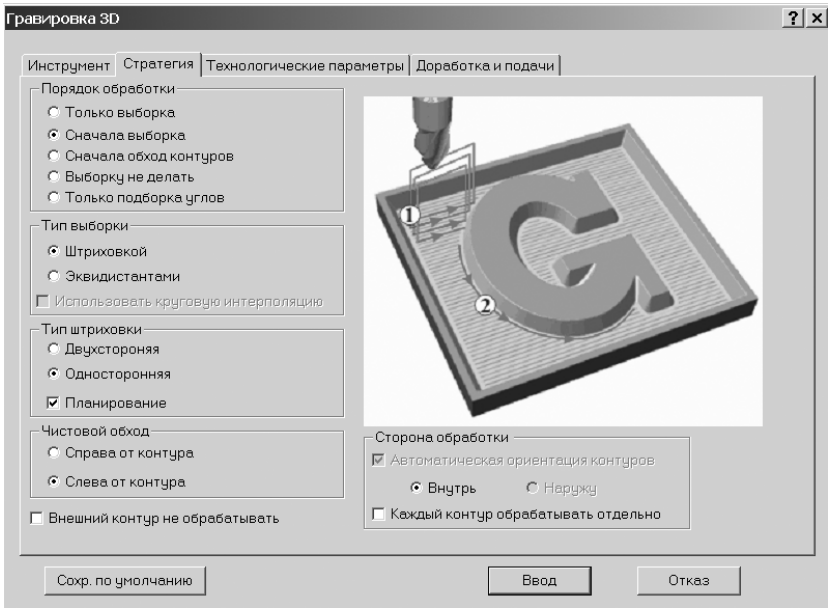
- Сначала выборка (обход внешних и внутренних контуров производится после выборки);

- Сначала обход контуров (выборка материала производится после обхода внешних и внутренних контуров);

- Выборку не делать (производится только обход внешних и

внутренних контуров).

- Только подборка углов (выполняется подъем инструмента во внутренних углах контуров. Используется для финишной обработки самым тонким инструментом).



Пункт **Тип выборки** определяет способ выборки материала из указанных областей. Различают следующие варианты выборки:

Штриховкой - обработка производится параллельными прямыми линиями в заданном направлении.

Эквидистантами - обработка производится по траекториям, эквидистантным к исходным контурам. При выборе данной стратегии становиться доступным пункт **Использовать круговую интерполяцию**, позволяющий автоматически преобразовать исходную траекторию выборки в траекторию, содержащую дуги окружностей, что способствует сокращению объема управляющей программы.

Пункт **Тип штриховки** определяет способ движения по строкам и становится активным при указании варианта выборки **Штриховкой**. Различают двухстороннюю и одностороннюю штриховку. Двухсторонняя штриховка представляет собой обычный способ движения инструмента по траектории типа «змейка». Односторонняя штриховка представляет собой однонаправленное движение инструмента на рабочей подаче с переход в начало следующей строки по воздуху (соответствует траектории типа «петля»).

Планирование - обработка строится с учетом возможности перехода между линиями штриховки в одном направлении. Тем самым обеспечивается качественный стык по поверхности в месте соединения области штриховки вокруг внутренних “островов” в системе контуров.

Пункт **Чистовой обход контуров** определяет варианты фрезерования **Справа от контура** и **Слева от контура**, которые характеризуются тем, что каждый контур из числа указанных при обработке будет находиться справа от

движущейся фрезы или слева. Направление обхода контуров определяется технологом с учетом заточки используемых фрез.

Пункт **Внешний контур не обрабатывать**. В том случае, если внешний контур является ограничивающим, обход по нему может не выполняться.

Пункт **Сторона обработки** позволяет задать различные модификации гравировки, указывая варианты направления обработки внешних и внутренних контуров.

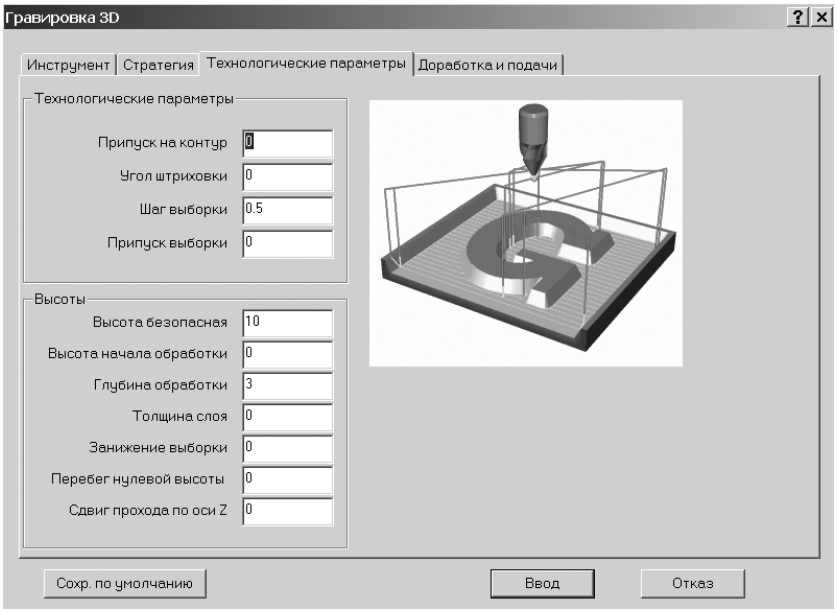


Пункт **Автоматическая ориентация контуров** определяет направление обработки внутри замкнутой области. Если пользователь работает только с замкнутыми не пересекающимися контурами, то необходимо активировать переключатель **Автоматическая ориентация контуров**. В этом случае при указании контуров направление обработки запрашиваться не будет, т.е. предполагается, что контура не имеют точек пересечения, поэтому направление обработки может быть определено автоматически по принципу вложенности контуров. При этом сторона обработки может быть изменена пунктами **Внутрь** и **Наружу**. Если сторона обработки определена как **Внутрь**, то от самых внешних контуров обработка производится внутрь, от второго уровня наружу, от третьего внутрь и т.д. Если происходит исключительно обработка контуров, а не выборка области, то сторона обработки может быть определена, как **Наружу**. В этом случае от самых внешних контуров обработка производится наружу, от второго уровня внутрь, от третьего наружу и т.д.

Одновременно с замкнутыми контурами возможно указание текстовых строк, заданных контурными шрифтами, поскольку они неявно представлены совокупностью замкнутых контуров.

Пункт **Каждый контур обрабатывается отдельно**. Если этот пункт включен, то каждый из указанных контуров будет обрабатываться независимо от других контуров, не обращая внимание на их вложенность. Обработка ведется внутри каждого контура.

Закладка *Технологические параметры* позволяет задать основные параметры обработки: припуск, угол и расстояние между строками обработки, высоты перехода.



Пункт **Припуск на контур** определяет величину, на которую инструмент не дойдет до исходного контура при выполнении обхода контуров или при выполнении выборки. Данный пункт относится к построению траектории движения по контуру. Величина припуска может быть равна нулю или быть больше нуля.

Пункт **Угол штриховки** задает угол наклона линий штриховки в градусах, определяемый технологией обработки.

Пункт **Шаг выборки** определяет расстояние между строками обработки, измеряемое в миллиметрах.

Если шаг задается нулевым, то выборка внутренней зоны контура выполняться не будет. Проход будет включать лишь гравировку контура. Перекрытие выбирается в зависимости от формы обрабатываемой области поверхности и влияет на чистоту обработки и наличие необработанных зон. Рациональная величина перекрытия устанавливается технологом.

Пункт **Припуск выборки** учитывается только при указании типа обработки **Штриховкой** и относится к построению траектории выборки. Припуск определяет величину, на которую инструмент не дойдет до траектории обхода контура при выполнении выборки материала. Величина припуска может быть равна нулю или быть больше нуля.

Примечание: если одновременно задан **Припуск на контур** и **Припуск выборки**, то величина припуска суммируется.

Пункт **Высоты** отвечает за задание высот обработки.

Различают следующие высоты:

Высота безопасная - определяет плоскость безопасности при переходе фрезы между зонами обработки по воздуху. Отсчитывается от нулевой

плоскости (Z=0).

Высота начала обработки - задает высоту начала врезания инструмента на подаче врезания. Отсчитывается от нулевой плоскости (Z=0). Может принимать отрицательные значения.

Глубина обработки - максимально возможная глубина обработки, ниже которой инструмент не может опускаться. Эта глубина определяется Длиной режущей части (L) инструмента, которую можно задать явно на закладке Инструмент, или при задании Максимального диаметра (D) инструмента Длина режущей части (L) рассчитывается автоматически. Задаваемая Глубина обработки не должна превышать максимально возможную. При задании параметра вручную возможно искажение рисунка после обработки.

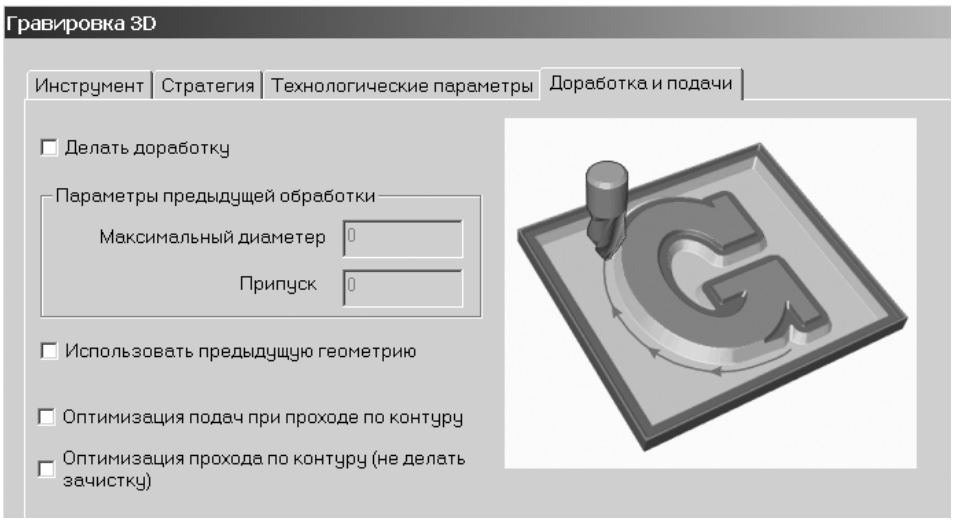
Толщина съема слоя - задает расстояние между плоскостями обработки. Если значение равно 0, то будет снят слой материала, равный разности высот Начала обработки и Глубины обработки. Если значение не равно 0, то указанный слой материала будет сниматься слоями, число которых зависит от значения параметра.

Занижение выборки - дополнительное небольшое заглубление последнего слоя выборки по сравнению с уровнем чистового прохода по контуру. Необходимо для повышения качества обработанной поверхности. (Используется только для типа обработки **Штриховкой**). Значение по технологическим особенностям не превышает величину в две точности от точности, указанной в меню **Параметры 2D**. (см. таблицу **Параметры 2D** пункт **Точность**).

Перебег нулевой высоты - величина выхода конического инструмента по продолжению направления траектории в угловых точках контуров при его подъеме в этих точках. Используется для повышения качества обработки в углах.

Сдвиг прохода по оси Z – позволяет переместить созданный проход по оси Z относительно нулевой плоскости на заданную величину. Величина сдвига может принимать положительные и отрицательные значения (соответственно в положительном и отрицательном направлении оси Z).

Закладка *Доработка и подачи* содержит пункты, позволяющие произвести



операцию чистовой доработки исходных контуров после выборки инструментом большего диаметра и задать величины подач.

Пункт **Делать доработку** определяет условие, что построение прохода фрезы будет сделано с учетом предыдущей обработки. Контур, полученный в результате обработки, станет ограничивающим для меньшего инструмента.

Пункт **Параметры** предыдущей обработки включает в себя следующие пункты:

Максимальный диаметр – диаметр инструмента (максимальный для конического инструмента), который был использован на предыдущем этапе обработки;

Припуск – величина припуска на контур, которая была задана на предыдущем этапе обработки.

Пункт **Использовать предыдущую геометрию**. При формировании очередного прохода, без дополнительных запросов, будет использована геометрия, которая была задана для предыдущей операции 3D-гравировки.

Стратегия обработки коническим инструментом подразумевает его подъем в тех местах, где он не может быть вписан по максимальному диаметру в плане (например, при сужении обрабатываемого контура или при обработке углов). При этом инструмент одновременно касается не менее двух разных точек контура (в дальнейшем такие участки будем называть траекторией «двойного касания»). Таким образом, каждая точка траектории проходится тоже не менее двух раз. Режим резания при первом проходе (например, при подъеме в углах) должен соответствовать полному съему материала, а при обратном движении будет производиться зачистка пройденной поверхности от дефектов отжима инструмента и заусенцев. Для оптимизации гравировки предназначены следующие пункты:

Пункт **Оптимизация подач**. В созданном проходе обход контуров на максимальной глубине и первое движение инструмента по траектории «двойного касания» будет осуществляться на подаче торможения (имеется ввиду на подаче, ниже рабочей). Повторный проход инструмента по траектории «двойного касания» осуществляется на рабочей подаче.

Пункт **Оптимизация прохода в углах** предполагает оптимизацию прохода, аналогичную пункту **Оптимизация подач**, за исключением того, что повторного прохода по траектории «двойного касания» при обратном движении не происходит, а переход на следующую часть траектории происходит по воздуху на подаче быстрого перемещения.

После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание геометрических элементов, в соответствии с выбранной стратегией.

Укажите набор контуров

В ответ необходимо указать все обрабатываемые контура. В случае если выключен пункт **Автоматическая ориентация контуров**, то на указанном контуре появится стрелка, определяющая область обработки. Направление

стрелки меняется повторным указанием контура. Третье указание контура отменяет операцию указания. Если все обрабатываемые контура указаны, то для отказа от дальнейшего указания необходимо нажать правую кнопку мыши, а для подтверждения выбора – левую кнопку.

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

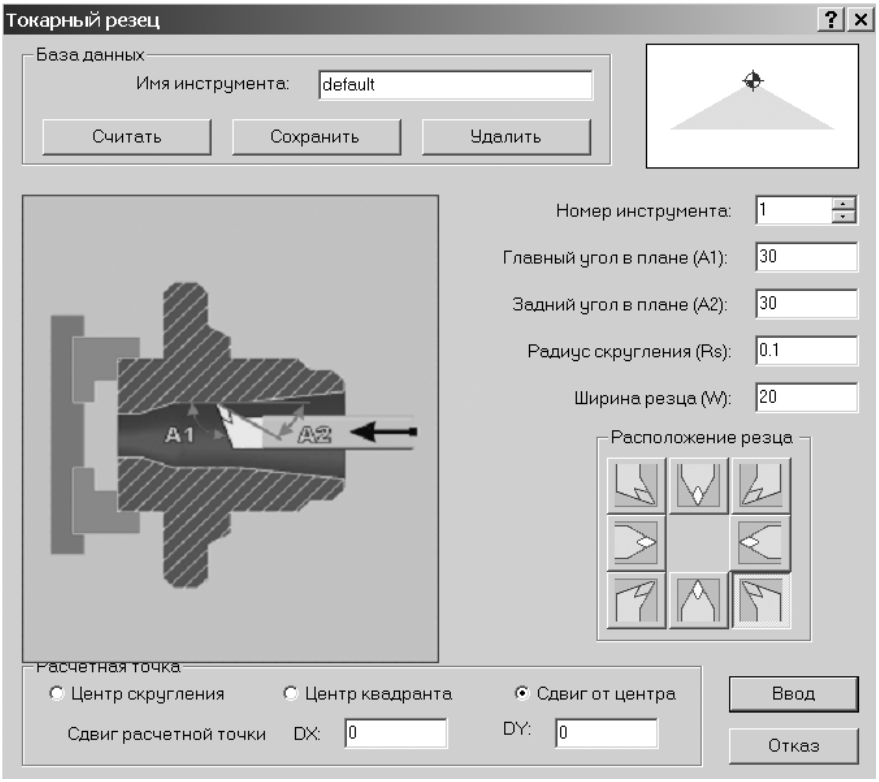
Токарный карман 

Пункт **Токарный карман** предназначен для создания прохода выборки основной массы материала из области, ограниченной контуром заготовки и контуром детали, при точении тела вращения токарными резцами заданной геометрии. Выборка производится параллельными (горизонтальными, вертикальными или наклонными) линиями штриховки.

Геометрия контуров детали и заготовки должна располагаться в I четверти системы координат. За ось вращения принимается горизонтальная ось X (Y = 0). Пересчет в станочную систему координат осуществляется постпроцессором на конечной стадии формирования программы.

Для формирования геометрии детали удобно воспользоваться утилитами из меню **Примитивы**, которые позволяют создать элементы детали (цилиндр, конус, сфера, тор), лежащих на валу и расположенных в I четверти системы координат (см. параграф **Примитивы**).

При выборе пункта меню **Токарный карман** появится меню параметров, описывающих геометрию токарного инструмента, его положение относительно заготовки, положение расчетной точки.



Каждый инструмент имеет уникальное имя. Пользователь имеет возможность по этому имени считать, сохранить или удалить запись в базе данных инструмента.

Типы резцов могут быть следующим:

Проходной - для обработки внешней поверхности при главном движении резания вдоль оси вращения (X);

Расточной - для внутренних поверхностей и отверстий при главном движении резания вдоль оси вращения (X);

Подрезной - для обработки торцев при режущем движении поперек оси X;

Отрезной - может использоваться для организации выборки токарного кармана;

Канавочный - НЕ используется при выборке карманов;

Фасонный - НЕ используется при выборке карманов.

Геометрия токарного резца характеризуется следующими параметрами:

Главный угол в плане - угол передней кромки режущей пластины резца.

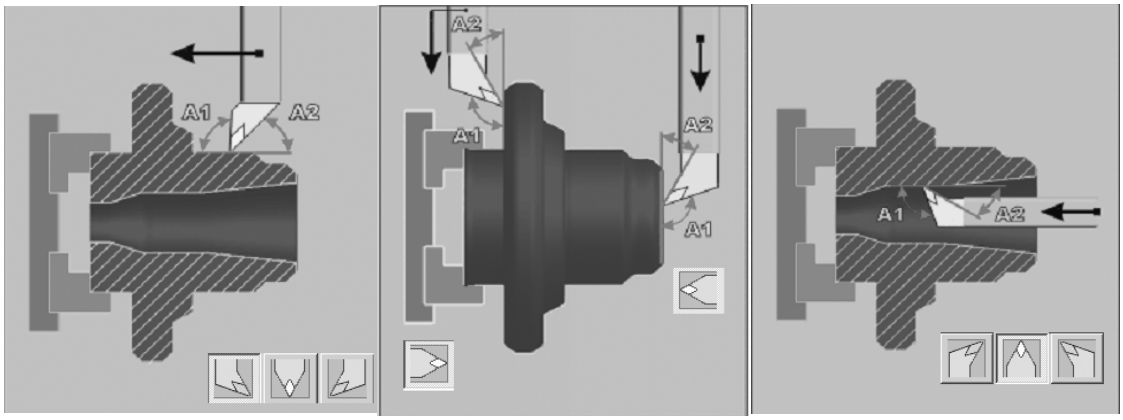
Задний угол в плане - угол задней кромки режущей пластины резца.

Радиус скругления - радиус скругления кончика режущей платины резца.

Ширина резца - ширина режущей платины резца.

Пункт **Расположение резца** задает положение резца относительно детали или заготовки, определяя, таким образом, обрабатываемую область (выборка снаружи или внутри контура, подрезка торца справа или слева).

Установка инструмента является важным элементом отработки программы, которая также задает направления главного движения и направление отхода. От того, как установлен резец, зависит определение углов резца в плане. При установке резца снаружи или изнутри контура детали углы откладываются от оси X, при установке резца справа или слева относительно торца углы откладываются от оси Y. Положение резца задается кнопками, назначение которых представлено на рисунке.



Пункт **Расчетная точка** определяет расположение точки, по которой будет производиться расчет траектории движения режущей пластины по контуру детали. Расположение точки расчета зависит от способа задания исходной

точки инструмента на станке, который должен обеспечить совмещение исходной расчетной точки и точки установки инструмента относительно заготовки на станке. По умолчанию расчетная точка резца находится в **Центре скругления режущей части пластины**. Практически, в зависимости от типа инструмента и вида детали, расчетную точку удобно устанавливать по касанию резцом заготовки, что обуславливает необходимость сдвига относительно центра скругления. В этом случае необходимо ввести величину сдвига в поля DX и DY параметра **Сдвиг расчетной точки**, которая отсчитывается от центра скругления режущей пластины. Другие варианты установки резца определяют положение расчетной точки как **Центр квадранта режущей пластины**.

Примечание: для подбора геометрии резца, обеспечивающего по возможности полную выборку материала из заготовки или проверки области, которая будет выбрана инструментом указанной геометрии, можно воспользоваться утилитой **Вписать резец** (см. параграф **Утилиты** (**Технологические построения**) -> **Вписать резец**).

После завершения задания параметров инструмента (кнопка ***Ввод***) возникает меню задания параметров обработки, которое включает в себя следующие пункты:

Угол выборки - острый угол к направлению главного движения, под которым проводятся линии штриховки.

Шаг выборки - расстояние между соседними линиями штриховки.

Отскок - величина отхода резца от обрабатываемого контура при совершении обратного холостого движения или переходе на следующую строчку.

Выход из заготовки - величина выхода резца за пределы заготовки со стороны врезания.

Припуск – величина, на которую инструмент не доходит до обрабатываемого контура. Пункт доступен, когда контуром обработки является контур детали.

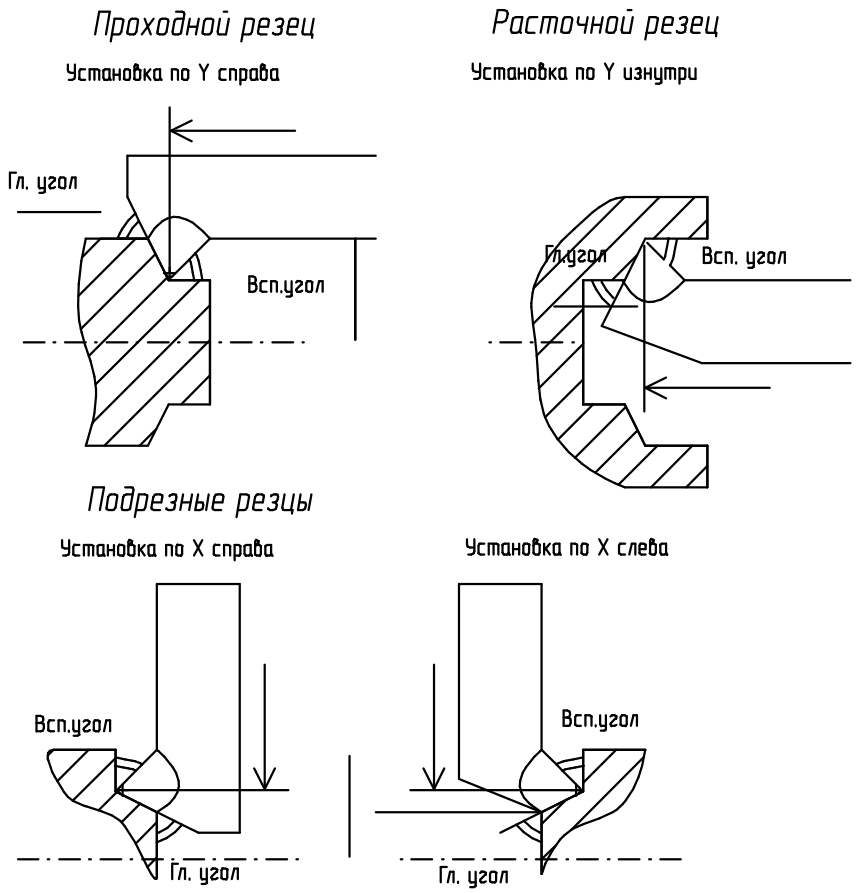
Пункт **Направление движения** определяет направление главного движения режущей пластины, которое должно совпадать вариантом установки резца относительно обрабатываемого контура, заданного ранее параметром **Расположение резца**.

Пункт **Направление отхода** определяет направление отхода инструмента от заготовки и используется при объединении проходов в единую программу.

Пункт **Врезание** задает способ входа резца в материал заготовки при переходе от конца предыдущей строки выборки в начало следующей в том случае, если переход на следующую строку и врезание от контура или за пределами контура заготовки невозможно. При этом различают варианты врезания:

Не допускается – в создаваемый проход будут включены только те строки траектории, в которых переход на следующую строку и врезание происходит

от контура или за пределами контура заготовки. Остальные строки исключаются.



По вертикали - предполагает врезание в отрезок траектории под острым углом, задаваемым параметром **Угол врезания**. Угол откладывается от горизонтали (направление главного движения - слева или справа) или от вертикали (направление главного движения - к оси или от оси).

По нормали - предполагает врезание в отрезок траектории под острым углом. Угол врезания откладывается от направления линий штриховки.

По контуру - предполагает врезание в отрезок штриховки по линиям контура детали.

Пункт **Врезание** отвечает и за направление ходов быстрых перемещений, соединяющих участки резания. Если выбран вариант **По нормали**, быстрые перемещения выполняются параллельно и перпендикулярно направлениям линий штриховки. Во всех других случаях - по горизонтали и вертикали.

Пункт **Тип движения** отвечает за выбор варианта движения инструмента по линиям штриховки. В зависимости от заточки резца допускается совершать рабочее движение по строкам траектории как в направлении главного движения, так и против него (если вспомогательная режущая кромка также является рабочей). Соответственно различают варианты движения:

- одностороннее - рабочее движение только в направлении главного движения;

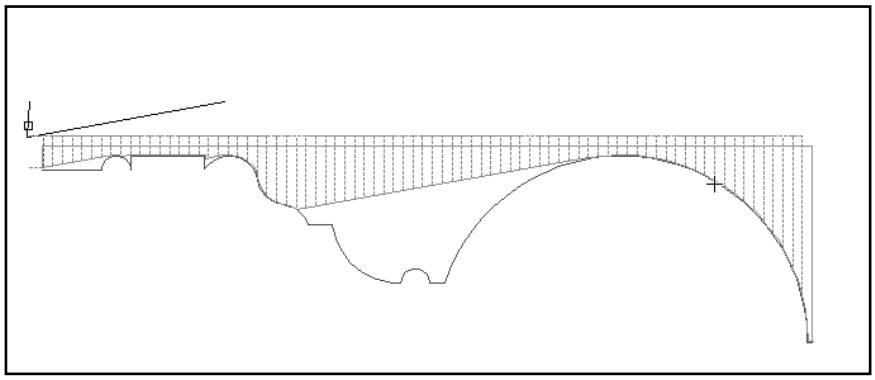
- двухстороннее – рабочее движение может совершаться в обоих направлениях.

Пункт **Контур обработки** – траектория расчетной точки используется в случае, если в качестве расчетного контура будет указан контур, полученный после выполнения утилиты **Вписать резец**.

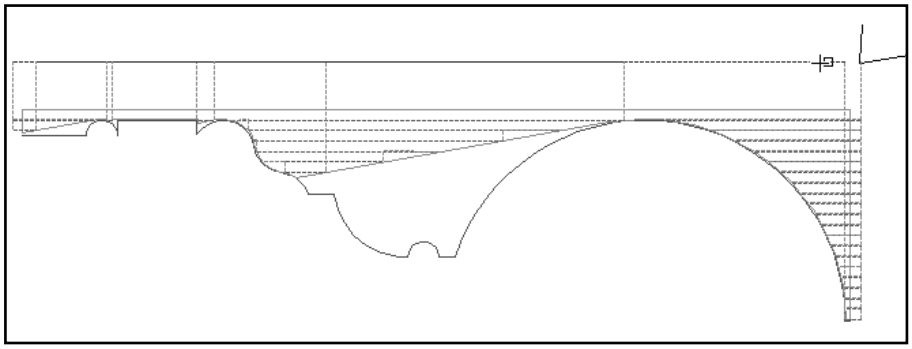
Пункт **Контур обработки** – деталь используется в случае, если в качестве расчетного контура будет указан непосредственно контур детали.

Пункт **Удлинить контур до заготовки** необходимо включить в случае, если контур детали не доходит до контура заготовки и не образует замкнутую область, необходимую для выполнения операции выборки.

Пункт **Тип обработки** определяет вид стратегии, в соответствии с которой будет производиться выборка. Возможны следующие варианты стратегий (см. рисунки):

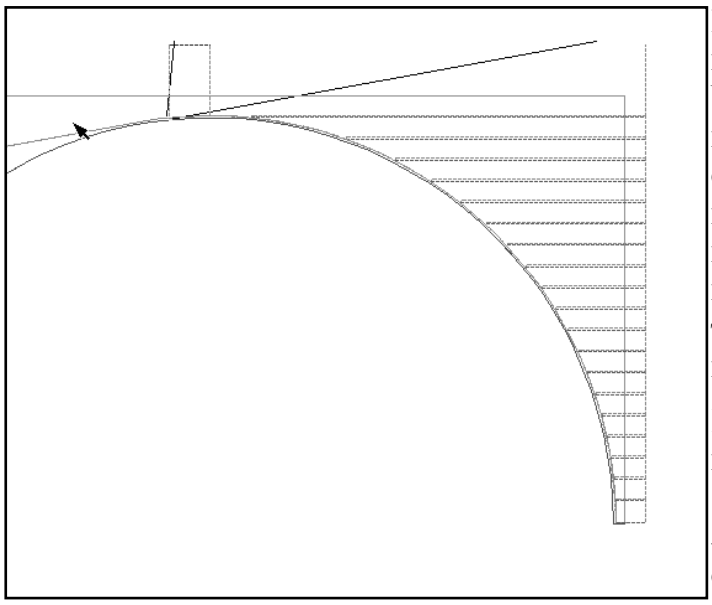


Черновая I - подход к началу следующего отрезка штриховки выполняется обратным движением на ускоренной подаче по пройденному отрезку штриховки (для **Типа движения** -> одностороннее);



Черновая II – после выполнения рабочего прохода по отрезку штриховки выполняется отскок в свободную зону, и затем быстрое движение параллельно линии штриховки (для **Типа движения** -> одностороннее). Величина отскока регулируется значением параметра **Отскок**;

Получистовая I - после выполнения рабочего прохода по отрезку штриховки, если его конец опирается на контур детали, выполняется «зачистка» контура детали - подъем по линиям контура до конца предыдущего отрезка штриховки. Обратное движение на ускоренной подаче совершается по отрезку предыдущей строки (для **Типа движения** - одностороннее);



Получистовая II - выполняется так же, как Черновая II, но после прохода по последнему отрезку выборки выполняется «зачистка» всего контура детали сразу или контура в пределах текущего кармана выборки.

По завершению ввода параметров обработки (кнопка ***Ввод***) выдается запрос на указания обрабатываемых контуров:

Укажите обрабатываемый контур

Пользователь должен указать в качестве обрабатываемого контура:

- контур детали, если был включен пункт **Контур обработки – деталь**;
- контур, полученный после выполнения утилиты **Вписать резец**, если был включен пункт **Контур обработки – траектория расчетной точки**.

После указания контура на нем появится стрелка, определяющая направление выборки. Направление стрелки меняется нажатием правой кнопки мышки, а подтверждение направления – левая кнопка. Затем следует запрос:

Укажите контур заготовки

Необходимо указать контур, который задает профиль заготовки. Контур заготовки может быть построен с использованием геометрических фигур (см. параграф **Примитивы**); как контур, эквидистантный контуру детали или, воспользовавшись пунктом **Заготовка** (см. параграф **Утилиты (Технологические построения)** -> Заготовка).

Примечание: контур детали и контур заготовки должны иметь точки пересечения для образования замкнутой области, необходимой для выполнения операции выборки. В случае если эти контура не пересекаются необходимо включить пункт **Удлинить контур до заготовки** в меню параметров токарной обработки.

Далее последует запрос:

Координаты точки начала обработки

Необходимо задать координаты или положение на экране точки, определяющей начальное положение инструмента относительно заготовки. Координата по оси Y соответствует заданной, а координата по оси X определяется в зависимости от **Расположения резца** и **Направления движения** и задается автоматически над началом первой строки выборки.

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

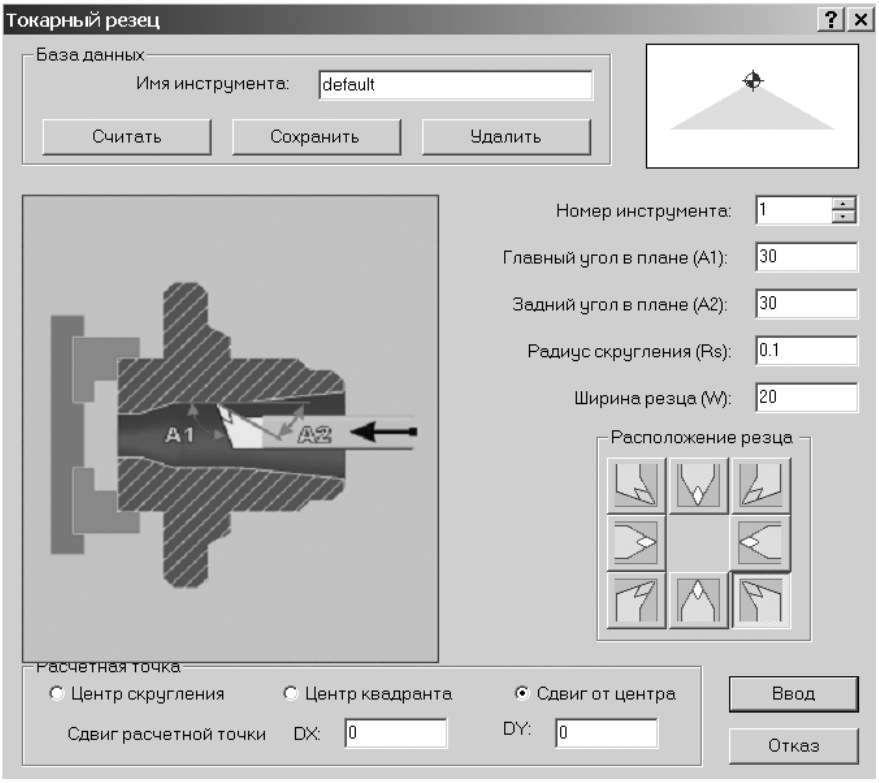
Токарный контур 

Пункт **Токарный контур** служит для создания токарного прохода резца непосредственно по контуру детали.

Геометрия контура детали должна располагаться в I четверти системы координат. За ось вращения принимается горизонтальная ось X (Y = 0). Пересчет в станочную систему координат осуществляется постпроцессором на конечной стадии формирования программы.

Для формирования геометрии детали удобно воспользоваться утилитами из меню **Примитивы**, которые позволяют создать элементы детали (цилиндр, конус, сфера, тор), лежащих на валу и расположенных в I четверти системы координат (см. параграф **Примитивы**).

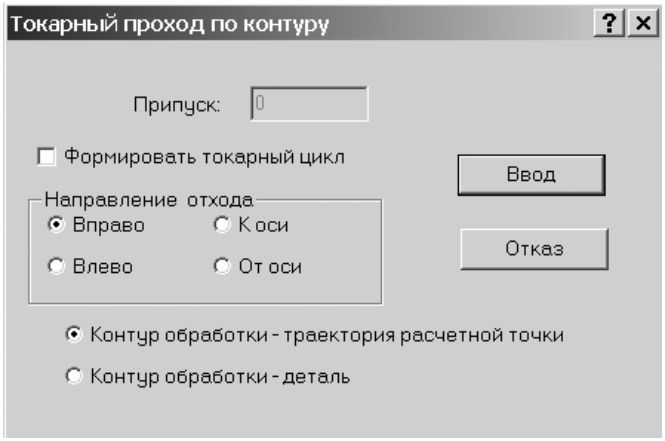
При выборе пункта меню **Токарный контур** появится меню параметров, описывающих геометрию токарного инструмента, его положение относительно заготовки, положение расчетной точки. Назначение пунктов меню аналогично описанному выше для пункта **Токарный карман**.



После завершения задания параметров инструмента (кнопка ***Ввод***) возникает меню задания параметров обработки, которое включает в себя следующие пункты:

Пункт **Припуск** – величина, на которую инструмент не доходит до обрабатываемого контура. Пункт доступен, когда контуром обработки

является контур детали.



Пункт **Формировать токарный цикл** - определяет необходимость формирования постоянного цикла при обработке контура, что позволяет, например, использовать пункт для задания черновой обработки кармана специальными средствами ЧПУ. Параметры цикла задаются в соответствующем меню при формировании управляющей программы обработки (см. параграф **Построение управляющей программы**).

Пункт **Направление отхода** определяет направление отхода инструмента от заготовки и используется при объединении проходов в единую программу.

Пункт **Контур обработки** – траектория расчетной точки используется в случае, если в качестве расчетного контура будет указан контур, полученный после выполнения утилиты **Вписать резец**.

Пункт **Контур обработки** – деталь используется в случае, если в качестве расчетного контура будет указан непосредственно контур детали.

По завершению ввода параметров обработки (кнопка ***Ввод***) выдается запрос на указания обрабатываемых контуров:

Укажите обрабатываемый контур

Пользователь должен указать в качестве обрабатываемого контура:

- контур детали, если был включен пункт **Контур обработки** – деталь;
- контур, полученный после выполнения утилиты **Вписать резец**, если был включен пункт **Контур обработки** – траектория расчетной точки.

После указания контура на нем появится стрелка, определяющая сторону обработки относительно контура. Направление стрелки меняется нажатием правой кнопки мышки, а подтверждение стороны обработки – левая кнопка.

Далее последует запрос на указание направления движения резца по контуру, которое также задается стрелкой.

Направление стрелки меняется нажатием правой кнопки мышки, а подтверждение направления обработки – левая кнопка.

Координаты точки начала обработки

Необходимо задать координаты или положение на экране точки, определяющей начальное положение инструмента относительно детали.

Координаты точки конца обработки

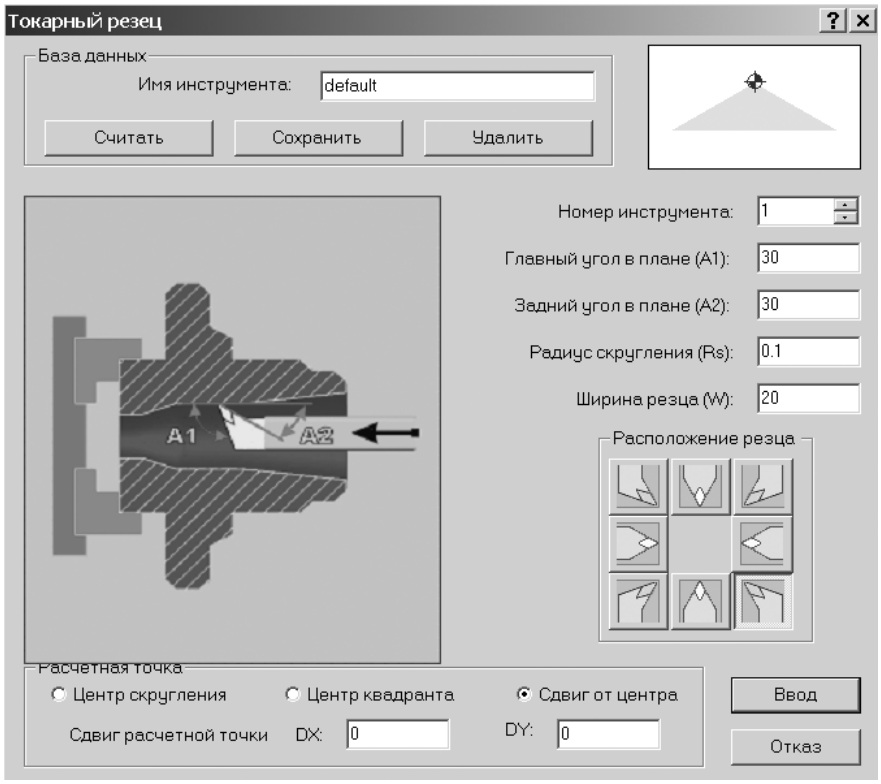
Аналогично необходимо задать координаты или положение на экране точки, определяющей конечное положение инструмента относительно детали

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

Токарное сверление

Пункт **Токарное сверление** служит для создания операции сверления центрального отверстия, выполняемой на токарном станке.

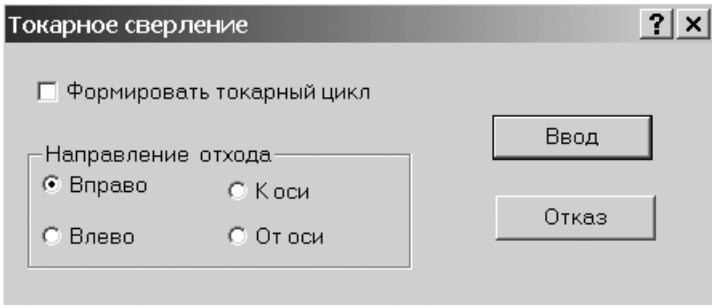
При выборе пункта меню **Токарное сверление** появится меню параметров, описывающих геометрию инструмента, его положение относительно заготовки, положение расчетной точки. Назначение пунктов меню аналогично описанному выше для пункта **Токарный карман**.



После завершения задания параметров инструмента (кнопка ***Ввод***) возникает меню задания параметров обработки, которое включает в себя следующие пункты:

Пункт **Формировать токарный цикл** - определяет необходимость формирования постоянного цикла сверления на токарном станке. Параметры цикла задаются в соответствующем меню при формировании

управляющей программы обработки (см. параграф **Построение управляющей программы**).



Пункт **Направление отхода** определяет направление отхода инструмента от заготовки и используется при объединении проходов в единую программу.

По завершению ввода параметров обработки (кнопка ***Ввод***) выдается запрос:

Координаты точки начала обработки

Необходимо задать координаты или положение на экране точки, определяющей начальное положение инструмента относительно детали.

Координаты точки сверления

Аналогично необходимо задать координаты или положение на экране точки, определяющей максимальную глубину сверления.

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

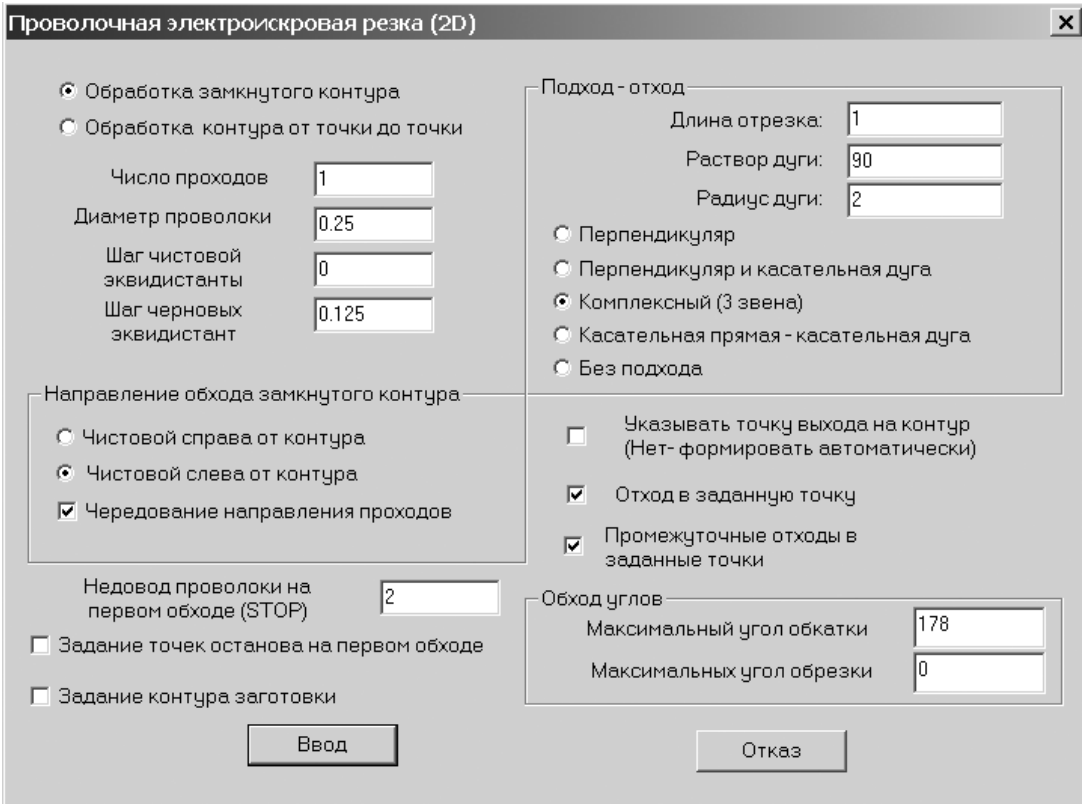
Электроэрозионная резка 2D

Основное назначение данной операции - вырезка плоских деталей на электроэрозионных (электроискровых) проволочных станках с ЧПУ с фиксированным вертикальным положением проволоки.

Построение проходов в системе производится с учетом:

- контура заготовки;
- возможности многократного прохода по контуру (черновой, получистовой, чистовой);
- возможности использования коррекции на радиус проволоки;
- гладкого выхода на контур из точки захода;
- временного останова перед замыканием прохода (предотвращение выпадения внутренней части заготовки).

При выборе пункта меню **Электроэрозионная резка 2D** появится меню параметров, описывающих геометрию проволоки, варианты подхода-отхода, стратегию движения проволоки по контуру детали. Меню включает в себя следующие пункты:



Пункт **Обработка замкнутого контура** предполагает, что в качестве контура детали будет указан замкнутый контур, в котором положение начальной и конечной точки на контуре совпадает.

Пункт **Обработка контура от точки до точки** предполагает, что контур детали может быть как замкнутым, так и разомкнутым, а положение начальной и конечной точки на контуре не совпадает.

Пункт **Число проходов** определяет количество проходов проволоки, которое она совершит прежде, чем доберется до последнего чистового прохода. Проходы строятся эквидистантно к исходному контуру, и расстояние между проходами соответствует значению параметра **Шаг черновых эквидистант**.

Пункт **Диаметр проволоки** задает величину диаметра проволоки в миллиметрах.

Пункт **Шаг чистовой эквидистанты** используется в тех случаях, когда в возможности стойки управления не входит коррекция на радиус проволоки и величина сдвига центра проволоки относительно обрабатываемого контура учитывается программно.

Пункт **Шаг черновых эквидистант** задает расстояние между эквидистантными к исходному контуру детали проходами в случае, если **Число проходов** больше одного - т.е. выполняется постепенное приближение проволоки к контуру детали за определенное количество шагов.

Пункт **Направление обхода замкнутого контура** активен в случае, если включен параметр **Обработка замкнутого контура** и определяет направление обхода проволокой последнего чистового прохода относительно исходного контура детали. Возможны варианты:

- Чистовой справа от контура;

- Чистовой слева от контура.

В случае, если **Число проходов** больше одного, возможно чередование направления обходов для замкнутых контуров, которое задается условием **Чередование направления проходов**, но при этом последний чистовой проход будет выполнен в соответствии с выбранным вариантом пункта **Направление обхода замкнутого контура**.

Пункт **Недовод проволоки на первом обходе** определяет расстояние, на котором останавливается проволока при замыкании первого чернового обхода. При этом в управляющей программе будет присутствовать оператор STOP, который отвечает за временный останов движения проволоки, необходимый, например, для перезакрепления детали перед ее выпадением из заготовки.

Пункт **Задание точек останова** дает возможность указать несколько точек, в которых проволока временно прекратит свое движение по контуру на первом обходе. При этом в управляющей программе будет присутствовать несколько операторов STOP, соответствующих количеству точек останова. Обрабатываемый контур в этом случае может быть разомкнутым. При включении пункта З**адание точек** останова становиться неактивным пункт **Недовод проволоки на первом обходе**.

Примечание: точки останова должны быть предварительно нарисованы на контуре детали. При этом в расчете траектории будут учитываться только те точки, которые лежат непосредственно на контуре детали.

Пункт **Задание контура заготовки** позволяет задать контур заготовки, который может быть построен с использованием геометрических фигур (см. параграф **Примитивы**); как контур, эквидистантный контуру детали или, воспользовавшись пунктом **Заготовка** (см. параграф **Утилиты** (**Технологические построения**) -> **Заготовка**). Указание контура заготовки характеризуется тем, что движение проволоки от **Точки начала врезания** до контура заготовки осуществляется на подаче быстрых перемещений.

Пункт **Подход-Отход** задает различные варианты подхода/отход проволоки к контуру детали. Различают следующие варианты:

По перпендикуляру (отрезку, перпендикулярному к контуру детали);

По перпендикуляру и касательной дуге (подход/отход будет состоять из двух элементов – дуги, выходящей по касательной на контур, и отрезка, перпендикулярного дуге);

Комплексный (подход/отход будет состоять из трех элементов - дуги, выходящей по касательной на контур, касательного к дуге отрезка и отрезка, перпендикулярного к последнему, выходящего из **Точки начала врезания**);

Касательная прямая-касательная дуга (вариант, аналогичный **Комплексному подходу/отходу**, за исключением перпендикулярного отрезка к касательному элементу);

Без подхода/отхода – проход формируется без элементов подхода/отхода в точке начала обработки на контуре.

Длина перпендикулярных отрезков и параметры дуг элементов подхода/отхода задаются соответствующими параметрами – **Длина отрезка**, **Раствор дуги, Радиус дуги**.

Пункт **Указывать точку выхода на контур** позволяет пользователю указать точку на контуре детали, от которой начнется обработка контура. Если пункт отключен, то положение точки начала обработки на контуре выбирается автоматически в направлении, перпендикулярном положению **Точки начала врезания**.

Пункт **Отход в заданную точку** предполагает, что после завершающего чистового обхода контура проволока вернется в **Точку начала врезания** (если включена **Обработка замкнутого контура**) или в **Точку конца обработки** (если включена **Обработка контура от точки до точки**). Способ перехода между черновыми проходами будет зависеть от параметра **Промежуточные отходы в заданные точки**.

Пункт **Промежуточные отходы в заданные точки** предполагает, что после завершения каждого чернового прохода (если **Число проходов** больше одного) проволока вернется в **Точку начала врезания** (если включена **Обработка замкнутого контура**) или в точки **Начала врезания** и **Конца обработки** (если включена **Обработка контура от точки до точки**). При отключении данного пункта переход между черновыми проходами будет происходить без отхода в указанные точки.

Пункт **Обход углов** позволяет задать различные способы обхода угловых точек контура детали. Параметры «max угол обкатки» и «max угол обрезки» управляют обходом внешних и внутренних углов контура при построении эквидистанты (более подробно см. параграф **Утилиты** (**Технологические построения**) -> **Эквидистанта**).

По завершению ввода параметров обработки (кнопка ***Ввод***) выдается запрос на указание обрабатываемого контура:

Укажите обрабатываемый контур

Необходимо указать контур детали. Далее варианты запросов зависят от вида обработки (замкнутого контура или от точки к точке). Для варианта **Обработка контура от точки до точки** на указанном контуре появится стрелка, определяющая направление формирования черновых траекторий и сторону подхода (необходима в случае не замкнутого контура).

Затем последует запрос точки, от которой начнется врезание проволоки в заготовку или в контур детали:

Координаты точки начала врезания

Расположение точки врезания должно быть за пределами контура детали или контура заготовки (если используется контур заготовки).

Если включен пункт **Указывать точку выхода на контур**, то последует запрос:

Координаты точки начала обработки

Следует указать точку на контуре или вблизи контура (она автоматически спроецируется на контур), с которой начнется обработка непосредственно контура детали.

Если пункт **Указывать точку выхода на контур** отключен, то положение **Точки начала обработки на контуре** выбирается автоматически в направлении, перпендикулярном положению **Точки начала врезания**.

Для варианта **Обработка контура от точки до точки** на контуре детали появится стрелка, определяющая направление обхода контура и запрос:

Направление верно?

Для смены направления стрелки необходимо нажать на правую кнопку мышки, а для подтверждения – левую.

Далее последует запрос точки, в которую проволока придет после обхода контура:

Координаты точки конца обработки

Следует указать точку на контуре или вблизи контура (она автоматически спроецируется на контур).

Для варианта **Обработка замкнутого контура** точка конца обработки совпадает с **Точкой выхода на контур**.

Если включен пункт **Задание контура заготовки**, то последует запрос:

Укажите контур заготовки

Если включен пункт **Задание точек останова**, то далее последует запрос:

Укажите точки останова

После указания точек останова и подтверждения выбора левой кнопкой мышки производится расчет прохода по следующему принципу:

Подход и отход к контуру детали формируется в соответствии с указанным типом в пункте **Подход-отход**, который строится от **Точки начала врезания**.

Если контур обработки замкнутый, то на расстоянии недохода до точки замыкания будет сделан останов (в программе команда STOP).

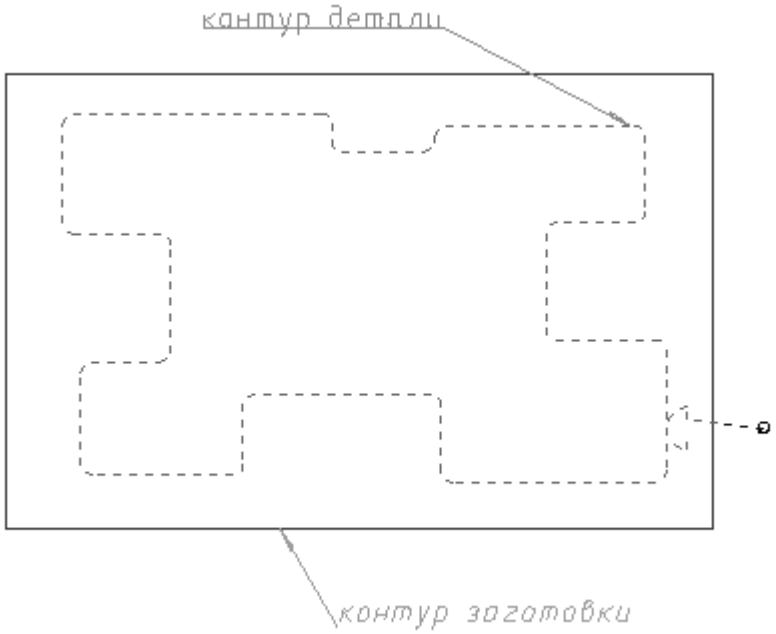
На линейном участке подхода/отхода включается/выключается коррекция на радиус инструмента. Номера корректоров при этом всегда будут увеличиваться на 1.

Если количество проходов превышает один, то после завершения отхода начинается формирование нового прохода. Для незамкнутого контура он всегда будет формироваться в противоположную сторону. Для замкнутого контура проход формируется в противоположную сторону только в том случае, если задан пункт **Чередование направления проходов**. Кроме того, для замкнутых контуров направление обхода производится так, чтобы удовлетворить условию направления чистового обхода (справа или слева от

контура).

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

Результаты прохода по замкнутому и разомкнутому контурам показаны на рисунке.

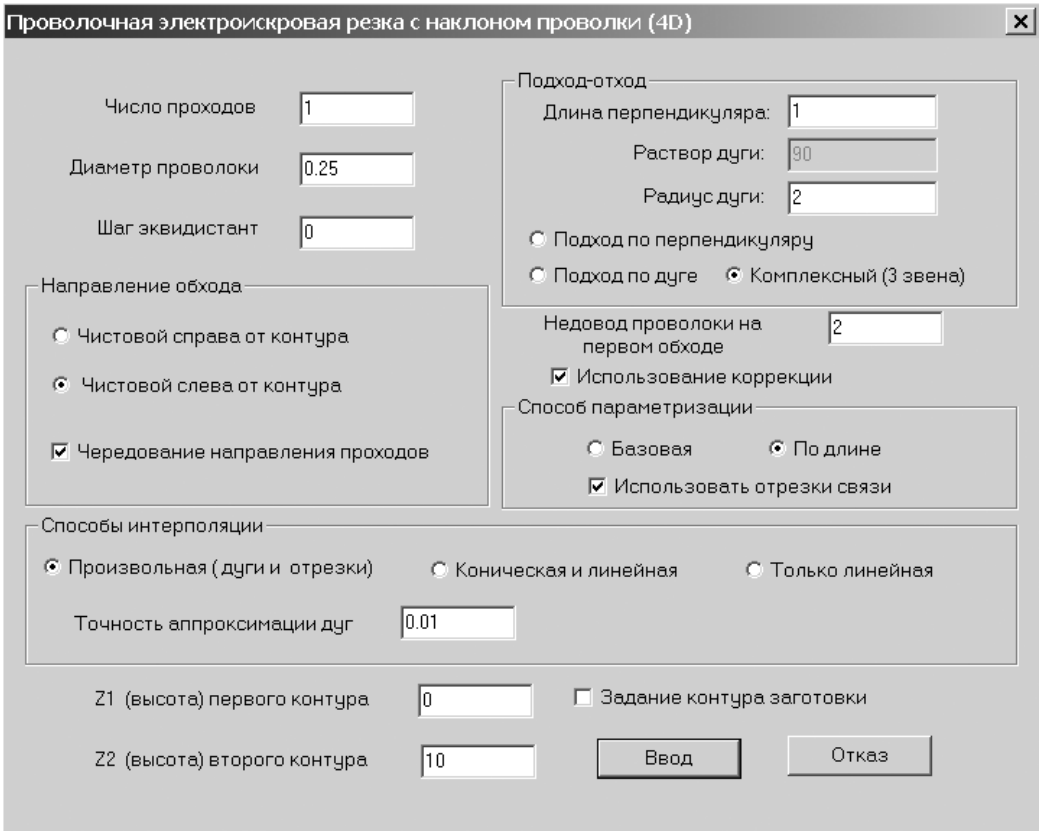


Электроэрозионная резка 4D 

Многие из электроискровых станков с ЧПУ имеют возможность осуществлять резку с наклоном проволоки. Движение при этом осуществляется в двух управляемых плоскостях. При этом обрабатываемые контура могут иметь различную форму и лежать на разных высотах. Данная операция служит для реализации этой возможности. Также как и для электроэрозионной резки 2D построение проходов производится с учетом контура заготовки; возможности многократного прохода по контуру; возможности использования коррекции на радиус; различных способов подхода-отхода к контуру; временного останова. Помимо этого система позволяет задавать различные способы параметризации в зависимости от выбранной стратегии движения по контурам, а также способы интерполяции в зависимости от возможностей системы управления станка.

При выборе пункта меню **Электроэрозионная резка 4D** появится меню параметров, описывающих геометрию проволоки, варианты подхода-отхода, стратегию движения проволоки по контуру детали, способы параметризации и интерполяции. Меню включает в себя пункты, назначение многих из них (**Число проходов, Диаметр проволоки, Шаг эквидистант, Направление обхода контура, способы Подхода-отхода, Недовод проволоки, Задание контура заготовки**) соответствует назначению аналогичных пунктов для операции **Электроэрозионная резка 2D** (см.

параграф **Электроэрозионная резка 2D**).



Пункт **Использование коррекции** определяет необходимость включения/выключения на линейных участках подхода/отхода коррекции на радиус инструмента. Номера корректоров при этом всегда будут увеличиваться на 1.

Пункт **Способ параметризации** определяет вариант нахождения точек соответствия для двух контуров. Количество элементов в контурах может быть различно. В этом случае параметризация выбирается как параметризация **По длине контура.**

Примечание: для проверки количества элементов в контурах можно воспользоваться утилитой **Информация** (кнопка ***Инфо*** в оперативном меню).

Базовая параметризация применяется в том случае, когда количество элементов в контурах одинаково, и они создавались таким образом, чтобы при обработке движение по ним происходило синхронно. Для более сложных случаев задания соответствия между контурами предусмотрено использование отрезков, соединяющих характерные точки на нижнем и верхнем контуре. Эти отрезки называются «отрезками соответствия» и указываются при построении прохода.

Примечание: для использования «отрезков связи» они должны быть предварительны построены. При этом точки начала и конца отрезков должны принадлежать контурам. Для этого, при построении отрезков, в меню Параметры ввода необходимо указать привязку «Линии»-«Точно» или «Точки»-«Точно».

Пункт **Использовать отрезки связи** определяет необходимость указания

отрезков, определяющих соответствие между контурами.

Пункт **Способ интерполяции** определяет варианты представления элементов контуров в проходе и в управляющей программе (зависит от возможностей стойки управления станка). Возможны следующие варианты интерполяции:

Произвольная (дуги и отрезки) - предназначен для станков с возможностями произвольной интерполяции “дуга - дуга” , “дуга - прямая”, “прямая - прямая”.

Коническая и линейная - предназначен для станков фирмы AGIE, допускающих движения по двум прямым или двум дугам, образующих сегмент на “обобщенном” конусе или цилиндре. Все недопустимые перемещения преобразуются в линейные. Точность разбиения задается параметром **Точность аппроксимации дуг**.

Только линейная - допускается только линейная интерполяция для движений по двум плоскостям. Все дуги преобразуются в прямые линии, причем разбиение соответственных элементов на двух плоскостях производится на одинаковое число элементов. Точность разбиения задается параметром **Точность аппроксимации дуг**.

Пункт **Высоты первого и второго контура (Z1 и Z2)** задет положение по оси Z двух контуров, между которыми формируется траектория движения проволоки. Нумерация контуров («первый» и «второй») определяется последовательностью их указания.

По завершению ввода параметров обработки (кнопка ***Ввод***) выдается запрос на указание обрабатываемых контуров:

Укажите первый контур

Укажите второй контур

Необходимо последовательно указать первый и второй контура детали, подтверждая левой кнопкой мышки.

Если в параметрах был указан пункт **Использовать отрезки** связи, то появится запрос:

Укажите набор отрезков связи

Отрезки связи можно указывать как по одному, так и сразу всю группу. После указания всех отрезков следует отказаться от дальнейшего указания правой кнопкой мышки, а затем подтвердить – левой.

Если в параметрах был указан пункт **Использовать заготовку**, то появится запрос:

Укажите контур заготовки

Затем последует запрос точки, от которой начнется врезание проволоки в заготовку или в контур детали:

Координаты точки начала обработки

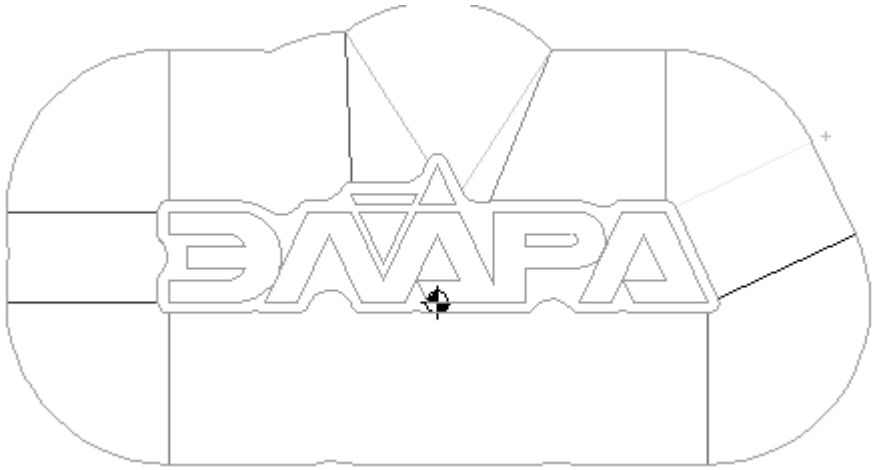
Расположение точки врезания должно быть за пределами контура детали или контура заготовки (если используется контур заготовки).

Укажите начальную точку первого контура

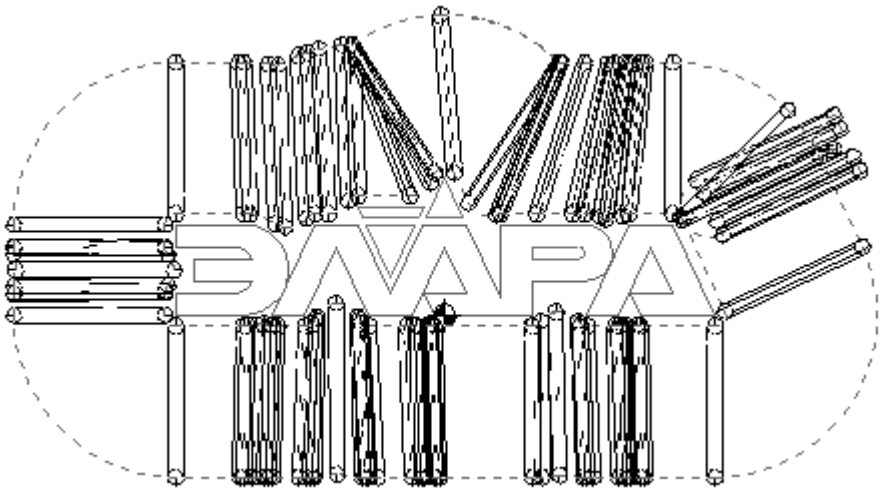
Укажите начальную точку второго контура

Следует последовательно указать точки на контурах или вблизи контуров (точки автоматически спроецируются на контура), с которых начнется обработка непосредственно контуров детали. Контура детали, к которым строятся точки, подсвечиваются белым цветом.

Процесс построения системой траектории обработки с наклоном проволоки почти полностью соответствует **Эрозионной обработке 2D**, описанной в предыдущем параграфе. Рисунки иллюстрируют задание геометрии и построенный проход для 4D электроэрозионной обработки. Диаметр проволоки для наглядности выбран большим.



После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.



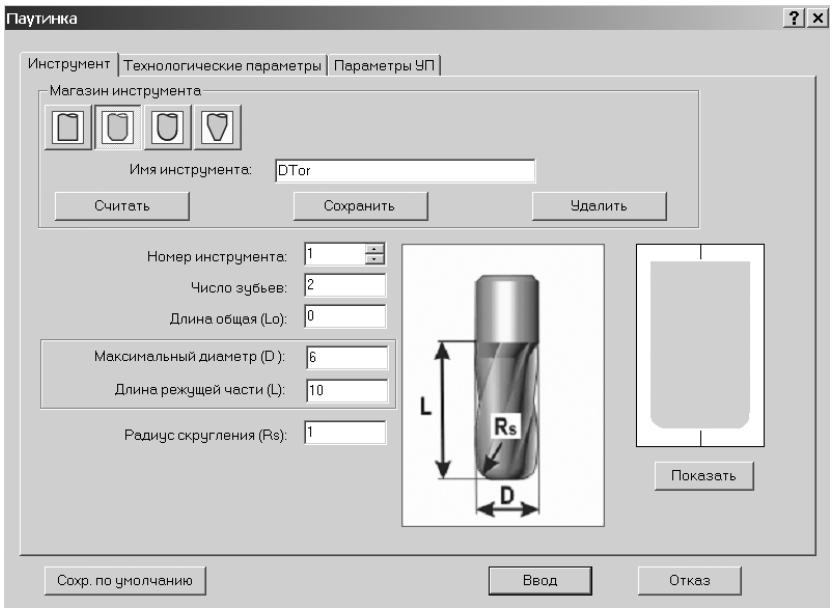
Паутинка

При выполнении операции выборки области кармана стратегией «эквидистантой» из-за особенностей ее построения в угловых точках возможны недоработанные участки. Основное назначение стратегии **Паутинка** – сделать доработку таких областей (если операция производиться после операции выборки) или произвести операцию «разгрузки» путем предварительного прохода инструмента по угловым участкам траектории, где инструмент при выполнении операции выборки испытывает максимальные нагрузки.

Примечание: в данной версии системы контура обработки не должны пересекаться. Если обрабатываемые контура не замкнуты или пересекаются, то перед выполнением операции **Паутинка** необходимо произвести их преобразования, используя утилиты **Объединить, Вычесть, Пересечь, Обрезка** (более подробно см. параграф **Утилиты** (**Технологические построения**).

При выборе стратегии **Паутинка** появится меню задания параметров обработки. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

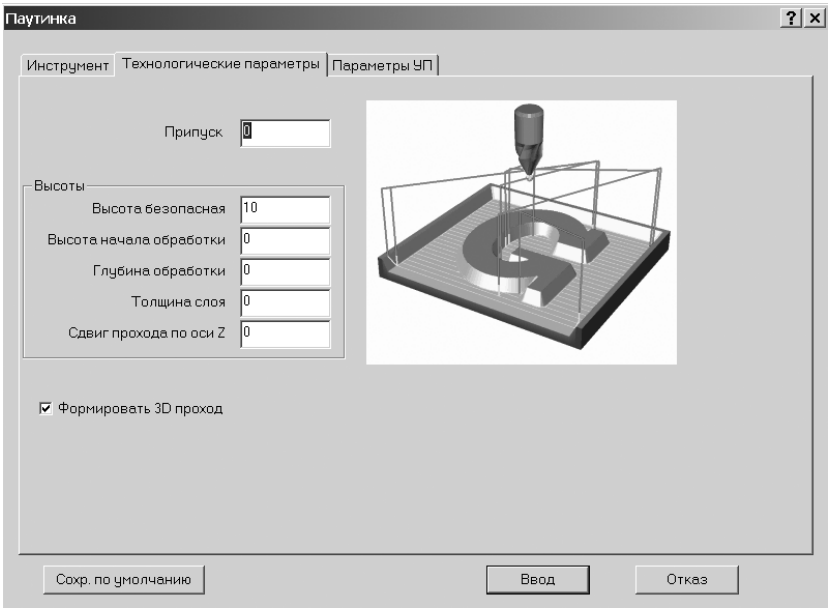
Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, описывающие геометрию фрезерного инструмента, рассмотренные выше (см. параграф З**адание инструмента**).



Закладка *Технологические параметры* позволяет задать припуск, высоты обработки и перехода между строк.

Пункт **Припуск** определяет величину, на которую фреза не дойдет до исходного контура. Величина припуска может быть равна нулю или быть больше нуля.

Пункт **Высоты** отвечает за задание высот обработки и переходов между строк.



Различают следующие высоты:

Безопасная высота - определяет плоскость безопасности при переходе фрезы по воздуху. Отсчитывается от нулевой плоскости (Z=0).

Высота начала обработки - задает высоту начала врезания инструмента на подаче врезания. Отсчитывается от нулевой плоскости (Z=0). Может принимать отрицательные значения.

Глубина обработки - максимально возможная глубина обработки, ниже которой инструмент не может опускаться. Отсчитывается от нулевой плоскости (Z=0). Может принимать отрицательные значения.

Толщина съема слоя - задает расстояние между плоскостями обработки. Если значение равно 0, то будет снят слой материала, равный разности высот Начала обработки и Глубины обработки. Если значение не равно 0, то указанный слой материала будет сниматься слоями, число которых зависит от значения параметра.

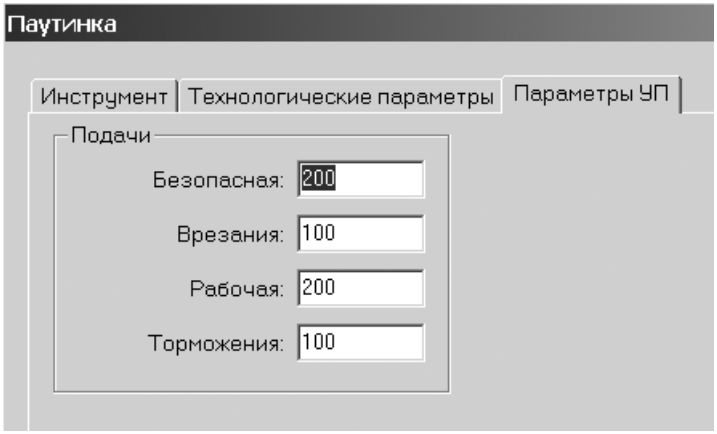
Сдвиг прохода по оси Z - позволяет переместить созданный проход по оси Z относительно нулевой плоскости на заданную величину. Величина сдвига может принимать положительные и отрицательные значения (соответственно в положительном и отрицательном направлении оси Z).

Пункт **Формировать 3D проход**. При включении данного пункта созданный проход будет представлять собой 3D-проход, сохраняющий заданные величины высот. В противном случае формируется 2D-проход.

Закладка *Параметры УП* позволяет задать подачи - безопасного перехода, врезания, рабочую и торможения, обороты вращения шпинделя.

Различают следующие виды подач:

Безопасная - подача, на которой происходит переход по воздуху на **Безопасной высоте**, а также при подъеме и спуске до высоты Начала



обработки. Может быть задана как RAPID.

Врезания - подача, которая включается на высоте Начала обработки в начале прохода при вертикальном и наклонном врезании.

Рабочая - подача, которая включается после выполнения врезания инструмента и на которой осуществляется выборка материала из обрабатываемой области.

Торможения - подача, которая включается в момент торможения инструмента при переходе на следующую строку обработки.

Пункт **Оптимизация прохода** предполагает оптимизацию прохода, связанную с тем, что инструмент движется по участку траектории один раз (нет повторных проходов по тем же местам). Переход между строками траектории осуществляется по воздуху.

После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** появится запрос на указание геометрических элементов:

Укажите набор объектов

Завершив указание всех контуров необходимо нажать правую кнопку мышки для отказа от дальнейшего указания, а затем левую – для подтверждения выбора.

После отображения созданного прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

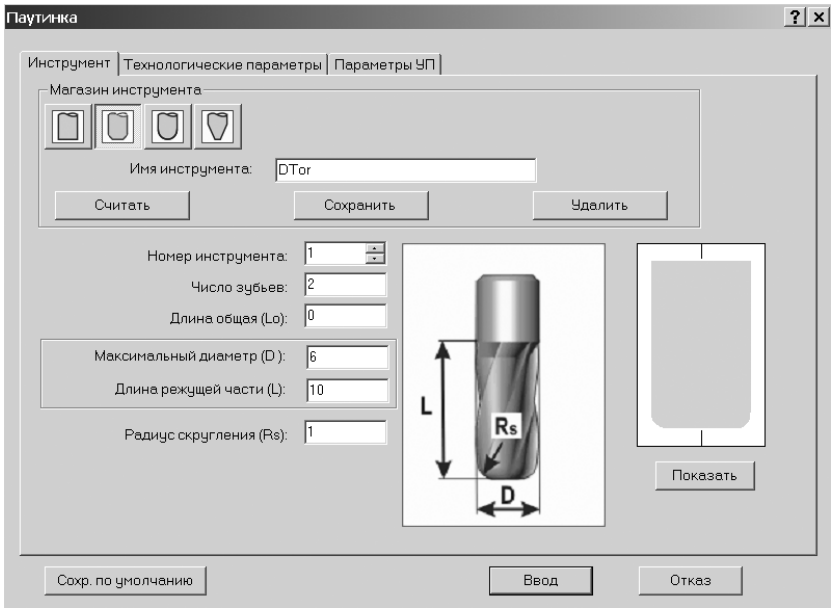
Маркировка

Стратегия **Маркировка** является разновидностью стратегии **Гравировка 2D** и позволяет формировать проходы гравировки элементов, содержащих нумерованные обозначения, меняющиеся с заданным шагом.

Примечание: элементы нумерации и шаг приращения создаются предварительно с использованием утилиты **Нумерация** (см. параграф **Текст -> Нумерация**)

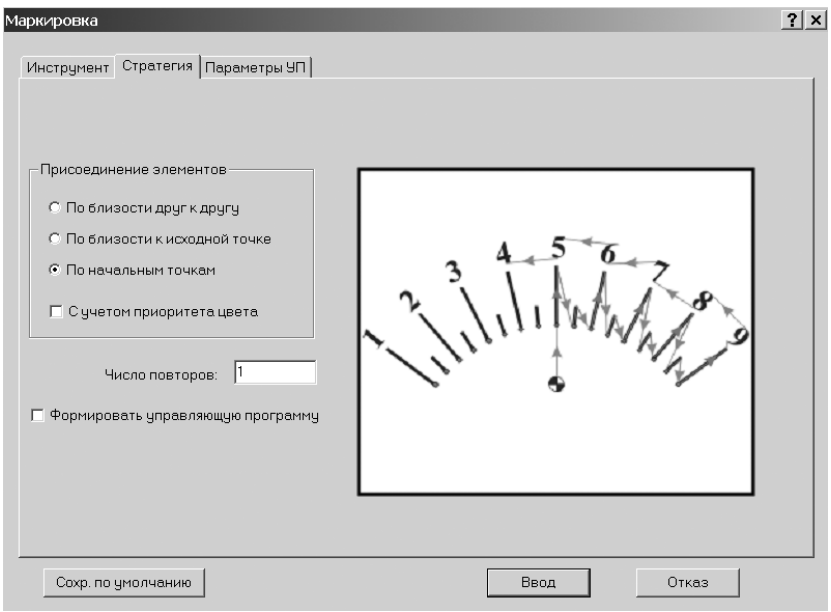
При выборе пункта **Маркировка** появится меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их

назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов. Меню включает в себя пункты, назначение многих из них (задание инструмента,



стратегии объединения элементов и параметры управляющей программы) соответствует назначению аналогичных пунктов для операции **Гравировка 2D** (см. параграф **Гравировка 2D**). К специфическим параметрам относятся следующие:

Закладка *Стратегия*, пункт **Число повторов** – определяет количество проходов, которые будут созданы для указанной группы контуров, содержащих нумерованное обозначение. Отличие проходов будет заключаться в том, что в каждом последующем проходе значение элемента нумерации будет увеличено на величину приращения.



Закладка *Стратегия*, пункт **Формировать управляющую программу** позволяет сразу создать управляющие программы обработки для указанного станка по всем проходам, минуя операцию предварительного создания программы в

инвариантном коде (APT-программы).

Примечание: в текущей версии системы тип постпроцессора задается в меню **Послать на станок** (одноименная кнопка в оперативном меню).

После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание геометрических элементов, в соответствии с выбранной стратегией:

Укажите точку, ближайшую к началу обработки

Положение указанной точки будет учитываться при присоединении элементов в соответствии с выбранной стратегией.

Укажите набор объектов

Пользователь указывает все элементы, которые необходимо обработать.

Если объекты выбираются простым указанием курсора, то последовательность выбора сохраняется при обработке. При множественном указании объектов “Окном”, “Направлением” или “Все” последовательность обработки определяется с минимизацией переходов между объектами.

Примечание: Если возможны несколько вариантов объединения контуров, то существует следующий приоритет при обработке:

1.Цвета обрабатываемых элементов;

2.Последовательность указания элементов курсором;

3.Выбранная стратегия **Присоединения элементов**.

Далее предлагается сохранить созданный проход. Для подтверждения сохранения необходимо нажать левую кнопку мышки. После этого происходит расчет следующего прохода, отличающего тем, что значение элемента нумерации увеличилось на шаг приращения. Количество создаваемых проходов определяется параметром **Число повторов**.

Каждому проходу автоматически присваивается порядковый номер и комментарий (Mark1, Mark2, Mark3 и т.д.).

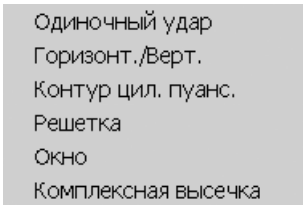
Параллельно этому создаются управляющие программы в кодах станка, если был включен пункт **Формировать управляющую программу** и выбран соответствующий постпроцессор.

Пробивка 

В последнее время актуальным становиться автоматизация процесса программирования для операции пробивки на прессах, управляемых ЧПУ, для вырубки изделий из листовой заготовки. Модуль пробивки позволяет организовать работу в двух режимах - вырубки и высечки. Вырубка определяется количеством ударов, формируемых на линейном или круговом элементе обрабатываемого контура, выполняемых пуансоном

заданной формы и геометрии. Высечка определяется шагом перемещения пуансона между ударами.

В настоящей версии системы поддерживаются следующие стратеги вырубки и высечки:



Одиночный удар – пробивка производится пуансоном произвольной формы в точках, заданных пользователем;

Горизонтальная / вертикальная вырубка - позволяет производить вырубку прямоугольным пуансоном по контуру, содержащему прямолинейные вертикальные или горизонтальные участки.

Вырубка (высечка) контура цилиндрическим пуансоном – позволяет производить вырубку цилиндрическим пуансоном сложных криволинейных контуров.

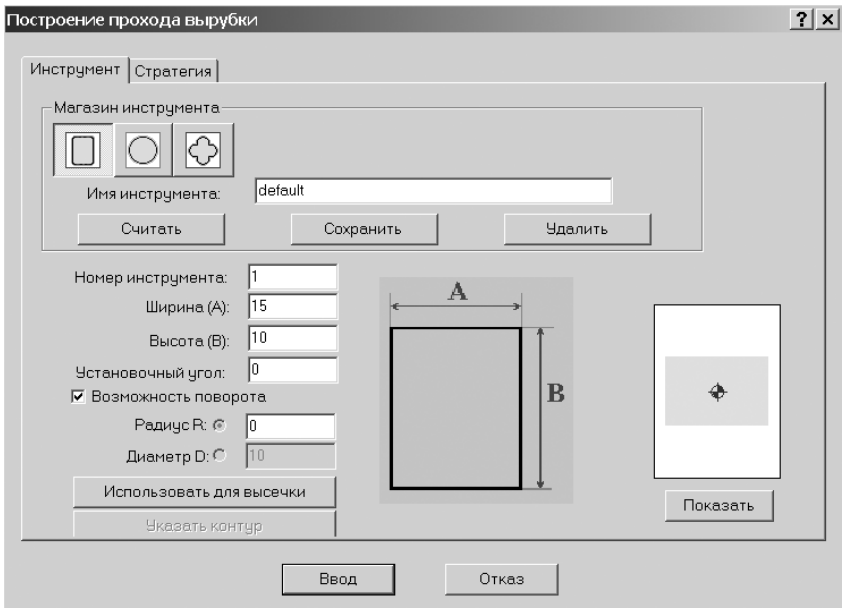
Решётка – пробивка производится пуансоном произвольной формы в точках, расположенных с определённым шагом по X и Y между точками (узлами решетки).

Окно – позволяет с помощью прямоугольного пуансона максимально выбрать материал в зоне, ограниченной контуром.

Комплексная вырубка (высечка) – позволяет построить обработку контура сразу несколькими инструментами (прямоугольным и цилиндрическим).

При выборе одной из стратегий пункта меню **Пробивка** появится меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка ***Сохранить по умолчанию*** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, эскиз и окно визуализации инструмента.



Каждый инструмент имеет уникальное имя. Пользователь имеет возможность по этому имени считать, сохранить или удалить запись в базе данных, содержащую полную информацию об инструменте.

Магазин инструмента содержит 3 вида пуансонов:

- Прямоугольный;
- Цилиндрический;
- Фасонный.

Прямоугольный пуансон

Пуансон характеризуется следующими параметрами:

Номер инструмента – определяет позицию инструмента в магазине инструмента станка при многоинструментальной обработке;

Ширина (A) пуансона;

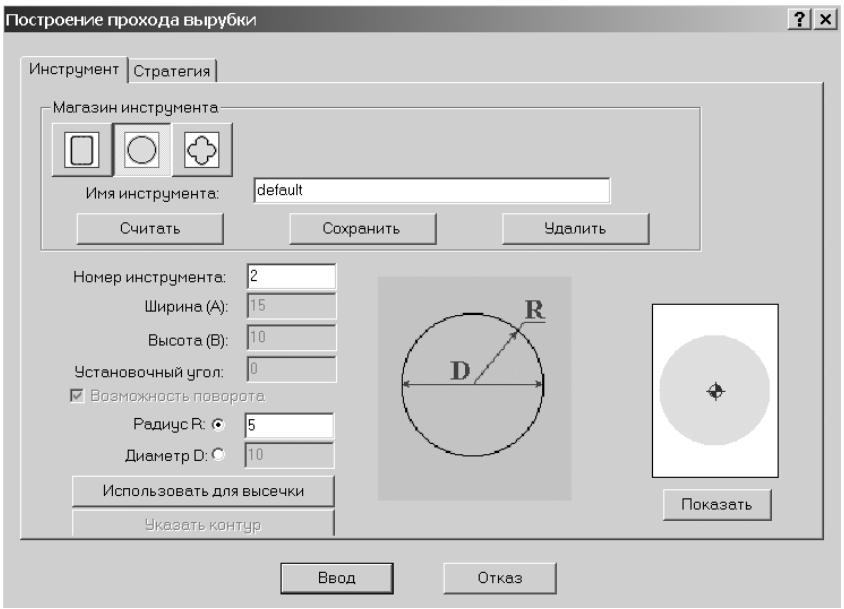
Высота (A) пуансона;

Установочный угол – угол поворота пуансона вокруг оси или базовой точки;

Возможность поворота – допускает возможность поворота прямоугольного пуансона на 90 градусов при обработке контура, содержащего как вертикальные, так и горизонтальные участки

Цилиндрический пуансон

Пуансон характеризуется следующими параметрами:

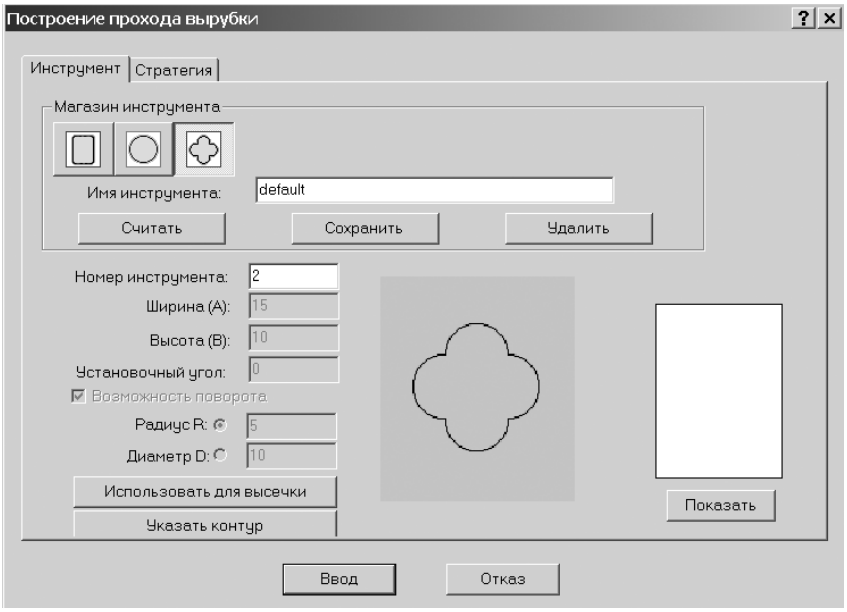


Номер инструмента;

Радиус (R) или Диаметр (D) пуансона.

Фасонный пуансон

Геометрия пуансона задается произвольным замкнутым контуром, выбор которого осуществляется с использованием пункта **Указать контур**. После



выбора данного пункта последуют запросы:

Укажите контур

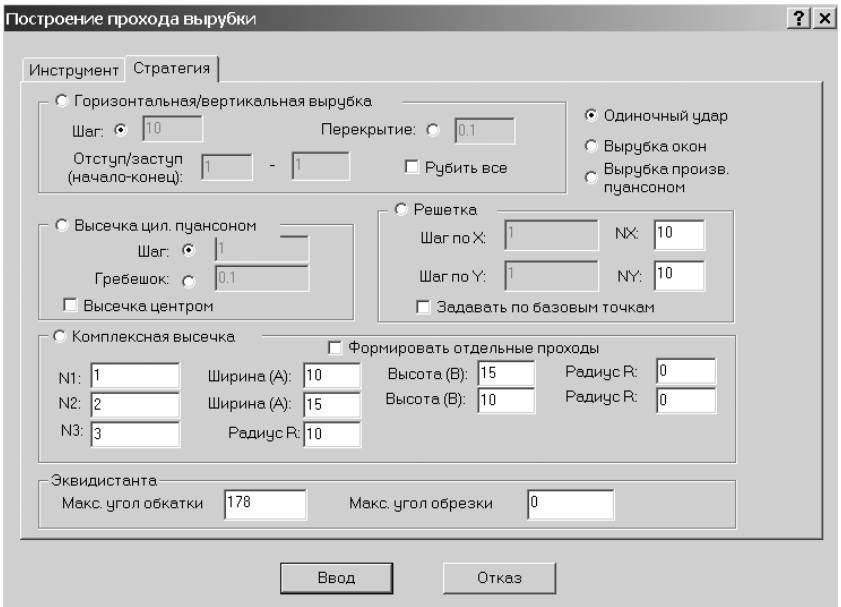
Подтверждение выбора осуществляется левой кнопкой мышки.

Координаты базовой точки

Необходимо указать положение точки, по которой будет осуществляться базирование пуансона относительно обрабатываемого контура детали, и которая определяет расчетную точку удара.

Пункт **Использовать для высечки** предназначен для добавления геометрии инструмента в соответствующие поля на закладке *Стратегия* в случае использования стратегии **Комплексная высечка**.

Закладка *Стратегия* отвечает за выбор варианта обработки, технологических параметров пробивки, особенностей обхода контуру.



Параметры на закладке *Стратегия* становятся доступными в зависимости от выбранного варианта пробивки.

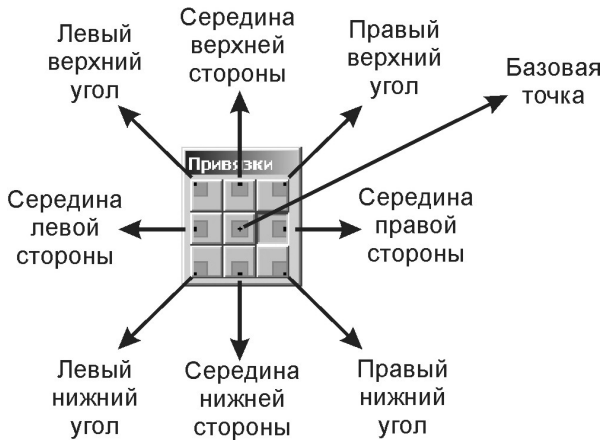
Стратегия «Одиночный удар» 

Пробивка производится пуансоном произвольной формы в точках, заданных пользователем. Для данной стратегии достаточно задать только форму пуансона на закладке *Инструмент*, а положения точек вырубки пользователь определяет сам. Используя пункт **Установочный угол** на закладке *Инструмент* путем поворота прямоугольного пуансона на заданный угол можно формировать фаски в углах контура.

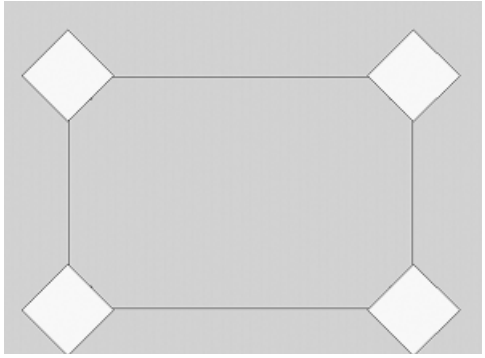
После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** последовательно возникают запросы на указание положения точек вырубки:

Координаты точки вырубки

Точное положение точек может быть задано с использованием меню **Параметры ввода**, а положение базовой точки пуансона может быть изменено с использованием меню **Привязки**, что позволяет удобно сориентировать пуансон относительно контура детали. Возможны следующие варианты привязки:



Примечание: если используется цилиндрический или фасонный пуансон, то положение базовых точек, с использованием меню **Привязки**, будет определяться прямоугольником, описывающим пуансон по габаритам его формы. При этом вариант привязки к центральной точке будет соответствовать привязке к базовой точке пуансона.



Завершение указания точек вырубки производится правой кнопкой мышки. Если было указано несколько точек пробивки, то они объединятся в единый проход.

После отображения прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

Стратегия «Горизонтальная / вертикальная вырубка» 

Пробивка производится пуансоном прямоугольной формы по контуру, содержащему прямолинейные вертикальные и/или горизонтальные участки. Вид вырубки (вертикальная/горизонтальная) зависит от геометрических параметров пуансона. Если у пуансона **Ширина (A)** больше **Высоты (B)**, то производится горизонтальная рубка, в противном случае производится вертикальная рубка. Квадратный пуансон делает оба вида вырубки. Также можно обрабатывать наклонные участки, угол наклона которых совпадает с параметром пуансона **Установочный угол** на закладке *Инструмент*.

На закладке *Стратегия* становятся доступными следующие параметры:

Пункт **Перекрытие** задает шаг между соседними положениями базовых точек пуансона, который рассчитывается по формуле (1-Перекрытие)*R, где R размер пуансона в направлении движения (длина при движении по X, ширина при движении по Y)

Пункт **Отступ/Заступ** позволяет сформировать перемычки или же наоборот перехлесты при обработке определенных точек.

Пункт **Рубить все** определяет возможность провести вырубку как горизонтальных, так и вертикальных участков контура при фиксированном положении пуансона. Отключение данного параметра разрешает обработку только горизонтальных или только вертикальных участков, в зависимости от величин параметров **Ширина (A)** и **Высота (B)** пуансона.

После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** появится запрос на указание контура вырубки:

Укажите объект

После подтверждения выбора левой кнопкой мышки на контуре появится стрелка, определяющая область вырубки. Для смены направления необходимо нажать правую кнопку мышки, а затем подтвердить левой.

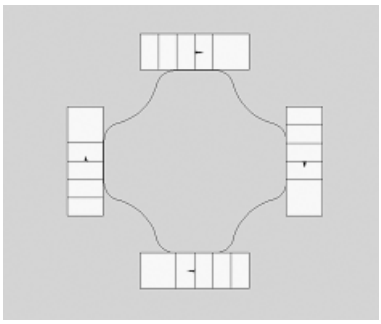
Координаты точки начала обработки

Координаты точки конца обработки

Следует последовательно указать точки на контуре или вблизи контура (точки автоматически спроецируются на контура), определяющие начальное и конечное положение границы прямоугольного пунсона. Стрелка на контуре задает направление обхода контура. Смена направления

– правая кнопка мышки.

После отображения прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных



Стратегия «Вырубка цилиндрическим пуансоном» 

Пробивка производится пуансоном цилиндрической формы контура, содержащего сложные криволинейные участки.

На закладке *Стратегия* становятся доступными следующие параметры:

Пункт **Шаг** задает расстояние (в миллиметрах) между соседними положениями базовых точек пуансона.

Пункт **Гребешок** задает шаг между соседними положениями базовых точек пуансона, который может быть переменным и зависеть от формы обрабатываемого элемента контура.

Пункт **Высечка центром** определяет возможность создания прохода по обрабатываемому контуру центром цилиндрического пуансона.

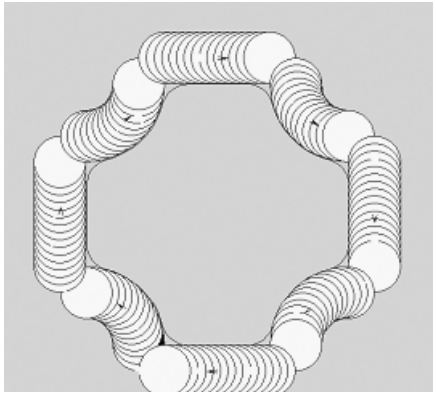
После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** появится запрос на указание контура вырубки:

Укажите объект

После подтверждения выбора левой кнопкой мышки на контуре появится стрелка, определяющая область вырубки. Для смены направления необходимо нажать правую кнопку мышки, а затем подтвердить левой.

Координаты точки начала обработки

Координаты точки конца обработки



Следует последовательно указать точки на контуре или вблизи контура (точки автоматически спроецируются на контура), определяющих начальное и конечное положение центра цилиндрического пуансона. Стрелка на контуре задает направление обхода контура. Смена направления – правая кнопка мышки.

После отображения прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

Стратегия «Решетка» 

Пробивка производится пуансоном произвольной формы в точках, расположенных с определённым шагом по X и Y между точками, образующими узлы решетки.

Существует два типа стратегии:

- по базовой точке, количеству ударов и шагу по X и Y,
- по трём базовым точкам и количеству ударов.

В первом случае задаётся количество ударов по X и Y, шаг по X и Y, координаты точки.

Во втором случае задаётся количество ударов по X и Y и координаты трёх точек, определяющие прямоугольник.

На закладке *Стратегия* становятся доступными следующие параметры:

Пункт **Шаг по X (Y)** задает расстояние (в миллиметрах) между соседними положениями базовых точек пуансона вдоль соответствующей оси.

Пункт **NX (NY)** задает количество ударов вдоль оси X (Y).

Пункт **Задавать по базовым точкам** определяет тип стратегии вырубки. При выключении параметра реализуется первая стратегия, при включении – соответственно вторая.

После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** появится запрос на указание базовой точки:

Координаты точки вырубки

Необходимо указать положение базовой точки пуансона, от которой будет происходить построение прохода.

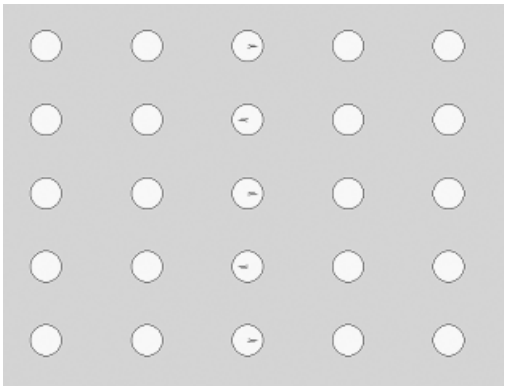
Также как и для стратегии **Одиночный удар** положение точки может быть задано с использованием меню **Параметры ввода**, а положение базовой точки пуансона может быть изменено с использованием меню **Привязки**.

Дальнейшие действия зависят от выбранной стратегии.

Если выбрана стратегия **По базовой точке, количеству ударов и шагу по X и Y** (при отключенном параметре **Задавать по базовым точкам**), то на экране сразу отобразится результат пробивки.

Если выбрана стратегия **По трём базовым точкам и количеству ударов** (при включенном параметре **Задавать по базовым точкам**), то после указания первой базовой точки необходимо последовательно указать вторую – вдоль оси X, затем третью – вдоль оси Y. Положение второй и третьей базовой точки определяет шаг между ударами, при этом расположение пуансонов друг относительно друга можно отслеживать визуально при перемещении курсора мыши по экрану.

После отображения прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.



Стратегия «Окно» 

Пробивка производится прямоугольным пуансоном, с помощью которого максимально выбирается материал в зоне, ограниченной замкнутым контуром.

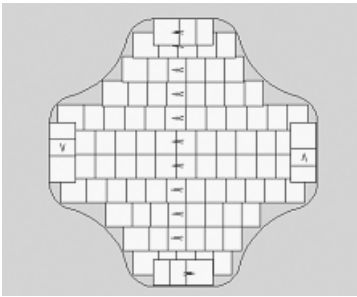
На закладке *Стратегия* становятся доступными следующие параметры:

Пункт **Перекрытие** задает шаг между соседними положениями базовых точек пуансона, который рассчитывается по формуле (1-Перекрытие)*R, где R размер пуансона в направлении движения (длина при движении по X, ширина при движении по Y).

После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** появится запрос на указание контура, внутри которого будет производиться вырубка:

Укажите контур

После подтверждения контура левой кнопкой мышки производится расчет траектории.



После отображения прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.

Стратегия «Комплексная высечка»

Пробивка вдоль контура детали производится сразу несколькими инструментами (прямоугольными и цилиндрическим). При наличии в контуре горизонтальных и вертикальных участков прямоугольные пуансоны будут выполнять: один горизонтальную - если у пуансона **Ширина (A)** больше **Высоты (B)**, другой вертикальную вырубку (высечку) - если у пуансона **Ширина (A)** меньше **Высоты (B)**. Цилиндрический пуансон вырубает криволинейные и наклонные участки, а также зоны недоступные для первого и второго инструмента.

На закладке *Стратегия* становятся доступными следующие параметры:

Геометрические параметры трех типов пуансонов:

Ширина (A), Высота (B), Радиус скругления углов (R) для двух типов прямоугольных пуансонов (горизонтального и вертикального);

Радиус (R) для цилиндрического пуансона.

Пункт **Формировать отдельные проходы** задает возможность сохранения прохода каждого типа пуансона в отдельный проход.

После подтверждения параметров обработки кнопкой ***Ввод*** появится запрос на указание обрабатываемого контура детали:

Укажите контур

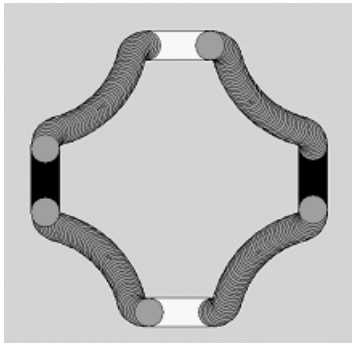
После подтверждения выбора левой кнопкой мышки на контуре появится стрелка, определяющая сторону вырубки (снаружи или внутри контура). Для смены направления стрелки необходимо нажать на правую кнопку мышки, а для подтверждения – левую.

Координаты точки начала обработки

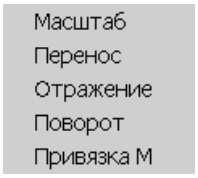
Координаты точки конца обработки

Следует последовательно указать точки на контуре или вблизи контура (точки автоматически спроецируются на контура), определяющие начальное и конечное положение базовой точки пунсона. Стрелка на контуре задает направление обхода контура. Смена направления – правая кнопка мышки.

После отображения прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием в базе данных.



Преобразовать проход

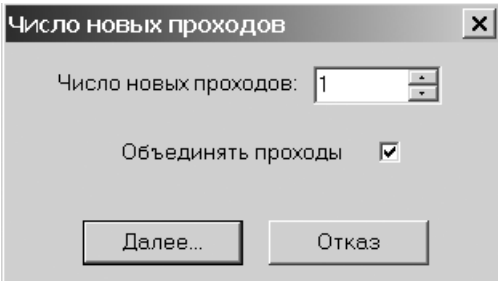


Пункт **Преобразовать проход** предназначен для выполнения с созданным проходом геометрических преобразований, включающих: **Перенос** (по вектору и с привязкой к точке), **Поворот, Отражение** и **Масштабирование**.

Назначение и принцип работы каждого из пунктов аналогичны описанным пунктам для преобразования геометрических объектов (см. описание параграфа **Преобразование объектов** 2D - геометрического редактора), только вместо геометрического объекта пользователь указывает модифицируемый проход фрезы. Для пунктов **Перенос** (по вектору и с привязкой к точке) и **Поворот** вновь создаваемые после преобразования проходы (если Число новых проходов больше 1) могут быть:

- объединены в единый проход, между которыми автоматически формируются переходы по воздуху (пункт **Объединить проходы** включен);
- скопированы заданное число раз и сохранены как отдельные проходы (пункт **Объединить проходы** выключен).

Если Число новых проходов равно 0, то указанный проход преобразуется без сохранения исходного.



После выполнения любого из преобразований на экране отображается результирующий проход фрезы, который предлагается сохранить с соответствующим комментарием.

Управляющая программа

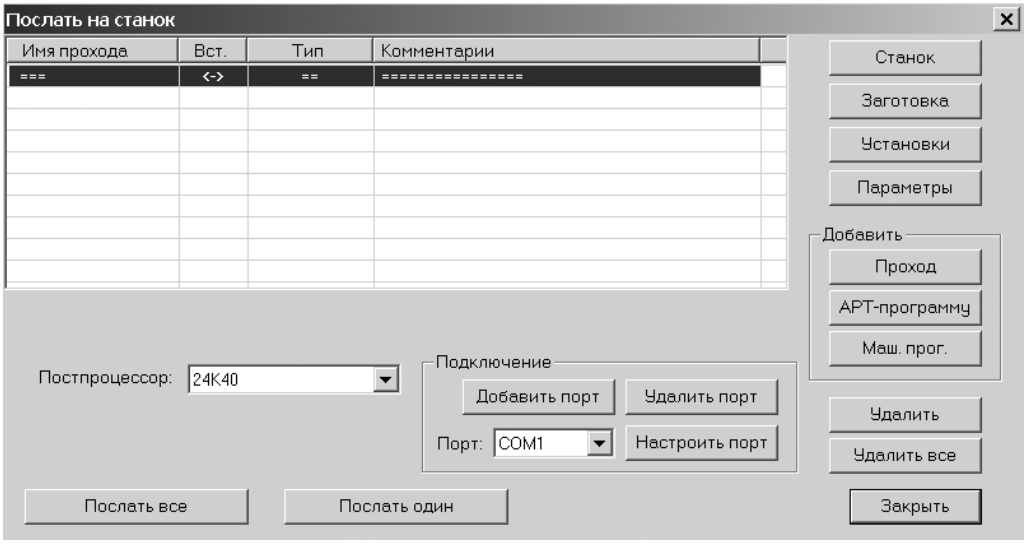
Построение управляющей программы детально описано в разделе **Построение APT-программы** настоящего руководства.

Постпроцессор

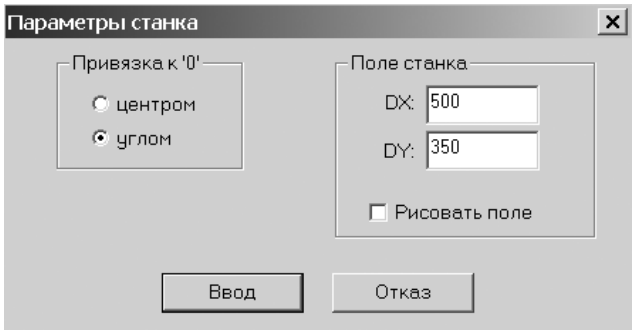
Пункт меню **Постпроцессор** осуществляет вызов модуля универсального постпроцессора системы ГеММа-3D. Работа с универсальным постпроцессором детально описана в руководстве пользователя “**Универсальный постпроцессор выходных файлов системы ГеММа-3D**”.

Послать на станок

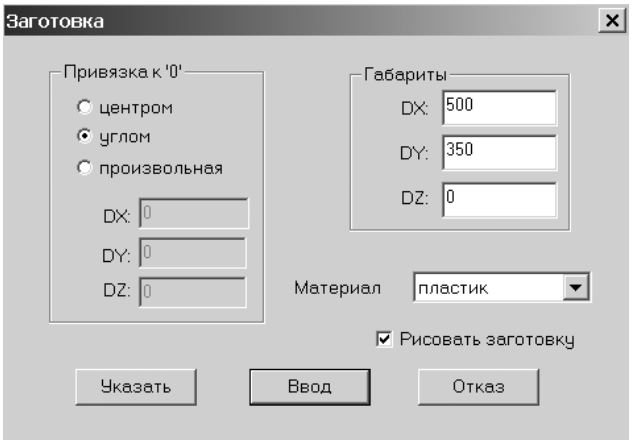
Пункт меню **Послать на станок** реализует функцию прямого управления станком. Если станок непосредственно подключен к компьютеру, на котором установлена система ГеММа-3D, то созданный проход можно передать на стойку управления станка. После выбора данного пункта появляется меню настройки технологических параметров и параметров порта подключения.



Кнопка ***Станок*** вызывает меню параметров, позволяющее задать размеры **Поля станка** (которое будет отображаться на экране **2D-редактора**, если включить параметр **Рисовать поле**), а также привязку к «0» поля станка центром или углом.



Кнопка ***Заготовка*** раскрывает диалоговую панель, с помощью которой



можно задать размеры заготовки. В APT-программу размеры заготовки выводятся с помощью команды BLOCK. Заготовка привязывается к “0” точке программы. Привязка осуществляется центром заготовки, левым нижним углом или произвольной точкой. С помощью параметров DX, DY, DZ можно осуществлять смещение контура заготовки относительно «0».

Пункт меню **Добавить** позволяет сформировать список проходов (или программ), которые будут передаваться на станок. Можно добавлять созданные **Проходы, APT-программы** и **Машинные программы**. При этом если добавляются проходы, то, указав соответствующий **Постпроцессор**, автоматически формируются APT-программа и машинная программа.

Пункт меню **Подключение** позволяет настроить порт, через который будет обеспечена связь компьютера и станка. Нажав на кнопку ***Добавить порт*** или ***Настроить порт*** появляется меню параметров настройки порта.

Пункт **Port** – тип порта (COM, LPT)

Пункт **Baud Rate** – скорость передачи

Пункт **Data bits** – биты данных

Пункт **Parity** – четность

Пункт **Stop Bits** – стоповые биты

Пункт **Flow Control** – контроль передачи (аппаратный, программный)

Пункт **Heidenhein (wait XOn)**

Назначение кнопок ***Установки*** и ***Параметры*** описано в разделе **Получение APT-программы**.

Кнопки ***Послать один*** и ***Послать все*** отвечают за отправку на станок выбранной или всех программ соответственно.