

Глава



Обработка 3D

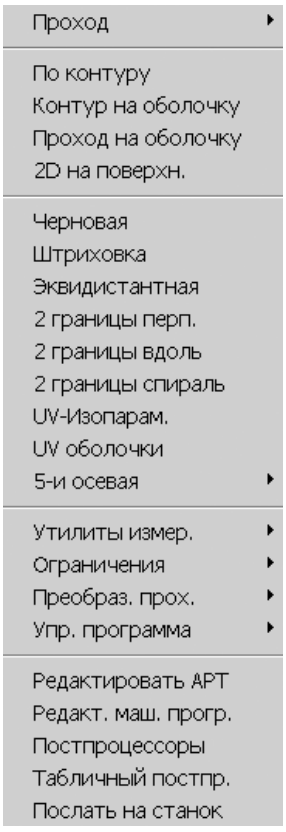
3D Фрезерная обработка

Наиболее часто встречаемыми изделиями, характерными для современного машиностроения, являются изделия, составляющие формообразующую технологическую оснастку (пресс-формы, штампы, литейные модели и формы). Они характеризуются особо сложными формами поверхностей и высокой трудоемкостью их изготовления.

Основным видом технологической операции, используемой для формирования профиля деталей сложной формы, является фрезерование. Система ГеММа-3D позволяет создавать управляющие программы для оборудования с ЧПУ для всех видов объемного фрезерования – 3-х, 4-х и 5-ти координатная обработка, включая обработку деталей на станках с поворотным столом. Исходные модели деталей могут быть созданы непосредственно в 3D геометрическом редакторе системы ГеММа-3D или импортированы из любой CAD-системы моделирования.

Для того чтобы, использовать возможности модуля объемной обработки, необходимо запустить геометрический редактор - 3D, вызвав его через панель задач Windows и кнопку ***Пуск*** (ярлык GeMMa-3D).

Для перехода в меню подготовки программ обработки поверхностей на фрезерном станке с ЧПУ необходимо выбрать пункт **Обработка 3D/5D** в основном меню геометрического редактора. При этом появится дополнительное меню, содержащее следующие пункты:



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

В пунктах меню, начиная с пункта **По контуру** и заканчивая пунктом **5-и осевая**, представлены различные стратегии объемной обработки.

В системе предусмотрены следующие виды технологических операций:

- Проход по контуру, лежащему в пространстве с проекцией контура на поверхность или непосредственно по указанному контуру.

- Проход по нескольким контурам, лежащим в пространстве с проекцией их на совокупность поверхностей.

- Проекция плоской траектории инструмента, полученной при выполнении 2D обработки, или пространственной траектории, полученной при выполнении 3D обработки на указанную криволинейную поверхность.

- Проекция плоских траекторий инструмента, полученных при выполнении 2D обработки, а также пространственных траекторий,

полученных при выполнении 3D обработки на совокупность поверхностей.

- Черновая послойная обработка совокупности поверхностей.

- Получистовая обработка. Обработка группы поверхностей, объединенных в оболочку или отдельно выбранных поверхностей, с указанием ограничивающих зон.

- Чистовая обработка совокупности поверхностей между двумя ограничивающими контурами.

- Чистовая 3D, 4D, 5D обработка поверхностей и оболочек по изопараметрическим UV-линиям или шаблонам.

- Различные стратегии 5-ти осевой обработки отдельных поверхностей.

Пункт **Утилиты измерений** позволяет оценить отклонения обработанной детали от геометрии исходной математической модели.

Пункт **Ограничения** позволяет сформировать ограничивающие кривые, которые образуются при касании поверхностей фрезами различных типов (сферической, торовой, конической), а также определить линию перегиба для поверхностей, имеющих поднутрения, и создать кривую, являющуюся границей совокупности поверхностей.

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.

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

Слева от графического экрана расположена панель инструментов основных технологических операций фрезерной обработки в виде пиктограмм, которые дублируют пункт меню **Обработка 3D/5D**.

Геометрия инструмента

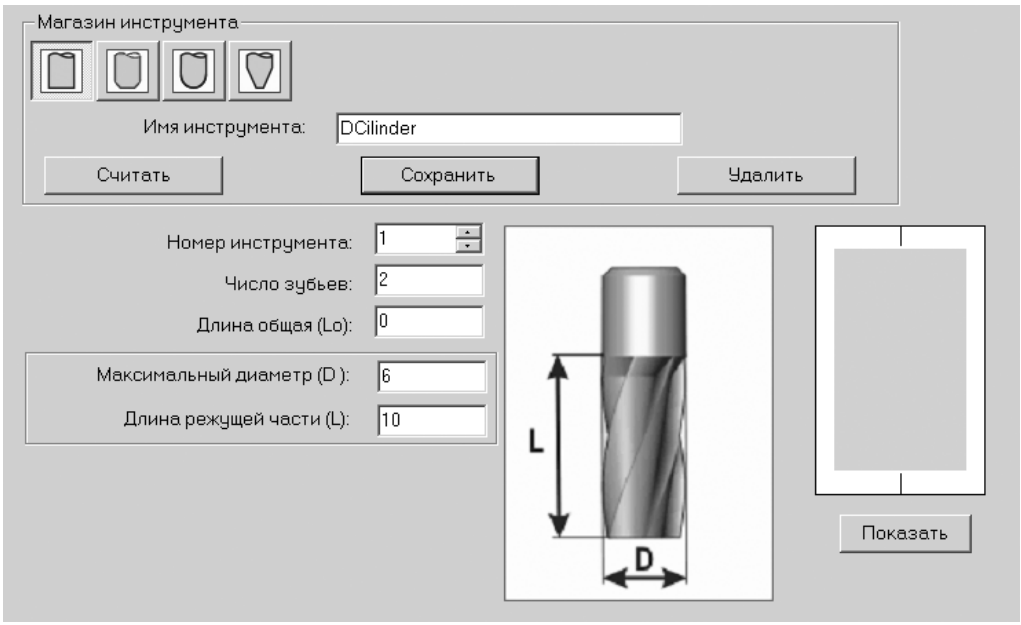
Также как и для 2D-обработки, построение проходов начинается с задания инструмента. Параметры инструмента задаются на закладке *Фреза* после выбора одной из стратегий обработки.

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

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

В целом типы и параметры инструмента для 3D-обработки практически не отличаются от инструмента, задаваемого для 2D-обработки:

Концевая с плоским торцем



Фреза характеризуется следующими параметрами:

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

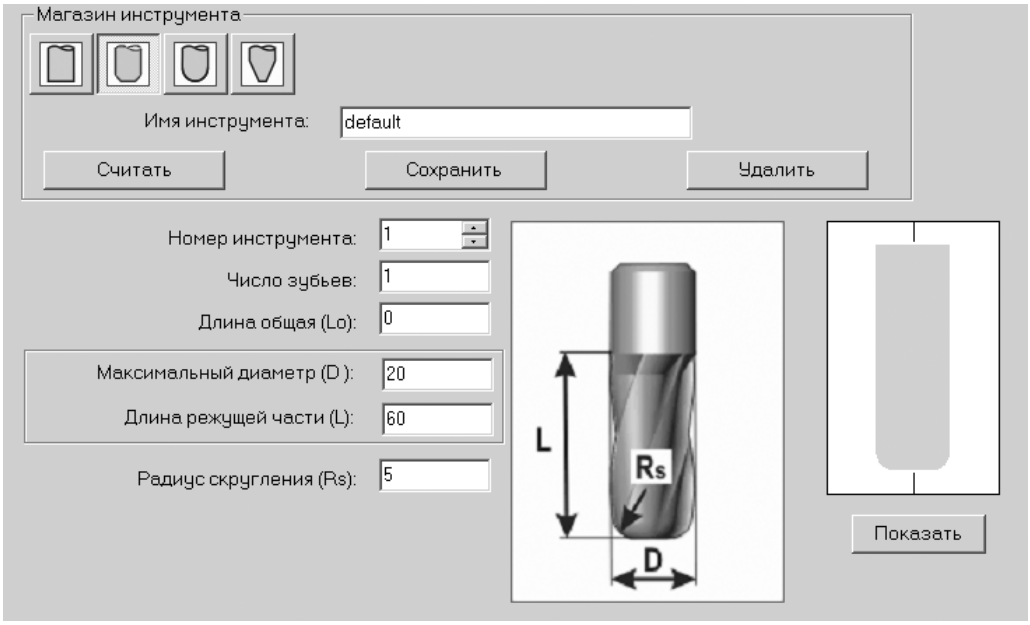
Число зубьев – используется при расчете режимов резания (необязательный параметр);

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).

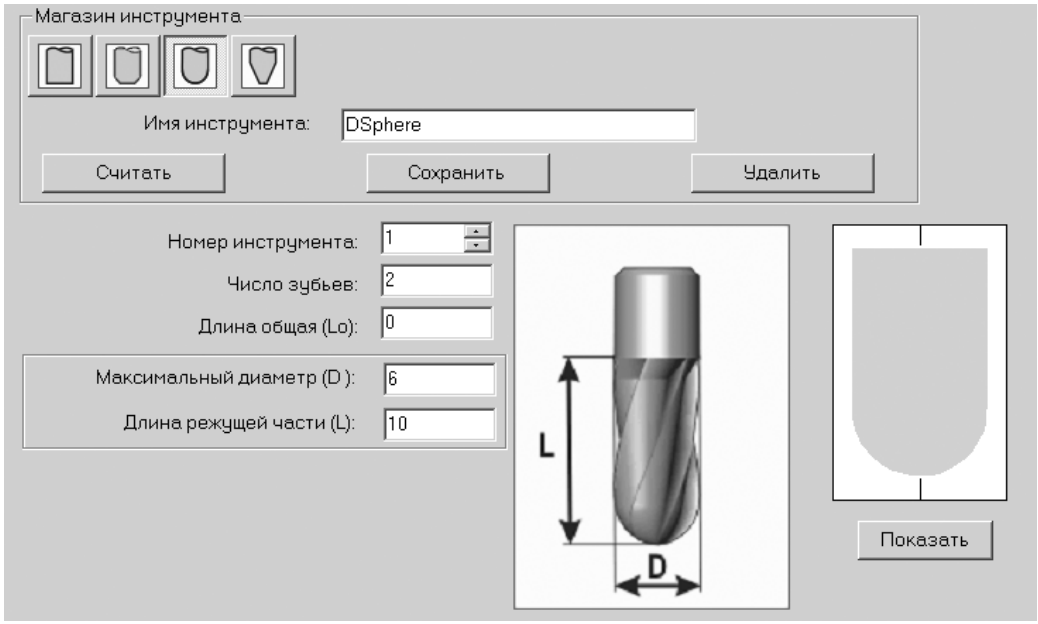
Концевая со скругленной режущей кромкой у основания (торовая)



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

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

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:

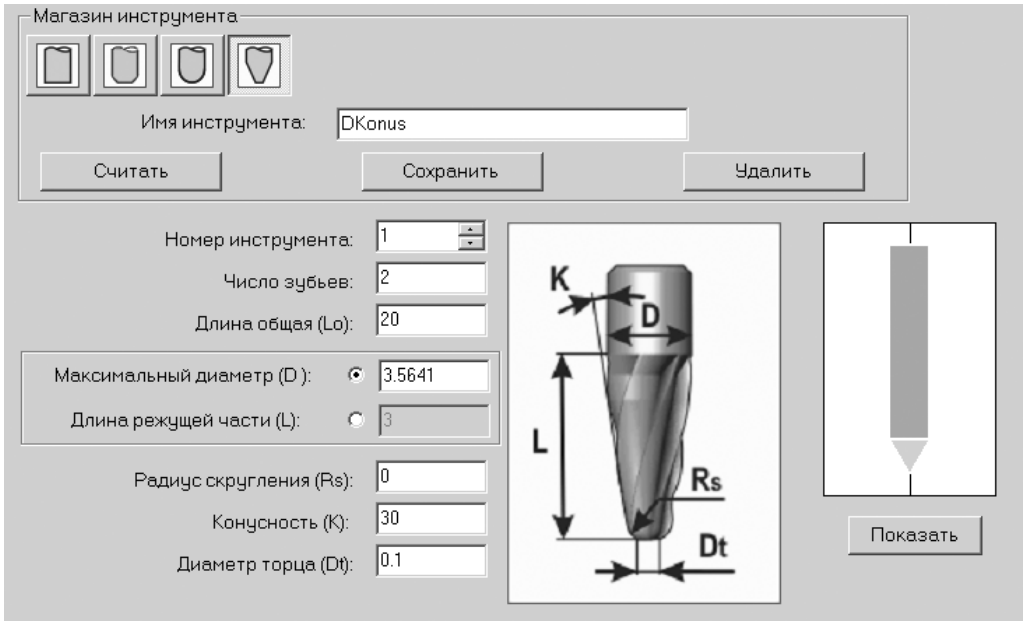
Максимальный диаметр (D) – максимальный диаметр конусной части фрезы;

Длина режущей части инструмента (L);

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.



Примечание1: для концевой фрезы с конической режущей частью параметры **Максимальный диаметр (D)** и **Длина режущей части инструмента (L)** являются взаимоисключающимися.

Примечание2: параметр **Длина режущей части инструмента (L)** используется при расчете углов поворота и координат положения фрезы в 4-х и 5-и координатной обработке, а также при отображении в режиме **Динамика**.

Проход 

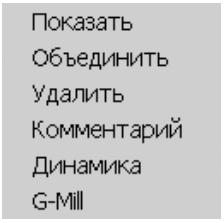
Проходом называется логически завершенная часть управляющей программы, созданная одной из имеющихся стратегией обработки одним инструментом.

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 позволить отличить 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. В строке сообщений будет выведена информация о выбранном проходе. Далее, если пользователь соглашается с выбором, будет произведено соответствующее пункту действие.



После выбора пункта **Проход** на экране появиться 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 **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 рабочие переходы на экране отображаются сиреневым цветом, участки врезания и торможения отображаются зеленым цветом, а переходы по плоскости безопасности или на высоте безопасного припуска – желтым. В строке сообщений будет выведена информация о выбранном проходе.

Объединить

Пункт **Объединить** предназначен для объединения нескольких проходов фрезы в один. Основным условием объединения является то, что следует объединять только те проходы, которые предназначены для обработки одинаковым инструментом.

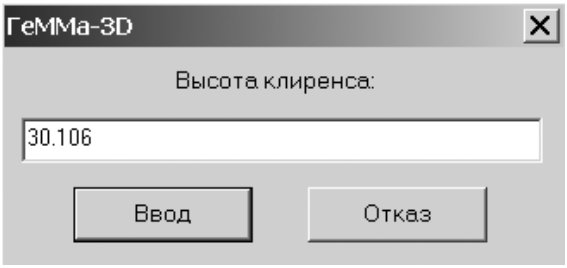
Управляющая программа формируется таким образом, что в пределах прохода не меняются следующие параметры:

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

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

Выделив первый проход курсором и нажав кнопку ***Ввод*** появится запрос:

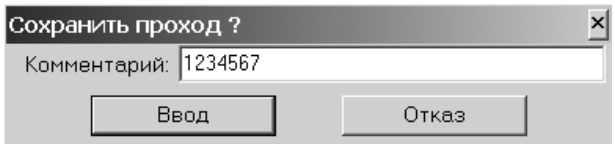
Высота клиренса:



Следует ввести значение высоты плоскости безопасности, на которой будет происходить переход между объединяемыми проходами. Далее последует запрос:

Выберите добавляемый проход

Необходимо последовательно указать все присоединяемые проходы в нужном порядке. При этом объединение осуществляется в цикле. По завершению объединения необходимо нажать на кнопку ***Отказ.*** В результате на экране появляется изображение объединенного прохода фрезы, информация об инструменте и проходе. После ввода комментария создается новый проход, содержащий в себе все указанные проходы.



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 противном случае необходимо нажать кнопку ***Отказ***.

Комментарий

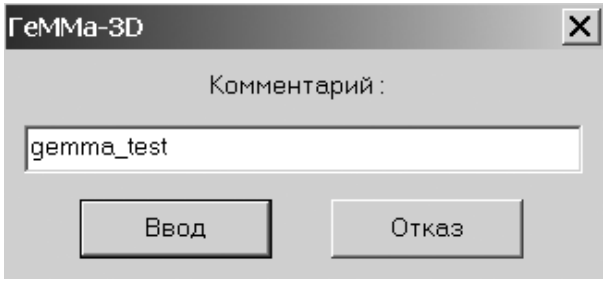
Пункт **Комментарий** предназначен для редактирования комментария к проходу.

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 противном случае

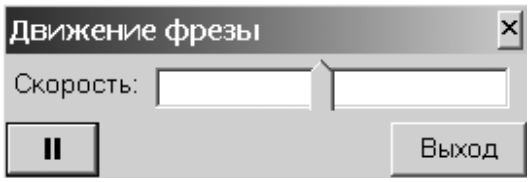
необходимо нажать кнопку ***Отказ***.



Динамика

Пункт **Динамика** предназначен для динамической визуализации процесса обработки.

После выбора соответствующего прохода из списка-таблицы, появится меню управления скоростью движения фрезы – кнопки ***Пуск*** и ***Пауза***, а также регулятор скорости типа «бегунок».



В момент динамической визуализации существует возможность менять текущий вид объекта.

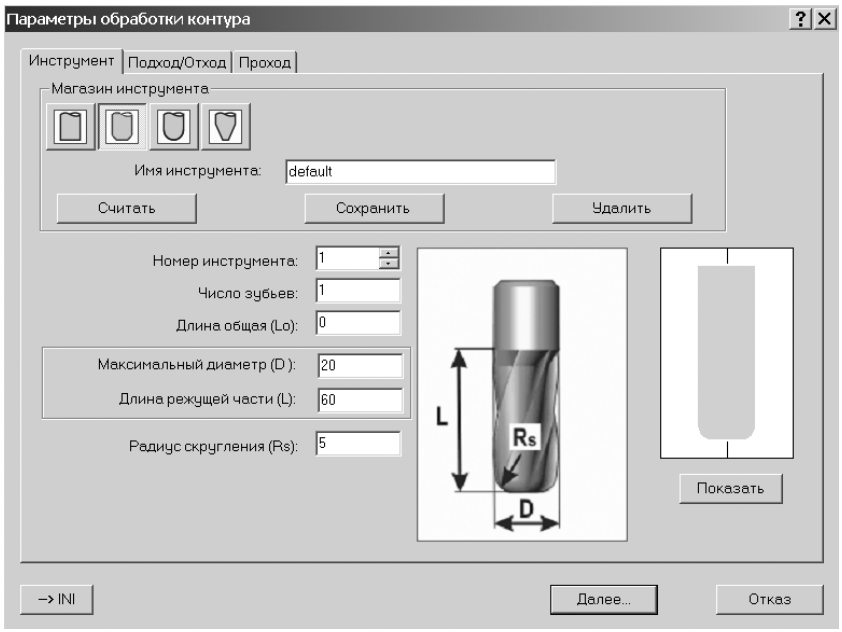
Клавиши управления, настроенные по умолчанию: **<Shift+левая кнопка>** мыши – перемещение объекта в экранной плоскости; **<Ctrl+Shift+левая кнопка>** мыши – увеличение, уменьшение объекта; **<Ctrl+левая кнопка>** мыши – вращение объекта (настройка клавиш управления сценой производится в меню **Файл -> Установки**).При нажатии на клавишу **<Esc>** во время процесса движения фрезы происходит сброс визуализации движения фрезы.

По контуру 

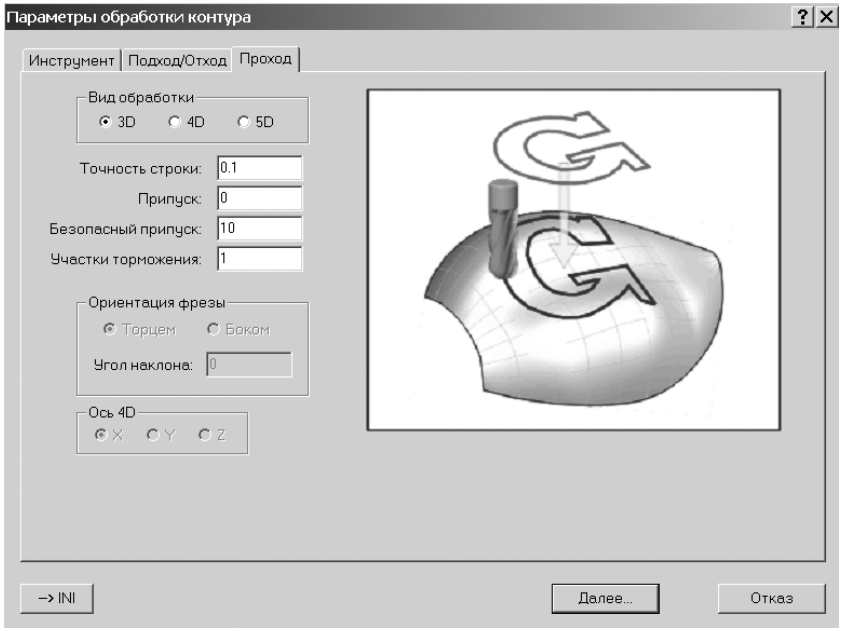
Пункт **По контуру** предназначен для построения прохода фрезы по контуру. При этом возможны два варианта формирования проходов: в первом случае проход строится непосредственно по контуру, лежащему в пространстве, а во втором случае проход строится по проекции контура на указанную поверхность.

При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка **< -> INI >** 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 *Проход* определяет способ движения и основные параметры обработки контура. Задаются вид обработки (3-х, 4-х или 5-ти координатная), способы ориентации фрезы и точность проекции контура на поверхность.



Параметр **Вид обработки** позволяет задать 3-х, 4-х и 5-и координатную обработку контура (3D, 4D и 5D соответственно).

Параметр **Точность строки** задает величину допустимого отклонения траектории фрезы от идеальной траектории, определяемой геометрией исходного контура.

Параметр **Припуск** позволяет создавать контурную обработку по поверхности, эквидистантной заданной, отстоящей от нее на величину припуска. Припуск может быть как положительной, так и отрицательной величиной.

Параметр **Безопасный припуск** задает высоту безопасного перехода инструмента между строками траектории, которая определяется координатой Z наивысшей точки поверхности (или оболочки) плюс величина **Безопасного припуска**.

Параметр **Участки торможения** задает длину участка в конце строк обработки, на котором включается подача торможения.

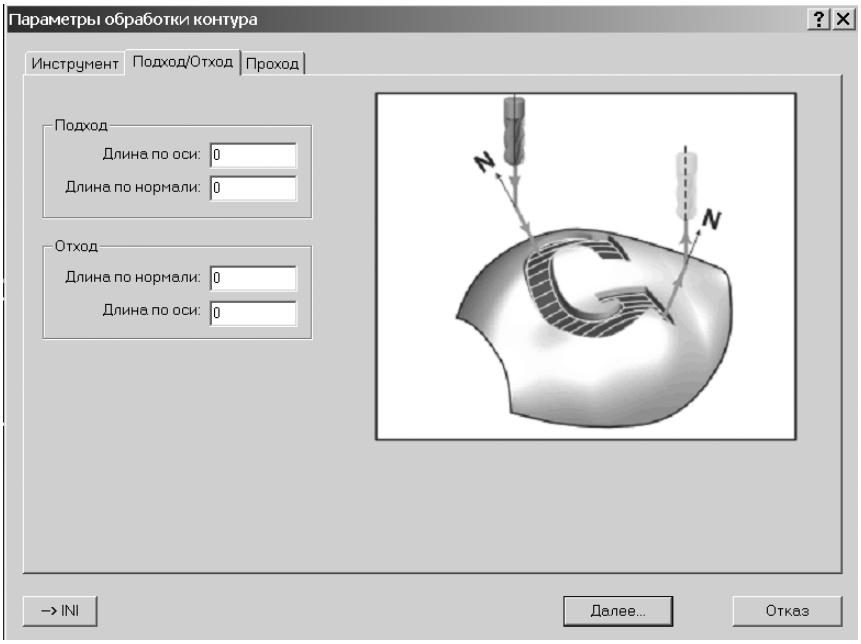
Параметр **Ориентация фрезы** доступен для 4-х и 5-и координатной обработки и определяет положение фрезы по отношению к поверхности, на которую проецируется контур.

Ориентация Торцем - ось инструмента будет направлена строго по нормали к поверхности, если Угол наклона равен нулю. Параметр **Угол наклона** определяет отклонение от нормали в направлении движения фрезы.

Ориентация Боком - ось фрезы будет направлена по касательной к поверхности в точке касания фрезы вдоль одной из изопараметрик U или V, если Угол наклона равен нулю. Параметр **Угол наклона** в этом случае определяет отклонение оси фрезы от выбранной касательной.

Параметр **Ось 4D** доступен для 4-х координатной обработки и определяет ось, вокруг которой поворачивается рабочий орган станка, определяющий четвертую координату.

Закладка *Подход/Отход* включает в себя два способа подхода (отхода) к обрабатываемой поверхности, на которую проецируется контур, определяемые параметрами: **Длина по нормали** и **Длина по оси**.



Длина по нормали – длина отрезка подхода (отхода) фрезы, перпендикулярного к обрабатываемой поверхности.

Длина по оси – длина отрезка подхода (отхода) фрезы, параллельного оси инструмента.

Примечание: при задании обоих величин **Длина по нормали** и **Длина по оси**

элемент подхода (отхода) будет состоять из двух отрезков, общая длина которых суммируется. При подходе первым выполняется подход по оси инструмента, а затем по нормали к поверхности.

3D обработка

Для 3-х координатной обработки возможны два варианта прохода по контуру:

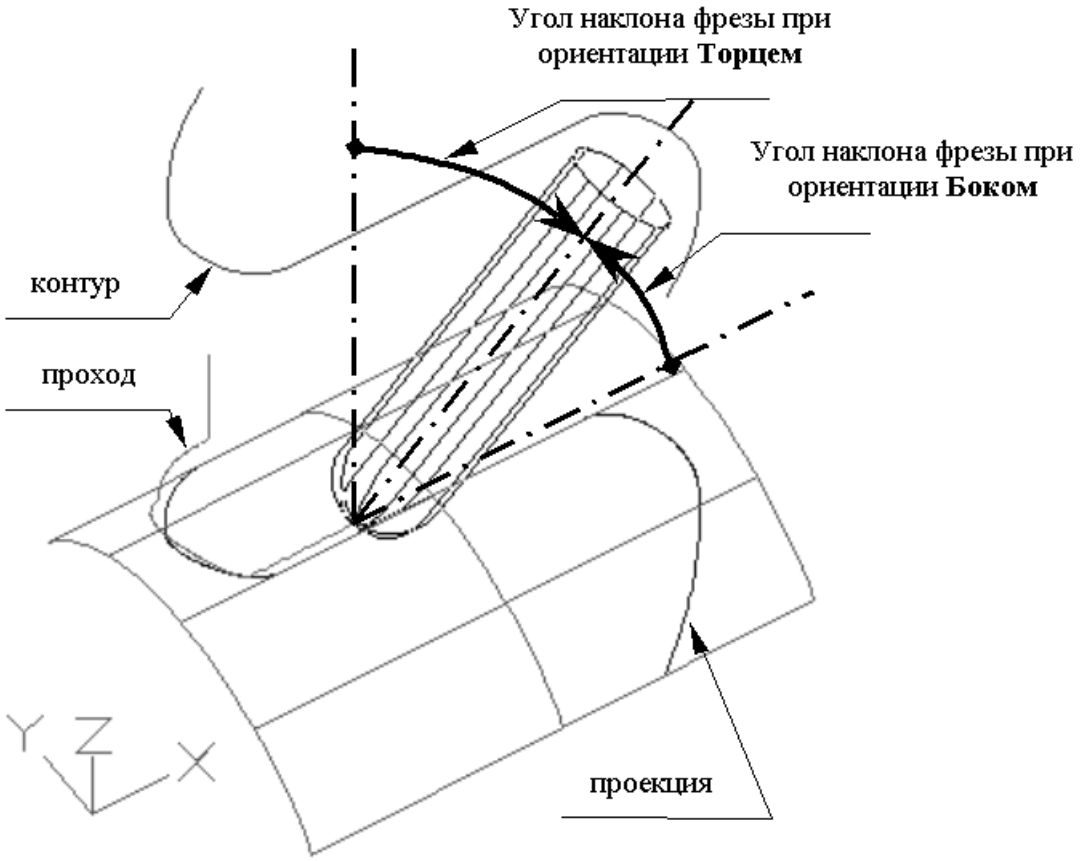
- проход непосредственно по контуру центром фрезы;
- проход по проекции контура на поверхность.

Для варианта проход непосредственно по контуру следует заполнить только параметр **Участки торможения**.

Для варианта проход по проекции контура на поверхность используются все параметры, которые доступны для 3-х координатной обработки (**пункт 3D**).

4D и 5D обработка

Данный вид обработки доступен для варианта проход по проекции контура на поверхность. При формировании прохода используются ряд дополнительных параметров:



Для 4-х координатной обработки следует дополнительно указать параметр **Ось 4D**, который определяет ось, вокруг которой поворачивается рабочий орган станка, определяющий четвертую координату. Этот параметр

накладывает ограничение на положении фрезы в пространстве так, что ось фрезы всегда перпендикулярна оси, указанной в параметре **Ось 4D**. Помимо этого для 4-х и 5-ти координатной обработки следует указать ориентацию фрезы **Торцем** или **Боком** по отношению к обрабатываемой поверхности.

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

Укажите контур

Следует указать курсором обрабатываемый контур (при работе в тоновом режиме он подсветится белым цветом) и выбрать стрелкой направление движения по контуру. Для смены направления необходимо нажать правую кнопку мышки, а затем подтвердить выбор левой кнопкой.

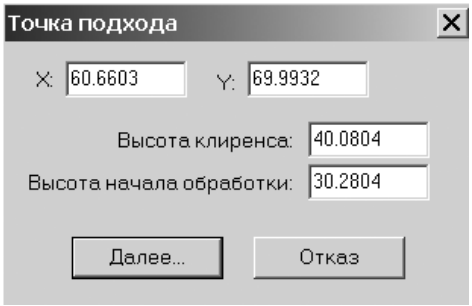
Укажите поверхность

Для варианта проход непосредственно по контуру следует отказаться правой кнопкой мышки от указания поверхности.

Для варианта проход по проекции контура на поверхность следует указать курсором поверхность, на которую будет проецирован контур (при работе в тоновом режиме она подсветится белым цветом), и выбрать стрелкой направление обработки. Для смены направления необходимо нажать правую кнопку мышки, а затем подтвердить выбор левой кнопкой. В случае **4D, 5D** обработки и ориентации фрезы **Боком** запрашивается ориентация фрезы вдоль UV-изопараметрических линий поверхности. Смена направления также производится правой кнопкой мышки.

В случае указания поверхности для **3D** обработки предлагается выбрать способ выхода на контур: точкой касания - выполняется проецирование контура на поверхность, затем проход строится так, чтобы точка касания фрезы и поверхности находилась на спроецированном контуре; центром фрезы – при движении по поверхности ось фрезы будет проходить строго через указанный контур.

Далее указываются координаты **Точки подхода**, **Высота клиренса** (безопасного перехода) и **Начала обработки**.



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

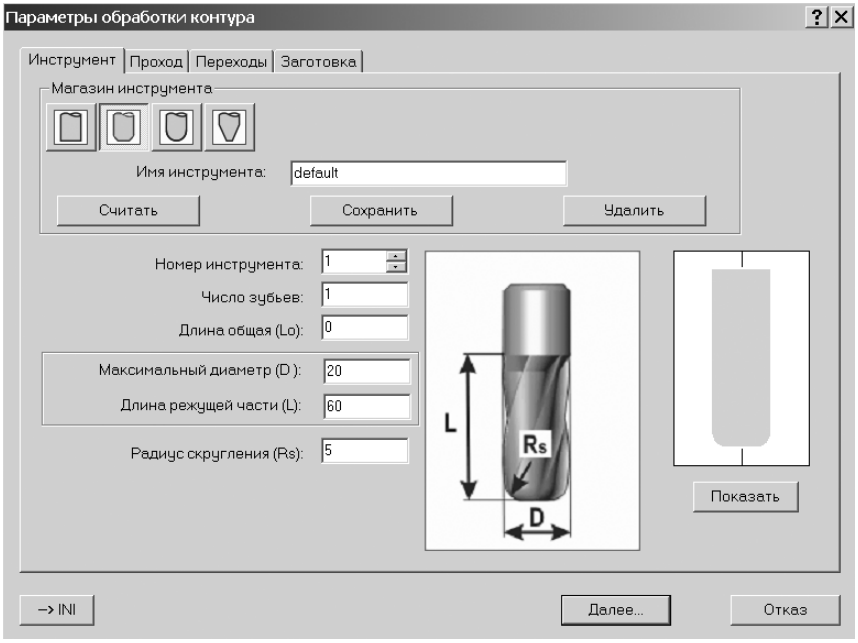
Примечание: поскольку при построении прохода автоматически выполняется операция Проекция кривой на поверхность, то на результат влияют параметры **Точность** и **Базовая плоскость** из меню настроек **Параметры**.

Контура на оболочку

Технологическая операция **Контура на оболочку** позволяет строить проход по проекциям нескольких контуров, лежащих в пространстве, на совокупность указанных поверхностей.

При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка **< -> INI >** 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**).

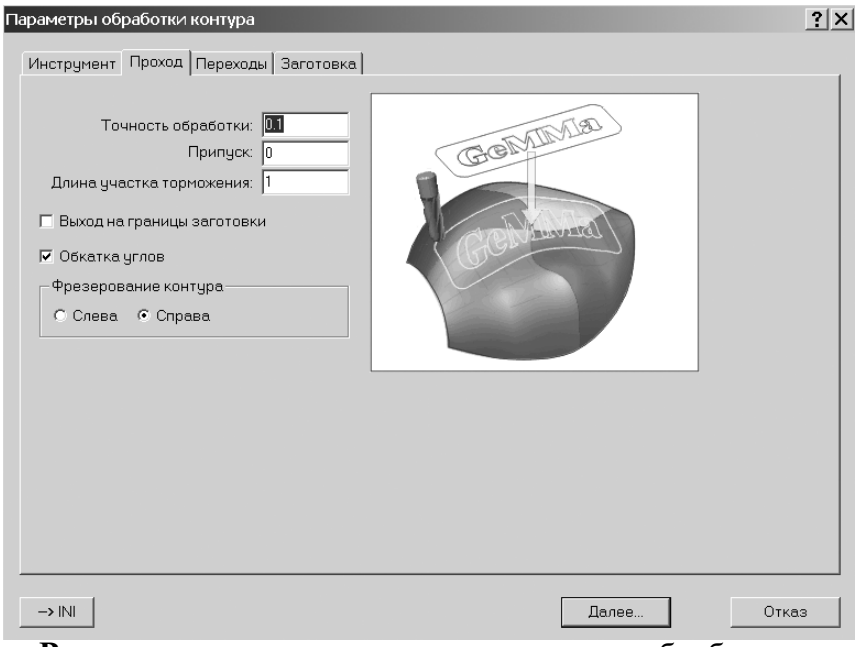


Закладка *Проход* отвечает за задания параметров прохода и включает в себя следующие технологические параметры:

Параметр **Точность обработки** задает точность расчета траекторий при движении инструмента по криволинейной поверхности.

Параметр **Припуск** позволяет создавать контурную обработку по совокупности поверхностей - оболочке, эквидистантной заданной, отстоящей от нее на величину припуска. Припуск может быть как положительной, так и отрицательной величиной.

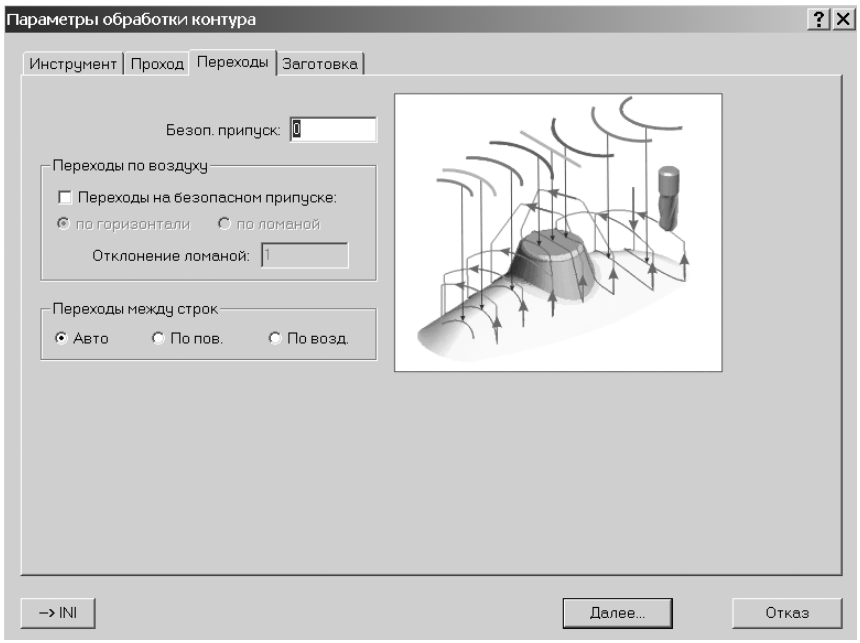
Параметр **Длина участка торможения** задает длину участка в конце строк обработки, на котором включается подача торможения.



Параметр **Выход на границы заготовки** задает режим обработки, при котором траектория фрезы продлевается до плоскостей (контуров), определяющих габариты заготовки.

Параметр **Обкатка углов** позволяет строить гладкую траекторию в местах, где поверхность имеет излом или в местах углового стыка нескольких поверхностей. При отключении данного параметра места изломов поверхностей будут обходиться фрезой по траектории, также содержащей изломы. При этом, если обрабатываемая поверхность в плоскости XY становится перпендикулярной этой плоскости, то проход на этом участке поверхности строиться не будет.

Закладка *Переходы* определяет способ перехода инструмента по воздуху с проекции одного контура на начало проекции следующего контура. При этом инструмент совершает переход по плоскости безопасности или на высоте **Безопасного припуска**.



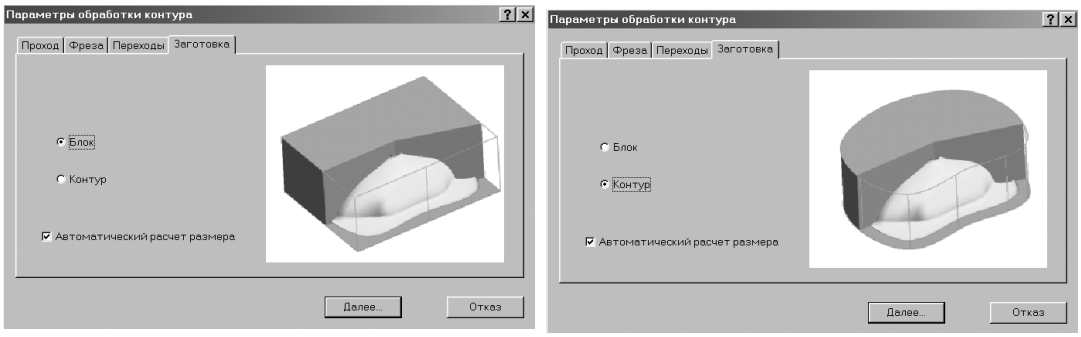
Если параметр **Переходы на безопасном припуске** отключен, то высота плоскости безопасности определяется координатой Z относительно наивысшей точки всей совокупности поверхностей плюс величина Безопасного припуска.

Если параметр П**ереходы на безопасном припуске** включен, то в этом случае возможен один из двух вариантов перехода:

по горизонтали - высота перехода рассчитывается с учетом наивысшей точки обрабатываемой оболочки в месте перехода инструмента с одной проекции на другую плюс величина **Безопасного припуска**. При этом переход осуществляется по горизонтальной прямой;

по ломаной – расчет величины перехода производится аналогично, но переход осуществляется по ломаной линии эквидистантно к обрабатываемой оболочке с заданной точностью **Отклонения ломаной** от профиля оболочки.

Закладка *Заготовка* определяет вид используемой заготовки. Возможны следующие варианты заготовок:



Блок – заготовка, имеющая форму параллелепипеда. В этом случае возможны два варианта формирования габаритов заготовки. В первом случае по запросу системы следует указать предварительно созданную линию, определяющую диагональ параллелепипеда заготовки, стороны которого рассчитываются автоматически. В случае отказа от указания линии, заготовка определяется автоматически по габаритным размерам совокупности оболочек и поверхностей (если отмечен пункт **Автоматический расчет размера**). Позже, в таблице **Заготовка**, можно произвольно изменить полученные от геометрии габариты заготовки и добавить равномерный во все стороны припуск на заготовку. Контур параллелепипеда в плане является одним из ограничивающих контуров, который учитывается при построении прохода.

Контур – это заготовка произвольной формы, заданная предварительно созданным контуром, который необходимо указать при последующем запросе системы. На основе контура будет построена служебная поверхность выдавливания перпендикулярно плоскости XOY от Zmin до Zmax совокупности обрабатываемых оболочек и поверхностей. Позже, в таблице **Заготовка**, можно произвольно изменить величины Zmin и Zmax. Можно также добавить равномерный припуск на заготовку, отмеряемый эквидистантно оболочке. Если контур заготовки не был указан, то формируется заготовка в виде цилиндра, в который вписывается деталь.

Контур заготовки в плане является одним из ограничивающих контуров, который учитывается при построении прохода.

Примечание: граничный контур для совокупности поверхностей можно построить с использованием пункта геометрического редактора **Обрисовать оболочку** (см. раздел **Кривые -> Обрис. оболочки**).

Пункт **Автоматический расчет размера** позволяет автоматически определять размеры заготовки по габаритам совокупности оболочек и поверхностей (если пункт отмечен). Если пункт не отмечен, то система запоминает размеры последней задаваемой заготовки, которая используется в качестве исходной для задания дополнительных припусков или изменения ее размеров.

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

Укажите контура

Следует указать все контура, проекции которых следует обработать (при работе в тоновом режиме он подсветится белым цветом). Для отказа от дальнейшего указания следует нажать правую кнопку мыши, а затем подтвердить выбор левой кнопкой.

Выход на контур

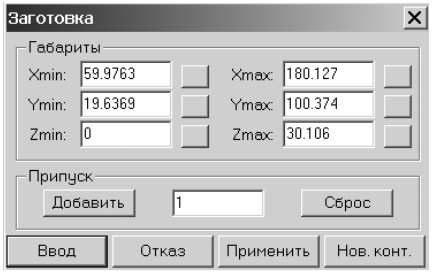
Возможны два варианта выхода на контур: точкой касания - выполняется проецирование контура на поверхность, затем проход строится так, чтобы точка касания фрезы и поверхности находилась на спроецированном контуре; центром фрезы – при движении по поверхности ось фрезы будет проходить строго через указанный контур.



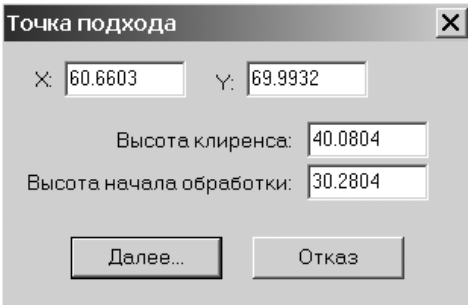
Укажите обрабатываемые поверхности

Необходимо указать совокупность поверхностей или оболочку

Затем пользователь определяет габариты заготовки, изменяя, при необходимости, ее параметры в появившейся таблице **Заготовка** (отказ правой кнопкой мышки от указания отрезка, определяющего габариты заготовки).



Далее указываются координаты **Точки подхода**, **Высота клиренса** (безопасного перехода) и **Начала обработки**.



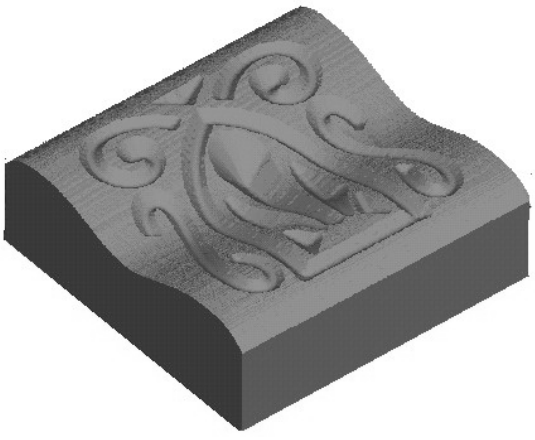
После завершения указания проход отображается на экране. Предлагается сохранить созданный проход с соответствующим комментарием в базе данных.

Проход на оболочку

Пункт **Проход на оболочку** позволяет получить траекторию фрезы, соответствующую проекции траектории, созданной в 2D или 3D редакторе на совокупность поверхностей (оболочку). Работа этого пункта меню похожа на работу пункта **Контура на оболочку** только на оболочку будут спроецированы не контура, а ранее созданный проход, который нужно выбрать из таблицы проходов. При выборе данного пункта меню появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам, назначение которых описано в пункте **Контура на оболочку**.

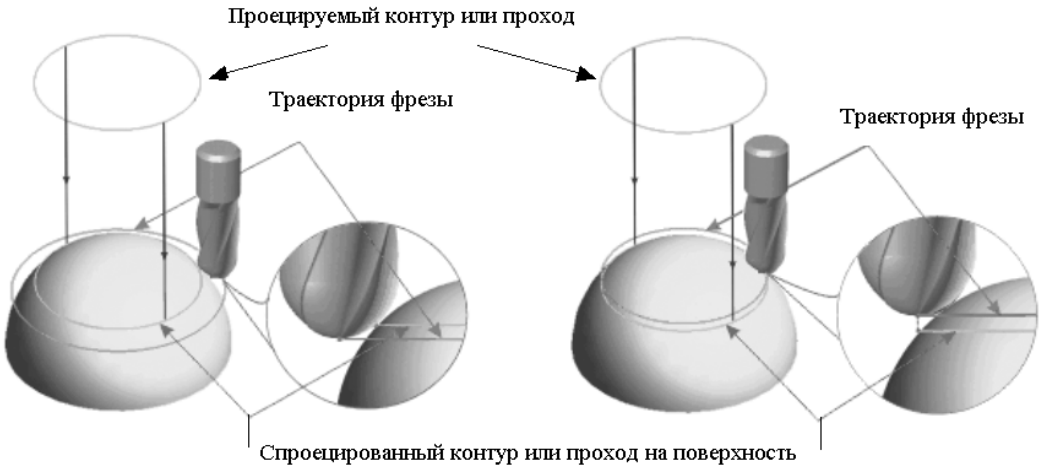
Проход на поверхность

Пункт **Проход на поверхность** позволяет получить траекторию фрезы, соответствующую проекции траектории, созданной в 2D или 3D редакторе на указанную поверхность. Работа этого пункта меню похожа на работу пункта По контуру в варианте проход по проекции контура на поверхность. Отличие заключается в том, что на поверхность будет спроецирован не контур, а ранее созданный проход, который нужно выбрать из таблицы проходов.



В режиме 3D обработки сразу после выбора прохода для проецирования появляется меню **Выход на контур.** При выборе пункта **Точкой касания** проход проецируется на поверхность, причем точка касания фрезы и поверхности будет находиться на спроецированном проходе. При указании пункта **Центром фрезы** будет получен иной вариант обработки, особенности которого заключаются в следующем. Если исходный проход выполнен в плоскости Z=0, то в результирующем проходе нижняя точка на оси фрезы пройдет строго по проекции прохода. Если координата Z исходного прохода будет переменной (как, например, в случае проекции прохода 3D-гравировки), то эта величина будет использована для создания отклонения по оси Z от проекции прохода на поверхность. Этот вариант обработки имеет наибольшее значение для выполнения 3D гравировки на произвольной поверхности.

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



а) Выход на контур точкой касания **б) Выход на контур центром фрезы**

Примечание: поскольку при построении прохода автоматически выполняется операция **Проекция кривой на поверхность**, то на результат влияют параметры **Точность** и **Базовая плоскость** из меню настроек **Параметры**.

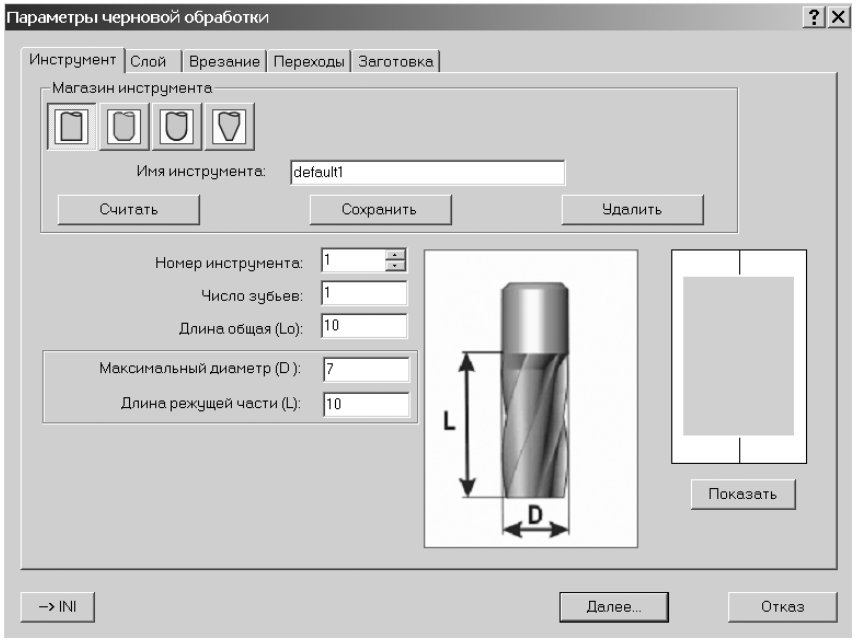
Черновая послойная обработка

Этот пункт меню позволяет в автоматическом режиме строить послойную в плоскости XOY черновую обработку оболочек (совокупностей поверхностей). Возможные стратегии выборки – эквидистантами, штриховкой или подборкой. Также имеется возможность задать шаг расчета сечений вдоль кривой.

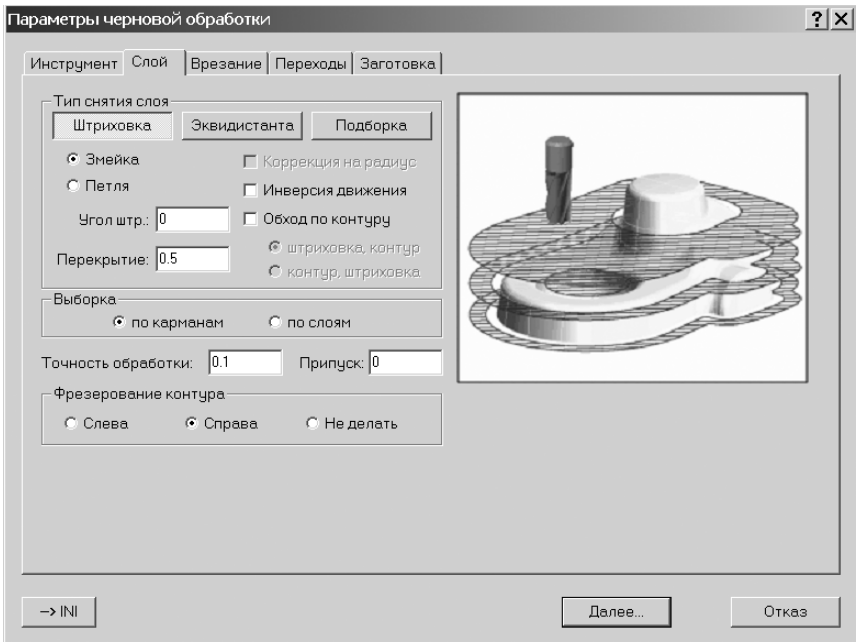
Для построения проходов укажите пункт меню **Черновая**. При выборе данного пункта появляется меню задания технологических параметров. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением.

Кнопка **< -> INI >** 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**).



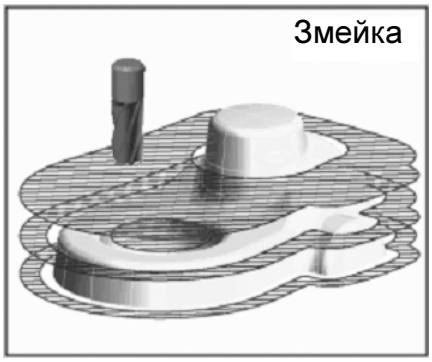
Закладка *Слой* отвечает за выбор стратегии и задание параметров прохода. Она включает в себя следующие технологические параметры:

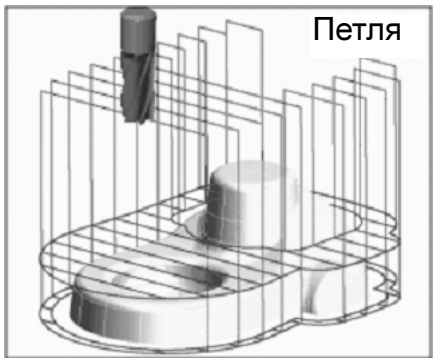


Параметр **Тип снятия слоя** позволяет выбрать одну из стратегий послойной обработки:

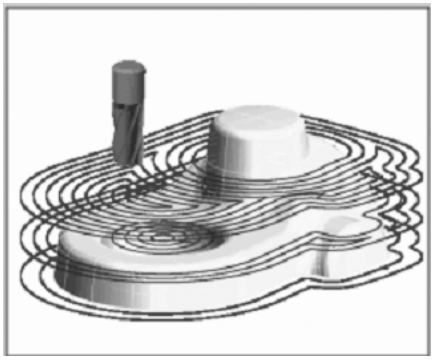
Штриховка – позволяет строить проход, траектория которого представляет собой совокупность параллельных строк в плоскости XY. Угол штриховки задает угол линий штриховки относительно оси X. Проход может быть

сформирован **Змейкой** (инструмент движется зигзагообразно, совершая переход с конца пройденной строки в начало следующей строки в текущей плоскости сечения) или **Петлей** (инструмент движется с конца пройденной строки в начало следующей по воздуху, совершая подъем в **Плоскость безопасности** (клиренса) – однонаправленное движение инструмента).

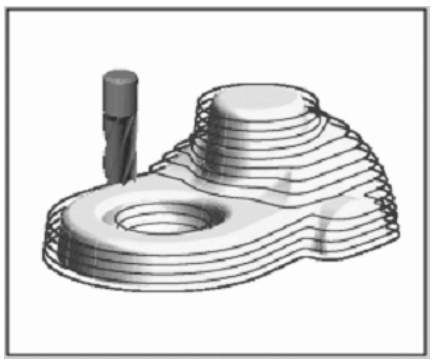




Эквидистанта – позволяет строить проход, траектория которого представляет собой эквидистантный шаблон текущей плоскости сечения оболочки.



Подборка –позволяет строить послойную обработку оболочки, траектория которой представляет собой эквидистантный шаблон текущей плоскости сечения оболочки. В отличие от стратегии **Эквидистанта** в стратегии **Подборка** не производится выборка основной массы материала. При этом можно включить пункт **Коррекция на радиус**, который обеспечит ввод в управляющую программу оператора, отвечающего за коррекцию на радиус в случае изменения геометрии инструмента.



Параметр **Инверсия движения** позволяет изменить направление выборки для стратегии **Штриховка.**

Параметр **Обход по контуру** определяет возможность обхода фрезы по контуру, представляющего собой эквидистантный шаблон текущей плоскости сечения оболочки. При этом может быть задана последовательность, в которой будет производиться обработка в пределах текущего слоя:

- сначала **выборка штриховкой**, затем **проход по контуру**;
- сначала **обход контуров**, затем **выборка штриховкой**.

Параметр **Угол штриховки** задает угол линий штриховки относительно оси X для стратегии **Штриховка**.

Параметр **Перекрытие** задает расстояние между строками траектории в долях диаметра фрезы.

Параметр **Выборка** определяет последовательность, в которой будет производиться выборка материала, определяемая геометрией детали. Если деталь содержит колодцы (карманы), то последовательность обработки может быть следующей:

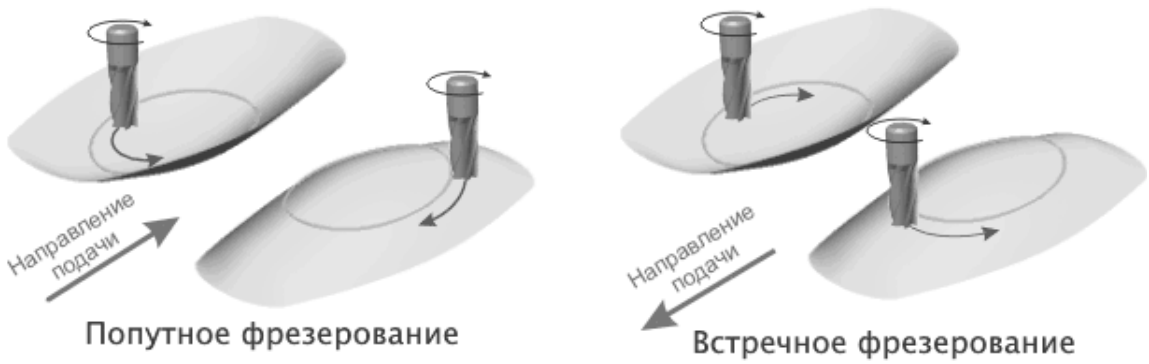
по карманам – если в процессе послойной выборки система обнаружит колодец (карман), то в начале будет произведена выборка материала из колодца, а затем, если больше не имеется колодцев, будет продолжен процесс выборки остальной массы материала.

по слоям – будет выполнена послойная выборка материала последовательно во всех сечениях, не зависимо от наличия колодцев или выступов.

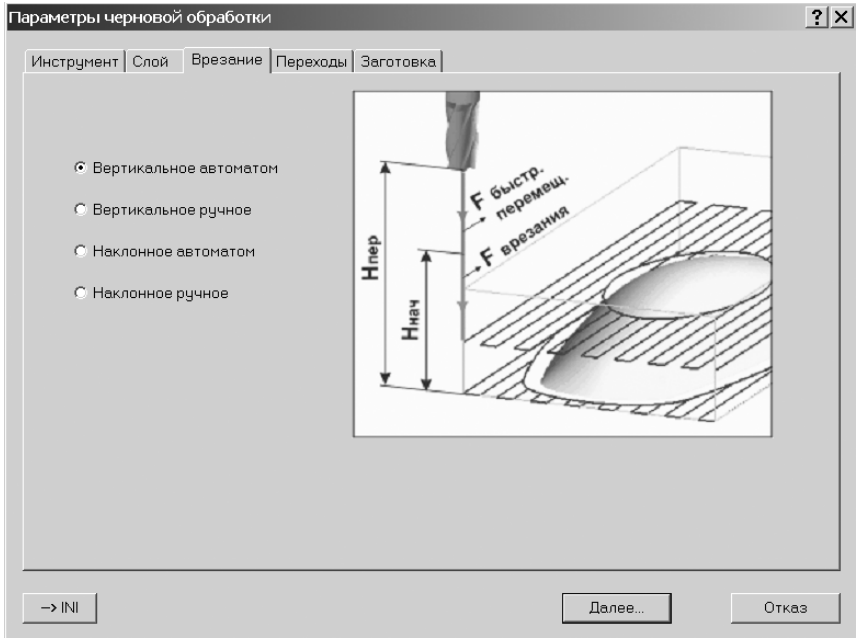
Параметр **Точность обработки** определяет величину отклонения траектории инструмента от идеальной траектории, рассчитанной при движении инструмента по криволинейной поверхности.

Параметр **Припуск** позволяет обрабатывать оболочку, эквидистантную заданной, отстоящую от нее на величину припуска. Припуск может быть как положительной, так и отрицательной величиной.

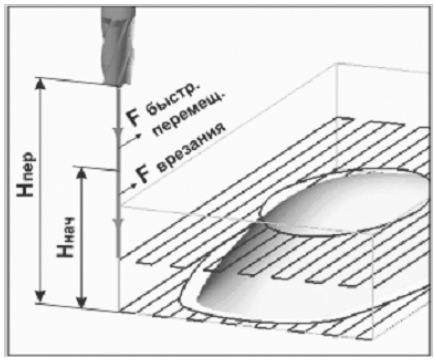
Параметр **Фрезерование контура** определяет направление обхода контура вокруг оболочки в текущей плоскости сечения. Если указать: **Фрезерование контура слева**, то будет реализовано попутное фрезерование (направление подачи и вращения фрезы совпадают), если указать: **Фрезерование контура справа**, то будет реализовано встречное фрезерование (направление подачи противоположно направлению вращения фрезы).



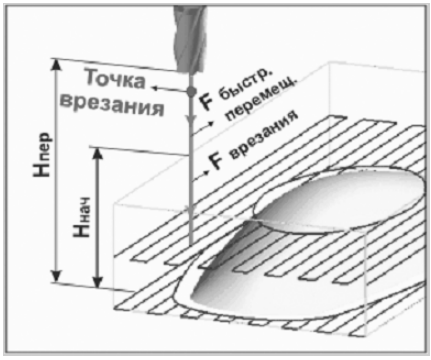
Закладка *Врезание* определяет способ врезания инструмента в каждом слое обработки. Возможны следующие варианты врезания:



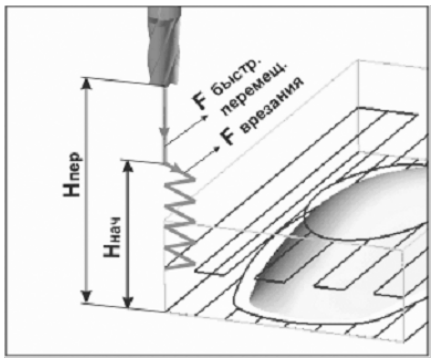
Вертикальное автоматом: в проходе автоматически определяется точка врезания в плоскости созданной заготовки и формируется траектория врезания параллельно оси Z. При этом от рабочей плоскости до начала очередного снимаемого слоя инструмент движется на подаче врезания.



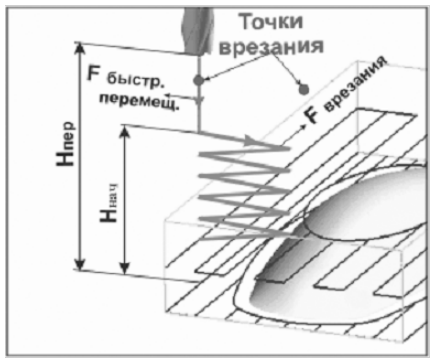
Вертикальное ручное: для создания подхода необходимо указать точку врезания, введя ее координаты или предварительно сформировав в плоскости XY. При этом формируется траектория врезания параллельно оси Z. От рабочей плоскости до начала очередного снимаемого слоя инструмент движется на подаче врезания.



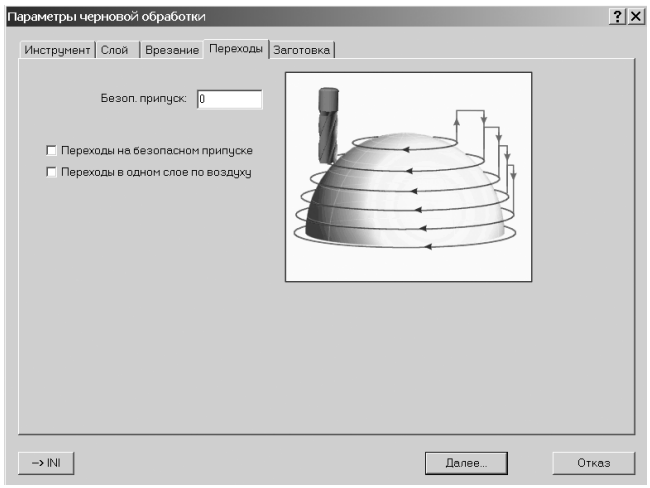
Наклонное автоматом: для каждого слоя в плоскости обработки автоматически определяются две точки, между которыми формируется наклонное врезание (зигзагообразно). При этом от рабочей плоскости до начала очередного снимаемого слоя инструмент движется на подаче врезания. Параметры наклонного врезания (угол, длина горизонтального и наклонного участков) задаются при формировании АРТ – программы.



Наклонное ручное: для создания подхода необходимо указать две точки врезания, введя их координаты или предварительно сформировав в плоскости XY. Между двумя указанными точками формируется наклонное врезание (зигзагообразно). При этом от рабочей плоскости до начала очередного снимаемого слоя инструмент движется на подаче врезания. Параметры наклонного врезания (угол, длина горизонтального и наклонного участков) задаются при формировании АРТ – программы.



Закладка *Переходы* определяет способ перехода инструмента по воздуху. При этом инструмент совершает переход по плоскости безопасности или на высоте **Безопасного припуска**.

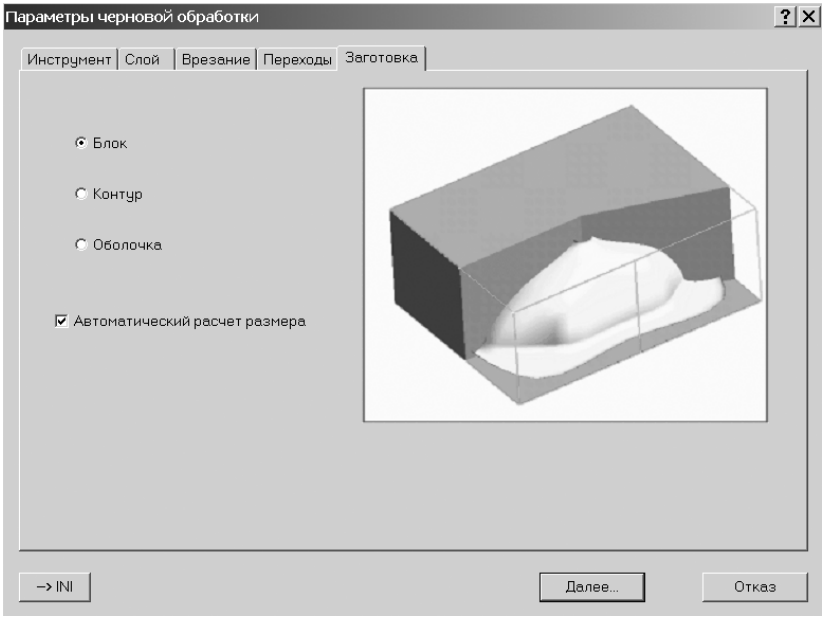


Если параметр **Переходы на безопасном припуске** отключен, то высота плоскости безопасности определяется координатой Z наивысшей точки всей совокупности поверхностей плюс величина **Безопасного припуска**.

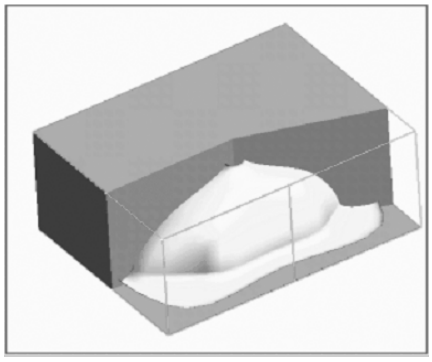
Если параметр **Переходы на безопасном припуске** включен, то высота перехода рассчитывается с учетом наивысшей точки обрабатываемой оболочки в месте перехода инструмента с конца пройденной строки траектории на начало следующей строки, плюс величина **Безопасного припуска**. При этом переход осуществляется по горизонтальной прямой.

Параметр **Переходы в одном слое по воздуху** относится к стратегии **Штриховка -> Змейка**, и позволяет делать переход инструмента между соседними строками траектории с подъемом инструмента в плоскость безопасности или на Безопасный припуск на подаче быстрых перемещений.

Закладка *Заготовка* определяет вид используемой заготовки. Возможны следующие варианты заготовок:

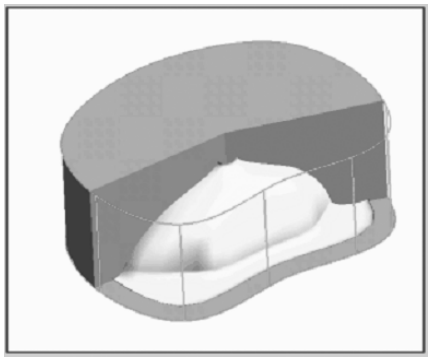


Блок – заготовка, имеющая форму параллелепипеда. В этом случае возможны два варианта формирования габаритов заготовки. В первом случае по запросу системы следует указать предварительно созданную линию, определяющую диагональ параллелепипеда заготовки, стороны которого рассчитываются автоматически. В случае отказа от указания линии, заготовка определяется автоматически по габаритным размерам совокупности оболочек и поверхностей (если отмечен пункт **Автоматический**



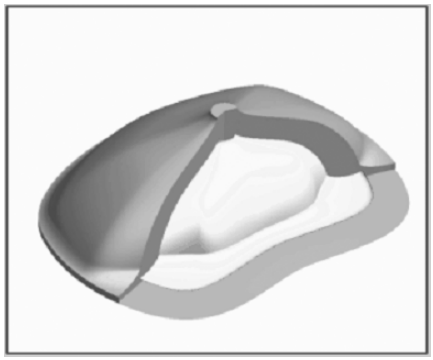
расчет размера). Позже, в таблице **Заготовка**, можно произвольно изменить полученные от геометрии габариты заготовки и добавить равномерный во все стороны припуск на заготовку. Контур параллелепипеда в плане является одним из ограничивающих контуров, который учитывается при построении прохода.

Контур – это заготовка произвольной формы, заданная предварительно созданным контуром, который необходимо указать при последующем запросе системы. На основе контура будет построена служебная поверхность выдавливания перпендикулярно плоскости XOY от Zmin до Zmax совокупности обрабатываемых оболочек и поверхностей. Позже, в таблице **Заготовка**, можно произвольно изменить величины Zmin и Zmax. Можно также добавить равномерный припуск на заготовку, отмеряемый эквидистантно оболочке. Если контур заготовки не был указан, то формируется заготовка в виде цилиндра, в который вписывается деталь. Контур заготовки в плане является одним из ограничивающих контуров, который учитывается при построении прохода.



Примечание: граничный контур для совокупности поверхностей можно построить с использованием пункта геометрического редактора **Обрисовать оболочку** (см. раздел **Кривые -> Обрис. оболочки**).

Оболочка – в качестве заготовки может быть указана поверхность или оболочка, которая должна быть предварительно создана. Если заготовка состоит из нескольких поверхностей, то они предварительно должны быть объединены в оболочку (см. раздел **Создание оболочек -> Объединить в оболочку**). Высота обработки по Z определяется габаритами поверхности (оболочки) заготовки.



Пункт **Автоматический расчет размера** позволяет автоматически определять размеры заготовки по габаритам совокупности оболочек и поверхностей

(если пункт отмечен). Если пункт не отмечен, то система запоминает размеры последней задаваемой заготовки, которая используется в качестве исходной для задания дополнительных припусков или изменения ее размеров.

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

Укажите обрабатываемые поверхности

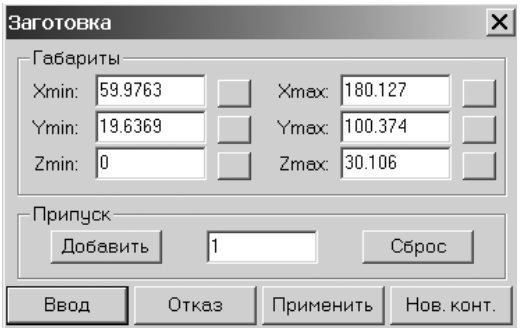
Следует указать поверхности или оболочки, которые необходимо обработать за исключением поверхности или оболочки, определяющей профиль заготовки (для заготовки типа **Оболочка**). Для отказа от дальнейшего указания следует нажать правую кнопку мышки, а затем подтвердить выбор левой кнопкой. Далее в зависимости от выбранного типа заготовки последует один из запросов:

Укажите отрезок, определяющий габариты заготовки (тип заготовки Блок)

Укажите контура, определяющие заготовку (тип заготовки **Контур**)

Укажите поверхность или оболочку, определяющую заготовку (тип заготовки **Оболочка**)

Затем пользователь определяет габариты заготовки, изменяя, при необходимости, ее параметры в появившейся таблице **Заготовка** (отказ правой кнопкой мышки от указания отрезка, определяющего габариты заготовки для заготовки типа **Блок**) или указывает поверхность (оболочку), определяющую профиль заготовки (для заготовки типа **Оболочка**). Далее последует запрос на задание контуров ограничений:

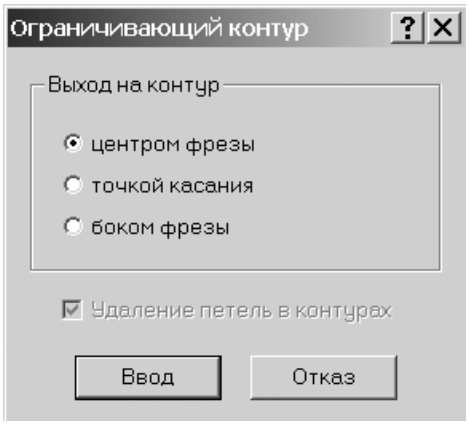


Укажите ограничивающий контур

В качестве ограничивающих контуров могут выступать отрезки, многоугольники, кривые, лежащие в области обрабатываемой заготовки, но не обязательно на самой поверхности детали (система автоматически спроецирует их на поверхность).

Указав ограничивающий контур, с помощью стрелки на контуре, следует определить зону обработки (правая кнопка мышки – смена направления стрелки). После подтверждения появится меню **Ограничивающий контур**,

позволяющее задать различные способы выхода инструмента на ограничивающий контур. Выход на контур центром фрезы и точкой касания был описан для стратегии обработки **Проход на поверхность**. Отличие состоит в том, что при выходе на контур точкой касания может быть произведено удаление петель в контурах (если таковые имеются), при включении соответствующего пункта.

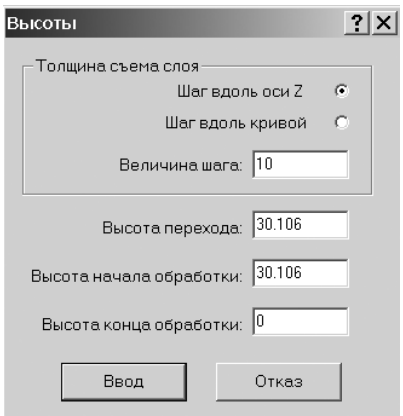


При выходе на контур боком фрезы именно боковая поверхность фрезы будет лежать на проекции контура на оболочку.

Примечание: поскольку при построении прохода автоматически выполняется операция **Проекция кривой на поверхность**, то на результат влияют параметры **Точность** и **Базовая плоскость** из меню настроек **Параметры**.

Если при задании параметров был указан способ врезания **Вертикальное ручное** или **Наклонное ручное**, то после указания ограничивающих контуров система выдаст запрос на указания точки врезания, которая может быть предварительно создана или координаты которой могут быть введены с клавиатуры.

Далее появится меню **Высоты**, позволяющее задать высоты обработки, способ и толщину съема слоя. Меню включает следующие параметры:



Параметр **Толщина съема слоя** отвечает за способ расчета Шага между слоями выборки. Возможные варианты расчета:

Шаг вдоль оси Z - материал будет выбираться из заготовки с постоянным шагом, определяемым параметром **Величина шага**, вдоль оси Z.

Шаг вдоль кривой - материал будет выбираться из заготовки слоями, шаг между которыми будет рассчитываться вдоль кривой. При этом значение параметра **Величина шага** будет контролироваться именно вдоль этой кривой.

Примечание: кривая, вдоль которой будет производиться расчет шага, должна быть предварительно построена. При этом в проекции одной из базовых плоскостей (XZ, YZ) габариты этой кривой (Zmin и Zmax) будут определять высоту обработки.

Параметр **Высота перехода** определяет плоскость безопасности.

Параметр **Высота начала обработки** задает верхнюю плоскость предполагаемой заготовки, при этом первый уровень обработки пройдет на высоте ниже **Высоты начала обработки** на величину слоя.

Параметр **Высота конца обработки** задает высоту, на которой заканчивается обработка - последний слой обработки. Если расстояние между высотами начала и конца обработки не будет кратно величине съема слоя, последним слоем для обработки будет **Высота конца обработки**.

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

Получистовая обработка совокупности поверхностей

Пункты меню **Штриховка** и **Эквидистанта** представляют собой стратегии получистовой обработки совокупности поверхностей (оболочек), с указанием различного рода ограничивающих контуров. Стратегия **Штриховка** может быть выполнена в двух режимах – **Выборка** и **Подборка**. Название “получистовая” связано с тем, что высота гребешка не контролируется автоматически. Гребешок может косвенно контролировать пользователь, задавая шаг между строками в плоскости XY.

Штриховка в режиме «выборка»

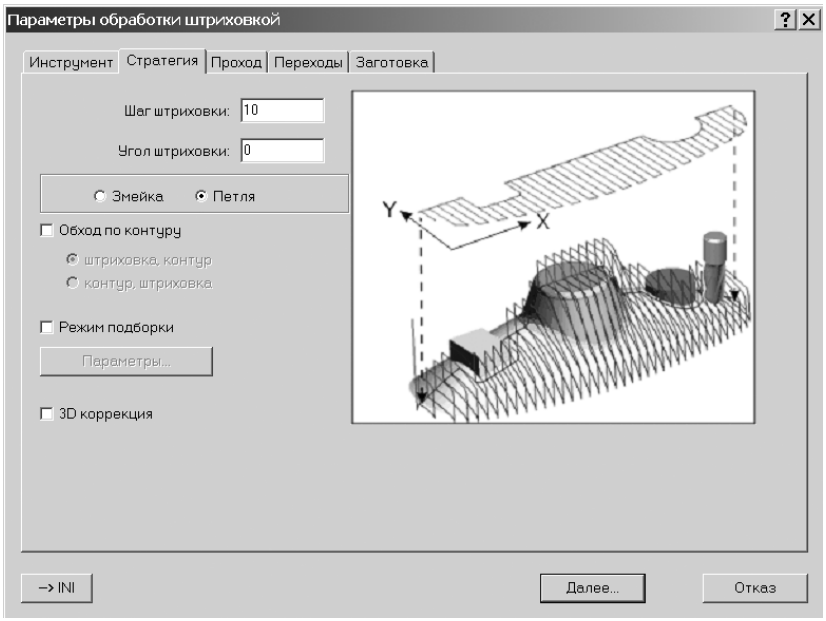


После указания пункта **Штриховка** появляется меню задания технологических параметров обработки. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением. Кнопка **< -> INI >** позволяет сохранить настройки данной стратегии обработки для новых проектов.

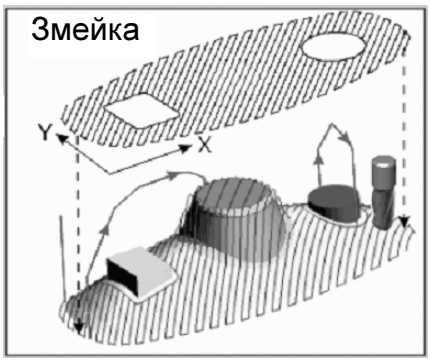
Закладка *Инструмент* включает в себя параметры, описывающие геометрию фрезерного инструмента, рассмотренные выше (см. параграф **Задание инструмента**).

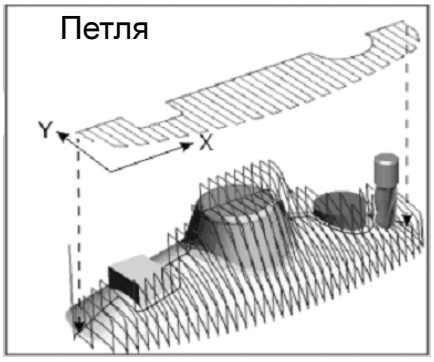
Закладка *Стратегия* определяет способ формирования строк траектории для стратегии **Штриховка**.

Стратегия **Штриховка** – позволяет строить проход, траектория которого представляет собой совокупность параллельных строк. Причем расчет траектории, а также контроль значений параметров **Шаг штриховки** и **Угол**



штриховки производится в плоскости XY. Затем «плоский» проход автоматически проецируется на указанную оболочку. Проход может быть сформирован **Змейкой** (инструмент движется зигзагообразно, совершая переход с конца пройденной строки в начало следующей строки по поверхности кратчайшим путем) или **Петлей** (инструмент движется с конца пройденной строки в начало следующей по воздуху, совершая подъем в





Плоскость безопасности (клиренса) – однонаправленное движение инструмента).

Параметр **Шаг штриховки** задает расстояние в миллиметрах между строками траектории. При этом величина шага контролируется в плоскости XY.

Параметр **Угол штриховки** задает угол линий штриховки относительно оси X в плоскости XY.

Параметр **Обход по контуру** определяет возможность обхода фрезы по контуру, которым может являться контур заготовки или ограничивающий контур. При этом может быть задана последовательность обработки:

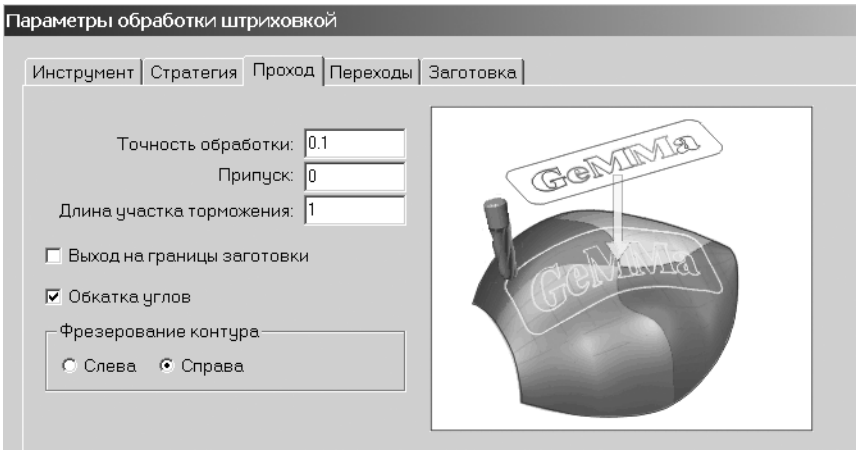
- сначала **выборка штриховкой**, затем **проход по контуру**;
- сначала **обход контуров**, затем **выборка штриховкой**.

Параметр **Режим подборки** позволяет сделать доработку материала, оставшегося после обработки детали стратегией **Штриховка** фрезой

большого диаметра. При включении данного пункта становится доступным меню **Параметры**, в котором задается геометрия инструмента, использованного на предыдущей обработке.

Примечание: При использовании **Режима подборки** доработка оставшегося материала будет производиться фрезой, задаваемой параметрами на закладке *Инструмент*.

Закладка *Проход* включает в себя следующие технологические параметры:



Параметр **Точность обработки** определяет величину отклонения траектории инструмента от идеальной траектории, рассчитанной при движении инструмента по криволинейной поверхности.

Параметр **Припуск** позволяет создать профильную обработку совокупности поверхностей (оболочки), эквидистантно заданной, отстоящей от нее на величину припуска. Припуск может быть как положительной, так и отрицательной величиной.

Параметр **Длина участка торможения** задает длину участка в конце строк обработки, на котором включается подача торможения.

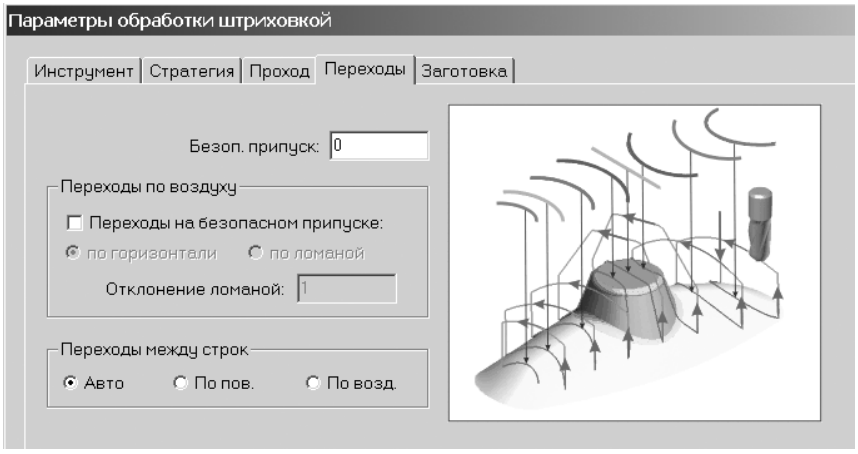
Параметр **Выход на границы заготовки** задает режим обработки, при котором траектория фрезы продляется до плоскостей (контуров), определяющих габариты заготовки.

Параметр **Обкатка углов** позволяет строить гладкую траекторию в местах, где поверхность имеет излом или в местах углового стыка нескольких поверхностей. При отключении данного параметра места изломов поверхностей будут обходиться фрезой по траектории, также содержащей изломы. При этом, если обрабатываемая поверхность в плоскости XY становится перпендикулярной этой плоскости, то проход на этом участке поверхности строиться не будет.

Параметр **Фрезерование контура** определяет направление обхода ограничивающего контура. Если указать: **Фрезерование контура слева**, то будет реализовано попутное фрезерование (направление подачи и вращения фрезы совпадают), если указать: **Фрезерование контура справа**, то будет реализовано встречное фрезерование (направление подачи противоположно направлению вращения фрезы).

Параметр **3D-коррекция** отвечает за формирование прохода, в котором содержатся координаты не только центра фрезы, но и восстановленных нормалей к обрабатываемым поверхностям. Таким образом, обеспечивается возможность задания коррекции на радиус инструмента для 3D-обработки сложных фасонных деталей в случае изменения геометрии инструмента. При этом требуется, чтобы постпроцессор, используемый для получения машинной программы, учитывал всю необходимую информацию, содержащуюся в проходе.

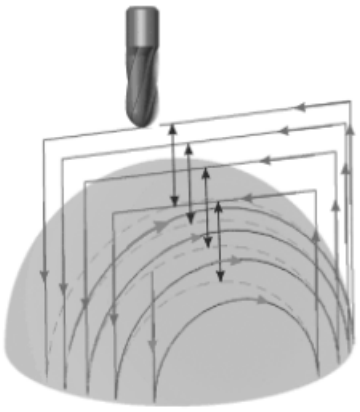
Закладка *Переходы* определяет способ перехода инструмента с конца пройденной строки на начало следующей.



При этом различают **Переходы по воздуху** (инструмент совершает переход по плоскости безопасности или на высоте **Безопасного припуска**) и **Переходы между строк** (для стратегии обработки **Змейка**).

Если параметр **Переходы на безопасном припуске** отключен, то высота плоскости безопасности определяется координатой Z относительно наивысшей точки всей совокупности поверхностей плюс величина **Безопасного припуска**.

Если параметр **Переходы на безопасном припуске** включен, то в этом случае возможен один из двух вариантов перехода:



Переход на безопасном припуске по горизонтали



Переход на безопасном припуске по ломаной

По горизонтали - высота перехода рассчитывается с учетом наивысшей точки обрабатываемой оболочки в месте перехода инструмента с одной проекции на другую плюс величина **Безопасного припуска**. При этом переход осуществляется по горизонтальной прямой;

По ломаной – расчет величины перехода производится аналогично, но переход осуществляется по ломаной линии эквидистантно к обрабатываемой оболочке с заданной точностью **Отклонения ломаной** от профиля оболочки.

Переходы между строк определяют способ перехода инструмента между соседними строками траектории. Данный пункт используется для стратегии обработки **Змейка**. Возможны следующие варианты перехода:

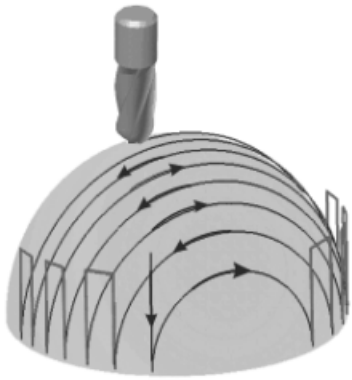
Авто – система автоматически определяет способ перехода инструмента с конца одной строки на начало следующей. При этом, если участок перехода может быть спроецирован на оболочку, то реализуется переход По поверхности. В противном случае фреза совершает переход по воздуху на высоте, равной разности высот проекций двух соседних строк траекторий на оболочку.

По поверхности – инструмент совершает переход с конца одной строки на начало следующей по обрабатываемой поверхности без подъема инструмента.

По воздуху – переход осуществляется с подъемом инструмента в плоскость безопасности или на **Безопасный припуск** на подаче быстрых перемещений.



Переход между строк по поверхности



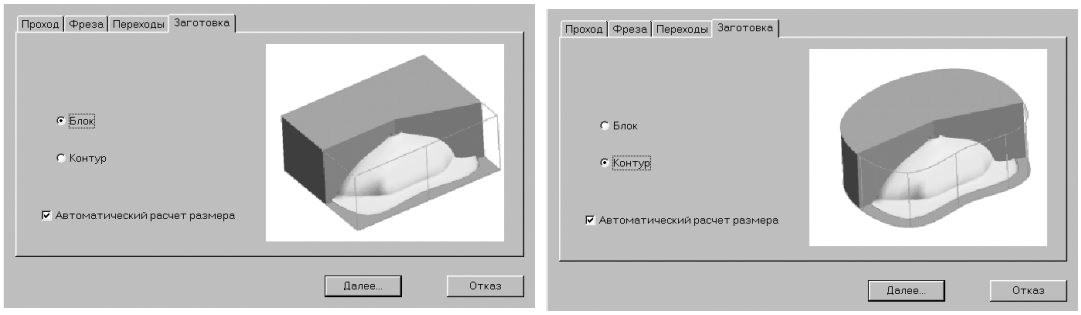
Переход между строк по воздуху

Закладка *Заготовка* определяет вид используемой заготовки. Возможные варианты заготовок описаны в предыдущих стратегиях.

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

Укажите обрабатываемые поверхности

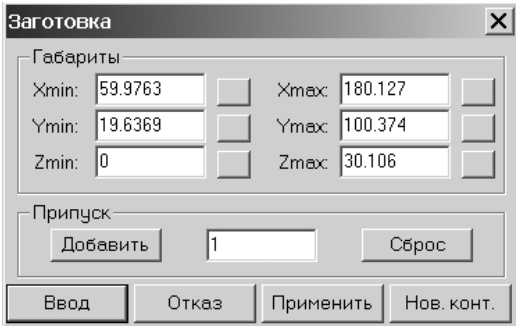
Следует указать поверхности или оболочки, которые необходимо обработать. Для отказа от дальнейшего указания следует нажать правую кнопку мышки, а затем подтвердить выбор левой кнопкой. Далее в зависимости от выбранного типа заготовки последует один из запросов:



Укажите отрезок, определяющий габариты заготовки (тип заготовки Блок)

Укажите контура, определяющие заготовку (тип заготовки Контур)

Затем пользователь определяет габариты заготовки, изменяя, при необходимости, ее параметры в появившейся таблице **Заготовка** (отказ

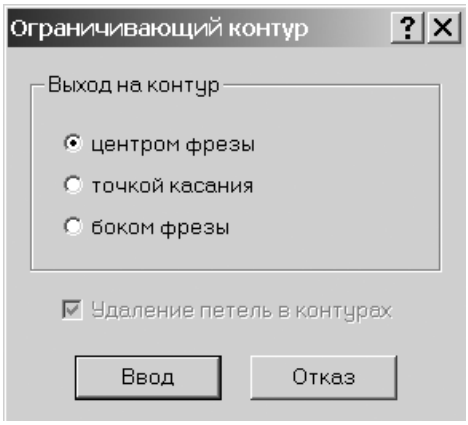


правой кнопкой мышки от указания отрезка, определяющего габариты заготовки для заготовки типа **Блок**). Далее последует запрос на задание контуров ограничений:

Укажите ограничивающий контур

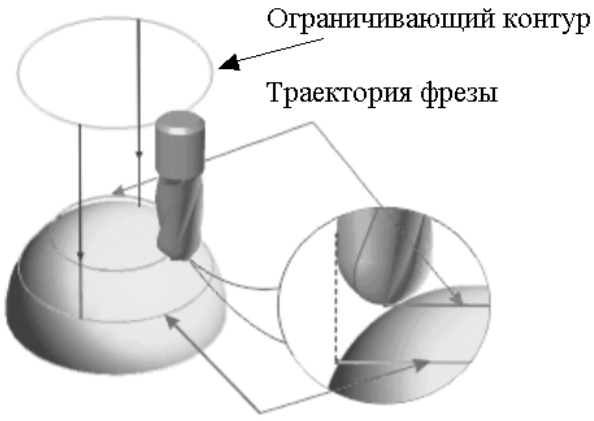
В качестве ограничивающих контуров могут выступать отрезки, многоугольники, кривые, лежащие в области обрабатываемой заготовки, но не обязательно на самой поверхности детали (система автоматически спроецирует их на поверхность).

Указав ограничивающий контур, с помощью стрелки на контуре, следует определить зону обработки (правая кнопка мышки – смена направления стрелки). После подтверждения появится меню **Ограничивающий контур**, позволяющее задать различные способы выхода инструмента на ограничивающий контур. Выход на контур центром фрезы и точкой касания был описан для стратегии обработки **Проход на поверхность**. Отличие состоит в том, что при выходе на контур точкой касания может быть произведено удаление петель в контурах (если таковые имеются), при включении соответствующего пункта.



При выходе на контур боком фрезы именно боковая поверхность фрезы будет лежать на проекции контура на оболочку.

Примечание: поскольку при построении прохода автоматически выполняется операция **Проекция кривой на поверхность**, то на результат влияют параметры **Точность** и **Базовая плоскость** из меню настроек **Параметры**.

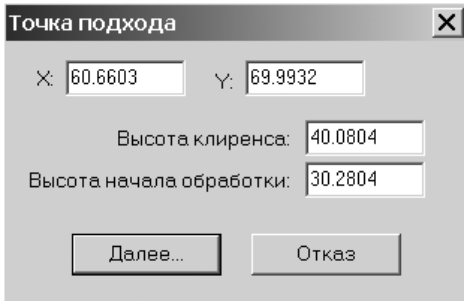


Выход на контур боком фрезы

После указания ограничивающих контуров система выдаст запрос на указания точки врезания, которая может быть предварительно создана или координаты которой могут введены с клавиатуры. В случае отказа от указания точки врезания система автоматически формирует точку врезания в пределах габаритов заготовки.

Далее указываются координаты **Точки подхода**, **Высота клиренса** (безопасного перехода) и **Начала обработки**.

После завершения указания проход отображается на экране. Предлагается



сохранить созданный проход с соответствующим комментарием в базе данных.

Штриховка в режиме «подборка»

Работа стратегии **Штриховка** в режиме **«подборка»** позволяет сделать доработку материала, оставшегося после обработки детали фрезой большого диаметра.

Отличие работы стратегии **Штриховка** в режиме **«выборка»** от режима **«подборка»** заключается в том, что на закладке *Инструмент* задаются параметры инструмента, которым будет производиться операция подборки. В остальном назначение и задание параметров обработки аналогично параметрам, описанным выше для стратегии **Штриховка** в режиме **«выборка»**.

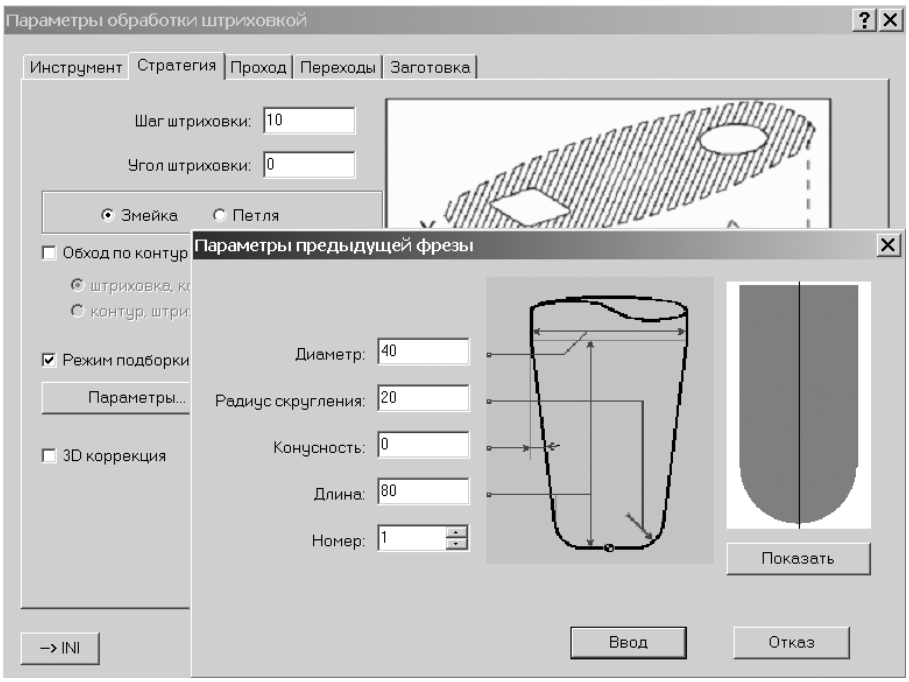
В текущей версии системы возможны два варианта работы в режиме **«подборки».** Первый вариант производится в автоматическом режиме, второй вариант допускает определение зон доработки вручную. Рассмотрим работу этих вариантов.

Вариант№1 (автоматический режим)

На закладке *Инструмент* задаются параметры инструмента, которым будет выполнена доработка.

Примечание: малая фреза, которой будет производиться подборка, должна быть геометрически подобна большой фрезе (при невыполнении этого возможна неполная подборка).

Включение режима **«подборка»** производится на закладке *Стратегия* – пункт **Режим подборки**. При этом становится доступным меню **Параметры**, в котором задается геометрия инструмента, использованного на предыдущей обработке.



После задания всех параметров обработки, включая параметры предыдущего инструмента и инструмента, которым будет выполнена подборка, необходимо нажать кнопку ***Далее.***

Дальнейшие действия по указанию геометрии обрабатываемой детали, профиля заготовки и ограничивающих контуров производится аналогично описанному для стратегии **Штриховка** в режиме **«выборка»**.

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

Недостаток данного варианта заключается в том, что в случае определения системой нескольких зон доработки переход от одной зоны к другой каждый раз производится по воздуху, что не всегда эффективно и экономично.

В этом случае можно воспользоваться вторым вариантом работы.

Вариант№2 (ручное задание контуров)

Данный вариант позволяет эффективно произвести доработку оставшегося материала, обозначив вручную области подборки. Для этого вначале необходимо выполнить операцию подборки, как описано в **Варианте№1**, но, не сохраняя проход в базе данных. При этом автоматически на 15 уровне создаются проекции траекторий фрезы на горизонтальную плоскость Z=0. Эти объекты остаются там не зависимо от того, сохраняется проход или нет.

Заходим через оперативное меню **Уровни - > Состояние** в таблицу работы с уровнями и делаем активным уровень №15 (в колонке «**Видимость**» ставим **X**) далее ***Ввод***. После этого вместе с деталью становятся видимыми проекции траекторий подборки. Для удобства работы можно погасить деталь, отправив ее на инверсный уровень (кнопка ***Погасить*** в оперативном меню). Вокруг каждого участка подборки, представленного совокупностью отрезков штриховки, очень грубо, в виде замкнутого многоугольника или сплайна, следует нарисовать ограничивающий контур, немного выходящий за пределы концов линий штриховки, так чтобы эти линии лежали внутри замкнутого контура.

В меню **Уровни** убираем активность уровня №15 (в колонке «**Видимость**» убрать знак **X)** далее ***Ввод***. Проекции траекторий становятся невидимыми и остаются только обозначенные контура. Если деталь была отправлена на инверсный уровень, следует ее высветить (кнопка ***Высветить*** в оперативном меню) и снова провести операцию подборки как описано в **Варианте№1**, только на запрос системы:

Укажите ограничивающий контур

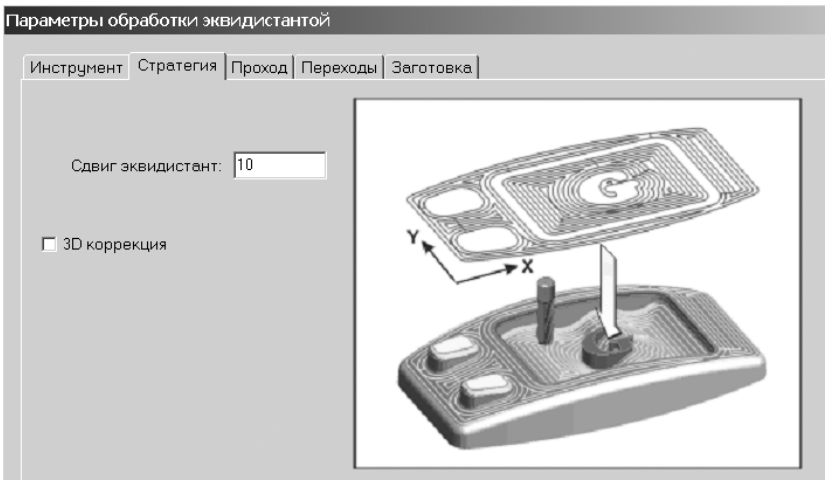
следует указать нарисованные замкнутые контура. В результате операция **«подборка»** внутри каждого контура будет проведена последовательно участок за участком. Особо подчеркнем, что внутри каждого контура проводится подборка недоработанных участков поверхности, а не штриховка всей поверхности, ограниченной контуром.

В ближайших версиях системы алгоритм операции подборки будет усовершенствован. Следите за выходом дополнений или новых версий системы.

Стратегия обработки - Эквидистанта 

Стратегия **Эквидистанта** – позволяет строить проход, траектория которого представляет собой эквидистантный шаблон от контура заготовки и ограничений. Причем расчет траектории, а также контроль значения параметра Сдвиг эквидистанты производится в плоскости XY. Затем «плоский» проход автоматически проецируется на указанную оболочку.

После указания пункта **Эквидистанта** появляется меню задания технологических параметров обработки. Все параметры распределены по закладкам, назначение которых аналогично назначению закладок, описанных для стратегии – **Штриховка** в режиме **«выборка»**. Исключение составляет закладка *Стратегия*.



Параметр **Сдвиг эквидистант** задает расстояние в миллиметрах между строками траектории в плоскости XY.

Построение прохода с указанными ограничивающими контурами производится также аналогично стратегии **Штриховка**. По окончании расчета необходимо подтвердить сохранение прохода и дать проходу комментарий.

Чистовая обработка совокупности поверхностей (оболочек) 

В системе различают два варианта построения траекторий чистовой обработки – 3D-обработка между двух границ и 3D, 4D и 5D-обработка отдельных поверхностей (или оболочки) с движением фрезы вдоль изопараметрических UV-линий поверхностей.

Чистовая обработка между двух границ

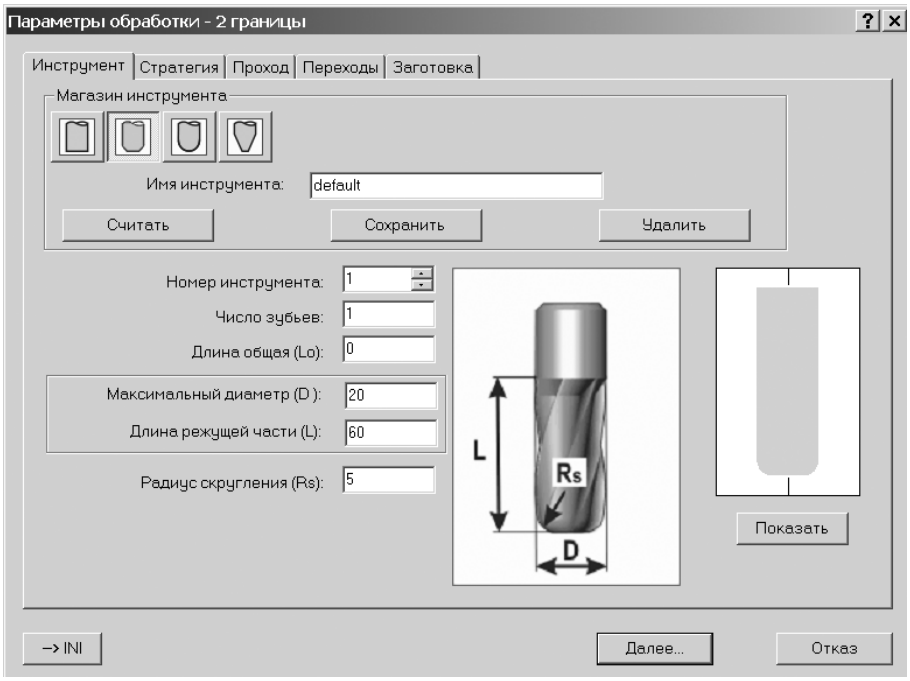
Пункты меню **2 границы: перпендикулярно, 2 границы: параллельно** и **2 границы: по спирали** представляют собой стратегии чистовой обработки совокупности поверхностей (оболочек). При этом траектория формируется

между двумя указанными контурами перпендикулярно, параллельно или раскручиваясь по спирали соответственно. В качестве контуров могут служить отрезки, многоугольники и любые кривые, лежащие в области обрабатываемой детали, но не обязательно на самой поверхности (система автоматически спроецирует их на поверхность). Кроме того, в качестве одной из границ может служить точка. В отличие от получистовой обработки задаваемый шаг между строками траектории (а также высота гребешка) контролируется автоматически в зависимости от кривизны обрабатываемой поверхности.

Стратегия обработки – 2 границы: перпендикулярно 

После указания пункта **2 границы: перпендикулярно** появляется меню задания технологических параметров обработки. Все параметры распределены по закладкам в соответствии с их назначением.

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

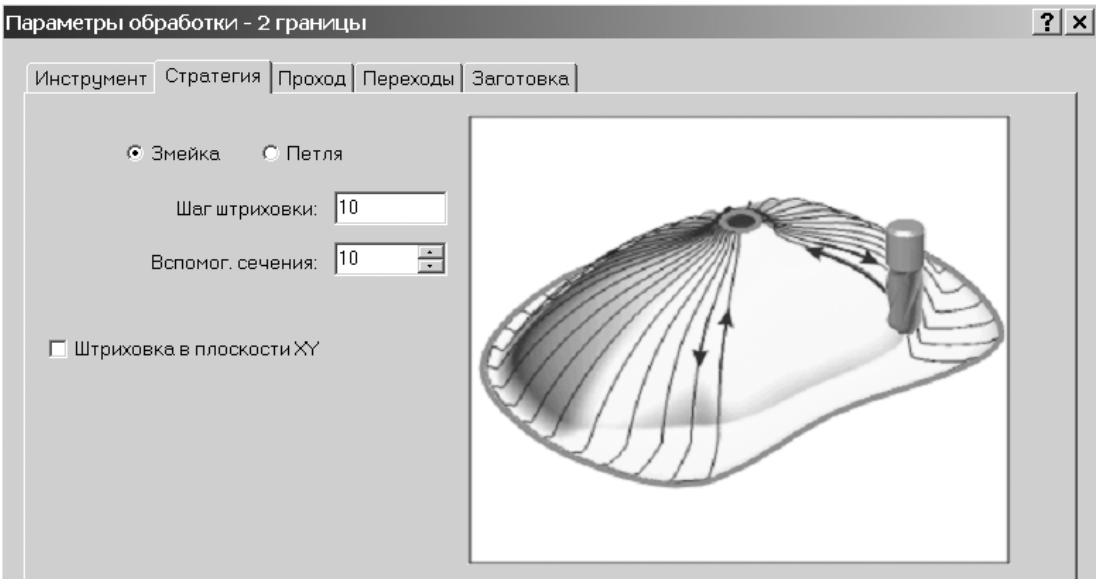


Закладка *Стратегия* включает в себя технологические параметры и стратегии, определяющие способ формирования строк траектории:

Проход может быть сформирован **Змейкой** (инструмент движется зигзагообразно, совершая переход с конца пройденной строки в начало следующей строки по поверхности кратчайшим путем) или Петлей (инструмент движется с конца пройденной строки в начало следующей по воздуху, совершая подъем в **Плоскость безопасности** (клиренса) – однонаправленное движение инструмента).

Параметр **Шаг штриховки** задает расстояние в миллиметрах между строками траектории. При этом величина шага контролируется в зависимости от

кривизны обрабатываемой поверхности.

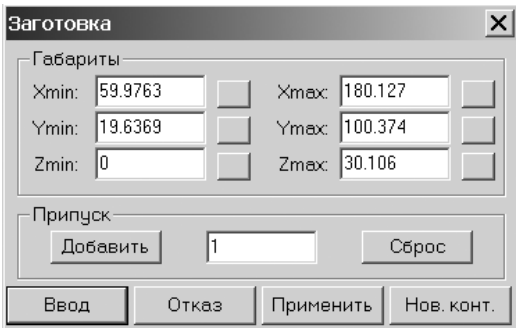


Параметр **Вспомогательные сечения** влияет на точность построения чистовой траектории с постоянным шагом и связан с внутренним алгоритмом расчета системы. Увеличение числа сечений повышает точность контроля величины шага между строками, но при этом увеличивается время расчета траектории.

Параметр **Штриховка в плоскости XY** связан с параметром **Шаг штриховки** и при его включении величина шага будет контролироваться только в плоскости XY (вариант получистовой обработки между двумя границами).

Назначение закладок **Проход, Переходы, Заготовка** подробно описано в пункте **Получистовая обработка** совокупности поверхностей.

После задания всех технологических параметров следует указать совокупность обрабатываемых поверхностей (оболочку), задать габариты заготовки, изменяя, при необходимости, ее параметры в появившейся таблице **Заготовка**. Затем система выдаст запрос на указание границ, между которыми будет формироваться траектория, и направление движения фрезы по границам. В качестве одной из границ может выступать точка.



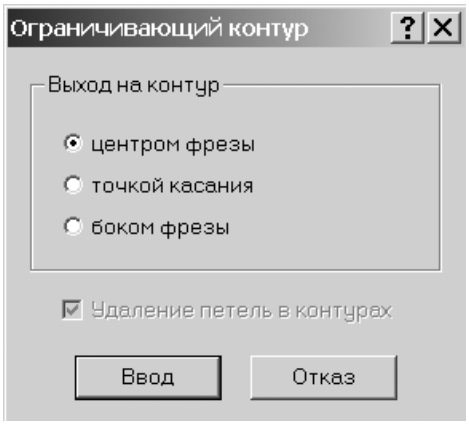
Примечание: в данной версии системы при построении прохода между двумя замкнутыми контурами важно чтобы точки начала на обоих контурах находились на кратчайшем расстоянии друг от друга, т.к. расчет траекторий производится по начальным точкам контуров и может произойти перехлест траекторий. Изменить положение начальных точек можно двумя путями:

- Построить отрезок соответствия для двух замкнутых контуров,

пересечение которого с этими контурами определит точки их начала. Далее воспользоваться макрокомандой **RECURV** (пункт **Макрос - > Выполнить** -> далее выбрать макрокоманду). Последовательно укажите замкнутые контура (правая кнопка мышки – отказ от дальнейшего указания, левая кнопка – подтверждение выбора), затем отрезок соответствия.

- Замкнутые контура можно перенести на одну из плоскостей 2D-редактора (пункт **Плоскости -> 3D на плоскость -> указать контура**, затем выбрать плоскость для проекции). Перейти в 2D-редактор (кнопка ***2D*** в оперативном меню) и выбрать плоскость, на которую были спроецированы контура. В 2D-редакторе выбрать пункт **Сменить начальную точку** (пункт **Создать -> Контура -> Смен.нач.точку** в оперативном меню системы). Далее, следуя указаниям системы, выбрать контур (система высветит текущее положение начальной точки), а затем необходимо изменить положение начальной точки. После этого перейти в 3D-редактор и продолжить формирование траектории.

После подтверждения появится меню **Ограничивающий контур**, позволяющее задать различные способы выхода инструмента вначале на границы первого контура, затем на границы второго. Выход на контур центром фрезы и точкой касания был описан для стратегии обработки **Проход на поверхность**. Отличие состоит в том, что при выходе на контур точкой касания может быть произведено удаление петель в контурах (если таковые имеются), при включении соответствующего пункта.



Примечание: поскольку при построении прохода автоматически выполняется операция **Проекция** кривой на поверхность, то на результат влияют параметры **Точность** и **Базовая плоскость** из меню настроек **Параметры**.

По окончании расчета необходимо подтвердить сохранение прохода и дать проходу комментарий.

Проход для стратегий **2 границы: параллельно и 2 границы: по спирали** формируется аналогично вышеописанной стратегии **2 границы: перпендикулярно.**

Чистовая обработка по UV-линиям 

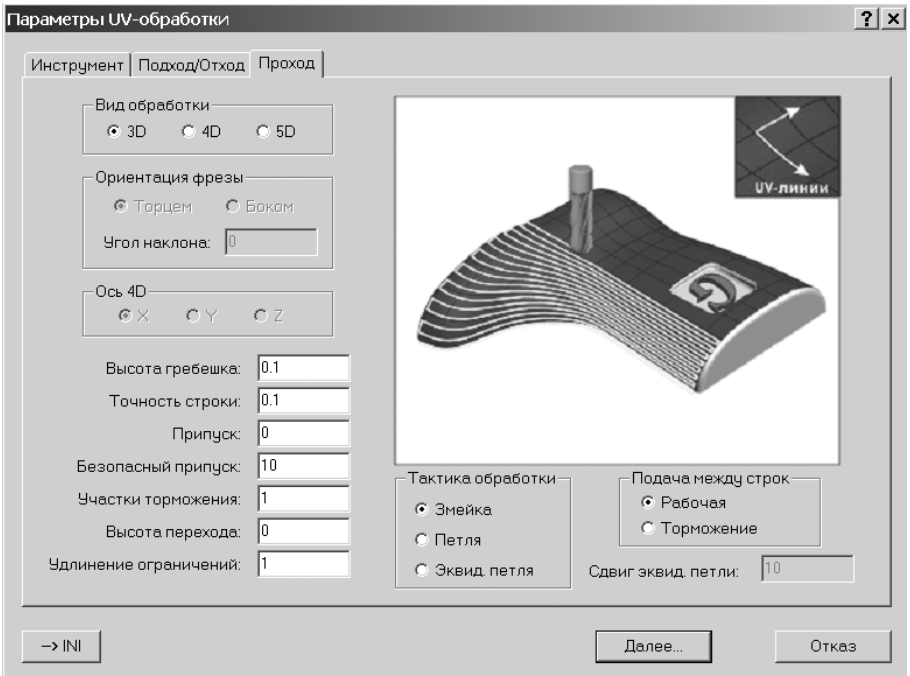
Чистовая обработка по UV-изопараметрическим линиям предназначена для 3-х, 4-х и 5-ти координатной обработки указанной поверхности или совокупности поверхностей (оболочки), вдоль изопараметрик с контролем заданной величины гребешка в зависимости от геометрии поверхности. За обработку отдельной поверхности отвечает пункт **UV-изопарам.**, а за обработку оболочки – соответственно пункт **UV-оболочки**. Работа обоих пунктов практически аналогична, за исключением некоторых особенностей, о которых будет сказано далее.

Для обработки группы поверхностей предварительно необходимо объединить все поверхности в оболочку (пункт **Создание оболочек -> Объединить в оболочку** -> указать поверхности).

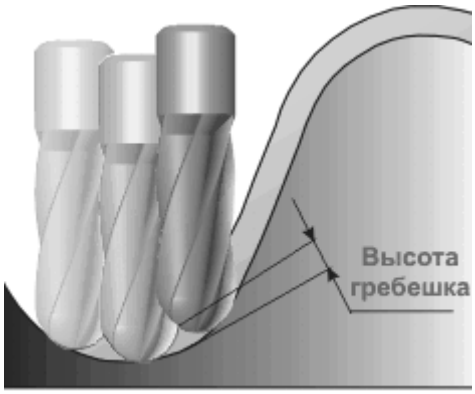
После указания пункта **UV-изопарам.** или **UV-оболочки** появится меню задания технологических параметров чистовой обработки, распределенных по закладкам в соответствии с их назначением.

Назначение многих параметров схоже с параметрами, описанными для стратегии обработки **По контуру**, поэтому рассмотрим лишь некоторые дополнительные и отличающиеся параметры.

Закладка *Проход*



Параметр **Высота гребешка** определяет высоту неровностей между двумя соседними строками траектории, которые образуются после прохода сферической или торовой фрезой. Этот параметр зависит от радиуса скругления режущей кромки инструмента, расстояния между строками траектории и кривизны обрабатываемой поверхности. Высота гребешка влияет на чистоту обработки, на количество строк в проходе, и как следствие на размер управляющей программы.

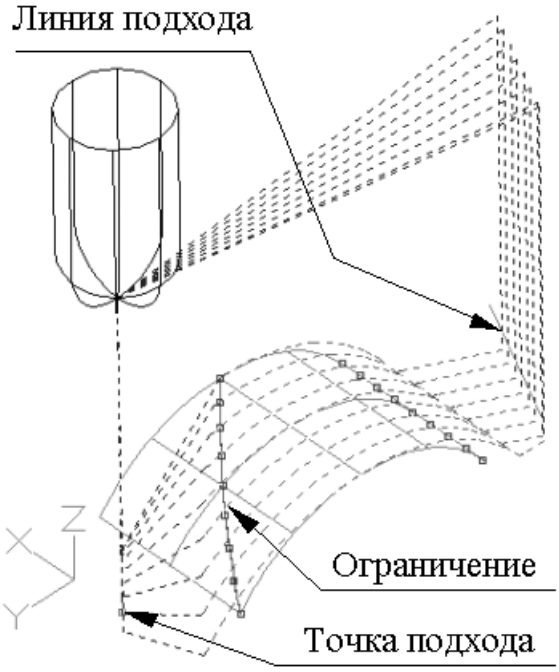


Параметр **Участки торможения** задает длину участка в конце строк обработки, на котором включается подача торможения.

Параметр **Высота перехода** задает высоту подъема инструмента при переходе его с конца пройденной строки траектории на начало следующей.

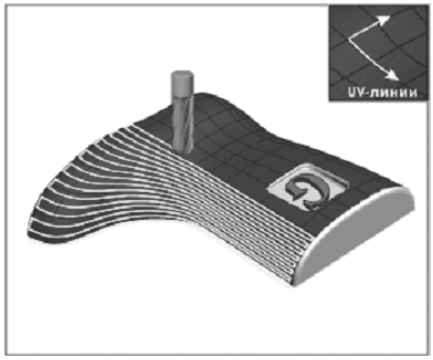
Параметр **Удлинение ограничений** задает длину, на которую будут увеличены спроецированные на обрабатываемую поверхность линии ограничений. Это позволяет правильно сформировать зону обработки при наличии набора “незамкнутых” ограничений, заданных линиями. При этом короткие ограничения имеют во время выполнения операции дополнительное удлинение, которое позволяет дотянуть ограничение до границ поверхности или до других линий ограничения. Границы обрезанных поверхностей по умолчанию являются ограничением для обработки.

Параметр **Тактика обработки** предлагает выбор одного из вариантов обработки:

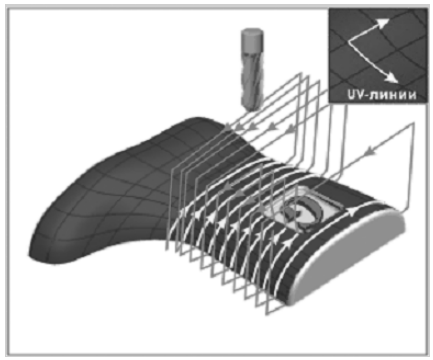


Змейка - проектируется зигзагообразное движение инструмента с переходом со строки на строку вдоль линий ограничений или края поверхности.

Причем такой переход может выполняться на определенном расстоянии от поверхности, которое задается параметром **Высота перехода**, или по обрабатываемой поверхности (**Высота перехода** =0). Подача, на которой выполняется переход, определяется параметром **Подача перехода между строк**: **Рабочая** или **Торможение.**



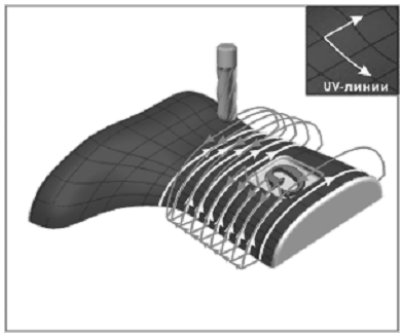
Петля - инструмент движется с конца пройденной строки в начало следующей по воздуху, совершая подъем в плоскость безопасности (клиренса) – однонаправленное движение инструмента. Возможны два варианта подхода инструмента к обрабатываемой поверхности. В первом случае фреза опускается вертикально в указанную точку начала обработки. Во втором случае фреза подходит по горизонтали. При формировании прохода система запрашивает линии, определяющие подход и отход фрезы к обрабатываемой поверхности. В качестве элементов подхода можно указать прямую, проходящую вдоль поверхности. Тогда получится горизонтальный подход (отход) перпендикулярный проекции линии подхода на плоскость XOY. Вместо линии можно указать точку, тогда фреза выполнит вертикальное движение в координатах X,Y указанной точки.



Примечание: тактика обработки **Петля** используется для 3-х осевой обработки.

Эквидистантная петля - разновидность стратегии **Петля**, в которой инструмент движется с конца пройденной строки в начало следующей по воздуху, совершая подъем и переход на заданном расстоянии, эквидистантно к обрабатываемой поверхности. Расстояние задается параметром **Сдвиг эквидистантной петли**.

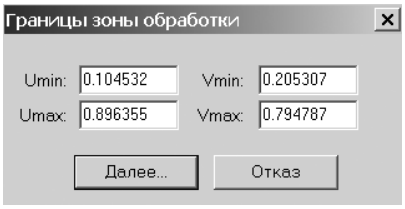
Примечание: тактика обработки **Эквидистантная петля** используется для 4-х и 5-ти осевой обработки.



Параметр **Подача перехода между строк** определяет вид подачи, на которой будет осуществляться переход между строками обработки для тактики **Змейка**. Возможны переходы на **Рабочей подаче** или на подаче Торможения. Величина участка торможения определяется параметром **Длина участка торможения**.

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

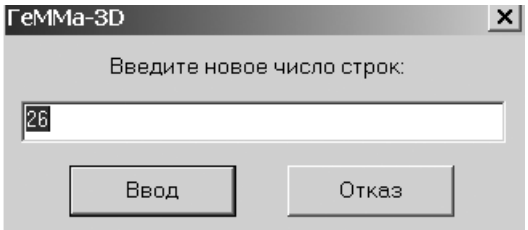
Обработка по UV-линиям отдельных поверхностей:



Укажите поверхность

После указания поверхности на экране появится таблица **Границы зоны обработки** со значениями параметров U,V линий обрабатываемой поверхности. По умолчанию значения параметров границы охватывают всю поверхность. Для изменения размеров границы, внутри которой будет построена траектория, необходимо изменить величины параметров [Umin,Umax] и [Vmin,Vmax], которые принимают значения от 0 до 1. После подтверждения появится указанная зона в виде замкнутого контура. Если границы не удовлетворяют требованиям, то, отказавшись, вы вновь возвращаетесь к таблице определения границ зоны обработки.

Далее следует указать сторону поверхности, которую следует обрабатывать и направление строк вдоль U или V. После чего появляется сообщение, в котором указано число строк траектории, автоматически рассчитанное исходя из заданной Высоты гребешка, геометрии инструмента, а также кривизны обрабатываемой поверхности. Пользователь имеет возможность изменить количество строк, редактируя его значение в запросе: «**ведите новое число строк**», при этом гребешок не будет соответствовать заданному в параметрах. Далее необходимо указать ограничивающие контура (если



таковые имеются). При этом окончательное число строк может измениться, что не влияет на величину гребешка.

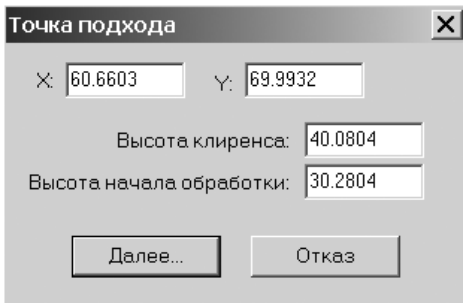
Если ограничивающий контур был указан, то система предлагает два варианта выхода инструмента на контур: точкой касания и центром фрезы. В первом случае предполагается, что фреза будет выходить на ограничение точкой резания (точкой касания). Во втором – проецирование контура выполняется так, чтобы при обработке фреза выходила на ограничение своим центром. Проецирование контура всегда выполняется в предположении, что ось фрезы параллельна оси Z. После этого следует указать, с какой стороны от ограничения следует вести обработку. Эти действия выполняются для каждого ограничивающего контура.



Примечание1: поскольку при построении прохода автоматически выполняется операция Проекция кривой на поверхность, то на результат влияют параметры **Точность** и **Базовая плоскость** из меню настроек **Параметры**.

Завершив указания ограничений, на поверхности маркерами высвечиваются возможные варианты точек начала обработки. Обработку поверхности можно начинать с любой точки, лежащей на ограничивающем контуре или на границе поверхности. Необходимо указать одну из них.

Далее указываются координаты **Точки подхода**, **Высота клиренса** (безопасности) и **Начала обработки**. После чего выполняется построение прохода с указанными ограничениями и по окончании расчета необходимо подтвердить сохранение прохода и дать проходу комментарий.



Примечание2: стратегия по **UV-изопараметрическим линиям** предназначена для обработки отдельных поверхностей, поэтому если обрабатываемая поверхность находится в окружении других поверхностей, то для исключения подрезов пользователь должен предварительно подготовить линии ограничений, формирующие разрешенную зону обработки (см. раздел **Ограничения**).

Обработка по UV-линиям совокупности поверхностей (оболочки):

Укажите оболочку

После указания оболочки на каждой поверхности, из которой состоит оболочка, появится стрелка, определяющая сторону обработки. Для смены направления стороны обработки следует курсором указать поверхность, отказавшись от текущего направления правой кнопкой мышки, а затем подтвердив выбор левой кнопкой. По окончании изменения направления следует нажать правую кнопку мышки. Система предложит направление формирования строк вдоль U или V линий (смена направления производится аналогично). Следующее направление стрелок задает направление, в котором будет строиться траектория от одной до другой грани поверхности.

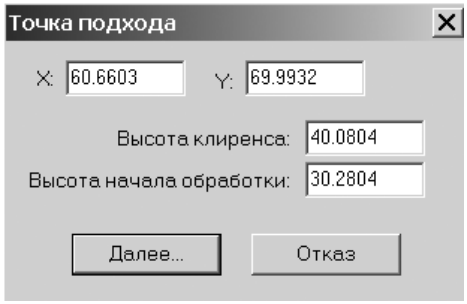
После отображения прохода на экране система предложит произвести контроль подрезов

Произвести контроль и удаление подрезов ?

Укажите ограничивающие поверхности

Контроль подрезов может быть произведен в присутствии ограничивающих поверхностей, подрез которых исключен.

Далее указываются координаты **Точки подхода**, **Высота клиренса** (безопасности) и **Начала обработки**. После чего производится расчет траектории, и после отображения прохода на экране предлагается сохранить его с соответствующим комментарием.



Утилиты измерений



Пункт **Обработка замеров** позволяет совместить указанный массив точек, заданный в виде многоугольника, с указанной поверхностью наилучшим образом и рассчитать статистические характеристики расстояния от точек до поверхности. Это необходимо для обработки результатов измерений, полученных с контрольно-измерительной машины, при контроле точности изготовления.

Результаты обмеров модели должны быть представлены в виде текстового файла-таблицы. Этот файл необходимо считать в систему (см. раздел **Ввод кривой**) в виде многоугольника. Если имеется несколько измеренных точек (необходимо три точки), допускающих их одновременное указание на математической модели, то процесс совмещения можно существенно ускорить. Кроме того, это устранит неоднозначности при выборе места

совмещения.

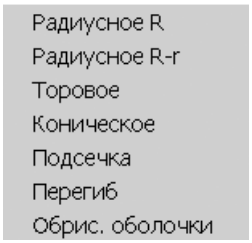
Для совмещения измеренных точек необходимо указать поверхность, определяющую математическую модель, и многоугольник, состоящий из измеренных точек. После этого необходимо указать три пары точек, определяющих начальное совмещение. Первая точка в каждой паре – измеренная, вторая – соответствующая ей точка математической модели. После ввода трех пар начинается процесс расчета наилучшего совмещения. По окончании будет выдана таблица с рассчитанными статистическими характеристиками, а многоугольник с точками передвинется на новое место. Результаты совмещения можно сохранить в файле отчета, в котором будут содержаться величины отклонений каждой из совмещенных точек от поверхности.

Построения линий ограничений 

В этом меню содержатся команды, позволяющие построить линии ограничений для инструментов различной геометрии.

Система позволяет построить границы зоны обработки концевой фрезы со сферической, торовой и конической режущей частью в присутствии ограничивающих поверхностей или кривых. Граница определяется из условия касания торовой фрезы ограничивающих поверхностей при рабочем движении по обрабатываемой поверхности. Система также позволяет построить границы поверхности сопряжения переменного радиуса.

Для построения линии границы необходимо выбрать один из пунктов меню раздела ограничения основного меню:



Пункт **Радиусное R** строит линии ограничения для сферической фрезы.

Пункт **Радиусное R-r** строит линии ограничения для поверхности сопряжения с переменным радиусом.

Пункт **Торовое** строит линии ограничения для торовой фрезы.

Пункт **Коническое** строит линии ограничения для конической фрезы.

Пункт **Подсечка** строит линии ограничения для сферической фрезы с ограничением в виде кривой.

Пункт **Перегиб** строит линию разъема поверхности. Линия разъема строится из условия касания поверхности к вектору, перпендикулярному к **Базовой плоскости**.

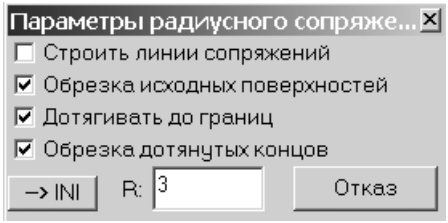
Пункт **Обрисовать оболочку** позволяет создать замкнутый контур, являющийся границей для совокупности поверхностей или оболочки, который строится в базовой плоскости.

Ограничения для сферической фрезы

Последовательность действий, выполняемых при построении линий ограничений для сферической фрезы, схожи с действиями, выполняемыми при построении поверхностей радиусного сопряжения постоянным и переменным радиусом.

Для построения линий ограничения при обработке сферической фрезой необходимо выбрать соответствующий пункт меню **Ограничение постоянным радиусом** или **Ограничение переменным радиусом** (пункт **Обработка 3D/5D - > Ограничения** основного меню системы).

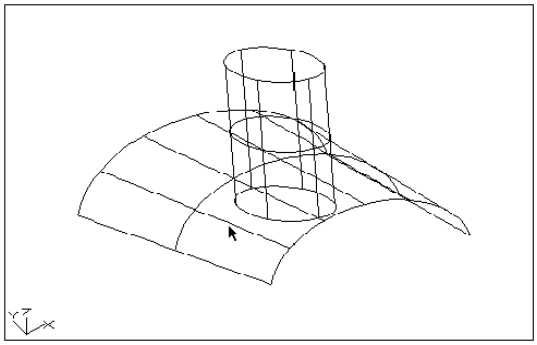
В появившемся меню **Параметры радиусного сопряжения** необходимо задать:



Для ограничения постоянным радиусом - значение постоянного радиуса **R** и задать, если необходимо, условие – **Дотягивать до границ поверхностей**.

Для ограничения переменным радиусом - значение начального **R1** и конечного **R2** радиусов, а также значение коэффициента (дискриминанта) в функции смешения радиусов в диапазоне [0,1]. Значение дискриминанта 0 приводит к изменению радиуса по линейному закону; значение 1 - изменение по кубическому закону с сохранением касательных. Промежуточное значение приводит к смешанному закону изменения радиуса.

Далее необходимо последовательно указать поверхности, к которым необходимо построить линии сопряжения, и указать направление сопряжения (смена направления – правая кнопка мышки, подтверждение выбора – левая кнопка).

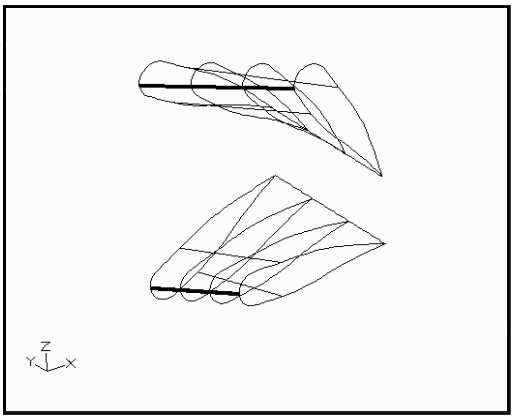


Пример построения линии границы зоны обработки приведен на рисунке. Показаны обрабатываемая и ограничивающая поверхности в изометрической проекции.

Ограничения для конической фрезы

Пункт **Коническое** строит линию, являющуюся границей области на выбранной поверхности, где возможна обработка этой поверхности (без подрезов) конической фрезой с выбранным углом раствора конуса. Ось фрезы направлена по нормали к базовой плоскости (с какой стороны подходит фреза к поверхности - “сверху” или “снизу” – определяет

пользователь, выбирая направление нормали к поверхности – фреза будет опускаться с этой стороны). Если таких областей несколько, соответственно, строится несколько кривых.



Линии ограничений строятся с некоторой точностью, величина которой определяется параметром **Точность** в таблице параметров.

Перегиб

Некоторые поверхности невозможно обработать целиком вследствие того, что нормаль меняет направление по оси Z на разных участках, т.е. их необходимо обрабатывать сверху и снизу по отдельности. Особенно это относится к обработке стратегией по **UV-линиям**. Система позволяет определить линию границы обработки, являющейся линией перегиба данной поверхности или совокупности поверхностей (оболочки).

Для построения линии **Перегиба** необходимо предварительно задать **Базовую плоскость** (в меню **Параметры**), а затем указать поверхность или оболочку. После этого будет построена линия перегиба.

Преобразования траекторий инструмента

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** 3D - 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

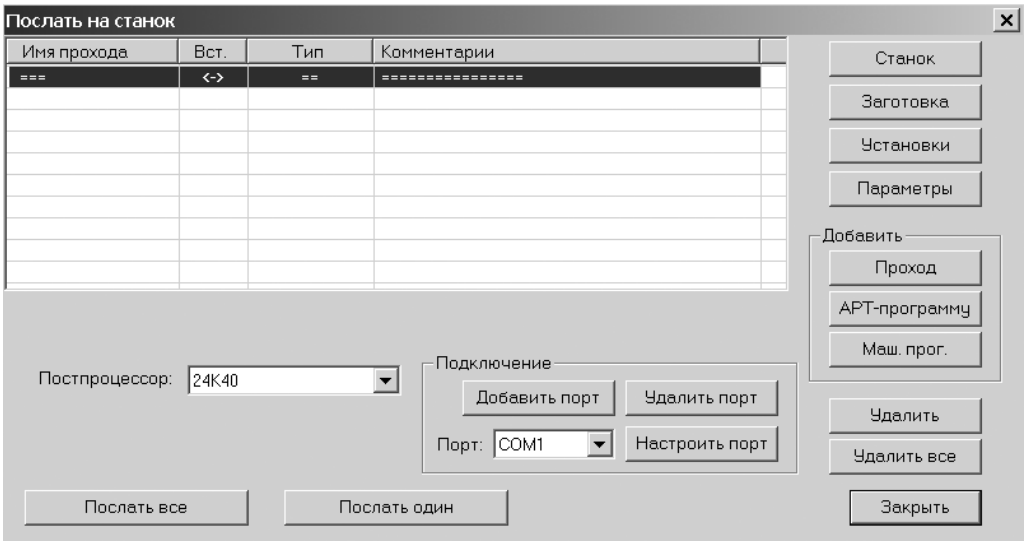
Построение управляющей программы детально описано в разделе **Построение исходной программы** настоящего руководства.

Постпроцессор

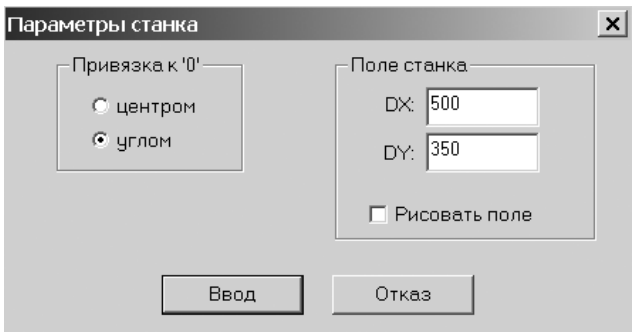
Пункт меню **Постпроцессор** осуществляет вызов модуля универсального постпроцессора системы ГеММа-3D. Работа с универсальным постпроцессором детально описано в руководстве пользователя "**Универсальный постпроцессор выходных файлов системы ГеММа-3D**".

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.

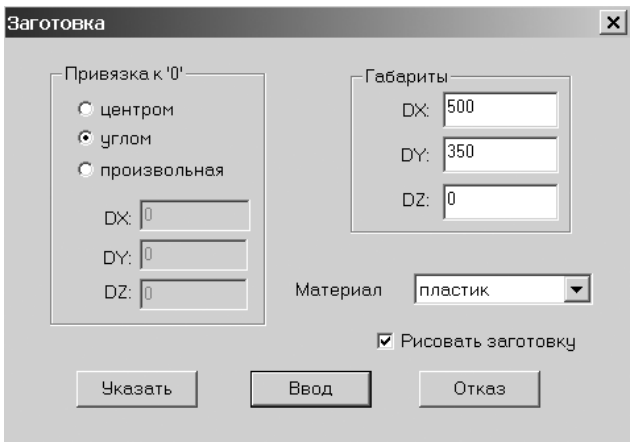


Кнопка ***Станок*** вызывает меню параметров, позволяющее задать размеры **Поля станка** (которое будет отображаться на экране 2D-редактора, если



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.