

Обработка 5D

Общие принципы пятикоординатных операций

Исходные поверхности и кривые

Поверхности, указанные для обработки в пятикоординатных операциях должны быть параметрически непрерывными (указание оболочек в данной версии недопустимо). Исходными кривыми могут быть любые кривые, построенные средствами системы ГеММа-3D или импортированные из других систем с помощью форматов обмена графической информацией. Перед применением кривые выравниваются по параметру. В операциях **По контуру, Петля между кривыми** и **Спираль между кривыми** исходные кривые должны принадлежать указанной для обработки поверхности, если кривая не принадлежит поверхности, то при расчёте прохода система определяет ближайшую точку на поверхности к текущей точке кривой. Исходные кривые, по возможности, не должны иметь резких изломов. Если рассчитанный проход не отслеживает резкий излом на кривой, то следует уменьшать параметр **Максимальный шаг** (находится на вкладке *Условия* во всех операциях).

Задание подхода и отхода

Методы подхода к детали и отхода от неё для всех пятикоординатных операций одинаковы. Диалоговое окно определения подхода/отхода показано на рис. 1. Кнопка > (посередине окна) копирует содержимое панели **Подход** в панель **Отход**, а кнопка <, соответственно, обратно.



Рис. 1. Диалоговое окно определения подхода и отхода

Существует три метода определения подхода/отхода.

- Локальные координаты
- Длина и углы
- Абсолютные координаты

Локальные координаты

Алгоритм определения подхода по методу "Локальные координаты" таков. В первой точке прохода строится правая тройка координат (см. правило правой руки на рис. 2), таким образом, что ось X направлена от первой точки прохода ко второй, ось Z лежит в плоскости, определяемой осью инструмента и осью X и направлена в сторону вектора инструмента, ось Y однозначно определяется по правилу правой руки. Точка подхода строится в этой системе координат, по значениям, введённым пользователем в соответствующих полях ввода диалогового окна операции. Точка безопасного подхода определяется от точки подхода по направлению вектора инструмента на величину, указанную пользователем в поле ввода **Безопасный подход**.

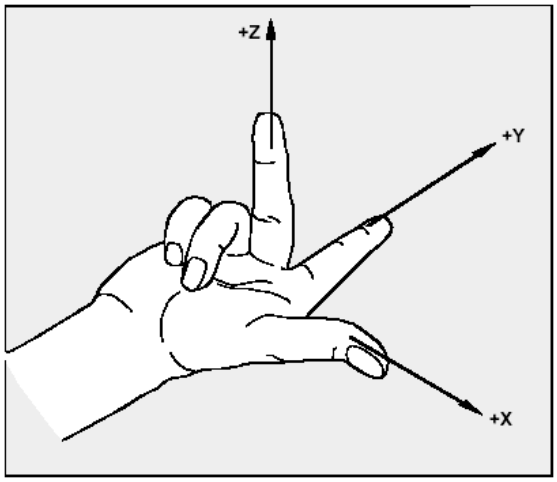

Рис. 2. Правило правой руки для определения тройки координат

Отход определяется аналогичным образом, но начало локальной системы координат расположено в последней точке прохода и ось X направлена от предпоследней точки прохода к последней.

Длина и углы

Локальные системы координат в начале и конце прохода по методу "Длина и углы" определяются также как и в предыдущем методе, но алгоритм определения точки подхода/отхода в этих системах координат иной. От пользователя требуется задание длины (L) и двух углов (A и B). При расчёте подхода положительное значение длины откладывается в сторону, противоположную направлению оси X локальной системы координат ("от металла"), а при расчёте отхода положительное значение длины откладывается по направлению оси X локальной системы координат ("опять от металла"). Сдвинутая, таким образом, точка подхода/отхода поворачивается затем вокруг оси Y на угол A, так что, положительное значение угла откладывается в сторону положительного направления оси Z. Сдвинутая и повёрнутая, таким образом, точка подхода/отхода поворачивается затем вокруг оси Z на угол B, так что, положительное значение угла откладывается в сторону положительного направления оси Y.

Абсолютные координаты

При этом методе подхода/отхода значения, заданные пользователем в полях ввода диалогового окна X, Y и Z алгебраически суммируются к координатам первой (при подходе) и последней (при отходе) точки.

Методы управления вектором инструмента

Существует три метода управления вектором инструмента (переключатель методов показан на рис. 3):

- Массив векторов
- Сплайн
- Точка

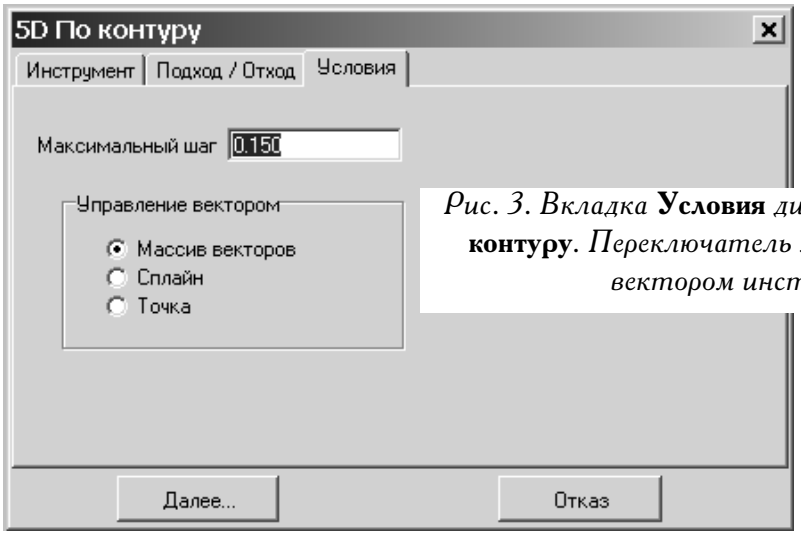

Рис. 3. Вкладка **Условия** *диалогового окна* **5D По контуру**. *Переключатель методов управления вектором инструмента*

Массив векторов

Под векторами понимаются обычные отрезки. Первая точка вектора не обязательно должна принадлежать кривой, являющейся исходной при расчёте операции. Если первая точка вектора не принадлежит кривой, то система определяет ближайшую к ней точку на кривой. В промежутках между указанными векторами вектор определяется по линейному закону, т.е., если u1, nx1 - параметр на кривой и компонента X предыдущего вектора, u2, nx2 - параметр на кривой и компонента X следующего вектора, то nxN (компонента промежуточного вектора на параметрической координате кривой uN (u1<uN<u2)) равна nx1+(uN-u1)*(nx2-nx1)/(u2-u1), компоненты по остальным осям определяются аналогично. Порядок указания векторов для кривой безразличен (указанные вектора упорядочиваются в направлении возрастания параметра кривой, т. е. в направлении указанном пользователем при выборе кривой). Построение векторов под заданными углами к поверхности удобно выполнять с помощью функции **Контрольные вектора**. Если указан один вектор, то инструмент будет сохранять этот

вектор на протяжении всего прохода. Если не указан ни один вектор (пользователь отказался от указания векторов нажатием правой клавиши мыши), то принимается вектор 0, 0, 1 (вектор инструмента в направлении оси Z) и выдаётся соответствующее сообщение.

Сплайн

Под управляющим сплайном понимается любая кривая, отличная от исходной кривой, для которой этот сплайн указывается. Указанный управляющий сплайн выравнивается по параметру. Вектор инструмента в текущей точке исходной кривой параллелен вектору, направленному из этой точки в точку на управляющем сплайне с такой же параметрической координатой, как и у текущей точки на исходной кривой.

Точка

Если выбран метод управления вектором инструмента **Точка**, то вектор фрезы в текущей точке исходной кривой параллелен вектору, направленному от этой точки к выбранной пользователем контрольной точке.

Операция По контуру

На вкладке *Инструмент* в операции **По контуру** (изображена на рис. 4) заполняются следующие параметры:

- диаметр инструмента;
- длина инструмента;
- номер инструмента;
- припуск на деталь;

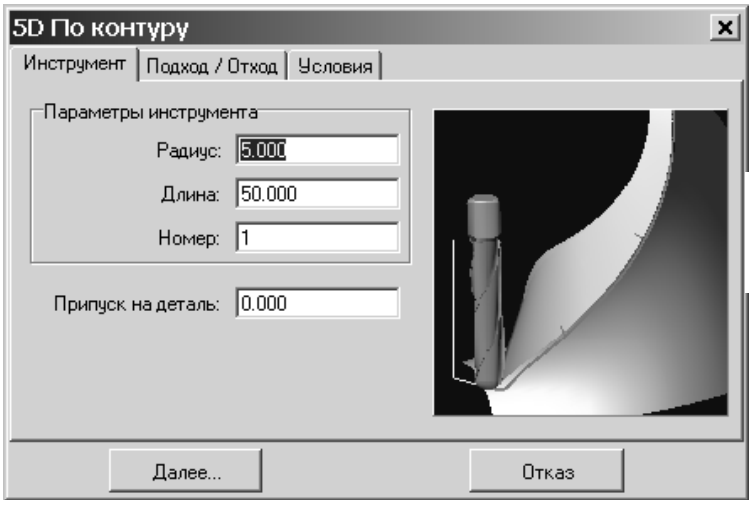

Рис. 4. Вкладка **Инструмент** *диалогового окна* **5D По контуру**

На вкладке *Условия* (рис. 3) можно задать метод управления вектором инструмента и максимальный шаг по кривой. После нажатия на кнопку ***Далее*** система запросит кривую, обрабатываемую поверхность, сторону обработки и, в зависимости от метода управления, массив векторов, сплайн или точку. После расчёта созданный проход будет показан и, если пользователь не откажется от его записи нажатием правой клавиши мыши, то будет запрошен комментарий для созданного прохода.

Операция Петля между кривыми

На вкладке *Инструмент* в операции **Петля между кривыми** (изображена на рис. 5) заполняются следующие параметры:

- диаметр инструмента;
- длина инструмента;
- номер инструмента;
- количество проходов;
- припуск на деталь;



Рис. 5. Вкладка **Инструмент** *диалогового окна* **5D Петля между кривыми**.

На вкладке *Условия* (рис. 6) можно задать метод управления вектором инструмента для каждой из исходных кривых, максимальный шаг по кривой, строку сортировки и тип прохода.

С помощью строки сортировки можно задать любую последовательность отработки строк. Правила создания строки сортировки таковы:

1. Допустимые символы в строке: **0123456789>/,;**
2. Строка должна заканчиваться символом " **;** "
3. После каждого условия ставится символ " **,** "
4. Перед символом " > " ставится стартовая строка, после него финишная

5. После символа " / " ставится число, означающее "**каждая N строка**"

6. В строке не должно быть числа, превышающего количества проходов, заданного на вкладке *Инструмент*

Например:

Строка: 22>1,23>44;

Означает, что из всего количества заданных проходов (строк) (их должно быть 44 или больше) в проход сначала запишутся с 22 по 1 строки включительно, затем с 23 по 44 включительно.

Строка: 12>20/2,10>1/2;

Означает, что из всего количества заданных проходов (строк) (их должно быть 20 или больше) в проход сначала запишутся каждая вторая с 12 по 20 строки включительно, затем каждая вторая с 10 по 1 включительно.

Строка: 1,7,10>20/3,22;

Означает, что из всего количества заданных проходов (строк) (их должно быть 22 или больше) в проход сначала запишутся первая, затем седьмая, затем каждая третья с 10 по 20 строки, затем двадцать вторая.

Если задан тип прохода **Змейка**, то подход добавляется к траектории только в начале прохода, а отход только в конце прохода, направление фрезерования для первой строки по направлению первой указанной управляющей кривой, а затем меняется для каждой следующей строки. Если задан тип **Петля**, то фрезерование производится всегда по направлению управляющих кривых и для каждой строки добавляется подход и отход.

После нажатия на кнопку ***Далее*** система запросит первую кривую, затем, в зависимости от заданного метода управления вектором инструмента для первой кривой, массив векторов, сплайн или точку, затем тоже для второй кривой, затем обрабатываемую поверхность и сторону обработки. Затем запрашиваются контрольные точки, предварительно созданные средствами системы. Их количество должно быть чётным и не превышать 64. Принцип действия контрольных точек сходен с таким же механизмом в CAD-функции **Средние кривые**. После расчёта созданный проход будет показан и,

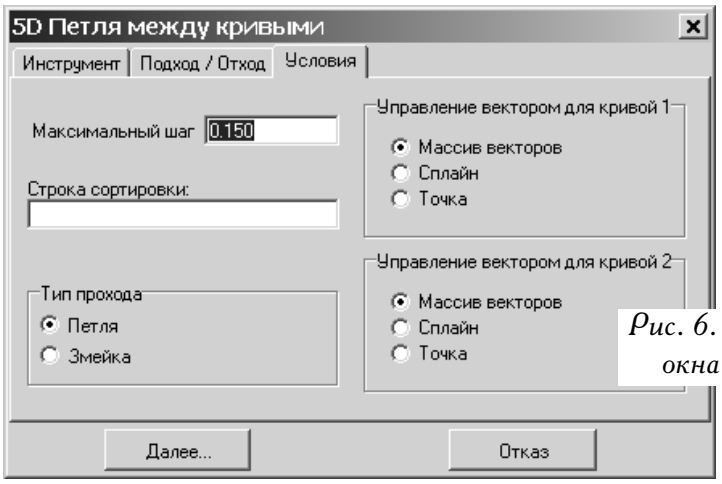

Рис. 6. Вкладка **Условия** *диалогового окна* **5D Петля между кривыми**

если пользователь не откажется от его записи нажатием правой клавиши мыши, то будет запрошен комментарий для созданного прохода.

Операция Спираль между кривыми

На вкладке *Инструмент* в операции **Спираль между кривыми** (изображена на рис. 7) заполняются следующие параметры:

- диаметр инструмента;
- длина инструмента;
- номер инструмента;
- количество проходов;
- припуск на деталь;

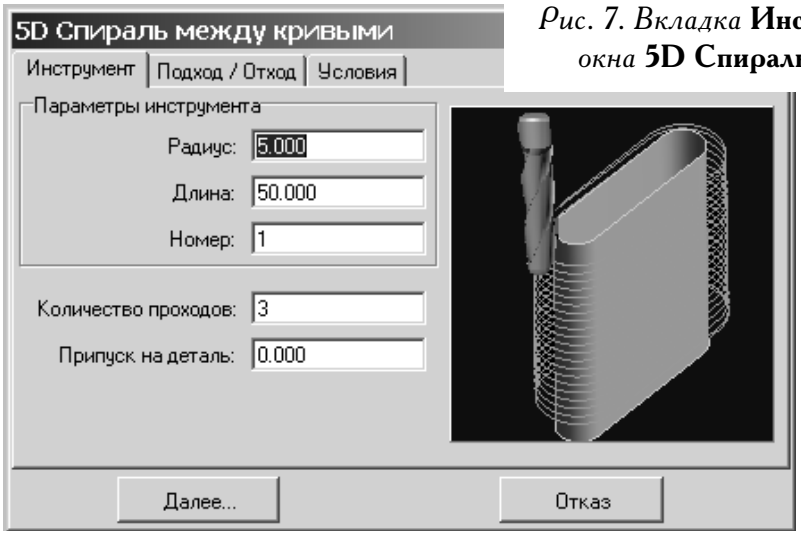

Рис. 7. Вкладка **Инструмент** *диалогового окна* **5D Спираль между кривыми**

На вкладке *Условия* (рис. 8) можно задать метод управления вектором инструмента для каждой из исходных кривых и максимальный шаг по кривой.

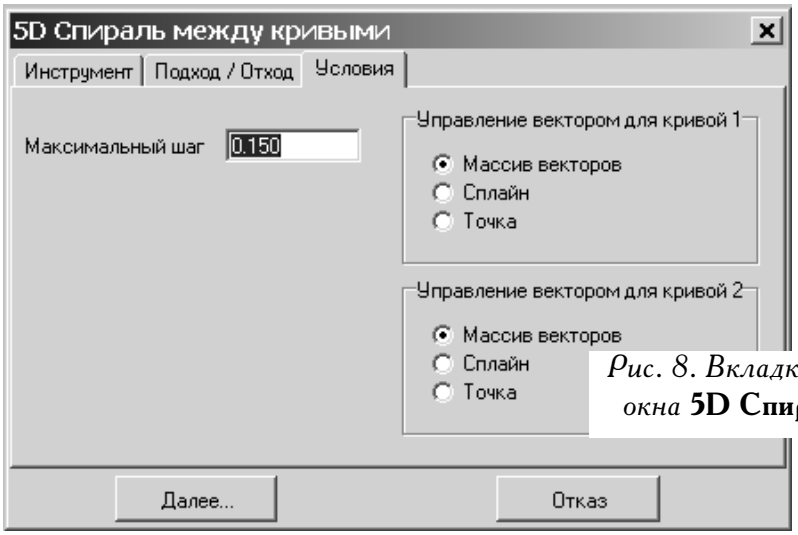

Рис. 8. Вкладка **Условия** *диалогового окна* **5D Спираль между кривыми**

Обрабатываемая поверхность, задаваемая в операции должна быть замкнута по одной из параметрических координат, а также не иметь разрывов. Для стабильной работы операции желательно, чтобы исходные кривые не совпадали с границами поверхности.

Минимальное количество проходов, которое можно задать в операции - три. Первый проход отслеживает первую указанную пользователем кривую, последний, соответственно, вторую. Промежуточные проходы - это спираль вокруг поверхности.

Операция По двум направляющим

На вкладке *Инструмент* в операции **По двум направляющим** (изображена на рис. 9) заполняются следующие параметры:

- диаметр инструмента;
- радиус инструмента;
- длина инструмента;
- номер инструмента;
- количество проходов;
- глубина;
- припуск на кривые;
- припуск на деталь;

В операции можно задать верхнюю, ограничивающую проход поверхность. Для этого нужно задать требуемое (больше одного) количество проходов (строк) между двумя поверхностями и нулевую глубину. В этом случае система после обрабатываемой поверхности запросит верхнюю ограничивающую поверхность, если при этом пользователь откажется от указания поверхности правой клавишей мыши, то будет рассчитано заданное количество проходов по одной и той же траектории.

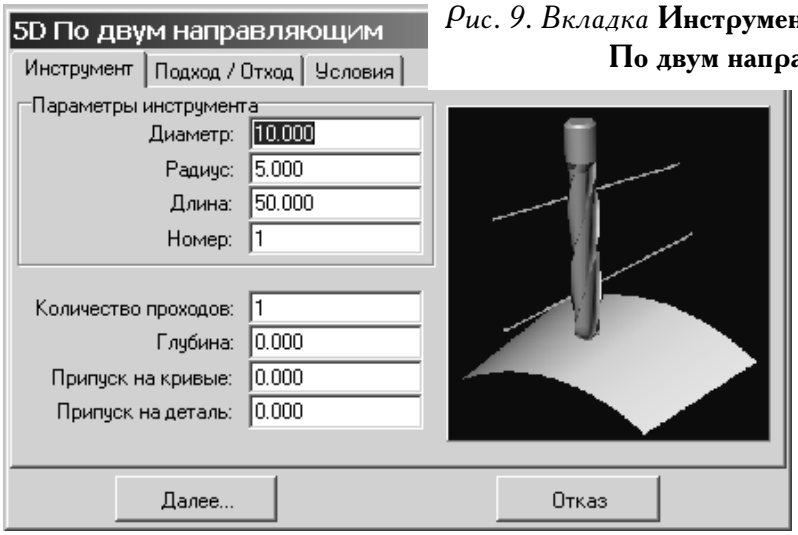

Рис. 9. Вкладка **Инструмент** *диалогового окна* **5D По двум направляющим**

Перед расчётом операции заданные кривые выравниваются по параметру. Вектор фрезы направлен от текущей точки второй кривой к текущей точке первой кривой. Существует возможность управлять поведением вектора фрезы по проходу. Для этого нужно на первой и второй кривых указать управляющие точки (построив их предварительно любыми средствами системы). Количество управляющих точек должно быть чётным и не превышать 64. Система запрашивает пары управляющих точек после запроса кривых и поверхностей. От указания управляющих точек можно отказаться нажатием правой клавиши мыши.

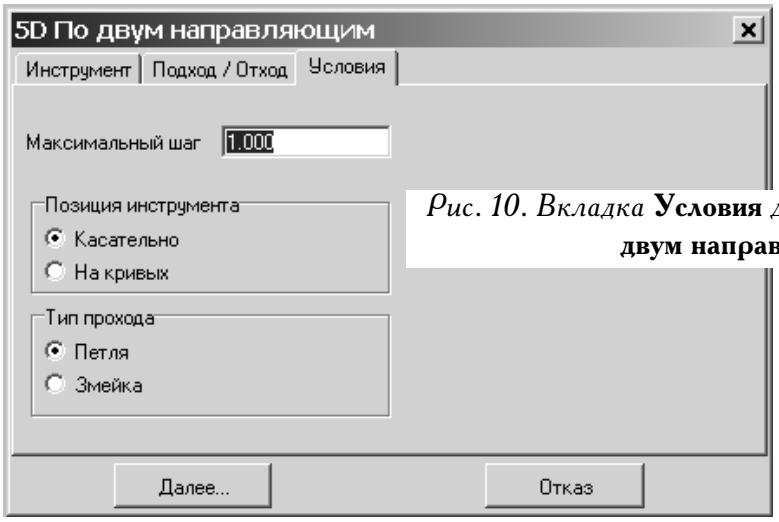

Рис. 10. Вкладка **Условия** *диалогового окна* **5D По двум направляющим**

На вкладке *Условия* (см. Рис. 10) с помощью переключателя ***Позиция инструмента*** можно задать, как располагать фрезу относительно кривых, а также, с помощью переключателя ***Тип прохода*** задать требуемый тип траектории (если количество проходов больше одного). Если задан тип **Змейка**, то подход добавляется к траектории только в начале прохода, а отход только в конце прохода, направление фрезерования для первой строки по направлению управляющих кривых, а затем меняется для каждой следующей строки. Если задан тип **Петля**, то фрезерование производится всегда по направлению управляющих кривых и для каждой строки добавляется подход и отход.

CAD-Функция Средние кривые

После выбора пункта меню **Средние кривые** появляется диалоговое окно, изображенное на Рис. 11.

После заполнения требуемого количества средних кривых и необходимого шага в миллиметрах вдоль кривой, а также установления (при необходимости) флагов сглаживания и аппроксимации нужно нажать на кнопку ***Далее...***. После этого система запросит поверхность, на которой будут лежать результирующие кривые, и две исходные кривые. От указания поверхности можно отказаться нажатием правой клавиши мыши, в этом случае точки результирующих кривых будут лежать на линиях, проведенных между соответствующими точками исходных кривых. Далее система

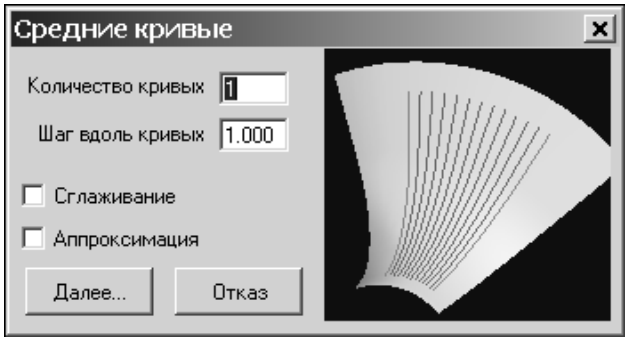

Рис. 11. Диалоговое окно **Средние кривые**

запросит управляющие точки, с помощью которых можно управлять поведением результирующих кривых. Количество управляющих точек должно быть чётным и не превышать 64. Как управляющие точки влияют на поведение результирующих кривых показано на рис. 12

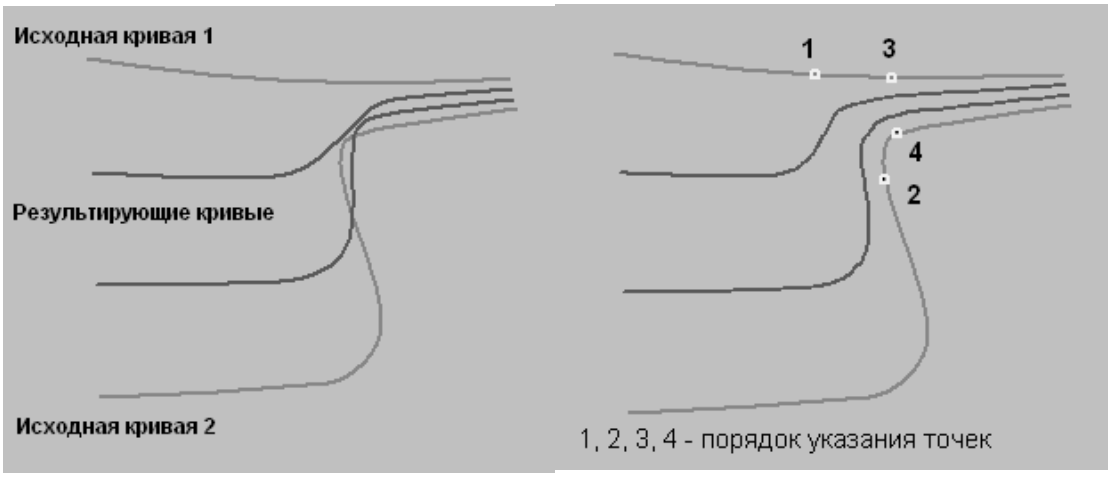

Рис 12. Слева поведение результирующих кривых без указания управляющих точек, справа с указанием двух пар управляющих точек

Алгоритм расчёта средних кривых таков. Исходные кривые выравниваются по параметру. Если пользователь отказался от указания поверхности, то первые точки исходных кривых соединяются прямой линией, в противном случае точки соединяются линией в U/V координатах поверхности. На полученной линии равномерно строятся первые точки результирующих кривых в количестве, заданном пользователем. Из двух исходных кривых выбирается более длинная, затем вдоль этой кривой от начальной точки, на расстоянии шага заданного пользователем, засекается следующая точка, определяется её параметрическая координата и на такой же параметрической координате засекается точка на второй исходной кривой, опять строится линия и т. д. При наличии управляющих точек исходные кривые разбиваются на участки по этим точкам. Если установлен соответствующий флаг, то аппроксимация производится с точностью, установленной в системе.

CAD-Функция Контрольные вектора

После выбора пункта меню **Контрольные вектора** появляется диалоговое окно, изображенное на рис. 13.

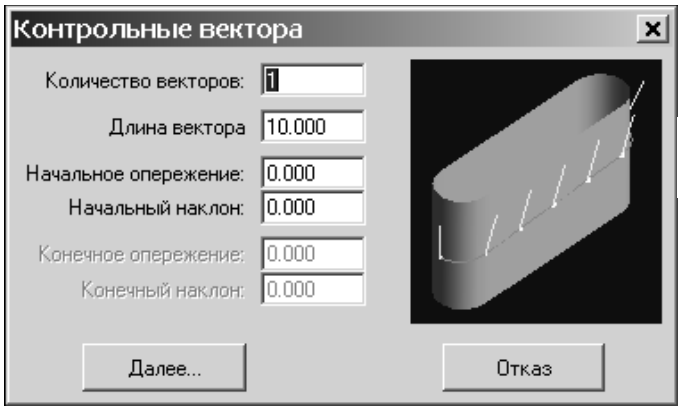

Рис 13. Диалоговое окно **Контрольные вектора**

С помощью данной функции можно построить линию (вектор) или массив линий (векторов) в привязке к указанной точке или кривой под определённым углом к указанной поверхности. Созданные линии в дальнейшем могут использоваться как массив контрольных векторов для операций пяти координатной обработки. Количество линий может быть любым, они строятся равномерно вдоль указанной кривой от первой указанной точки до второй. После заполнения исходных данных в диалоговом окне и нажатия на кнопку ***Далее...*** система запрашивает поверхность и точку (если количество векторов один), или кривую и две точки (если количество векторов больше одного). Изначально линия строится по направлению вектора, указанного после вопроса:

Ориентация фрезы?

Угол опережения определяет поворот линии вокруг вектора, указанного после вопроса:

Обрабатываемая часть?,

а наклон определяет поворот вокруг вектора, указанного после вопроса:

Направление обработки?

Положительное направление поворота определяется по правилу правой руки (см. рис. 14). Большой палец правой руки ставится в направлении вектора оси вращения, при этом согнутые пальцы определяют положительное направление вращения вокруг этой оси.



Рис. 14. Правило правой руки для определения положительного направления для поворота

CAD-Функция Мост между кривыми

После выбора пункта меню **Мост между кривыми** появляется диалоговое окно, изображенное на рис. 15.

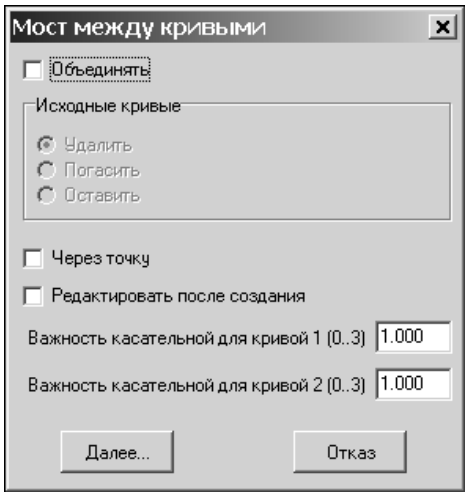

Рис. 15. Диалоговое окно **Мост между кривыми**

Результирующая односегментная кривая Безье соединяет две исходные кривые, соблюдая тангенциальность в местах стыка. Указывать исходные кривые следует ближе к концу, из которого нужно строить мост. Если установить флаг ***Объединять***, то исходные кривые и результирующий мост будут объединены в одну кривую, при этом, меняя переключатель в панели **Исходные кривые** можно либо удалить, либо погасить, либо оставить две исходные кривые. Если установлен флаг ***Через точку***, то строится двух сегментная кривая Безье, проходящая через указанную точку. Установленный флаг ***Редактировать после создания*** позволяет редактировать полученную кривую с помощью диалога, показанного на рис. 16.



Рис. 16. Диалоговое окно **Редактирование моста**

Этот диалог появляется после указания исходных кривых и генерации результирующей кривой. Начальные значения важности касательной для обеих кривых могут быть установлены в первом диалоговом окне. Значение важности определяет конфигурацию моста. Нулевое значение для обеих кривых приводит к созданию прямого сегмента. Чем выше значение важности касательной, тем более "вытянут" результирующий сплайн. Нажатие на кнопку ***Применить*** генерирует кривую с текущими параметрами, удаляя предыдущий вариант кривой, не закрывая при этом диалога редактирования. Нажатие на кнопку ***OK*** закрывает диалоговое окно, применяя при этом последние параметры для генерации кривой. Нажатие на кнопку ***Отказ*** возвращает систему в состояние, бывшее перед выбором пункта меню **Мост между кривыми**.