

руководство пользователя



# SprutCAM 2007

SPRUT TECHNOLOGY

система разработки управляющих программ  
для станков с ЧПУ



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОДЕРЖАНИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>9</b>
<b>БАЗОВЫЕ КОНФИГУРАЦИИ SPRUTSAM</b> .....	<b>11</b>
<b>СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ</b> .....	<b>11</b>
<b>КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ</b> .....	<b>12</b>
<b>УСТАНОВКА И ЗАПУСК СИСТЕМЫ</b> .....	<b>12</b>
<b>НАБОР ФАЙЛОВ СИСТЕМЫ</b> .....	<b>14</b>
<b>ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА</b> .....	<b>14</b>
<b>1 КОРОТКО О ГЛАВНОМ</b> .....	<b>17</b>
1.1 ИДЕОЛОГИЯ SPRUTSAM.....	17
1.2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО БЫСТРОМУ ОСВОЕНИЮ СИСТЕМЫ.....	19
1.3 ЧТО НОВОГО.....	21
1.3.1 Главное окно системы.....	21
1.3.2 Подготовка геометрической модели.....	22
1.3.3 Среда двумерных построений.....	23
1.3.4 Технология.....	24
1.3.5 Моделирование обработки.....	30
<b>2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ</b> .....	<b>35</b>
2.1 ГЛАВНОЕ ОКНО СИСТЕМЫ.....	35
2.1.1 Основное меню.....	35
2.1.2 Панели управления.....	38
2.1.3 Системы координат.....	38
2.1.4 Панель стандартных векторов взгляда.....	41
2.1.5 Фильтр выбора объектов.....	41
2.1.6 Привязки.....	42
2.1.7 Индикатор процесса.....	45
2.1.8 Графическое окно и управление визуализацией.....	45
2.1.9 Панель видимости объектов.....	47
2.1.10 Режимы работы.....	48
2.1.11 Окно печати.....	49
2.2 ОКНО СИСТЕМНЫХ УСТАНОВОК.....	51
2.2.1 Закладка Пути.....	52
2.2.2 Единицы измерения.....	53
2.2.3 Закладка Визуализация.....	53
2.2.4 Закладка Цвета.....	55
2.2.5 Закладка Импорт.....	55
2.2.6 Закладка 2D Геометрия.....	56
2.2.7 Закладка РТК.....	57
2.3 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ФАЙЛЫ ОБМЕНА ДАННЫМИ.....	58
2.3.1 Файлы проектов.....	58
2.3.2 Импортируемые файлы.....	58
2.3.3 Файлы настройки постпроцессора.....	59
2.3.4 Файлы управляющих программ.....	59
2.3.5 Экспорт объектов в DXF.....	59
<b>3 ПОДГОТОВКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ</b> .....	<b>61</b>
3.1 СТРУКТУРА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.....	62

3.1.1	Типы геометрических объектов .....	63
3.1.2	Окно структуры геометрической модели .....	64
3.1.3	Выбор объектов .....	64
3.1.4	Редактирование структуры геометрической модели .....	65
<b>3.2</b>	<b>ИМПОРТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.....</b>	<b>67</b>
3.2.1	Импорт объектов из IGES-файлов .....	68
3.2.2	Импорт объектов из DXF-файлов.....	70
3.2.3	Импорт объектов из PostScript-файлов.....	70
3.2.4	Импорт объектов из STL-файлов .....	71
3.2.5	Импорт объектов из VRML-файлов .....	71
3.2.6	Импорт объектов из 3dm-файлов (Rhinoceros) .....	72
3.2.7	Импорт объектов из SGM-файлов (СПРУТ) .....	72
3.2.8	Импорт объектов из файлов Parasolid(TM).....	72
<b>3.3</b>	<b>РЕДАКТИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.....</b>	<b>73</b>
3.3.1	Свойства геометрических объектов .....	73
3.3.2	Изменение визуальных свойств .....	75
3.3.3	Удаление .....	75
3.3.4	Пространственные преобразования .....	76
3.3.5	Инвертирование.....	77
3.3.6	Проекция внешних границ.....	78
3.3.7	Объединение кривых.....	79
3.3.8	Триангуляция поверхностей .....	80
3.3.9	Создание надписей .....	81
3.3.10	Создание сечений.....	82
<b>4</b>	<b>СРЕДА ДВУМЕРНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ</b>	
<b>ПОСТРОЕНИЙ .....</b>	<b>85</b>	
<b>4.1</b>	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ .....</b>	<b>88</b>
4.1.1	Интерактивное определение объектов .....	90
4.1.2	Языковое определение объектов .....	92
<b>4.2</b>	<b>ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ .....</b>	<b>93</b>
4.2.1	Задание точки .....	93
4.2.2	Задание прямой .....	94
4.2.3	Задание окружности .....	98
4.2.4	Функция удлинения.....	100
4.2.5	Функция соединения.....	101
4.2.6	Функции скругления и построения фаски .....	103
4.2.7	Функция разделения.....	104
4.2.8	Функция разрушения .....	105
4.2.9	Функция извлечения .....	105
4.2.10	Функции отрезки и вырезания.....	106
4.2.11	Способы построения контуров .....	106
4.2.12	Построение контура по элементам .....	106
4.2.13	Рисование контура .....	107
4.2.14	Построение контура по точкам .....	107
4.2.15	Задание контура спиралью Архимеда .....	108
4.2.16	Задание контура набором точек.....	108
4.2.17	Задание контура функцией .....	109
4.2.18	Пример построения контура на основе синусоиды.....	110
4.2.19	Пример построение контура на основе спирали Архимеда .....	111
4.2.20	Пример построения контура на основе эллипса .....	113
4.2.21	Операции над контуром .....	115
4.2.22	Просмотр параметров элементов .....	116

4.2.23	Удаление элементов .....	117
<b>4.3</b>	<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ .....</b>	<b>118</b>
4.3.1	Отладчик .....	118
4.3.2	Режим редактирования .....	118
4.3.3	Геометрический калькулятор .....	119
4.3.4	Управление слоями .....	121
4.3.5	Параметризация .....	122
<b>5</b>	<b>СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ.....</b>	<b>125</b>
<b>5.1</b>	<b>ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ .....</b>	<b>125</b>
5.1.1	Выбор технологического оборудования и изменение его характеристик.....	127
5.1.2	Формирование последовательности операций .....	128
5.1.3	Создание новой операции.....	130
5.1.4	Выполнение операции.....	132
5.1.5	Генерация управляющей программы.....	133
5.1.6	Генерация расчетно-технологической карты.....	134
5.1.7	Типовые технологические процессы .....	136
<b>5.2</b>	<b>ТИПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ .....</b>	<b>137</b>
5.2.1	Перечень типов технологических операций .....	137
5.2.2	Группа операций .....	147
5.2.3	Обработка отверстий.....	147
5.2.4	2D обработка кривой .....	150
5.2.5	3D обработка кривой .....	151
5.2.6	Гравировальная операция .....	153
5.2.7	Операция Резки .....	154
5.2.8	Выборка области (кармана и колодца) .....	156
5.2.9	Чистовая послойная операция .....	157
5.2.10	Чистовая построчная операция .....	158
5.2.11	Операция обработки плоских горизонтальных участков .....	160
5.2.12	Чистовая управляемая операция .....	160
5.2.13	Чистовая комбинированная операция (послойно - управляемая) 162	
5.2.14	Чистовая построчная оптимизированная операция (построчно- построчная).....	163
5.2.15	Чистовая комплексная операция (послойно- построчная) .....	165
5.2.16	Черновая послойная операция.....	166
5.2.17	Черновая построчная операция .....	167
5.2.18	Черновая управляемая операция.....	168
5.2.19	Операции доработки остаточного материала .....	170
5.2.20	Операция копирования траектории .....	171
5.2.21	Многокоординатная обработка (управление поворотной головкой/столом).....	172
5.2.22	Установка положения поворотной головки .....	172
5.2.23	Задание системы координат операции .....	173
5.2.24	Операции 2.5D обработки. ....	174
5.2.25	Операция 2.5D выборки. ....	175
5.2.26	Операция 2.5D обработки стенок. ....	176
5.2.27	Операция 2.5D обработки горизонтальных участков.....	176
5.2.28	Операция 2.5D обработки фасок.....	177
5.2.29	Операция подрезка торца .....	178
5.2.30	Черновая токарная операция .....	179

5.2.29	Операция токарного сверления.....	180
5.2.30	Отрезная токарная операция.....	181
5.2.31	Чистовая токарная операция.....	182
5.2.31	Операция обработки канавок.....	183
5.2.32	Операция нарезания резьбы.....	186
<b>5.3</b>	<b>НАСТРОЙКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ .....</b>	<b>189</b>
5.3.1	Геометрические параметры операции.....	189
5.3.2	Задание детали заготовки и оснастки.....	190
5.3.3	Рабочее задание для операций 2D и 3D обработки кривых и операции Вырезка.....	192
5.3.4	Рабочее задание для гравировальной операции и операции выборки области.....	197
5.3.5	Рабочее задание для операций объемной обработки.....	199
5.3.6	Рабочее задание для операций 2.5D обработки.....	201
5.3.7	Рабочее задание для токарных операций.....	207
5.3.8	Рабочее задание для управляемых операций.....	211
5.3.9	Рабочее задание для операции обработки отверстий.....	213
5.3.10	Особенности задания отверстий для опускания фрезы в послышной черновой операции.....	217
5.3.11	Задание инструмента фрезерной операции.....	217
5.3.12	Задание инструмента токарной операции.....	222
5.3.13	Режимы резания фрезерных операций.....	226
5.3.14	Режимы резания токарных операций.....	228
5.3.15	Подходы, отходы и врезания фрезерных операций.....	232
5.3.16	Подходы-отходы токарных операций.....	241
5.3.17	Задание параметров фрезерной операции.....	244
5.3.18	Задание стратегии обработки фрезерной операции.....	247
5.3.19	Общие стратегии токарных операций.....	251
5.3.20	Стратегии операции подрезки торца.....	254
5.3.21	Стратегии токарной черновой операции.....	255
5.3.22	Стратегии токарной чистовой операции.....	256
5.3.23	Стратегии токарного сверления.....	256
5.3.24	Стратегии отрезной токарной операции.....	257
5.3.25	Стратегии операции обработки канавок.....	259
5.3.26	Стратегии операции нарезания резьбы.....	262
<b>5.4</b>	<b>ОПИСАНИЕ БАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ .....</b>	<b>268</b>
5.4.1	Деталь.....	268
5.4.1	Рабочее задание.....	268
5.4.2	Заготовка.....	269
5.4.3	Доработка остаточного материала.....	270
5.4.4	Оснастка.....	271
5.4.5	Результат обработки.....	272
5.4.6	Точки засверливания.....	272
5.4.7	Инструмент.....	272
5.4.8	Участки траектории инструмента.....	274
5.4.9	Типы подачи.....	276
5.4.10	Безопасная плоскость.....	278
5.4.11	Верхний и нижний уровни обработки.....	278
5.4.12	Точность.....	279
5.4.13	Припуск.....	280
5.4.14	Угол отступа.....	280
5.4.15	Боковой угол.....	281

5.4.16	Шаг обработки.....	282
5.4.17	Выбор шага по высоте гребешка.....	283
5.4.18	Типы фрезерования.....	284
5.4.19	Способ перехода.....	284
5.4.20	Тип обката.....	288
5.4.21	Угол рабочих ходов в построчных операциях.....	289
5.4.22	Предельный угол наклона нормали.....	290
5.4.23	Фронтальный угол.....	291
5.4.24	Обработка только снизу вверх.....	292
5.4.25	Направление обработки.....	292
5.4.26	Способы обработки в управляемых операциях.....	293
5.4.27	Трохоидальная обработка (обработка по циклоиде).....	294
5.4.28	Трехмерная доработка.....	295
5.4.29	Способы движения вниз в черновых построчных операциях.....	296
5.4.30	Циклы обработки отверстий.....	297
5.4.31	Короткий переход.....	303
5.4.32	Поворотная ось.....	303
5.4.33	Учет горизонтальных плоскостей.....	304
5.4.34	Сглаживание углов.....	305
5.4.35	Пропуск отверстий.....	305
5.4.36	Способы обката наружного угла.....	306
5.4.37	Порядок обработки (по слоям или колодцам).....	307
5.4.38	Система координат операции.....	307
5.4.39	Врезание инструмента.....	308
5.4.40	Задание чистового прохода в плоскости XY.....	308
5.4.41	Задание черного прохода в плоскости XY.....	309
5.4.42	Обработка по спирали.....	309
5.4.43	Чистовой проход по оси Z.....	310
5.4.44	Использовать 3D обработку.....	310
5.4.45	Разрешить обратное направление.....	310
5.4.46	Аппроксимация кривых.....	311
5.4.47	Минимизация холостых ходов.....	311
5.4.48	Обработка по слоям.....	311
5.4.49	Высота врезания.....	311
5.4.50	Начинать выборку.....	312
5.4.51	Чистовой проход по Z.....	312
5.4.52	Направление резания.....	312
5.4.53	Черновой проход.....	313
5.4.54	Чистовой проход.....	313
5.4.55	Направление резания.....	313
5.4.56	Врезание.....	314
5.4.57	Перебег.....	315
5.4.58	Шаг обработки черновой токарной операции.....	315
5.4.59	Шаг обработки чистовой токарной операции.....	315
5.4.60	Типы циклов операции токарного сверления.....	316
5.4.61	Коррекция инструмента в токарных операциях.....	318
<b>6.</b>	<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ.....</b>	<b>321</b>
<b>6.1</b>	<b>НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</b>	<b>321</b>
<b>6.2</b>	<b>ТРАЕКТОРИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА.....</b>	<b>322</b>
6.2.1	Структура траектории перемещения инструмента.....	322
6.2.2	Список основных технологических команд CLDATA.....	323
6.2.3	Выбор технологических команд с помощью графического окна.....	323

---

6.2.4	Функции редактирования траектории.....	324
6.2.5	Пространственные преобразования траектории.....	324
<b>6.3</b>	<b>УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</b>	<b>326</b>
6.3.1	Управление движением инструмента .....	327
6.3.2	Анализ ошибок в процессе моделирования .....	328
6.3.3	Оптимизация подач .....	329
6.3.4	Задание параметров заготовки .....	329
<b>7</b>	<b>МАСТЕР ДОПОЛНЕНИЙ SPRUTCAM<sup>®</sup> .....</b>	<b>331</b>

# ВВЕДЕНИЕ

**SprutCAM**<sup>®</sup> - современная полнофункциональная САМ-система<sup>1</sup>, предназначенная для разработки управляющих программ для обработки деталей различной сложности на фрезерных, токарных, режущих станках и токарно-фрезерных обрабатывающих центрах с ЧПУ. **SprutCAM** используется при изготовлении штампов, пресс-форм, литейных форм, прототипов изделий, мастер-моделей, деталей машин и конструкций, оригинальных изделий, шаблонов; при гравировке и вырезке надписей и изображений.

**SprutCAM** работает непосредственно с геометрическими объектами исходной модели без предварительной аппроксимации или триангуляции. Это позволяет, во-первых, максимально экономно использовать ресурсы компьютера, а, во-вторых, производить расчет траектории инструмента с любой необходимой точностью.

Важными отличительными особенностями системы являются:

- Развитые средства импорта и преобразования геометрической модели;
- Корректная обработка разрывов и перехлестов между формообразующими поверхностями;
- Сквозная передача состояния заготовки между этапами и различными видами обработки;
- Расширенный набор функций управления параметрами технологических операций;
- Множество методов оптимизации обработки;
- Обязательный контроль на подрезание на всех стадиях расчета траектории;
- Реалистичное моделирование обработки;
- Простота в освоении и использовании;
- Удобный интерфейс, практически исключающий потребность в использовании документации.

Геометрическая модель изготавливаемой детали, заготовки, оснастки и т.п. может быть подготовлена в любой САД-системе<sup>2</sup> и передана в **SprutCAM**<sup>®</sup> через файл формата IGES, DXF, STL, VRML, PostScript, 3dm, SGM, X\_T или XMT\_TXT. SprutCAM<sup>®</sup> имеет множество функций для последующего преобразования

---

<sup>1</sup> САМ-система (сокращение от англ. Computer-Aided Manufacturing) – система автоматизированной подготовки производства - общий термин для обозначения программных систем подготовки информации для станков с числовым программным управлением. Традиционно исходными данными для таких систем были геометрические модели деталей, получаемые из систем САД.

<sup>2</sup> САД-система (сокращение от англ. Computer-Aided Design) – система автоматизированного проектирования (САПР) - общий термин для обозначения всех аспектов проектирования с использованием средств вычислительной техники. Обычно охватывает создание геометрических моделей изделия (твердотельных, трехмерных, составных), а также генерацию чертежей изделия и их сопровождение. Следует отметить, что отечественный термин "САПР" по отношению к промышленным системам имеет более широкое толкование, чем **CAD** - он включает в себя как САД, так и САМ, а иногда и элементы САЕ.

модели, а также встроенную среду двумерных параметрических построений для создания и редактирования 2D-элементов. При формировании моделей детали, заготовки и оснастки можно сшивать в тела поверхностные модели и создавать различными способами объёмные модели на базе имеющихся кривых. Широкий набор типов технологических операций и функции управления их параметрами позволяют формировать оптимальные процессы изготовления деталей различных видов. Контроль полученной траектории инструмента может производиться во встроенной среде моделирования обработки. Для генерации управляющих программ имеется множество файлов настройки на распространённые системы ЧПУ. Коррекция имеющихся файлов настройки и создание новых производится в Инвариантном постпроцессоре.

Система имеет четыре основных режима работы: подготовка геометрической модели, дополнительные двумерные построения, формирование процесса обработки и моделирование обработки. Управление режимами работы производится выбором соответствующих закладок на панели главного окна системы (3D Модель, 2D Геометрия, Технология, Моделирование).

В режиме подготовки геометрической модели производится импорт из файлов передачи геометрической информации, корректировка структуры геометрической модели, пространственные преобразования объектов, генерация новых элементов из существующих, управление визуальными свойствами объектов.

Встроенная среда двумерных геометрических построений позволяет создавать двумерные геометрические объекты в главных плоскостях систем координат. Среда имеет мощные средства построения параметризованных геометрических моделей и возможность их привязки к координатам трёхмерной модели.

В режиме **Технология** задаётся изготавливаемая деталь, исходная заготовка, применяемая оснастка и формируется процесс обработки детали, который представляет собой последовательность технологических операций различных типов. Изменение их очередности и редактирование параметров возможны на любом этапе проектирования техпроцесса. При создании новой технологической операции система автоматически устанавливает весь набор параметров операции в значения 'по умолчанию' с учетом метода обработки и геометрических параметров детали. Набор доступных технологических операций определяется конфигурацией **SprutCAM** и от выбранного типа оборудования (из списка удаляются те типы операций, которые невозможно выполнить на указанном станке).

С закладки **Технология** осуществляется доступ к постпроцессору для генерации управляющих программ. Файлы настройки на различные системы ЧПУ формируются Инвариантным постпроцессором.

**Режим Моделирования** предназначен для эмуляции процесса обработки, спроектированного в режиме **Технология**. Кроме реалистичного отображения процесса обработки производится контроль на столкновение инструмента и оправки с деталью и оснасткой и контроль на превышение допустимых значений технологических параметров.

## БАЗОВЫЕ КОНФИГУРАЦИИ SPRUTCAM

Система **SprutCAM®** поставляется в нескольких базовых конфигурациях. Конфигурации отличаются, в основном, набором доступных технологических операций.

**SprutCAM Master** – наиболее полная версия, содержащая операции для плоской и объемной фрезерной обработки, гравировки, резки и токарной обработки. Конфигурация предназначена для решения большинства задач обработки на 2-х – 5-ти координатных фрезерных, токарных, резательных станках и токарно-фрезерных обрабатывающих центрах.

**SprutCAM Expert** – наиболее полная фрезерная версия, содержащая операции для плоской и объемной фрезерной обработки, гравировки и резки. Конфигурация предназначена для решения большинства задач обработки на 2-х – 5-ти координатных фрезерных, и резательных станках.

**SprutCAM Universal** – версия содержит операции для 2D и 2.5D фрезерной обработки, гравировки, резки и токарной обработки. Спроектирована для решения задач обработки деталей на токарных, гравировальных и резательных станках, а также обработки деталей с плоскими уступами, карманами, колодцами на фрезерных станках.

**SprutCAM Machinist** – версия содержит операции для 2D и 2.5D фрезерной обработки, гравировки, резки. Она спроектирована для обработки деталей с плоскими уступами, карманами, колодцами на фрезерных станках, а также на гравировальных и резательных станках.

**SprutCAM Turn** – версия содержит набор токарных операций. Она спроектирована для решения задач обработки деталей на токарных станках и обрабатывающих центрах.

**SprutCAM Cutting** – версия содержит операции для 2D обработки и резки. Она спроектирована специально для 2-х координатных станков или станков с индексной третьей координатой, а так же для резательных машин.

Кроме перечисленных базовых конфигураций **SprutCAM** может поставляться и в других конфигурациях, специализированных под конкретные потребности заказчика.

## СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

**Место**, занимаемое рабочими файлами системы около 130 Мб при минимальной установке и около 250 Мб при полной.

**Рекомендуемый объем оперативной памяти** – не менее 512 Мб. При увеличении объема оперативной памяти быстродействие системы возрастает.

**Режим разрешения дисплея** - 1024x768 или больше, количество цветов - не менее 65535.

**Минимальный процессор** Pentium IV 2000 МГц или его аналог.

**Видеоадаптер** с аппаратной поддержкой OpenGL.

**Операционная система** из семейства Windows, включая Windows Vista.

*Примечание: Рекомендуемая конфигурация компьютера значительно зависит от сложности обрабатываемых моделей и точности*

обработки. Чем сложнее модель и чем выше точность обработки, тем больший объем расчетов необходимо произвести для генерации траектории инструмента. Соответственно, чем мощнее компьютер (чем больше тактовая частота процессора, частота шины данных, объем оперативной памяти), тем быстрее эти расчеты будут произведены.

## КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

В комплект поставки системы SprutCAM® входят:

1. Компакт-диск с дистрибутивом системы.
2. Комплект документации (возможно в электронном виде).
3. Электронный ключ защиты от несанкционированного копирования (в зависимости от конфигурации поставки и способа защиты).
4. Лицензионное соглашение.
5. Упаковка комплекта.

## УСТАНОВКА И ЗАПУСК СИСТЕМЫ

Для установки **SprutCAM®** на компьютер необходимо выполнить следующие действия.

1. Вставить компакт-диск.
2. Находясь в операционной системе Windows, запустить с компакт-диска программу установки (файл Setup\_SprutCAM2007\_WR.exe). Рекомендуется выполнять запуск установки через программу автозапуска на компакт-диске, при этом достаточно выбрать соответствующий пункт меню в открывшемся окне. Можно запустить установку, используя, например, меню **Пуск (Start)**, команду **Выполнить (Run)**. В появившемся запросе указать в поле **Открыть (Open)** имя вызываемой программы (например, D:\Setup\_SprutCAM2007\_WR.exe) и нажать кнопку **Ок** или клавишу **Enter**. В зависимости от комплекта поставки, указанный файл может находиться в корневом каталоге или в папке **SprutCAM**.
3. На дисплее будут появляться окна программы установки. В них необходимо ввести следующие данные:
  - Имя и название организации пользователя;
  - Папка для установки программы (по умолчанию – C:\Program Files\Sprut Technology\SprutCAM 2007, где \*\* - номер версии);
  - Произвести обычную, минимальную или выборочную установку (отличаются наличием примеров проектов системы, импортируемых файлов, и прочих вспомогательных файлов);
  - Папка главного меню, в которой будут расположены ярлыки для исполняемых файлов системы (по умолчанию – SprutCAM 2007).

Для перехода к следующему шагу установки необходимо нажать кнопку **<Далее> (Next)** в окне запроса.

4. По окончании процесса установки системы на компьютер появится окно сообщения о завершении установки. Окно необходимо закрыть нажатием на кнопку **Готово (Done)**.

Если установлен **SprutCAM** с электронным ключом защиты, то перед запуском системы необходимо вставить ключ защиты в зависимости от типа в разъем USB или (при выключенном компьютере) в параллельный порт компьютера (к параллельному порту обычно подключается принтер). Если к параллельному порту подключен принтер или другое устройство, то его интерфейсный кабель нужно вставить в свободный разъем ключа защиты. Наличие ключа защиты не влияет на функционирование компьютера и его взаимодействие с принтером или другим устройством, подключенным к параллельному порту.

Запуск системы производится через меню Пуск → Программы → SprutCAM 2007 → SprutCAM (Start → Programs → SprutCAM 2007 → SprutCAM). В дальнейшем, для удобства работы, рекомендуется “вынести” ярлык для **SprutCAM** на Рабочий стол или на **Панель быстрого запуска**.

**Примечание 1:** *Установку **SprutCAM** следует производить при наличии прав администратора. Ранние версии **SprutCAM** могут требовать прав администратора не только при установке, но и при работе. Если нет возможности использования таких прав постоянно, то необходимо создать ярлык для запуска **SprutCAM** от имени администратора или обратиться в службу технической поддержки.*

**Примечание 2:** *Если **SprutCAM** с вариантом защиты под электронный ключ устанавливается на компьютер впервые, то необходимо дополнительно установить драйвер электронного ключа защиты. Для этого после установки **SprutCAM** необходимо выбрать пункт меню Windows Пуск → Все Программы → SprutCAM 2007 → Драйвер ключа (Start → Programs → SprutCAM 2007 → Install Key Driver). Можно также установить драйвер ключа из папки KeyDRV внутри каталога установки **SprutCAM**. Установку драйвера ключа необходимо проводить в соответствии с описанием, находящимся в той же папке, что и сам драйвер. В большинстве случаев для этого достаточно запустить файл InstDrv.exe (или SKeyAdd.exe, или Setup.exe, или Install.exe) из папки драйвера.*

**Примечание 3:** *Если при запуске система выдает сообщение:*

Не обнаружен ключ защиты!

*то необходимо проверить надежность и правильность подключения электронного ключа защиты к порту USB или к параллельному порту компьютера. Кроме того, если это сообщение возникло при первом запуске системы, возможно, требуется установить драйвер электронного ключа защиты (см. предыдущее примечание).*

## НАБОР ФАЙЛОВ СИСТЕМЫ

**SprutCAM.exe** – исполняемый модуль системы.

**INP.exe** – исполняемый модуль **Инвариантного постпроцессора**.

**SprutTutorial.exe** – исполняемый модуль обучающей системы.

**\*.stc** – файлы проектов системы, содержат всю необходимую информацию: геометрическую модель, технологические операции, траекторию и т.п.

Файлы для импорта геометрической информации:

- \*.igs Импорт объектов из IGES-файлов;
- \*.iges Импорт объектов из IGES-файлов;
- \*.dxf Импорт объектов из DXF-файлов;
- \*.stl Импорт объектов из STL-файлов;
- \*.vrl Импорт объектов из VRML-файлов;
- \*.ps Импорт объектов из PostScript-файлов;
- \*.eps Импорт объектов из PostScript-файлов;
- \*.3dm Импорт объектов из 3dm-файлов (Rhinoceros);
- \*.sgm Импорт объектов из SGM-файлов (СПРУТ);
- \*.x\_t, \*.xmt\_txt Импорт объектов из файлов Parasolid/

**\*.spp** – файлы настройки постпроцессора для разных систем ЧПУ (используются **SprutCAM** и **Генератором постпроцессоров**)

**\*.ppp** и **\*.inp** – файлы настроек постпроцессора версий SprutCAM, предшествующих версии 2007 поддерживаются в новых версиях **SprutCAM**. Генератор постпроцессоров может преобразовывать их в формат \*.spp.

**\*.dsk**, **\*.cfg** – файлы, содержащие информацию о настройках экранных форм системы. При их отсутствии генерируются автоматически.

Прочие файлы и папки, записанные в указанный при установке каталог, необходимы для полнофункциональной работы системы. Их изменение или удаление может нарушить работоспособность приложения. Замену файлов следует проводить лишь при обновлении версий, в строгом соответствии с прилагающимся к обновлению описанием.

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Техническая поддержка программного продукта осуществляется дилером или одним из представительств компании СПРУТ-Технология ©.

С вопросами или пожеланиями, возникающими в процессе эксплуатации SprutCAM® можно обращаться:

Форум на WEB-странице компании: [www.sprut.ru](http://www.sprut.ru)

Служба технической поддержки: [support@sprut.ru](mailto:support@sprut.ru)

Телефоны “горячей линии”: (8552) 59-94-10 или (495) 263-69-70

Почтовый адрес: 423812, г. Набережные Челны, а/я 438, АО СПРУТ-Технология или

105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, ООО Центр СПРУТ-Т

Для своевременного оповещения об обновлениях в пределах версий и выходе новых версий **SprutCAM**<sup>®</sup> рекомендуется зарегистрироваться на сайте компании.



# 1 КОРОТКО О ГЛАВНОМ

## 1.1 ИДЕОЛОГИЯ SPRUTCAM

**SprutCAM®** – система с высокой степенью автоматизации и множеством агрегатных функций.

В общем случае для создания процесса обработки сначала следует задать модель изготавливаемой детали, исходную заготовку и оснастку. После этого надо сформировать последовательность обработки операция за операцией. Для каждой операции указывается, что и как требуется обработать. Обычно это какая-либо часть детали или деталь целиком и общие требования к процессу обработки, такие как высота гребешка, максимальный угол врезания, способы подхода и т. п. По введенной информации система автоматически рассчитывает оптимальную траекторию с учетом заданных параметров. При этом по умолчанию считается, что каждая следующая операция получает ту же деталь и оснастку, что и предыдущая, а в качестве начальной заготовки каждой последующей операции передается весь материал, который остался после обработки предыдущей операцией. То есть, как и при реальной обработке, промежуточная заготовка изменяется от операции к операции, постепенно изменяясь по форме от начальной заготовки к конечной детали.

Порядок действий для получения управляющей программы для станка с ЧПУ, в общем случае, сводится к последовательности действий: импортировать геометрическую модель; сформировать модель изготавливаемой детали, начальной заготовки и оснастки в корневом узле техпроцесса; создать последовательность технологических операций, назначить их параметры и рассчитать; сгенерировать управляющую программу.

При создании новой технологической операции система автоматически устанавливает весь набор параметров операции в значения по умолчанию с учетом метода обработки и геометрических параметров детали. Таким образом, в любой момент времени операция готова к расчету и не требует рутинного ввода множества параметров. Изменение очередности технологических операций и редактирование их параметров возможны на любом этапе проектирования техпроцесса.

В **SprutCAM** всегда соблюдается правило: деталь не должна “зарезаться”, ни при каких обстоятельствах, будь то рабочий ход, переход, подход, врезание или засверливание. И это не зависит ни от инструмента, ни от типа обработки, ни от параметров. Технолог устанавливает способ обработки, а система генерирует управляющую программу так, чтобы удалить материал вне модели.

Интерфейс системы **SprutCAM** не накладывает ограничений на возможность изменений параметров и не регламентирует последовательности действий технолога. Каждая модификация какого-либо параметра приводит к соответствующим изменениям на схематических рисунках экранных форм. Это позволяет значительно сократить сроки освоения системы и время работы с документацией.

Компания **СПРУТ-Технология** максимально заинтересована в том, чтобы созданные программные продукты по-настоящему работали, были удобны в обращении и приносили Вам реальную

пользу. Поэтому служба технической поддержки с радостью ответит на все вопросы и будет благодарна за предложения и пожелания по улучшению системы.

## 1.2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО БЫСТРОМУ ОСВОЕНИЮ СИСТЕМЫ

Для быстрого ознакомления с системой **SprutCAM** достаточно выполнить следующую типовую последовательность действий:

**Установить режим работы 3D Модель**, выбором соответствующей закладки на главной панели



**Выполнить импорт модели из файла обмена геометрической информацией.** Для этого достаточно нажать кнопку  **Импорт** и выбрать интересующий файл в открывшемся окне. Импорт модели производится в текущую папку, поэтому перед импортом детали лучше сделать активной папку **Вся Модель/Деталь**, для импорта заготовки — **Вся Модель/Заготовка** и т.д. Все требуемые модификации модели рекомендуется сделать до начала формирования последовательности обработки, так как при создании операций их параметры автоматически выбираются исходя из заданной на этот момент детали и заготовки.

**Установить режим работы Технология** выбором соответствующей закладки на главной панели



**Проконтролировать тип и параметры станка** и при необходимости изменить их. Набор доступных технологических операций зависит от типа оборудования. Например, для токарного станка доступны только токарные операции, для фрезерного – только фрезерные, а для токарно-фрезерного – и те, и другие.

**Сформировать Деталь, Заготовку и Оснастку для корневого узла техпроцесса**, если для их задания не достаточно импортированных моделей. Кроме импортированных твердотельных и поверхностных моделей можно создавать различные призмы и тела вращения, базирующиеся на импортированных или построенных кривых, а так же ссылочные элементы (например, параллелепипед или цилиндр, описанные вокруг детали).

**Создать новую операцию (операции).** Для создания операции надо нажать на кнопку  **Новая** и выбрать тип операции в открывшемся окне. Созданные операции будут добавлены в папку **Обработка** техпроцесса. Новая операция установится текущей и будет доступна для редактирования и выполнения.

**Определить параметры операции.** При создании операции по умолчанию **Деталь** и **Оснастка** устанавливаются как у предыдущей операции (для первой операции – как в корневом узле техпроцесса), а в качестве **Заготовки** принимается материал, оставшийся после обработки начальной заготовки предыдущими операциями. **Заданием на обработку** по умолчанию считается вся деталь. Все остальные параметры операции выбираются автоматически на основе перечисленных

геометрических данных. В большинстве случаев операцию можно сразу запускать на расчёт. Проконтролировать или изменить установленные параметры можно на панели параметров в левой нижней части главного окна или в окне, открываемом по нажатию кнопки <Параметры> на страничке **Технология**.

**Запустить выполнение операции** нажатием на кнопку . В процессе вычисления на индикаторе внизу главного окна



будет высвечиваться, какая часть расчетов уже выполнена на данный момент. Нажатием в поле индикатора можно прервать выполнение операции.

Траектория операций строится таким образом, чтобы обработать по указанной стратегии **Задание на обработку** с контролем **Детали** и **Оснастки**. В черновых операциях удаляется весь требуемый для того материал **Заготовки**. В чистовых операциях учёт **Заготовки** опционален: если заготовка учитывается, то траектория строится только на тех участках **Задания на обработку**, где существует неснятый материал **Заготовки**, а иначе – вдоль всего **Задания на обработку**.

**Визуально оценить результат обработки** можно при помощи узла **Результат обработки**, если активировать его или сделать видимым.

**Пошагово проконтролировать траекторию** можно во встроенной подсистеме моделирования обработки. Для чего выбрать соответствующую закладку на главной панели



и нажать кнопку  для запуска процесса моделирования. При необходимости, изменить параметры операций и пересчитать их.

**Запустить постпроцессор** нажатием на кнопку  в режиме **Технология**. В открывшемся окне установить систему ЧПУ (выбрать файл постпроцессора с расширением **spp** или **ppp**) и запустить формирование управляющей программы для выполненных операций техпроцесса нажатием на кнопку < **Пуск** >. Вывод производится в файл с именем проекта и расширением, соответствующим системе ЧПУ, а также в окно постпроцессора.

**Для сохранения проекта** надо нажать на кнопку  главной панели. При помощи движка в диалоге выбора имени проекта можно установить способ сохранения. Чем детальнее сохраняется рассчитываемая информация, тем больше будет размер проектов.

**Открытие проекта** производится по нажатию на кнопку  на главной панели.

## 1.3 ЧТО НОВОГО

### 1.3.1 Главное окно системы

#### Выбор элементов в графическом окне

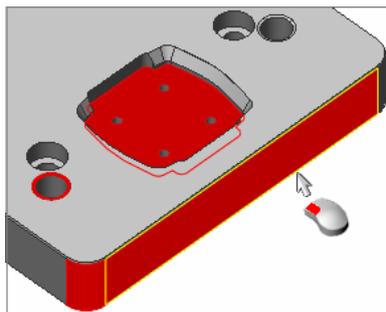
Если графическое окно находится в режиме выбора (кнопка  нажата), то выбирать можно любые видимые на экране объекты, а не только элементы активной папки. При этом элементы активной папки могут быть выбраны по отдельности, а элементы вне активной папки выделяются целиком, как элементы корневого узла.



После выбора какого-либо элемента активной папки автоматически устанавливается папка, содержащая этот элемент. Если выбранный элемент содержит подэлементы, то они сразу становятся доступными для выбора. Если теперь выбрать один или несколько из этих подэлементов, то активной станет папка, которая была выбранной до этого.

Для того, чтобы сделать активной папку, находящуюся уровнем выше надо дважды кликнуть в графическом окне вне геометрической модели.

Изменена отрисовка выбранных и подсвеченных моделей. Кривые в активной папке рисуются «сквозь» модель, что делает их доступными для выбора, даже если они накрыты поверхностями модели.

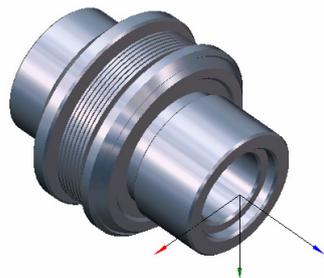


Если приведённое выше описание не кажется достаточно ясным, то лучше в режиме **3D Модель** импортировать несколько файлов и просто попробовать выбирать элементы моделей с экрана. Работать стало удобнее, а поведение системы стало более ожидаемым.

#### Токарные системы координат

Токарные системы координат введены исключительно для использования в токарных операциях. Глобальная токарная система координат определяет ось вращения и начальную точку. Эта координатная система ориентирована относительно Глобальной фрезерной системы координат в соответствии с выбранной схемой станка. Локальные токарные системы

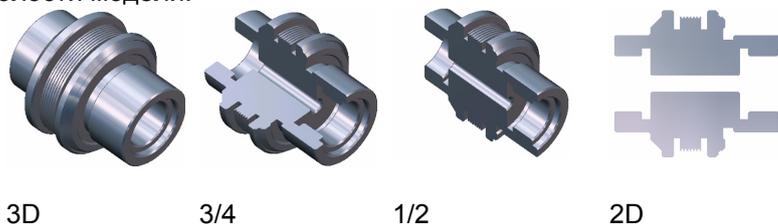
координат могут быть получены относительно Глобальной только путём сдвига начальной точки вдоль оси вращения.



При выборе токарной системы координат линейка стандартных видов изменяется и содержит только специфические токарные виды.

#### Различные способы отображения тел вращения

Тела вращения, созданные в системе, могут отображаться различными способами: объёмным, объёмным с вырезом четверти, объёмным с центральным сечением или плоским сечением. Неполные виды позволяют рассмотреть внутренние полости модели.



#### Режим отрисовки модели тонированный с рёбрами

К существовавшим ранее режимам отображения проволочному



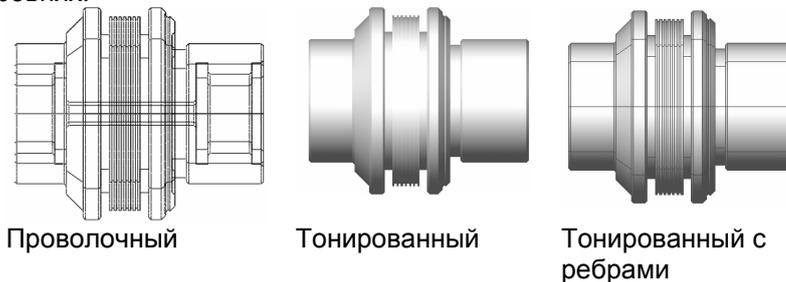
и тонированному



добавлен режим тонированный с



рёбрами. В этом режиме на тонированном изображении поверхностей дополнительно рисуются все видимые рёбра модели. В этом режиме более наглядно выглядят модели с множеством параллельных граней, находящихся на разных уровнях.



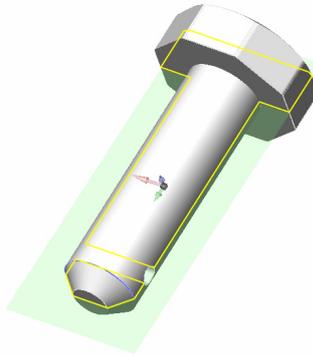
## 1.3.2 Подготовка геометрической модели

### Построение сечений

Окно задания параметров для построения сечения объемной модели открывается по нажатию на кнопку < Сечение > в режиме **3D Модель**. Сечение параметрически привязывается к активной на данный момент папке. То есть, оно автоматически

перестраивается при последующем изменении содержимого этой папки.

Сечение определяется параметрами секущей плоскости (можно изменять также и интерактивно), точностью построения и точностью сшивки, если это необходимо.



Сечения могут быть использованы как для построения токарной образующей по объёмной модели, так и для обработки фрезерными операциями.

Похожая функция с аналогичными параметрами используется при автоматическом определении токарной модели по объёмной для токарных операций.

### 1.3.3 Среда двумерных построений

#### Работа с плоскостями

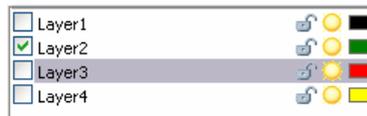
Все функции создания, редактирования и удаления плоскостей удалены из среды двумерных построений. Функционально плоскости для двумерных построений объединены с локальными системами координат. Все построения ведутся в плоскости XY текущей системы координат.

Для управления плоскостями построений следует пользоваться созданием, редактированием, переключением и удалением систем координат. Элементы управления расположены на главной панели системы.

#### Построение элементов

##### Слой

Для каждой системы координат может быть создано необходимое количество слоёв. Построенные элементы могут переноситься из слоя в слой. Для каждого слоя можно назначать видимость объектов этого слоя, цвет прорисовки и доступность для выбора с экрана. Все построения ведутся в активном на данный момент слое.



Функции управления слоями вынесены на страничку **Слой** режима двумерных построений.

#### Параметризация

Для задания дополнительных параметрических связей между элементами введены именованные переменные. Эти переменные могут быть использованы для задания параметров

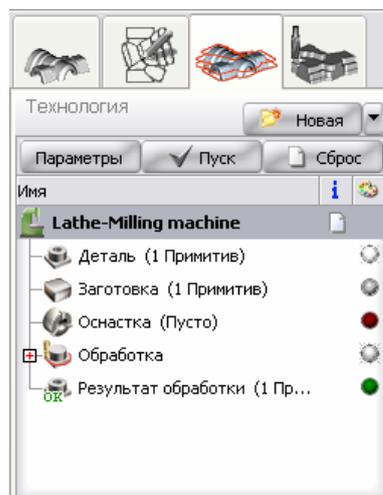
геометрических элементов. Значения одних переменных могут вычисляться через значения других переменных.

Отладчик			
Параметры			
Слой			
Имя	Значение	Выражение	Комментарий
Height	5		Высота
Width	15	Height*3	Ширина

Определение переменных доступно на страничке **Параметры** режима двумерных построений.

## 1.3.4 Технология

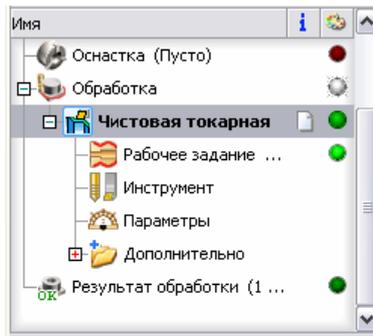
### Структура технологического процесса



Для более удобного доступа к элементам управления параметрами как техпроцесса в целом, так и отдельных операций, изменена структура техпроцесса в режиме Технология. В корневом узле техпроцесса находится станок. От его типа и параметров зависят набор доступных операций, параметры, принимаемые по умолчанию и дальнейшее поведение системы.

Вложенными узлами станка являются **Деталь**, которую надо получить; начальная **Заготовка** – из чего эту деталь получают; **Оснастка** – прижимы и другие приспособления; **Обработка** – набор технологических операций для обработки детали; **Результат Обработки** – начальная **Заготовка**, последовательно обработанная всеми операциями из списка.

Каждая из технологических операций имеет следующие внутренние узлы: **Рабочее Задание** – обычно вся **Деталь** или её часть, которую необходимо обработать этой операцией; **Инструмент** – для быстрого доступа к параметрам инструмента операции; **Параметры** – для быстрого доступа к технологическим параметрам операции.



В папке **Дополнительно** собраны геометрические параметры операции, которые заполняются по умолчанию исходя из правила, что все операции техпроцесса последовательно обрабатывают одну и ту же деталь, а промежуточная заготовка изменяется от операции к операции. По умолчанию **Деталь** ссылается на **Деталь** предыдущей операции, **Оснастка** – на **Оснастку**, а **Заготовка** – на **Результат Обработки** предыдущей операции. В подавляющем большинстве случаев эти параметры не требуется редактировать. Достаточно лишь задать **Деталь**, **Заготовку** и **Оснастку** для всего техпроцесса в корневом узле. Если всё же какой-либо геометрический параметр надо переопределить, то для этого следует выбрать вложенный узел операции **Деталь**, **Заготовка** или **Оснастка** и отредактировать его содержимое. По умолчанию такое изменение по цепочке коснётся и всех последующих операций.

Содержимое узла **Результат Обработки** заполняется и рассчитывается автоматически, его нельзя редактировать. Если этот узел видимый или активный, то в графическом окне показывается деталь, сформировавшаяся после обработки этой операцией.

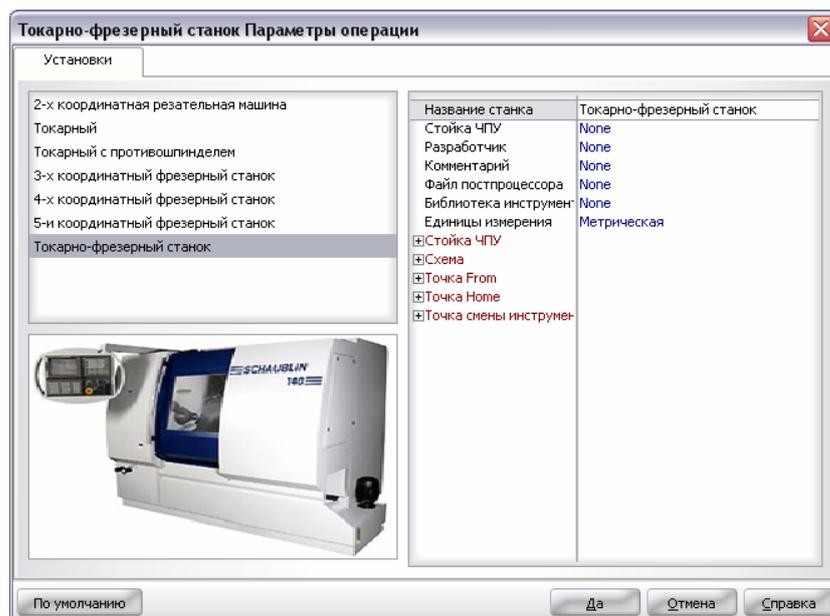
Переключение видимости узлов техпроцесса осуществляется нажатием мыши на соответствующий цветной огонёк справа от узла. При двойном нажатии на него открывается окно параметров отображения этого узла. Активный узел отрисовывается в графическом окне вне зависимости от состояния переключателя видимости.

Если видимы **Деталь**, **Заготовка**, **Оснастка**, **Рабочее Задание** или **Результат Обработки**, то соответствующие модели рисуются только для текущей операции. Состояние видимости и параметры отображения глобальны и изменяются сразу для всех операций.

Траектории операций можно включать, выключать, менять цвет отдельно для каждой операции. Включенная траектория видна всегда, выключенная траектория отрисовывается только для текущей операции. Причём, если видимость **Обработки** в корневом узле включена, то траектория рисуется при активации любого подузла операции, иначе – только если активен непосредственно узел самой операции.

### Параметры станка

Смена станка и изменение его параметров осуществляются в окне, открываемом по нажатию на кнопку **< Параметры >** при активном корневом узле техпроцесса либо по двойному щелчку по этому узлу. От типа станка и его параметров зависят набор доступных операций, параметры по умолчанию и дальнейшее поведение системы. Если выбран токарный станок, то доступны только токарные операции, фрезерный – только фрезерные, а если токарно-фрезерный, то доступны и фрезерные, и токарные операции.



Если на момент переключения типа станка в технологическом процессе содержатся операции, неподдерживаемые новым станком, то они помечаются как исключённые и их траектория не выводится в результирующую управляющую программу.

### Токарная обработка

В **SprutCAM 2007** добавлен набор токарных операций. Эти операции как обособленно для создания управляющих программ для токарных станков, так и совместно с фрезерными операциями для проектирования обработки на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах. Токарные и фрезерные операции работают по единой концепции и полностью совместимы между собой по геометрическим параметрам. Что позволяет передавать между токарными и фрезерными операциями деталь, промежуточную заготовку и оснастку.

### Обработка торца.



Производится выравнивание торца заготовки серией параллельных ходов, перпендикулярных оси вращения.

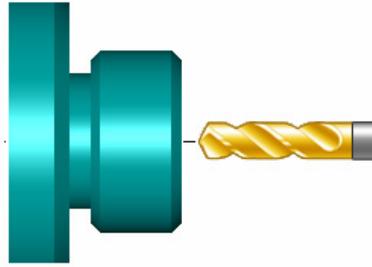
### Черновая.



Удаляется необходимый материал заготовки параллельными ходами инструмента под произвольным углом к оси вращения. Опционально игнорируются канавки, возможна подчистка

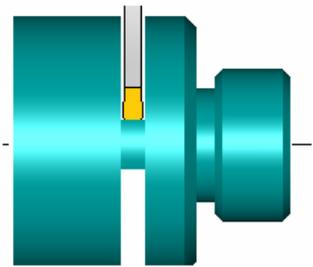
поверхности детали между соседними параллельными проходами.

### Сверление.



Обработка осевых отверстий различными циклами (простым сверлением, с ломкой и удалением стружки, нарезанием резьбы).

### Отрезка.



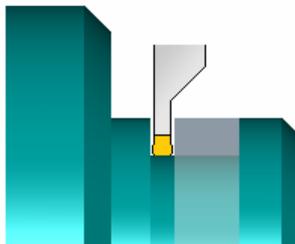
Отрезка готовой детали с возможностью ломки стружки и формирования фаски или скругления.

### Чистовая.



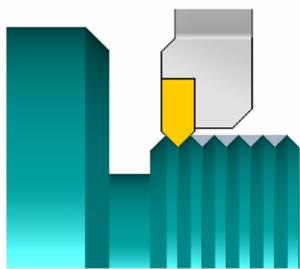
Чистовая обработка поверхности детали с возможностью создания серии эквидистантных ходов. Опционально игнорируются канавки.

### Обработка канавок.



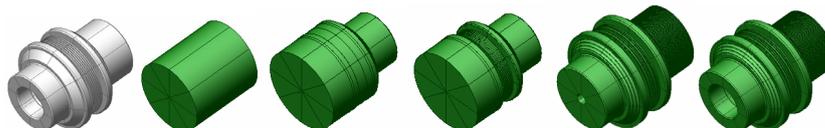
Специализированная операция обработки канавок с опциональным включением черновых и чистовых проходов. Управляются так же параметры ломки стружки, количество черновых слоёв, порядок обработки, количество и направления чистовых проходов.

### Нарезание резьбы.



Специализированная операция нарезания различных типов резьбы. Задаются различные параметры для оптимизации построения черновых и чистовых проходов.

#### Передача промежуточной заготовки от операции к операции



Заполнение геометрических параметров при создании новых операций производится таким образом, чтобы максимально приблизить логику системы к самой распространённой последовательности действий при обработке. Для получения какой-либо детали выбирается соответствующая заготовка, закрепляется на станке и обрабатывается набором технологических операций. При этом промежуточная заготовка постепенно изменяет свою форму от операции к операции от начальной заготовки до конечной детали. Если в процессе обработки переориентировали деталь или передвинули прижимы, то соответствующие положение вещей остаётся таким до следующего изменения.

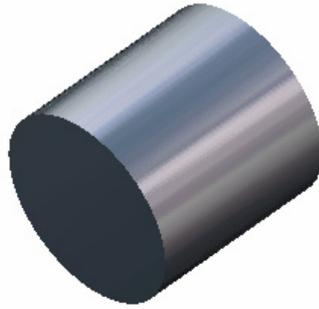
Поэтому по умолчанию считается, что первая операция технологического процесса в качестве детали, заготовки и оснастки использует, соответственно, **Деталь**, **Заготовку** и **Оснастку**, заданные в корневом узле. А каждая последующая операция получает ту же деталь и оснастку, что и предыдущая, а в качестве начальной заготовки использует материал, который остался после обработки предыдущей операцией.

#### Деталь



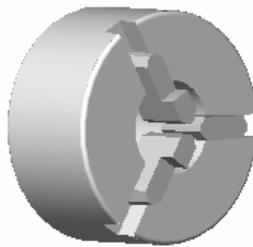
модель детали, которую требуется получить в результате обработки. При расчёте траектории используется как контролируемая модель, для того, чтобы избежать зарезов. Модель может быть твёрдотельной, поверхностной или построенной на базе кривых. По умолчанию устанавливается ссылка на **Деталь** предыдущей операции. Если модель пустая, то просто не производится контроль на зарезание детали.

#### Заготовка



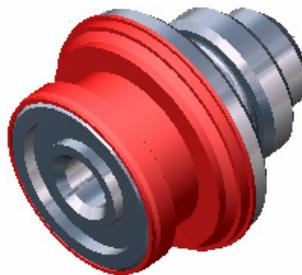
объёмная модель заготовки перед началом операции. Анализируется при расчёте траектории для снятия необходимого материала и построения переходов вне материала. Модель обязательно твёрдотельная, при добавлении поверхностной модели производится сшивка с указанной точностью или замыкание до указанного уровня. Заготовка также может быть задана телами, построенными на базе кривых или описанными вокруг детали. В чистовых операциях учёт заготовки может быть отключен. По умолчанию устанавливается ссылка на **Результат Обработки** предыдущей операции. При пустой заготовке траектория может быть рассчитана только для чистовых операций с отключенным учётом заготовки.

#### Оснастка



обычно указываются все фиксирующие приспособления (патрон, тиски, прижимы и т.п.) или запрещённые зоны любого другого характера. При расчёте траектории используется как контролируемая модель, для того, чтобы избежать столкновений или других подобных коллизий. Модель может быть твёрдотельной, поверхностной или построенной на базе кривых. По умолчанию устанавливается ссылка на **Оснастку** предыдущей операции. Если **Оснастка** не задана, то контроль не производится.

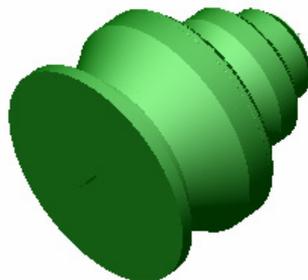
#### Рабочее Задание



то, что должно быть обработано операцией. Зачастую это вся **Деталь** или какая-либо её часть. Траектория операции строится таким образом, чтобы обработать указанное **Рабочее Задание**, удалив для этого необходимый материал **Заготовки**, не резая **Деталь** и не сталкиваясь с **Оснасткой**. Доступные элементы **Рабочего Задания** и способы его указания зависят от типа операции. По умолчанию устанавливается ссылка на всю **Деталь**

операции. Если **Рабочее Задание** не определено, то обрабатывается так же вся **Деталь**.

### Результат Обработки



материал, оставшийся после обработки начальной **Заготовки** операции. Узел добавлен для возможности визуального контроля остаточного материала и для прозрачности ссылки в **Заготовке** последующей операции на **Результат Обработки** предыдущей. Узел рассчитывается автоматически и его параметры не редактируются. Если траектория операции не посчитана, то в качестве **Результата Обработки** выдаётся неизменённая модель начальной **Заготовки** операции.

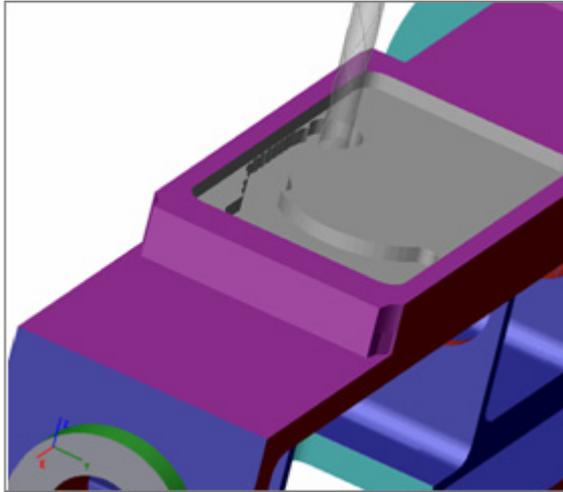
### Инспектор параметров

[-] <b>Рассчитано</b>	
Время резания	00:00:00 чч:мм:сс
Траектория	0 NC-Блок
[-] <b>Отмоделировано</b>	
Время холостых пере	Нет информации
Время ускоренных пе	Нет информации
Рабочее время	Нет информации
Вспомогательное вре	Нет информации
Ручная правка	Сгенерирована авто

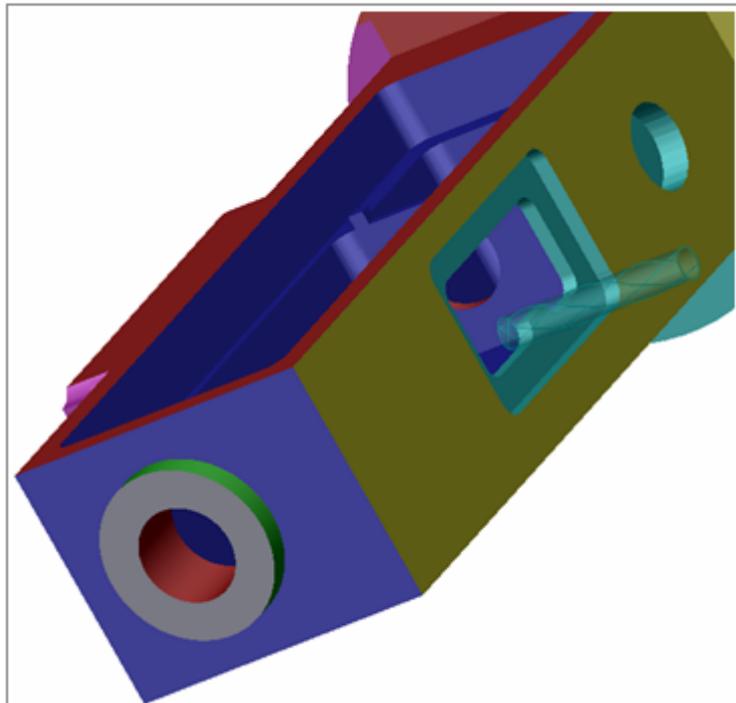
Параметры выбранного узла техпроцесса (операции, инструмента параметров и т.д.) доступны для просмотра и редактирования через список параметров в левом нижнем углу главного окна. Этот список является альтернативным средством для быстрого редактирования значений параметров без открытия дополнительных окон и ориентирован на пользователей, хорошо знакомых с системой. Более наглядное представление тех же данных осуществляется в окне параметров операций, открываемом по нажатию на кнопку < **Параметры** > или по двойному щелчку по узлу в дереве техпроцесса.

## 1.3.5 Моделирование обработки

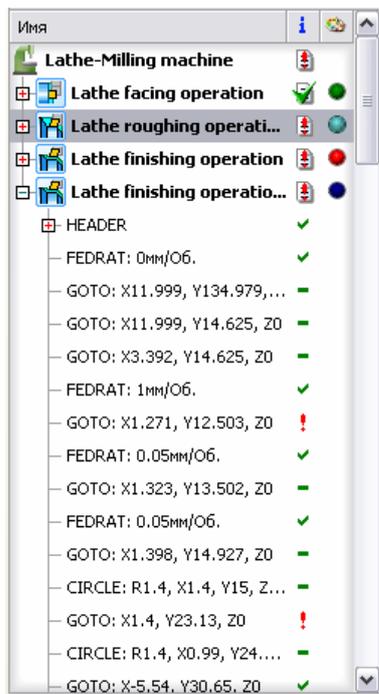
Принципиально новая подсистема моделирования



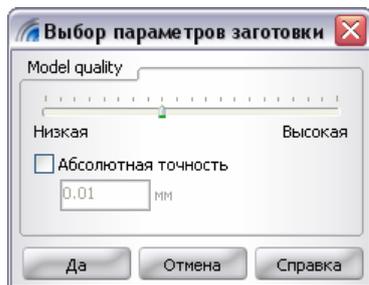
В **SprutCAM 2007** используется принципиально новая подсистема многокоординатного токарно-фрезерного моделирования обработки. Подсистема обеспечивает получение более точных и достоверных геометрических моделей получаемых при токарном точении, резьбонарезании, сверлении, а так же при многокоординатной фрезерной обработке. Что, в свою очередь, даёт возможность получать реалистичное изображение обработанных деталей.



Производится автоматический контроль коллизий при столкновении режущей части с обрабатываемой деталью на ускоренной подаче, контроль оправки, максимального угла врезания инструмента.

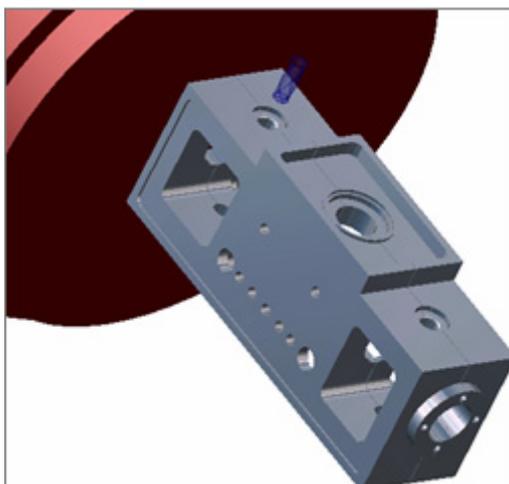


Скорость моделирования зависит от требуемой точности модели. Чем выше точность моделирования, тем больше ресурсов компьютера для этого потребуется. Открытие окна настройки точности моделирования производится по нажатию на кнопку



### Моделирование токарных и фрезерных операций

При моделировании фрезерных операций отображается объемная модель обрабатываемой детали. Качество получаемой модели не меняется при изменении направления оси инструмента. Применяемые методы хорошо подходят для моделирования многокоординатной обработки.



При моделировании токарной обработки обрабатываемая деталь отображается как тело вращения вне зависимости от того, какая форма была у начальной заготовки. Сделано так для достижения эффекта вращения обрабатываемой детали. Если после токарных операций идёт фрезерная, то для фрезерной операции будет опять отображаться реальная форма детали.

### Инициализация заготовки

Начальная заготовка для моделирования инициализируется по заданной заготовке в корневом узле техпроцесса. Моделирование процесса обработки модифицирует форму этой заготовки.

При нажатии на одну из кнопок  будет учитываться начальная заготовка операции и результат её обработки. Поэтому деталь может отличаться от полученной при пошаговом моделировании с самого начала в случае, если при проектировании процесса обработки была разорвана цепочка передачи промежуточной заготовки от операции к операции. (В одной или нескольких операциях была переопределена заготовка: удалена ссылка на результат предыдущей операции или добавлены новые объекты.)

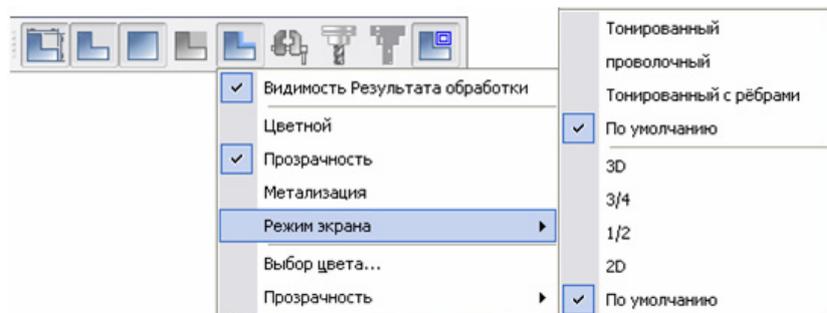
**Примечание:** Зачастую при открытии проектов предыдущих версий цепочка передачи заготовки между операциями не может быть восстановлена или начальная заготовка может быть не определена. В этом случае моделирование обработки может выглядеть не всегда корректно. Зачастую к правильному результату приводит следующая последовательность действий: сделать активной первую операцию, нажать кнопку  для инициализации заготовки на начало операции, а затем выполнить плавное моделирование обработки.

Нажатие на кнопку  инициализирует заготовку по начальной заготовке техпроцесса.

### Моделирование отдельных операций

Если нет необходимости моделировать весь процесс обработки, а надо детально просмотреть лишь отдельную операцию, то удобнее всего сделать активной интересующую операцию (или узел её траектории) и нажать на кнопку  для инициализации заготовки на начало выделенного узла. Затем можно использовать обычные функции для пошагового или плавного моделирования.

### Визуальные эффекты



Назначение панели видимости – управление видимостью и параметрами отображения объектов **SprutCAM** в различных режимах работы приложения (3D-Модель, 2D-Геометрия, Моделирование, Технология, Печать, РТК).

На панели расположены кнопки, управляющие видимостью:

- Геометрической модели;
- Детали;
- Заготовки;
- Оснастки;
- Рабочего задания;
- Результата обработки;
- Инструмента;
- Оправки;
- Траектории;

Нажатие на кнопки включает или выключает отображение соответствующего объекта, правый щелчок на той же кнопке вызывает контекстное меню, через которое осуществляется управление визуальными свойствами объекта.

Из контекстного меню доступны следующие команды:

**Цветной** – параметр определяет, как рисовать объект: одним выбранным цветом или разными цветами (например, с учётом следа инструмента при моделировании обработки);

**Прозрачность** – Если пункт отмечен, то соответствующий объект рисуется прозрачным, при этом степень прозрачности объекта задается в подменю **Степень прозрачности**.

**Металлический блеск**. – включает механизм визуализации поверхностей с металлическим отблеском;

**Режим отображения** – переключение режимов отображения объекта (проволочный, тонированный, тонированный с ребрами, по умолчанию), а также выбор способов показа тел вращения (3D, 3/4, 1/2, 2D, по умолчанию). Выбор пункта «**по умолчанию**» указывает на то, что объект должен рисоваться в соответствии с

режимом, выставленным с помощью кнопок  на панели управления визуализацией;

**Выбор цвета** открывает стандартное окно выбора цвета объекта;

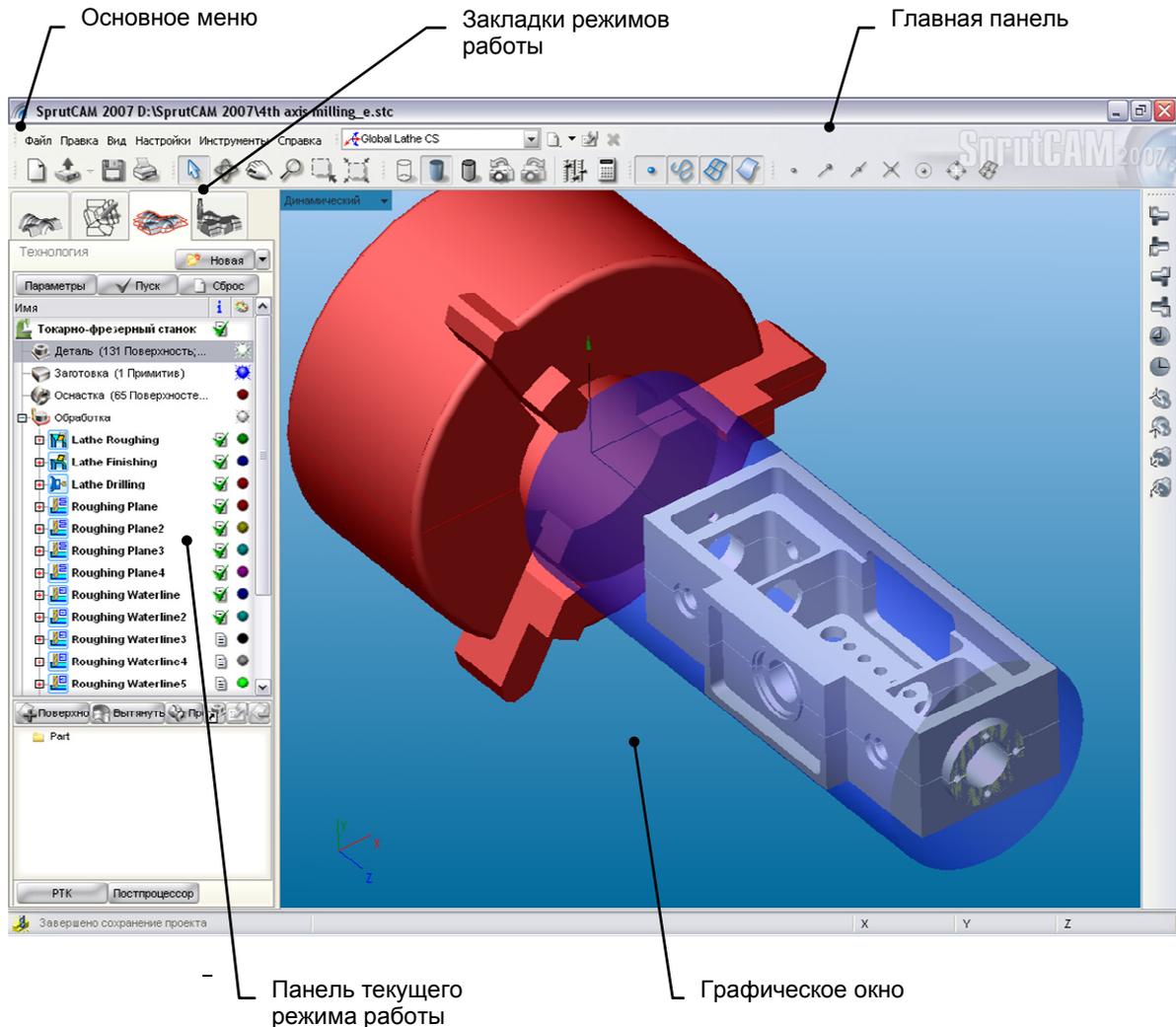
**Степень прозрачности** раскрывает список доступных для выбора значений прозрачности объекта в процентах.

Параметры и набор отображаемых объектов задаются индивидуально для каждого режима работы **SprutCAM**. В режиме "**Моделирование**" кнопка "**Результат обработки**" управляет видимостью заготовки, подвергаемой обработке, во всех остальных режимах – видимостью результата обработки выбранной операции или всего технологического процесса, если ни одна операция не выбрана.

## 2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 2.1 ГЛАВНОЕ ОКНО СИСТЕМЫ

Главное окно системы имеет вид:



#### 2.1.1 Основное меню

Основное меню состоит из шести основных пунктов. Многие пункты меню продублированы в главной панели.

- **<Файл>**
  - **<Новый>** – закрывает текущий проект и заново инициализирует состояние системы. Удаляет геометрическую модель и технологический процесс. Освобождает часть занимаемой системой памяти. Функция также может быть вызвана из главной панели.
  - **<Открыть>** – загружает проект. Пункт меню продублирован в главной панели.
  - **<Открыть повторно>** – загружает проект из списка ранее загруженных проектов.

- **<Сохранить>** – сохраняет проект под текущим именем. Если проект не сохранялся, запрашивает новое имя. Вызов функции возможен и из главной панели.
- **<Сохранить как>** – сохраняет проект под новым именем. В окне диалога для выбора имени проекта можно установить способ сохранения: краткий, средний или полный. Чем детальнее сохраняется рассчитываемая информация, тем больше будет размер проектов. В кратком режиме сохраняются только исходные данные (геометрическая модель, системы координат, операции и их параметры), вся рассчитываемая информация не сохраняется. В среднем режиме кроме перечисленного сохраняются траектории операций, а в полном – промежуточные состояния заготовки.
- **<Печать>** – открывает окно печати.
- **<Генератор постпроцессоров>** – запуск приложения для генерации файлов настройки постпроцессора (Генератора постпроцессоров).
- **<Экспорт в DXF>** - открывает окно экспорта 2D-модели в DXF формат.
- **<Выход>** – выход из системы. Если открытый проект не был сохранен, то будет предложено выбрать: сохранить проект или выйти без сохранения.
- **<Правка>**
  - **<Вырезать>** – удаляет выбранные объекты в буфер обмена. Пункт меню продублирован в окне структуры модели и всплывающем меню.
  - **<Копировать>** - копирует выбранные объекты в буфер обмена. Вызов функции возможен из контекстного меню графического окна.
  - **<Вставка>** – вставляет содержимое буфера обмена в активную группу. Функция также может быть вызвана из контекстного меню графического окна.
  - **<Удалить>** – удаляет выбранные объекты. Функция также может быть вызвана из контекстного меню графического окна или клавишей **<Del>**.
  - **<Выбрать все>** – выделяет все объекты активной группы. Функция также может быть вызвана из контекстного меню графического окна или комбинацией клавиш **<Ctrl+A>**.
- **<Вид>**
  - **<Панели инструментов>** – открывает меню переключателей видимости различных панелей управления.
    - **<Файлы>** – панель работы с проектами.
    - **<Режимы графического окна>** – панель управления режимами работы графического окна.
    - **<Основные настройки>** – панель доступа к функциям настроек графического окна и системы в целом.
    - **<Фильтры>** – панель фильтров выбора объектов. Панель является “швартующейся” и может быть размещена в любом удобном месте экрана.
    - **<Привязки>** – панель доступных привязок к существующим объектам при построении новых элементов.
    - **<Система координат>** - панель управления системами координат. Панель является “швартующейся” и может быть размещена в любом удобном месте экрана.

- **<Стандартные векторы взгляда>** – панель стандартных векторов взгляда для графического окна. Панель является “швартующейся” и может быть размещена в любом удобном месте экрана.
- **<Управление видимостью>** - панель управления видимостью и режимами отображения 3D-модели, геометрических параметров операций, инструмента и траектории для каждого режима работы (**3D Модель**, **2D Геометрии**, **Технологии** и **Моделирования**).
- **<Инструменты>** – панель запуска внешних задач. Панель является “швартующейся” и может быть размещена в любом удобном месте экрана.
- **<3D Модель>** – переключает систему в режим “3D Модель”.
- **<2D Геометрия>** – переключает систему в режим “2D геометрия”.
- **<Технология>** – переключает систему в режим “Технология”.
- **<Моделирование>** – переключает систему в режим “Моделирование”.

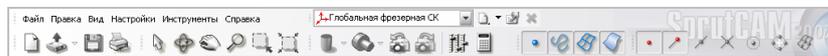
Переключение между режимами работы также возможно и через закладки на главной панели.

- **<Настройки>**
  - **<Правка>** – открывает окно изменения системных установок. Функция может быть вызвана и из главной панели.
  - **<Загрузить>** - позволяет загрузить системные установки из файла конфигурации.
  - **<Сохранить как>** - позволяет сохранить системные установки в файле конфигурации
  - **<Инструменты>** – открывает окно настройки панелей инструментов.
  - **<Мастер дополнений>** – открывает окно настройки панели запуска внешних задач.
  - **<Калькулятор>** – запускает калькулятор. Пункт меню продублирован в главной панели.
  - **<Редактор инструментов>** – открывает окно для настройки панели и меню запуска внешних задач.
- **<Справка>**
  - **<Содержание>** – выводит оглавление справочной системы.
  - **<Справка>** – запуск справочной системы.
  - **<Учебник по SprutCAM>** – запуск учебника по **SprutCAM**.
  - **<Форум по SprutCAM>** – загрузка WEB-страницы форума по системе **SprutCAM**
  - **<Сообщение в службу технической поддержки>** подготовка письма по электронной почте для службы технической поддержки АО “СПРУТ-Технология”. E-Mail: support@sprut.ru.
  - **<On-line регистрация>** – позволяет зарегистрироваться на сайте АО “СПРУТ-Технология” для внесения в базу рассылки новостей от фирмы “СПРУТ-Технология”.
  - **<SprutCAM в интернете>** – запуск обозревателя для доступа к <http://www.sprutcam.ru>
  - **<АО СПРУТ-Технология в интернете>** – загрузка WEB-страницы АО “СПРУТ-Технология”. Адрес сервера: <http://www.sprut.ru> .

- <Письмо в АО СПРУТ-Технология> – запуск почтового клиента для отправки сообщения в АО СПРУТ-Технология. E-mail: st@sprut.ru
- <О программе> – информация о системе SprutCAM ®.

## 2.1.2 Панели управления

Общий вид главной панели:



Панели управления могут быть припаркованы как на главной панели, так и на дополнительных панелях снизу и по бокам графического окна. На панелях управления расположены кнопки доступа к наиболее часто используемым функциям управления проектами, режимами графического окна, настройками, фильтрами и т. п.

## 2.1.3 Системы координат

Для удобства проектирования технологического процесса можно создать произвольное количество локальных систем координат (СК). Система координат может быть использована в качестве параметра для любой технологической операции. Все геометрические параметры должны задаваться в заданной системе координат. Траектория инструмента рассчитывается в той же системе координат.

Системы координат разделены на токарные и фрезерные по типам операций, для которых они предназначены. Подразумевается, что при фрезерной обработке ось инструмента будет параллельна оси Z, а при токарной обработке ось Z совпадает с осью вращения.

Все локальные фрезерные системы координат задаются относительно глобальной фрезерной системы координат сдвигом начальной точки в произвольном направлении и поворотом вокруг осей. Токарные системы координат могут задаваться только сдвигом вдоль оси вращения относительно глобальной токарной системы координат.

### Панель управления системами координат

Панель управления системами координат представлена на рисунке.



Активная система координат - система координат, параметры которой используются для отображения модели. Все вновь создаваемые операции по умолчанию используют активную на момент создания систему координат.

 Выбор метода создания СК. Меню выбора метода создания СК описанное ниже.

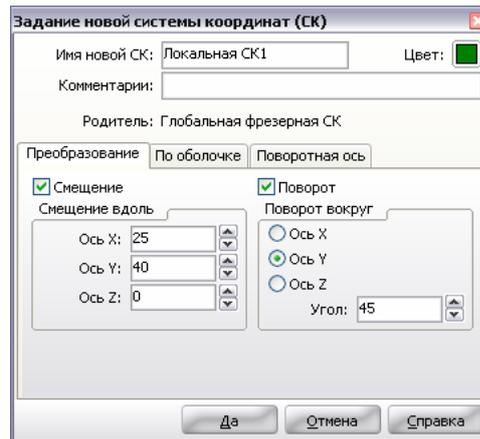
 Создание системы координат - активизирует выбранный метод создания системы координат.

 Окно параметров системы координат - Вызов окна параметров активной системы координат.

 Удаление системы координат - Удаление активной системы координат. Все дочерние системы координат поднимаются на один уровень вверх. Глобальная система координат не может быть удалена.

### Создание фрезерной системы координат при помощи диалогового окна.

 В этом методе для создания системы координат используется окно, в котором пользователь может задавать необходимые ему параметры СК. Окно создания систем координат представлено на рисунке.



Все преобразования производятся относительно активной системы координат. Вновь создаваемая система может быть смещена или повернута относительно родительской СК. Если используются поворотные оси, то может быть создана система координат, определяющая положение соответствующего исполнительного механизма станка. При нажатии клавиши отмена новая система координат не создается и активная не изменяется.

Интерактивное создание фрезерной системы координат по текущей плоскости визуализации.

 При создании СК, сначала следует выставить требуемое положение вектора взгляда, воспользовавшись кнопкой  или кнопками на панели векторов взгляда. Затем необходимо задать точку начала координат. Для этого на экране курсором надо указать точку. Если она может быть использована в качестве начала СК, то она будет, выделяется зеленым цветом. Выбор подтверждается щелчком на ней левой клавишей мыши. После чего вновь созданная система координат устанавливается в качестве активной.

Интерактивное создание фрезерной системы координат по начальной точке и двум направляющим векторам.

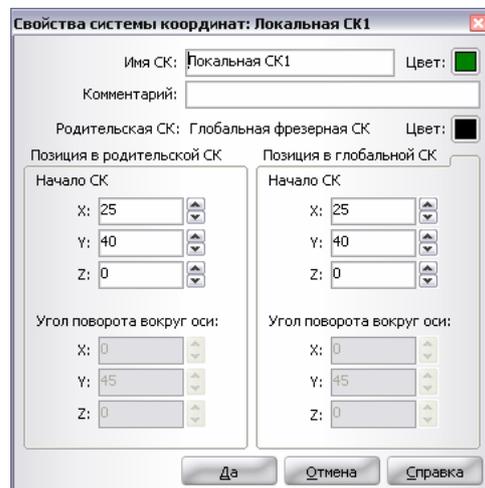
 Система координат задается точкой начала координат и двумя направляющими векторами X и Y. При создании СК сначала необходимо задать точку начала координат. Для этого на экране курсором следует указать точку. Если она может быть использована в качестве начала СК, то она выделяется зеленым цветом. Выбор подтверждается щелчком на ней левой клавишей мыши. После чего указывается направление оси X. Для этого на экране следует выбрать точку, через которую пройдет ось X. Далее аналогичным способом задается направление оси Y.

Вновь созданная система координат устанавливается в качестве активной.

### Изменение параметров существующей фрезерной системы координат

Для открытия окна свойств системы координат следует воспользоваться кнопкой  на панели систем координат.

Окно свойств СК представлено на рисунке.

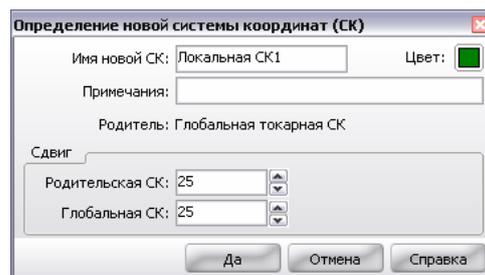


Для смещения выбранной СК следует ввести величину смещения по осям X, Y и Z. Смещение производится относительно родительской системы координат.

Так же в этом окне может быть изменено имя системы координат, ее цвет и комментарии к ней.

### Создание токарной системы координат при помощи диалогового окна.

Окно создания токарной системы координат открывается по нажатию на кнопку , если в данный момент активна какая-либо система координат токарного типа.



В окне задаются имя новой системы координат, примечания и смещение начальной точки вдоль оси вращения относительно родительской или глобальной токарной системы координат.

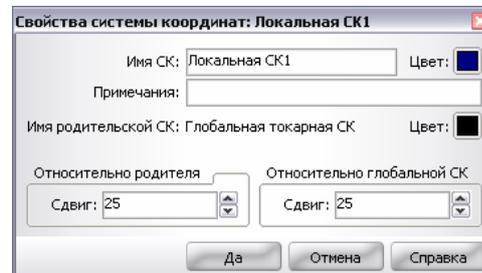
### Интерактивное создание токарной системы координат сдвигом начальной точки.

Создание новой системы координат инициируется нажатием на кнопку , если активна система координат токарного типа. Необходимо задать точку начала координат для новой системы. Новая точка будет обязательно лежать на оси вращения глобальной токарной системы координат, но может иметь произвольное смещение вдоль этой оси. На экране курсором надо указать точку, если она может быть использована в качестве начала СК, то она будет, выделена зеленым цветом. Выбор

подтверждается щелчком на ней левой клавишей мыши. После чего вновь созданная система координат устанавливается в качестве активной.

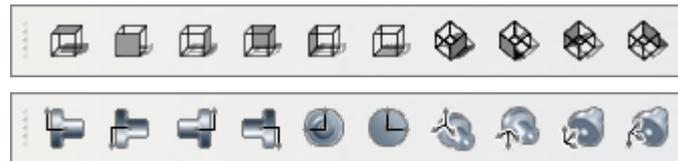
### Изменение параметров существующей токарной системы координат

Для открытия окна свойств системы координат следует воспользоваться кнопкой  на панели систем координат.



В окне могут быть отредактированы имя системы координат, примечания и значения смещений начальной точки вдоль оси вращения.

## 2.1.4 Панель стандартных векторов взгляда



Панель стандартных векторов взгляда имеет разный вид для фрезерных и токарных систем координат. При нажатии на одну из кнопок панели в графическом окне устанавливается соответствующий вектор взгляда. При смене вектора взгляда в графическом окне любым другим способом нажатая на панели кнопка автоматически отжимается.

Панель может быть включена или выключена из пункта **Вид** → **Панели инструментов** → **Стандартные вектора взгляда** главного меню. Панель является «швартующейся» и может быть размещена в любом удобном месте экрана.

## 2.1.5 Фильтр выбора объектов

При выборе объектов может использоваться фильтр по типу объектов (точка, кривая, сеточный объект, поверхность).



Параметры фильтра при выборе устанавливаются нажатием соответствующих кнопок на панели Фильтр выбора. Если кнопка нажата, то выбор объектов соответствующего типа разрешен, отжата – запрещен.



– Разрешить/запретить выбор точек.



– Разрешить/запретить выбор кривых.



– Разрешить/запретить выбор сеточных объектов.



– Разрешить/запретить выбор поверхностей.

Панель может быть включена или выключена из пункта Вид → Фильтр выбора главного меню. Панель является “швартующейся” и может быть размещена в любом удобном месте экрана.

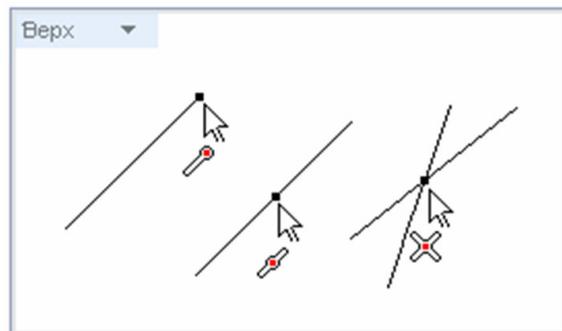
## 2.1.6 Привязки

Любые геометрические построения требуют точного задания координат точек, через которые необходимо построить геометрический элемент. Существует два способа задания: с клавиатуры и интерактивно курсором мыши в графическом окне. Простое указание положения точки курсором не обеспечивает требуемой точности. Для того чтобы указать курсором точное положение точки на экране используются привязки курсора к определенным точкам ранее построенных геометрических объектов.

Способы привязки включаются и выключаются на перемещаемой панели привязок, которая может быть припаркована к разным частям главного окна.



Когда привязка включена, перемещение курсора около точки привязки на объекте заставляет курсор перескочить точно в точку. В этот момент на экране около курсора появляется рисунок, указывающий тип привязки.



Одновременно может быть включено несколько способов привязки.

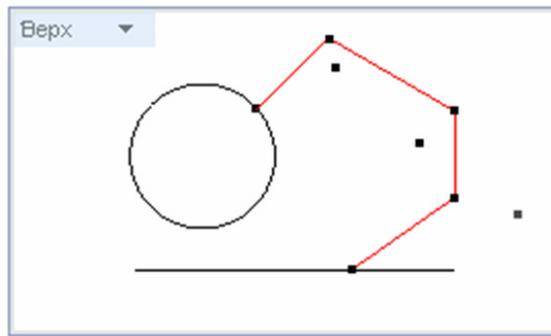


Включать и выключать способ привязки можно непосредственно в процессе построения геометрического объекта.

### Привязка к точке



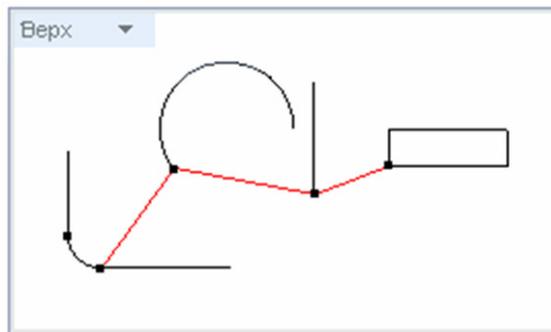
Привязка к точке заставляет курсор “прилипать” к существующей точке находящейся в зоне захвата курсора.



### Привязка к крайней точке геометрического объекта



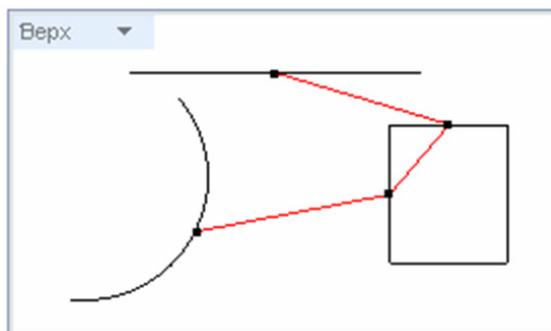
Привязка к последней точке устанавливает курсор в конечные точки кривых, а так же в конечные точки сегментов, из которых состоит кривая.



### Привязка к средней точке



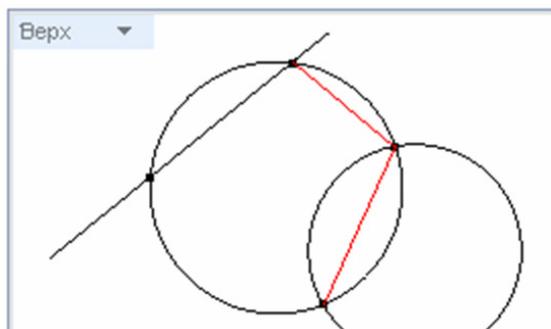
Привязка к средней точке устанавливает курсор в среднюю точку отрезка или дуги.



### Привязка к точке пересечения



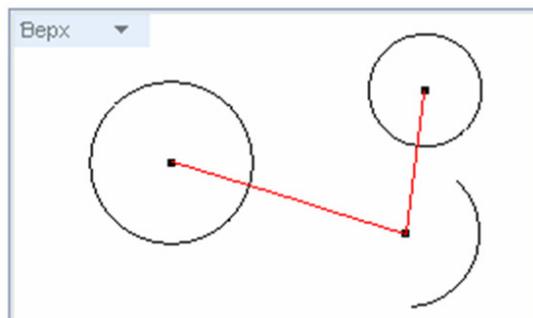
Привязка к точке пересечения устанавливает курсор в точку пересечения двух кривых.



### Привязка к центру окружности



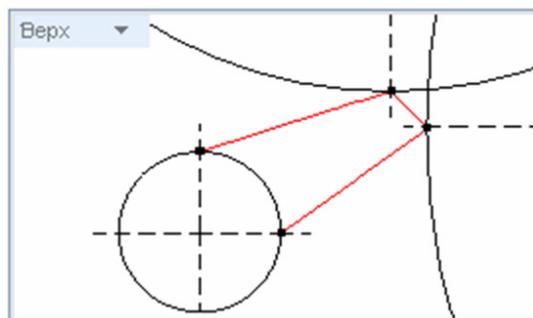
Привязка к центру окружности устанавливает курсор в центр окружности или дуги.



#### Привязка по четвертям



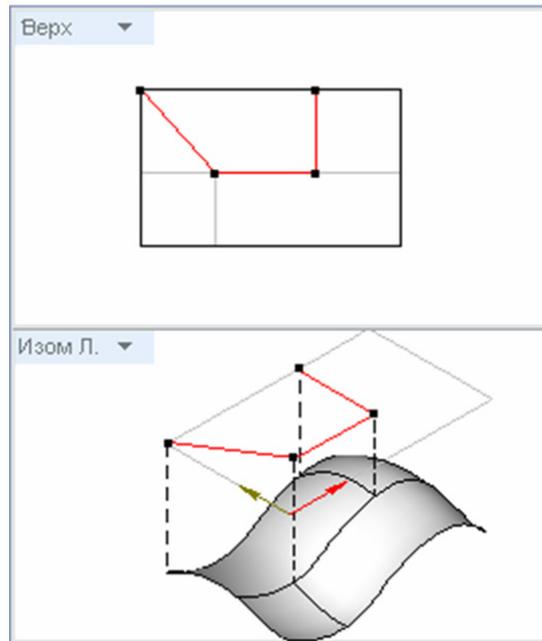
Привязка по четвертям устанавливает курсор в точку на границе квадрантов окружности или дуги.



#### Привязка к проекции



Привязка к проекции устанавливает курсор в точки, являющиеся проекциями узловых точек границ поверхностей 3D модели на текущую плоскость построения элементов.



## 2.1.7 Индикатор процесса

Индикатор процесса включается при выполнении системой длительных операций. К таким операциям относятся процесс импорта модели, процесс расчета траектории инструмента, моделирование и другие. Выполнение длительной операции может быть прервано щелчком мыши по индикатору. После получения подтверждения на прерывание длительного процесса его выполнение будет остановлено.

Индикатор процесса появляется в самом низу главного окна в одной из панелей строки состояний.



## 2.1.8 Графическое окно и управление визуализацией

### Графическое окно

Основную часть экрана занимает графическое окно. Графических окон может быть несколько. Для добавления нового вида следует щелкнуть мышью по панели **Динамический** (в левом верхнем углу графического окна) и выбрать в появившемся меню пункт **<Новый вид>**. Активный вид можно закрыть с помощью выпадающего меню. Горячие клавиши для управления визуализацией, цветом фона, параметрами отображения осей и другие могут быть изменены на закладке **Визуализация** в окне **Системных настроек**, которое может быть открыто при помощи кнопки .

### Управление визуализацией



Можно управлять режимами работы графического окна с помощью кнопок главной панели. На панели доступны следующие функции (По умолчанию):

### Режим выбора объектов

Для перехода в режим выбора объектов следует нажать кнопку . После этого система перейдет в режим интерактивного выбора объектов. Для выбора объекта следует подвести к нему курсор. Если объект может быть выбран он будет подсвечен. Для подтверждения выбора следует щелкнуть на нём левой кнопкой мыши.

### Динамическая установка вектора взгляда

После нажатия на кнопку  графическое окно переходит в режим изменения вектора взгляда. Для вращения объекта следует нажать правую кнопку мыши в поле графического окна и перемещать указатель мыши, удерживая кнопку нажатой. Или левую кнопку мыши при нажатой кнопке . Перемещение мыши в горизонтальном направлении приводит к вращению объектов вокруг вертикальной оси. Перемещение мыши в вертикальном направлении приводит к вращению объектов вокруг горизонтальной оси.

Если при этом удерживать нажатой одну из клавиш [X], [Y] или [Z], то вращение объектов будет происходить вокруг соответствующих осей координат (x, y или z).

Выбор вектора взгляда также возможен с помощью панели **Стандартных векторов взгляда**. Для ее активизации следует воспользоваться основным меню, пункт **Вид→Панели инструментов→Стандартные вектора взгляда**.

### Динамическое смещение изображения

Для смещения модели следует нажать среднюю кнопку мыши в поле графического окна и перемещать указатель, удерживая кнопку нажатой либо воспользоваться левой кнопкой мыши при нажатой кнопке .

### Динамическое изменение масштаба визуализации

После нажатия на кнопку  графическое окно переходит в режим динамического изменения масштаба изображения. Для изменения масштаба необходимо нажать левую кнопку мыши в поле графического окна и перемещать указатель, удерживая кнопку нажатой. При движении указателя мыши вверх, изображение будет увеличиваться, при движении вниз уменьшаться. Перемещение мыши в горизонтальном направлении не приводит к изменению параметров графического вывода.

Кроме того, то же происходит, если нажать и удерживать кнопку [Ctrl] и пользоваться правой клавишей мыши, как описано выше, либо колесом мыши.

### Выбор фрагмента для увеличения

После нажатия на кнопку  графическое окно переходит в режим выбора фрагмента для увеличения. Для обозначения прямоугольного фрагмента следует нажать левую кнопку мыши в поле графического окна и перемещать указатель, удерживая кнопку нажатой. После отпущения кнопки мыши изображение,

входящее в прямоугольник выбора, будет увеличено на все графическое окно, и режим выбора фрагмента будет завершен.

Кроме того, то же происходит, если нажать и удерживать кнопку [Alt] и пользоваться правой клавишей мыши, как описано выше.

#### Показать все

При нажатии на кнопку  система устанавливает такой масштаб визуализации, при котором все геометрические объекты попадут в графическое окно. Текущий режим графического окна изменен не будет. Функцию можно активировать двойным нажатием средней кнопки мыши в графическом окне.

#### Тонированное изображение и способ отображения

Кнопки  переключают способ отображения тел в графическом окне: проволочный, тонированное отображение, прорисовка тонированных поверхностей с отрисовкой ребер. А так же задают способ отображения тел вращения: 3D, 3D с вырезом четверти, 3D с осевым сечением и 2D.

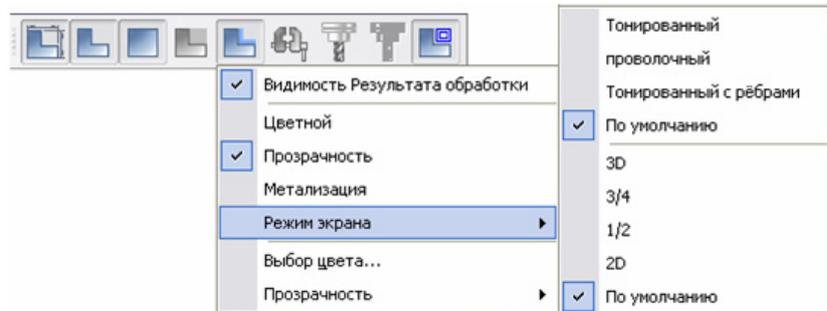
#### Восстановить вид

Кнопка  позволяет вернуть предыдущие параметры графического вывода (масштаб, вектор визуализации и т.п.). Функция продублирована в основном меню.

#### Сохранить вид

Кнопка  позволяет отменить возврат к предыдущим параметрам графического вывода. Функция продублирована в основном меню.

## 2.1.9 Панель видимости объектов



Назначение панели видимости – управление видимостью и параметрами отображения объектов **SprutCAM** в различных режимах работы приложения (3D-Модель, 2D-Геометрия, Моделирование, Технология, Печать, РТК).

На панели расположены кнопки, управляющие видимостью:

- Геометрической модели;
- Детали;
- Заготовки;
- Оснастки;
- Рабочего задания;
- Результата обработки;
- Инструмента;
- Оправки;
- Траектории;

Нажатие на кнопки включает или выключает отображение соответствующего объекта, правый щелчок на той же кнопке вызывает контекстное меню, через которое осуществляется управление визуальными свойствами объекта.

Из контекстного меню доступны следующие команды:

- **Цветной** – параметр определяет, как рисовать объект: одним выбранным цветом или разными цветами (например, с учётом следа инструмента при моделировании обработки);
- **Прозрачность** – Если пункт отмечен, то соответствующий объект рисуется прозрачным, при этом степень прозрачности объекта задается в подменю **Степень прозрачности**.
- **Металлический блеск**. – включает механизм визуализации поверхностей с металлическим отблеском;
- **Режим отображения** – переключение режимов отображения объекта (проволочный, тонированный, тонированный с ребрами, по умолчанию), а также выбор способов показа тел вращения (3D, 3/4, 1/2, 2D, по умолчанию). Выбор пункта «**по умолчанию**» указывает на то, что объект должен рисоваться в соответствии с режимом, выставленным с помощью кнопок  на панели управления визуализацией;
- **Выбор цвета** открывает стандартное окно выбора цвета объекта;
- **Степень прозрачности** раскрывает список доступных для выбора значений прозрачности объекта в процентах.

Не все объекты **SprutCAM** поддерживают полный набор визуальных свойств. Так, например, для траектории не имеют силу такие параметры, как режим отображения, металлический блеск и другие.

Параметры и набор отображаемых объектов задаются индивидуально для каждого режима работы **SprutCAM**. В режиме **"Моделирование"** кнопка **"Результат обработки"** управляет видимостью заготовки, подвергаемой обработке, во всех остальных режимах – видимостью результата обработки выбранной операции или всего технологического процесса, если ни одна операция не выбрана.

Настройки объектов сохраняются в файле настроек **SprutCAM** и загружаются из него при каждом запуске.

## 2.1.10 Режимы работы

Закладки главной панели служат для управления текущим режимом работы системы.



В режиме **"3D Модель"** (значок ) производятся: импорт из файлов передачи геометрической информации, корректировка структуры геометрической модели, пространственные преобразования объектов, генерация новых элементов из

существующих, а также управление визуальными свойствами объектов.

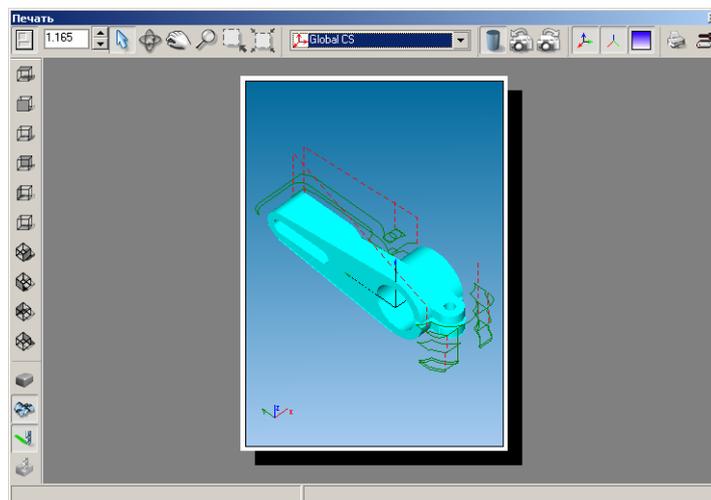
Встроенная **“2D Геометрия”** (значок ) позволяет создавать двумерные геометрические объекты в произвольных плоскостях. Среда имеет мощные средства построения параметризованных геометрических моделей и возможность привязки к координатам трехмерной модели. Построенные 2D контуры и точки могут быть использованы при задании параметров технологических операций.

В режиме **“Технология”** (значок ) формируется процесс обработки детали, который представляет собой последовательность технологических операций различных типов, производится настройка всех параметров технологических операций и расчет траектории инструмента. С закладки осуществляется доступ к постпроцессору для генерации управляющих программ.

В режиме **“Моделирование”** (значок ) отображается моделирование процесса обработки детали.

### 2.1.11 Окно печати

Графические объекты, отображаемые в окне **SprutCAM**, могут быть напечатаны с высоким разрешением и указанным масштабом. Качество печати определяется разрешением принтера. Набор отображаемых объектов, вид, масштаб и прочие параметры задаются в окне печати.



 - Стандартные виды выставляют изображение в активной системе координат.

 - изменяет активную систему координат.

- определяет масштаб изображения.

 - Выполняют те же функции, что и соответствующие кнопки в главном окне.

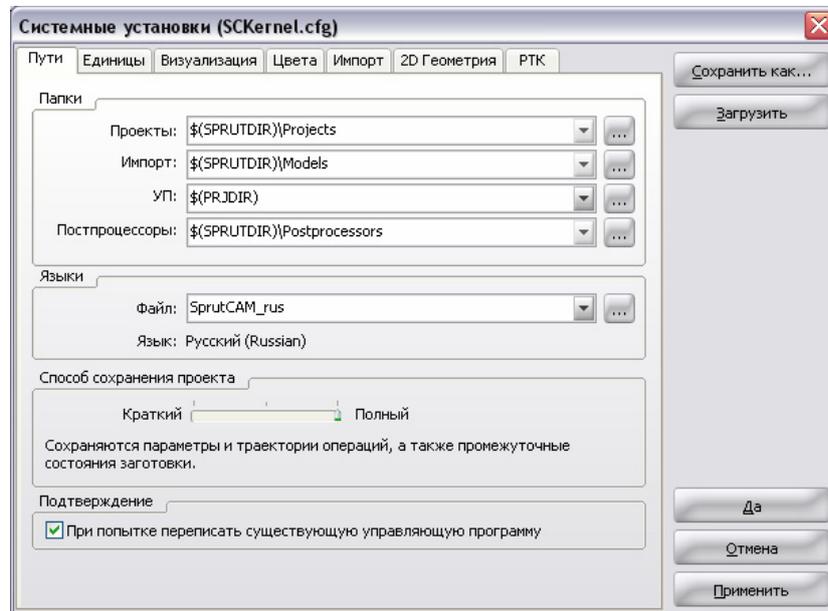
Кнопки управления описаны ниже.

-  - показывать заготовку
-  - показывать обрабатываемую модель
-  - показывать траекторию
-  - показывать результат моделирования
-  - настройка параметров принтера
-  - вывод на печать

**Примечание:** Вывод на печать может потребовать некоторого времени для формирования требуемого изображения. Время вывода на печать документа зависит от выбранного формата бумаги.

## 2.2 ОКНО СИСТЕМНЫХ УСТАНОВОК

Окно системных установок вызывается нажатием кнопки  на главной панели или выбором пунктов **Настройки**→**Правка** основного меню.



Все параметры сохраняются в \*.cfg файлах. Для загрузки или сохранения параметров следует воспользоваться кнопками, расположенными в правой части окна. Количество файлов настроек, которые могут быть созданы, не ограничено.

### Кнопки окна системных установок

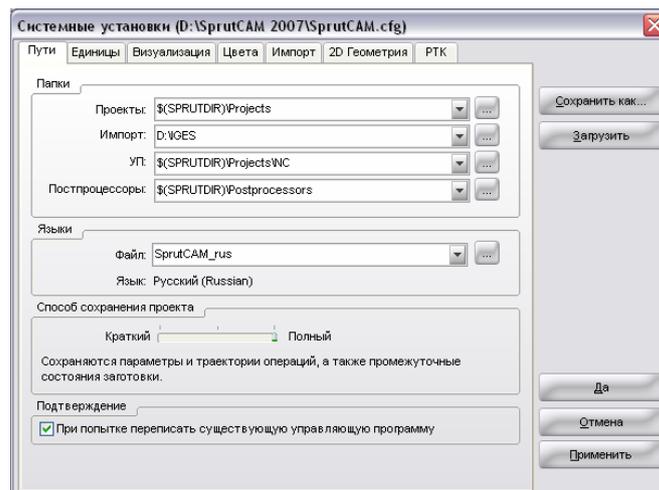
- **<Да>** закрывает окно, сохраняя настройки в текущий файл конфигурации и применяя их для текущего режима работы.
- **<Отмена>** закрывает окно с отменой всех сделанных изменений.
- **<Применить>** закрывает окно и применяет настройки для текущего режима работы
- **<Сохранить как...>** закрывает окно, сохраняя настройки в файл конфигурации заданный пользователем, и делает этот файл настроек текущим. Настройки применяются и для текущего режима работы.
- **<Загрузить>** загружает настройки из указанного файла конфигурации и делает его текущим.

Если при запуске системы файл настроек не будет обнаружен, он будет создан автоматически и все настройки будут выставлены по умолчанию.

Окно состоит из следующих страниц:

- "Пути"
- "Единицы"
- "Визуализация"
- "Цвета"
- "Импорт"
- "2D Геометрия"
- "РТК"

## 2.2.1 Закладка Пути



На этой странице настраиваются пути по умолчанию для каталогов хранения файлов системы.

Каталог **Проекты** используется для загрузки и сохранения проектов.

Путь **Импорт** указывает на каталог, из которого по умолчанию будут загружаться файлы геометрических моделей (импортируемые файлы).

Генерируемые постпроцессором управляющие программы по умолчанию будут сохраняться в каталоге **УП**.

Файлы паспортов постпроцессора по умолчанию будут загружаться из каталога **Постпроцессоры**.

Пути можно корректировать как вручную, так и с помощью диалогов выбора путей, которые запускаются нажатием кнопки .

В системе имеются две predefined переменных, которые могут быть использованы при задании соответствующих каталогов:

**\$(SPRUTDIR)** - каталог, из которого была запущена система **SprutCAM**.

**\$(PRJDIR)** - каталог, указанный в поле **Проекты**.

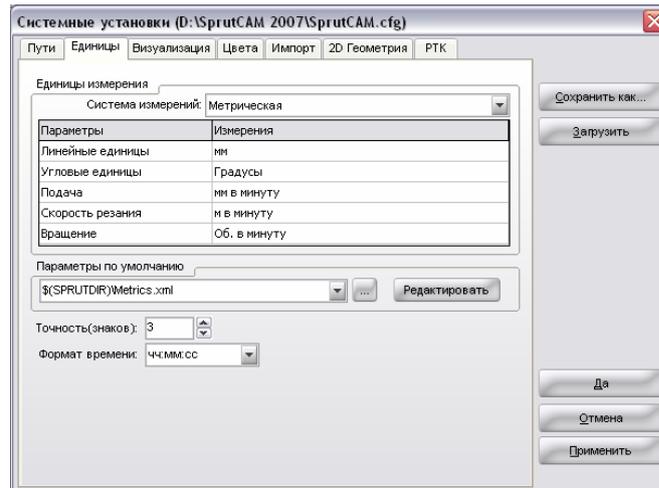
При определении реальных имен каталогов в процессе работы **SprutCAM** указанные переменные будут заменены соответствующим полным путем на момент запуска системы или на момент последнего редактирования системных установок.

На панели **Языки** находится панель выбора текущего языка для отображения надписей в интерфейсных окнах. Изменения вступают в силу только при следующем запуске системы.

**Способ сохранения проекта** введен для управления размерами файлов проектов. Чем детальнее сохраняется рассчитываемая информация, тем больше будет размер файлов. В кратком режиме сохраняются только исходные данные (геометрическая модель, системы координат, операции и их параметры), вся рассчитываемая информация не сохраняется. В среднем режиме дополнительно сохраняются траектории операций, а в полном – ещё и промежуточные состояния заготовки.

На панели **Подтверждение** можно отключить запрос при попытке записи управляющей программы в уже существующий файл.

## 2.2.2 Единицы измерения



На странице располагаются настройки единиц измерения модели и панель настроек параметров системы по умолчанию.

**Линейные размеры** задаются в единицах, соответствующих импортируемой модели. Выходные данные формируются в тех же единицах. То есть для получения управляющей программы для станка ЧПУ в миллиметрах все линейные размеры модели должны быть заданы в миллиметрах.

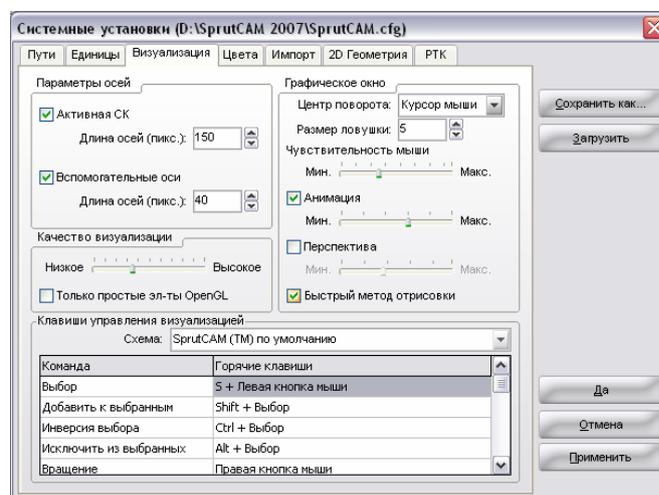
**Угловые размеры** задаются в градусах с десятичными долями.

Параметры операций по умолчанию заполняются из указанного на панели **Параметры по умолчанию** файла. По кнопке **Редактировать** открывается окно для изменения параметров в выбранном файле.

**Точность знаков** – количество знаков после запятой для величин, которые будут выводиться в управляющую программу. Рекомендуется устанавливать значение равным или на единицу больше, чем максимальная точность станка (или требуемое количество знаков после запятой в управляющей программе).

**Формат времени** – формат, в котором будет показываться время в системе (например, время обработки на станке).

## 2.2.3 Закладка Визуализация



На странице располагаются средства управления настройками графических окон.

На панели **Параметры осей** настраиваются видимость и размеры систем координат. Оси **активной** системы координат всегда рисуются из начальной точки в реальном пространстве, а **вспомогательные** оси отрисовываются в левом нижнем углу экрана.

На панели **Качество визуализации** настраивается качество изображения объектов по умолчанию. Изменение точности производится перемещением движка в нижней части панели. Чем выше качество визуализации 3D объектов, тем больше ресурсов потребуются при их построении и отображении на экране. Для всех загружаемых в дальнейшем моделей будет устанавливаться указанная точность.

**Примечание:** Не рекомендуется устанавливать высокую точность визуализации на недостаточно мощных компьютерах из-за возможного замедления работы.

По умолчанию флаг **<Использовать только простые объекты OpenGL>** отключен. Включать его стоит в случае, когда возникают проблемы с отображением модели в графическом окне и эти проблемы связаны с неполной поддержкой **OpenGL** видеокартой или ее драйверами.

На панели **Графическое окно** могут быть заданы следующие параметры:

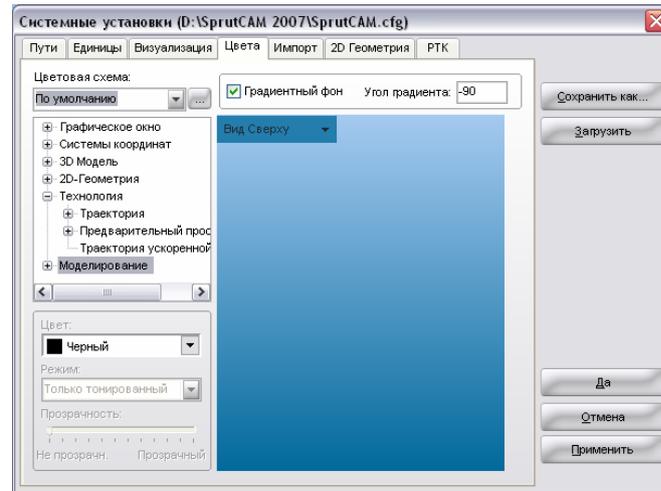
- **Центр поворота** – точка, вокруг которой будет производиться поворот графического окна.
- **Размер ловушки** - используется для выбора и подсвечивания объектов.
- **Чувствительность мыши** - задает скорость поворота и изменения масштаба графического окна с помощью мыши.
- **Анимация** - задает количество кадров при выполнении анимированного действия.
- **Перспектива** - величина искажения объекта перспективой.
- **Быстрый метод отрисовки** – переключает способы инициализации **OpenGL** для графического окна. При включении опции на большинстве видеокарт заметно увеличивается скорость прорисовки. Однако в ряде случаев драйверы видеокарт нестабильно работают в таком режиме из-за наличия ошибок в их реализации (возможно появление неперерисованных участков и т.п.). При отключенном быстром методе отрисовки графическое окно работает стабильно со всеми видеокартами.

**Примечание:** Под операционной системой **Windows Vista** при включенной теме **Air Glass** работа **SprutCAM** возможна только при отключенном быстром методе отрисовки.

На панели **Клавиши управления визуализацией** выбирается текущая схема "горячих" клавиш. В системе **SprutCAM** заложено 4 схемы "горячих" клавиш, они созданы для облегчения работы тем пользователям, которые имеют опыт работы с другими системами. Назначения горячих клавиш показаны только для справки. Изменять горячие клавиши нельзя, можно только целиком поменять текущий набор.

## 2.2.4 Закладка Цвета

Позволяет устанавливать и редактировать цветовую схему, используемую в системе.



В поле **Цветовая схема** можно выбрать одну из установленных цветовых схем. При нажатии на кнопку  можно вернуть значения цветов в схемах, установленные по умолчанию, или, если выбрана цветовая схема **<Другая>**, то загрузить в эту схему значения одной из других цветовых схем.

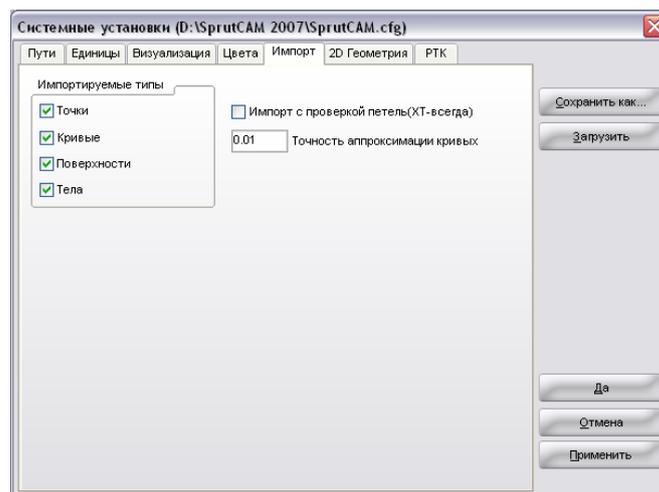
Под цветовой схемой, в виде древовидной структуры, показаны значения цвета отдельного элемента. Эти элементы разбиты на группы: **Графическое окно**, **Цвет системы координат**, **Модель**, **2D-Геометрия**, **Обработка**, **Моделирование**. Раскрыв нужную группу, можно редактировать значения цвета любого элемента группы. Цвет текущего элемента назначается в поле **Цвет** выбором нужного значения из выпадающего списка. В поле **Режим** устанавливается режим показа элемента: с заливкой или без заливки. Перемещением движка **Прозрачность** можно установить прозрачность текущего элемента.

Флажком **Градиент** можно установить/отменить градиентную заливку графического окна. Цвета заливки назначаются в группе **Графическое окно**: **Цвет градиента 1** и **Цвет градиента 2**. В случае, когда градиентная заливка отключена, для заливки графического окна используется **Цвет градиента 2**.

В поле **Угол градиента** можно задать угол градиентной заливки. Угол задается относительно вертикальной оси.

## 2.2.5 Закладка Импорт

На этой странице настраиваются общие параметры импорта системы.



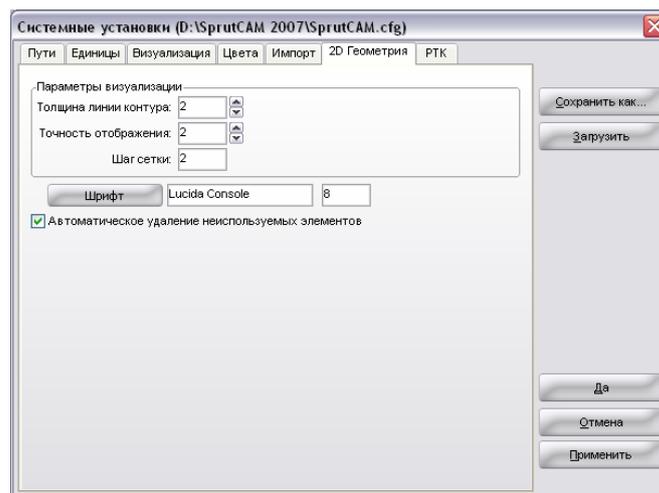
В группе **Импортируемые типы** задаются типы геометрических объектов, которые будут импортированы из файлов обмена геометрической информацией. Если флажок напротив определенного типа отсутствует, то соответствующие объекты при импорте игнорируются.

Флаг **<Импорт с проверкой петель(ХТ-всегда)>** (Импорт с проверкой выкидывания петель) включает проверку "случайных" и необъяснимых с геометрической точки зрения петель. Если флажок включен, то такие петли игнорируются. При импорте модели из ХТ-формата такая проверка производится независимо от состояния флажка.

Если при импорте необходимо будет преобразовать кривую, то аппроксимация будет производиться с учетом указанной в окне **Точности аппроксимации кривых**.

## 2.2.6 Закладка 2D Геометрия

Страница предназначена для задания параметров встроенной среды двумерных построений системы.



В поле **Толщина линий** контура задаётся толщина линий, отображаемых на экране, в пикселях

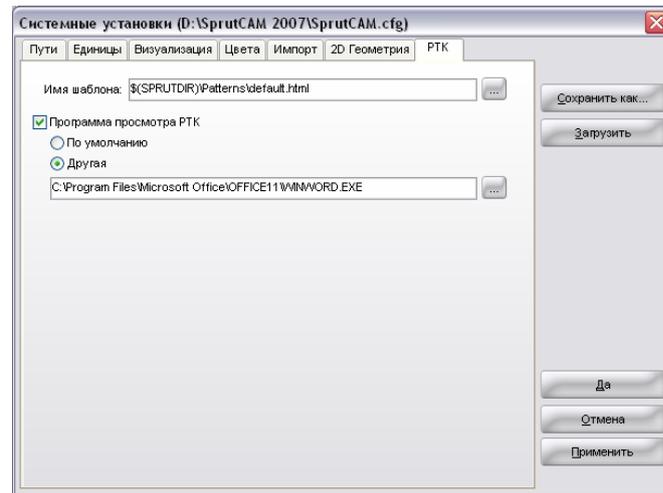
В поле **Точность отображения** задаётся количество знаков после запятой при отображении текущих координат.

В поле **Шаг сетки** задаётся расстояние между двумя узлами вспомогательной сетки, это расстояние измеряется в используемых единицах измерения.

При нажатии на кнопку **Шрифт** можно назначить шрифт текста для окна отладчика.

**Автоматическое удаление неиспользуемых элементов** – промежуточные простейшие геометрические элементы, которые не используются при построении других элементов, автоматически удаляются при выходе из среды геометрических построений.

## 2.2.7 Закладка РТК



Данное окно предназначено для настройки параметров генерации расчетно-технологической карты (РТК). РТК формируется в формате HTML.

При создании РТК используется файл-шаблон. Со **SprutCAM** поставляются несколько готовых шаблонов, из которых можно выбрать нужный. Так же существует возможность создавать свои файлы шаблонов, для этого необходимо знание языка HTML. За более подробной информацией по этому вопросу следует обращаться в службу поддержки.

Созданный в формате HTML документ можно сразу сохранить, либо просмотреть и откорректировать его при необходимости. Для сохранения РТК без просмотра следует убрать галочку с опции **Программа просмотра РТК**.

Для просмотра созданного документа можно воспользоваться как программой по умолчанию, назначенной для данного типа файлов, так и программой определенной пользователем. Для задания другого приложения в качестве редактора документа следует указать полный путь до исполняемого файла приложения.

## 2.3 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ФАЙЛЫ ОБМЕНА ДАННЫМИ

### 2.3.1 Файлы проектов

Проект содержит всю информацию о состоянии системы на момент записи, геометрическую модель, технологические операции, их параметры и состояние. Сохраняются проекты в отдельных файлах с расширением **STC**. Файл проекта является самодостаточным, содержит всю необходимую информацию для генерации траектории инструмента, и не требует наличия файлов импортированных моделей.

Проекты могут сохраняться в кратком, среднем и подробном режиме. В кратком режиме сохраняются только исходные данные (геометрическая модель, системы координат, операции и их параметры), вся рассчитываемая информация не сохраняется. В среднем режиме дополнительно сохраняются траектории операций, а в полном – промежуточные состояния заготовки. Режимы сохранения проекта переключаются в **Окне системных установок** или в диалоге выбора имени сохраняемого проекта.

Для управления проектами служит меню **Файл** основного меню системы. Функции работы с проектами продублированы в главной



панели управления кнопками. Проекты также могут быть открыты с использованием функции **Drag and drop**, т.е. обычным "перетаскиванием" файла проекта в рабочее окно приложения, а так же передаваться параметром при запуске **SprutCAM** из командной строки.

### 2.3.2 Импортируемые файлы.

В **SprutCAM** имеется возможность импортировать геометрическую модель из любых конструкторских или дизайнерских систем (CAD-систем или моделеров) через файлы обмена данными форматов: IGES (\*.igs, \*.iges), DXF (\*.dxf), STL (\*.stl), VRML (\*.vrl), PostScript (\*.ps, \*.eps), или напрямую из систем Rhinoceros (\*.3dm) и СПРУТ (\*.sgm), Parasolid (x\_t; xmt\_txt). Набор импортируемых файлов зависит от конфигурации системы и может изменяться опционально. Набор импортируемых форматов файлов может быть расширен подключением дополнений через **Мастер Дополнений**. Дополнения ориентированы на настройку совместной работы **SprutCAM** с различными CAD-системами и позволяют ему напрямую открывать файлы проектов этих систем.

Геометрическая модель обрабатываемой детали, заготовки, технологической оснастки может быть подготовлена в любой конструкторской или дизайнерской системе и передана в **SprutCAM** через один из поддерживаемых форматов передачи данных. **SprutCAM** хорошо интегрируется с любой CAD-системой. Внутренняя модель поддерживает различные формы представления твердотельных, поверхностных, сеточных и криволинейных геометрических объектов. Благодаря этому, представление геометрической информации в **SprutCAM**, практически не отличается от внутреннего представления геометрии в большинстве CAD-систем. Что актуально для

исключения искажения модели при передаче из одной системы в другую.

---

### 2.3.3 Файлы настройки постпроцессора

Файлы настройки постпроцессора на конкретную систему ЧПУ имеют расширение SPP (\*.spp). Для настройки на каждую систему ЧПУ создается свой файл настройки. Файл настройки содержит всю необходимую информацию о стойке ЧПУ и откомпилированные подпрограммы обработки технологических команд. Файл необходим постпроцессору для преобразования набора технологических команд в управляющую программу для этой стойки. Файлы используются постпроцессором, а создаются и редактируются **Генератором постпроцессоров**.

Библиотека постпроцессоров (\*.spl) может включать в себя несколько постпроцессоров. Библиотеки постпроцессоров не редактируются.

Ранние версии **SprutCAM** работали с постпроцессорами, описанными в двух файлах с совпадающими именами, но разными расширениями (\*.inp и \*.ppp). Существующие файлы \*.ppp могут быть использованы для генерации управляющих программ и в текущей версии. Но если требуется преобразование в новый формат или редактирование файла настройки при помощи **Генератора постпроцессоров**, то необходимы оба файла (\*.inp и \*.ppp).

---

### 2.3.4 Файлы управляющих программ

Управляющая программа генерируется постпроцессором путем преобразования последовательности технологических команд в последовательность команд для выбранной стойки ЧПУ по правилам, описанным в файле настройки постпроцессора (\*.spp).

УП выводится постпроцессором в обычный текстовый файл. Имя файла может быть задано в постпроцессоре непосредственно перед генерацией. Расширение выходного файла указывается в файле настройки постпроцессора на стойку ЧПУ (\*.spp). То есть, управляющие программы для различных стоек ЧПУ могут иметь разные расширения, потому что для их генерации используются разные файлы настройки.

Передача управляющей программы с компьютера, на котором установлен **SprutCAM**, непосредственно на станок, может осуществляться любым принятым на предприятии способом.

---

### 2.3.5 Экспорт объектов в DXF

Геометрические объекты системы **SprutCAM** могут быть сохранены в формате **DXF**. В текущей версии экспортируются только точки и кривые. Текст, созданный в системе, сохраняется в виде сплайнов. Контур, построенные в режиме 2D-геометрия, сохраняются расположенными в плоскости XY, независимо от реальной ориентации локальных систем координат.



### 3 ПОДГОТОВКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

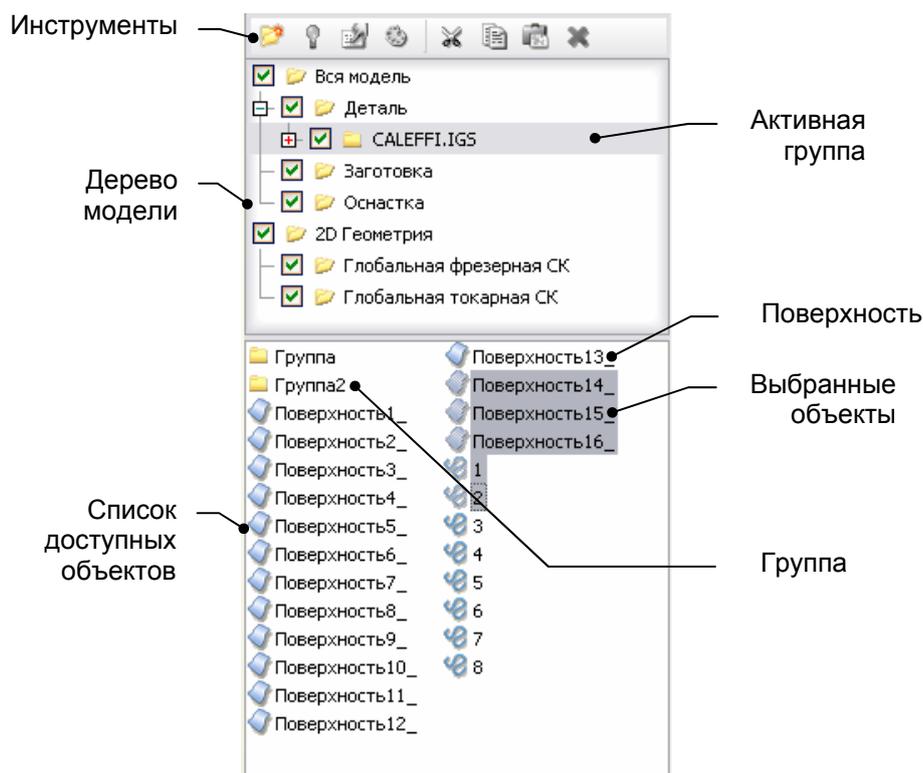
Переход в режим подготовки геометрической модели осуществляется выбором закладки 3D Модель в главном окне системы.

В режиме “3D Модель” производится:

- импорт из файлов обмена геометрической информацией;
- корректировка структуры геометрической модели;
- пространственные преобразования геометрических объектов;
- генерация новых элементов из существующих;
- управление визуальными свойствами объектов;

Доступ к элементам модели осуществляется, как через окно структуры модели, так и посредством интерактивного выбора на экране. Вызов различных функций может производиться через контекстное меню графического окна и окна структуры модели. Кнопки вызова часто используемых функций вынесены на инструментальную панель закладки.

### 3.1 СТРУКТУРА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ



Геометрическая модель в **SprutCAM** представляет собой дерево каталогов, или папок, внутри которых сгруппированы геометрические объекты. Работа со структурой геометрической модели напоминает работу с файловой системой в среде Windows.

**Примечание:** Также как и в файловой системе, все объекты внутри одной группы должны иметь разные имена. Наличие нескольких объектов с одинаковыми именами внутри одной группы не допускается.

В окне структуры геометрической модели сосредоточено большинство функций для корректировки структуры модели. При создании нового проекта автоматически генерируется главная группа геометрической модели - **Вся Модель**, которая содержит внутри predefined группы: **Деталь**, **Заготовка**, **Оснастка**.

Через группу **2D Геометрия** производится доступ к геометрическим объектам (контурам и точкам), построенным в среде двумерных параметрических построений. Все двумерные объекты сгруппированы в папки с именами локальных систем координат, в которых они построены. Объекты папки **2D Геометрия** автоматически обновляются при внесении любых изменений в среде двумерных построений. В силу этого они не могут быть удалены, или трансформированы нигде кроме как в среде 2D построений, разрешено лишь изменение их визуальных свойств. Объекты из группы 2D Геометрия могут быть скопированы через буфер обмена и вставлены в другую группу. После этого скопированные объекты теряют связь со средой двумерных построений и могут быть модифицированы или удалены как любой другой геометрический объект.

Группа **Деталь** по умолчанию принимается в качестве изготавливаемой детали для всего технологического процесса. Поэтому рекомендуется импортировать и переносить в группу Деталь те геометрические объекты, которые описывают получаемой деталью.

В группу **Заготовка** следует, при необходимости, заносить модель заготовки. При использовании заготовок простых форм папку лучше оставлять пустой.

Группа **Оснастка** предназначена для размещения моделей прихватов, упоров, тисков, патронов и другой технологической оснастки.

### 3.1.1 Типы геометрических объектов

#### Поверхности, сетки, кривые и точки

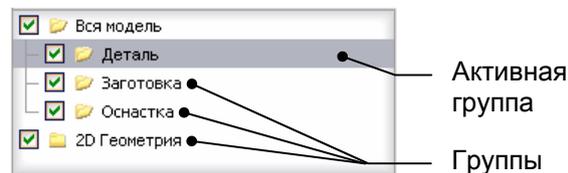
Каждый геометрический объект: поверхность (Face), сетка (Mesh), кривая (Curve) или точка (Point) – является неделимым элементом и не может быть раздроблен на более мелкие составляющие. Именно объекты с геометрической сущностью влияют на форму траектории инструмента в технологических операциях. Из них, в конечном итоге, формируется деталь, заготовка, оснастка и т.п. в технологических операциях. Для удобства работы геометрические объекты могут быть объединены в группы.

В процессе импорта каждому объекту присваивается имя, состоящее из названия типа объекта и порядкового номера. Имя может быть изменено пользователем в окне геометрической модели.

#### Группа

Группа – это элемент геометрической модели, предназначенный для объединения сходных по назначению элементов в логические единицы. Группы чрезвычайно полезны при создании гибких проектов. Однажды указав в качестве параметров операций группы, можно легко настраивать проект на любые изменения исходной геометрии. Так как в этом случае нет необходимости заново задавать деталь, заготовку и др. для каждой операции, достаточно просто наполнить группы новым содержимым.

#### Активная группа

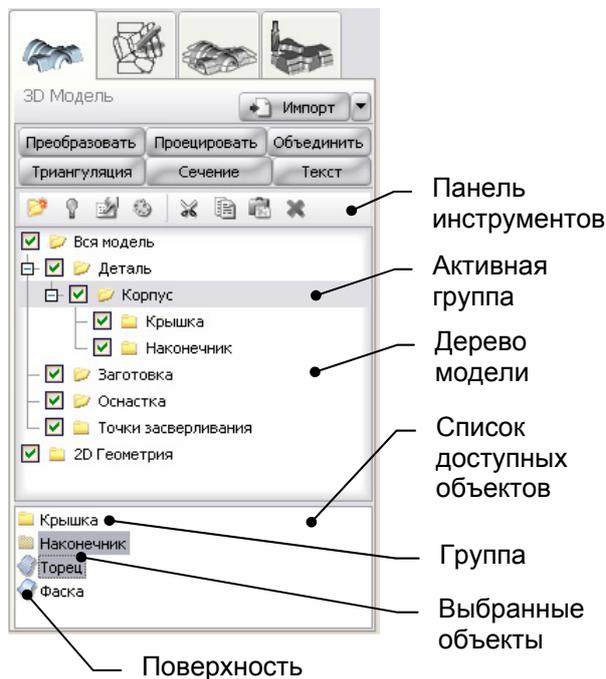


В текущий момент времени активной может быть только одна из групп. Работа (импорт, детализация, преобразование и т.п.) возможна с объектами непосредственно входящими в активную на этот момент группу. Причем группа, находящаяся внутри активной воспринимается как единое целое, и считается неделимой. Чтобы обратиться по отдельности к элементам, лежащим внутри подгруппы, надо ее "открыть", то есть активизировать. Эти правила полностью аналогичны правилам при работе с файловой системой. Работа с файлом или папкой, например через проводник, возможна только после "входа внутрь" (открытия) папки его содержащей.

Активная на данный момент группа в окне структуры модели. В окне отображается также список геометрических и структурных элементов, входящих в активную группу. Выбор этих элементов может осуществляться как непосредственно из списка, так и из графического окна. Смена активной группы производится указанием соответствующего узла дерева в окне структуры модели или выбором с экрана.

### 3.1.2 Окно структуры геометрической модели

Окно структуры геометрической модели состоит из трех панелей: панели инструментов, дерева модели и списка доступных объектов.



На панели инструментов расположены кнопки:



 – создания новой группы. Группа будет создана внутри активной.

   – работы с буфером обмена (вырезать, копировать, вставить). Функции вырезать/копировать работают с выделенными объектами. Вставка из буфера обмена производится в активную группу.

На панели дерева модели отображается структура всей геометрической модели. Узлами дерева являются группы модели, расположенные в соответствии с уровнями вложенности. Активная группа выделена цветом. При указании курсором мыши или с клавиатуры на неактивную группу, указанная группа активизируется и соответствующим образом меняется список доступных объектов.

В списке доступных объектов отображаются все группы и геометрические объекты, непосредственно входящие в активную группу. То есть это именно те объекты, которые в данный момент доступны для выбора и корректировки. Для выбора указанного объекта из списка следует кликнуть на нём левой кнопкой мыши. При двойном щелчке на группе в списке доступных объектов указанная группа становится активной, и, соответственно, изменяется список доступных объектов.

### 3.1.3 Выбор объектов

Все видимые объекты геометрической модели могут быть легко выбраны с экрана. Элементы модели, доступные для выбора, подсвечиваются при наведении на них указателя мыши. Выбор объекта осуществляется по нажатию левой клавиши мыши. В любой момент времени одна из папок дерева геометрической модели является активной. При выборе какого-либо объекта родительская

папка этого объекта автоматически становится активной. Переход в родительскую группу (смена активной папки на уровень выше) осуществляется по двойному щелчку левой клавиши мыши в графическом окне. Таким образом, реализована возможность эффективной навигации по дереву модели без необходимости обращения к окну структуры.

Все операции модификации объектов выполняются над выбранными объектами.

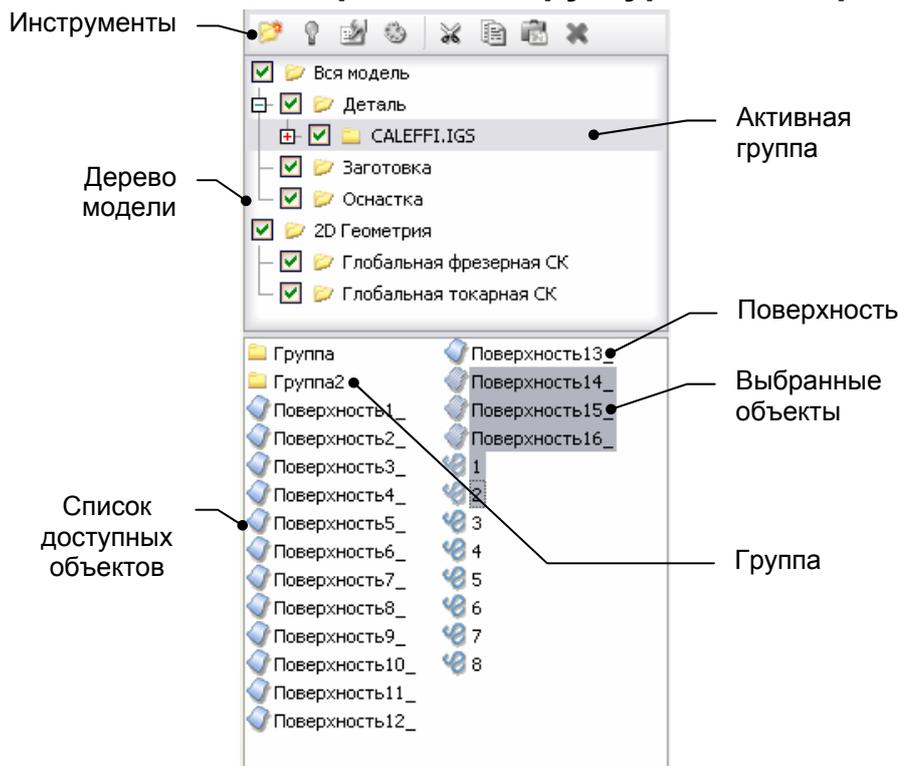
Для выбора части модели или отдельных элементов необходимо активизировать группу, непосредственно включающую эти геометрические объекты или группы, затем выбрать интересующие объекты в списке доступных объектов или графическом окне. При выборе в графическом окне должен быть включен режим указателя  на главной панели управления или должна быть нажата клавиша "S" на клавиатуре.

Элемент в графическом окне может быть указан или одинарным щелчком мыши, или прямоугольным регионом. Для выбора прямоугольным регионом нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее, растяните прямоугольник. Другой способ выбора – это указание поверхности в списке доступных объектов окна структуры модели.

Описанный выше обычный режим выбора позволяет указывать объекты один раз, при этом ранее выбранные объекты станут невыделенными. Для множественного выбора укажите объекты, удерживая клавишу "Ctrl". При этом указанный объект станет выбранным, если был невыбранным и наоборот. Если удерживать клавишу "Shift", то указанный объект всегда будет становиться выбранным, при этом ранее выбранные объекты также остаются отмеченными.

Для того чтобы производить выбор только объектов определенного типа необходимо настроить **Фильтр выбора объектов**. При этом только объекты допустимого типа будут отображаться в списке доступных объектов, и выбираться при указании в графическом окне.

### 3.1.4 Редактирование структуры геометрической модели



При редактировании структуры модели можно создавать новые группы (узлы дерева структуры модели), удалять, вырезать/копировать в буфер обмена или вставлять из буфера обмена геометрические и структурные объекты (поверхности, сетки, кривые, точки и группы).

Предопределенные группы (Вся модель, Деталь, Заготовка, Оснастка, 2D Геометрия), а также все объекты внутри группы 2D Геометрия не могут быть удалены или вырезаны в буфер обмена. Однако копировать в буфер обмена указанные объекты можно без всяких ограничений. Скопированные объекты из группы 2D Геометрия теряют связь со средой двумерных построений и в дальнейшем автоматически не изменяются при корректировке объектов во встроенной среде двумерных параметрических построений.

### Создание новой группы

Кнопка  окна структуры геометрической модели позволяет создать новую группу. Новая группа будет создана внутри активной.

### Работа с буфером обмена

На панели инструментов, окна структуры модели, расположены кнопки для работы с буфером обмена.



- Вставка объекта из буфера в текущую группу
- Копировать выбранные объекты в буфер
- Вырезать выбранные объекты в буфер

Скопированные или вырезанные в буфер обмена объекты могут быть неоднократно вставлены в активную на данный момент группу.

Функции продублированы в основном меню (поле **Правка**) и в контекстном меню графического окна. Доступ к функциям также возможен через нажатие стандартных сочетаний кнопок клавиатуры: Ctrl+X, Ctrl+C, Ctrl+V.

## 3.2 ИМПОРТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Импорт моделей из файлов передачи геометрической информации осуществляется нажатием кнопки  либо обычным "перетаскиванием" файла модели в рабочее окно приложения.

При импорте моделей с использованием кнопки **<Импорт>** в открывшемся диалоге выбора необходимо указать импортируемый файл. В окне выбора файла можно устанавливать фильтр по расширению файлов. Набор поддерживаемых форматов файлов зависит от конфигурации.

В процессе импорта в окне отображается текущая информация о ходе процесса чтения файла и создания геометрических объектов. Индикатор процесса отображает процент выполненных работ. При импорте из файлов с простой внутренней структурой используется однопроходный алгоритм. Чтение файла и формирование геометрической модели происходят одновременно. При импорте из файлов со сложной структурой данных используется двухпроходный алгоритм. На первом этапе происходит чтение файла и анализ структуры модели, а на втором – формирование геометрической модели.



Панель **Загружено** из файла показывает статистические данные по чтению файла:

- **<Элементов>** – счётчик загруженных объектов;
- **<Тел>** – счётчик загруженных твёрдых тел;
- **<Поверхностей>** – счётчик загруженных ограниченных поверхностей;
- **<Неогр. поверхн.>** – счётчик загруженных поверхностей;
- **<Кривых>** – счётчик загруженных кривых;
- **<Игнорировано>** – счётчик пропущенных объектов (незначущих, некорректных или неподдерживаемых объектов);
- **<Всего>** – общее количество объектов.

Панель **Конвертировано в модель** отображает статистические данные по преобразованию прочитанных данных во внутреннюю модель:

- **<Анализовано>** – счётчик преобразованных объектов;
- **<Тел>** – счётчик преобразованных твёрдых тел;
- **<Поверхностей>** – счётчик преобразованных ограниченных поверхностей;
- **<Кривых>** – счётчик преобразованных кривых;
- **<Игнорировано>** – счётчик пропущенных объектов.

Все топологические связи между объектами анализируются именно на этапе преобразования во внутреннюю модель, здесь же из большого числа составляющих формируются сложные объекты –

тела, поверхности (Solids, Faces). Все простые объекты, входящие в состав более сложных, дополнительно не дублируются в виде самостоятельных объектов. Поэтому зачастую количество считанных из файла объектов больше переведенных в модель.

Например, поверхность (Face) состоит из неограниченной поверхности и нескольких ограничивающих кривых. При чтении файла сама ограниченная поверхность и все ее составляющие части учитываются в соответствующих полях счетчика. А при формировании внутренней модели все эти элементы учитываются только как одна поверхность (Face).

Нажатием кнопки **<Стоп>** во время импорта можно прервать загрузку файла.

В процессе импорта система анализирует импортируемую модель и, в случае обнаружения в ней ошибок, некорректных записей: или неподдерживаемых типов данных выдает соответствующие сообщения. Сообщения об ошибках выводятся во вспомогательное окно. Для его открытия следует нажать кнопку **<Ошибки>**. Кнопка доступна лишь при наличии ошибок при импорте из файла. В случае возникновения фатальных ошибок загрузка файла прекращается. В случае возникновения ошибок следует подробнее ознакомиться с особенностями импорта этого формата, и выполнить рекомендации по устранению ошибок.

Для автоматического закрытия окна после завершения процесса импорта следует включить флаг **Закрывать окно автоматически**. Если флаг не установлен или возникли ошибки при импорте, то для продолжения работы следует нажать кнопку **<Далее>**.

**Примечание:** *Импортируются лишь те типы объектов, которые указаны в окне **Системных установок** на странице **Импорт**. Элементы других типов игнорируются.*

При необходимости преобразования типов кривых максимальное отклонение при аппроксимации будет меньше значения, указанного в поле Точность аппроксимации в том же окне.

---

## 3.2.1 Импорт объектов из IGES-файлов

Файл обмена геометрической информацией в формате IGES обычно имеет расширения \*.igs или \*.iges. Формат IGES позволяет передавать множество типов геометрических объектов в различных формах представления. Благодаря чему достигается передача информации между различными системами практически без искажений. Формат IGES получил широкое распространение, особенно в областях, где требуется точная передача достаточно сложных трехмерных геометрических моделей.

### Требования к IGES-файлу

Модуль IGES-импорта разработан на основе спецификации IGES версии 5.3. Система импортирует только файлы IGES в формате ASCII (ASCII form). Это означает, что IGES-файлы, созданные в сжатом ASCII-формате (Compressed ASCII form) или в двоичном формате (Binary form), будут оценены системой при загрузке как ошибочные. Система автоматически определяет тип текстового файла (DOS-тип или UNIX-тип, они отличаются разным обозначением конца строки) и корректно загружает файлы обоих типов.

### Типы импортируемых объектов

Как известно, всё множество объектов, определённых в стандарте IGES, разделено на группы. Ниже перечислены группы и объекты

IGES, импортируемые системой, в скобках даны имена объектов и коды их типов в стандарте IGES:

Из группы Кривые и поверхности импортируются:

- дуга (Circular Arc, type 100);
- составная кривая (Composite Curve, type 102);
- коническая дуга (Conic Arc, type 104);
- ломаная (Copious Data, type 106);
- плоскость (Plane, type 108);
- прямая (Line, type 110);
- параметрическая сплайн-кривая (Parametric Spline Curve, type 112);
- параметрическая сплайн-поверхность (Parametric Spline Surface, type 114);
- точка (Point, type 116);
- линейчатая поверхность (Ruled Surface, type 118);
- поверхность вращения (Surface of Revolution, type 120);
- табулированный цилиндр (Tabulated Cylinder, type 122);
- матрица (Transformation Matrix, type 124);
- NURBS-кривая (Rational B-Spline Curve, type 126);
- NURBS-поверхность (Rational B-Spline Surface, type 128);
- кривая, полученная смещением (Offset Curve, type 130);
- поверхность, полученная смещением (Offset Surface, type 140);
- граница поверхности (Boundary, type 141);
- кривая на поверхности (Curve on a Parametric Surface, type 142);
- ограниченная поверхность (Bounded Surface, type 143);
- обрезанная поверхность (Trimmed Surface, type 144);

Из группы B-Rep-твёрдые тела импортируются типы:

- ограниченная поверхность (Face, type 510);
- набор ограничивающих кривых (Loop, type 508);
- ребро (Edge, type 504);
- вершина (Vertex, type 502).

Это позволяет системе работать с твёрдыми телами (Manifold Solid B-Rep Object, type 186) в том числе и как с набором поверхностей.

Из группы Объекты для примечаний (Annotation entities) не импортируется ни один тип. Эти объекты не существенны для задач механообработки.

Из группы Объекты структурирования (Structure entities) импортируется только объект определения цвета (Color Definition, type 314), то есть цвета импортированной модели идентичны её цветам в моделирующей программе.

### **Рекомендации по настройке модуля IGES-экспорта в моделирующей программе**

Практически, все современные системы 3D-моделирования имеют модуль экспорта в формат IGES. Этот модуль, как правило, является настраиваемым, конфигурируемым. Вот некоторые советы, которыми рекомендуется воспользоваться при подготовке IGES-файлов:

Если в меню настройки IGES-экспорта есть регулировка точности генерации объектов, её нужно установить достаточно высокой. Это позволит системе более “гладко” “сшить” поверхности, составляющие модель, а значит, и более точно обработать её. Не рекомендуется генерировать модель с точностью меньшей, чем предполагаемая точность обработки.

Необходимо заменить типы объектов, которые не импортируются системой на импортируемые. Например, конструктор, работая в моделирующей программе, может использовать твердотельный

объект-сферу. Импортировать её в систему в виде IGES-объекта сфера (Sphere, type 158) нельзя, но можно заменить объекты этого типа комбинацией объектов других типов (types 144, 143, 510).

Если наборы ограничивающих кривых (bound, loop) заданы только в модельном 3D-пространстве, то при импорте автоматически будут построены соответствующие им ограничивающие кривые в параметрическом пространстве (UV). Что, теоретически, может внести в модель дополнительные неточности. Поэтому желательно наличие параметрических кривых ограничения. Это касается объектов Boundary (type 141) и Loop (type 508). Если возникают проблемы при импорте геометрических объектов, попробуйте в настройках IGES-экспорта моделирующей программы разрешить генерацию параметрических кривых ограничения. Если это невозможно, замените объекты Bounded Surface (type 143), Face (type 510) на объекты Trimmed Parametric Surface (type 144).

---

### 3.2.2 Импорт объектов из DXF-файлов

Файлы имеют расширение \*.dxf. Формат, в основном, используется для передачи плоских чертежей и векторных рисунков. Передача объемных моделей поддерживается, но имеет существенные различия в зависимости от версии.

**Ограничения:** Секция *HEADER* должна обязательно присутствовать в DXF-файле. Файл без заголовка считается ошибочным

В настоящее время из DXF-файлов импортируются только двумерные объекты. На технологию обработки значительное влияние оказывает геометрия объектов, а такие атрибуты как толщина и стиль объектов не существенны, и поэтому игнорируются.

**Примечание:** В текущей версии не импортируется текст (объект *TEXT*). Для импорта текста необходимо преобразовать его в кривые.

Типы импортируемых объектов:

- Точка (POINT);
- Прямая (LINE);
- Окружность (CIRCLE);
- Дуга (ARC);
- Составная линия (POLYLINE);
- Сплайн (SPLINE);
- Блок (BLOCK, INSERT) - все приведённые выше типы будут импортированы из блока;

---

### 3.2.3 Импорт объектов из PostScript-файлов

Формат PostScript позволяет передавать плоское векторное и растровое изображение. Файлы обычно имеют расширение \*.ps или \*.eps (Encapsulated PostScript). Формат получил широкое распространение в издательских системах и при передаче информации на принтеры, поддерживающие PostScript-интерфейс.

**Ограничения:** *SprutCAM* импортирует из PostScript-файлов только векторную информацию. Не импортируются растровые рисунки, вставленные в PostScript-файл. В текущей версии не импортируется текст. Для корректного импорта текста необходимо преобразовать его в кривые.

**Рекомендации по экспорту в PostScript-файл на примере программы CorelDraw:**

- Включить режим “ Curves” в группе “Export text as”, при этом CorelDraw сгенерирует наборы кривых, соответствующие каждой букве текста в целевом PostScript-файле;
- Выключить опцию “ Include header ” в группе “ Image header ”;

---

### 3.2.4 Импорт объектов из STL-файлов

Формат позволяет передавать объемные модели, представленные в виде набора плоских треугольников. Файлы обычно имеют расширение \*.stl. Поддерживается импорт из файлов как бинарного, так и текстового форматов.

Ограничений на типы импортируемых объектов нет. Если возникли сложности при импорте файла в бинарном формате, то рекомендуется попробовать произвести импорт через текстовый формат, так как он не зависит от платформы.

*Примечание: Модель при передаче через формат STL аппроксимируется множеством треугольников. Поэтому возможна передача без потери точности лишь некоторых типов геометрических моделей. Для передачи моделей общего вида следует устанавливать точность аппроксимации при экспорте не ниже требуемой точности обработки или использовать более богатый формами представления формат (например, IGES).*

---

### 3.2.5 Импорт объектов из VRML-файлов

VRML (Virtual Reality Modeling Language) - это формат файлов описания интерактивных трехмерных объектов и виртуальных миров. Формат VRML спроектирован для использования в Internet. VRML файлы используются также и в локальных системах.

Каждый VRML файл является описанием трехмерного пространства, содержащего графические объекты. Сцена может динамически изменяться благодаря различным механизмам языка.

Для проектирования технологии обработки необходима информация о геометрии объектов. Такие атрибуты, как источник света, цвет фона, прозрачность или угол сглаживания, элементы анимации и обработки событий являются несущественными и игнорируются.

#### Типы импортируемых объектов

В текущей версии импортируются следующие типы геометрических объектов:

- Box (Куб)
- Cone (Конус)
- Cylinder (Цилиндр)
- ElevationGrid (Сетка в виде матрицы)
- Extrusion (Вытягивание)
- IndexedFaceSet (Сетка)
- IndexedLineSet (Ломаная)
- Sphere (Сфера)

Импортируется информация о цвете геометрических объектов, их расположении и пространственных преобразованиях над ними. Поддерживаются именованные объекты.

Ограничения:

- Не импортируется объект TEXT.
- Игнорируется узел Inline для использования данных из других файлов и Internet.

- Не рекомендуется использовать VRML-файлы с секциями PROTO и EXTERNPROTO, из-за их частичной поддержки.

#### Требования к VRML-файлу

- Импортируются файлы в формате VRML 2.0.
- Обязательно наличие заголовка файла (#VRML V2.0 utf8), иначе файл считается несоответствующим формату.
- Упакованный файл нужно предварительно распаковать.

---

### 3.2.6 Импорт объектов из 3dm-файлов (Rhinoceros)

**SprutCAM** производит прямое чтение файлов проектов CAD-системы Rhinoceros версий 1.0 – 4.0 (\*.3dm).

Все типы геометрических данных импортируются полностью. Информация о размещении элементов по слоям и информация о визуальных свойствах, кроме цвета, игнорируется.

---

### 3.2.7 Импорт объектов из SGM-файлов (СПРУТ)

Формат представления трехмерных моделей в инструментальной среде СПРУТ (\*.sgm) поддерживается **SprutCAM** полностью, без каких бы то не было ограничений.

---

### 3.2.8 Импорт объектов из файлов Parasolid(TM)

Parasolid(TM) - ядро геометрического моделирования, поддерживающее следующие типы моделей:

- Каркасные;
- Поверхностные;
- Твердотельные;
- Конечно-элементные;

Формат передачи данных Parasolid(TM) позволяет передавать не только информацию о модели, но и связи между моделями.

Стандартные расширения файлов x\_t; xmt\_txt; x\_b; bmt\_bin.

Для проектирования технологии обработки необходима информация о геометрии объектов. Такие атрибуты, как источник света, цвет фона, прозрачность или угол сглаживания, элементы анимации и обработки событий являются несущественными и игнорируются.

**SprutCAM** поддерживает формат передачи данных Parasolid(TM) до 15.0 версии.

*Примечание: Поддерживается формат Parasolid(TM) (БЕТА версия).*

*Примечание: SprutCAM поддерживает только текстовый формат Parasolid(TM) XT. (Файлы с расширениями x\_t или xmt\_txt)*

*Примечание: SprutCAM не поддерживает файловые разделы.*

*Примечание: SprutCAM пока не поддерживает некоторые типы геометрических объектов Parasolid(TM), например BLENDED\_EDGE.*

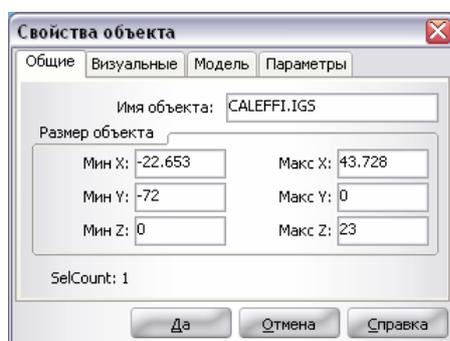
## 3.3 РЕДАКТИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Более подробно структура геометрической модели, типы объектов и возможности выбора объектов описаны в разделе Структура геометрической модели.

### 3.3.1 Свойства геометрических объектов

Окно Свойства вызывается нажатием кнопки  на закладке 3D модель или из контекстного меню графического окна или окна структуры модели. Окно позволяет просмотреть общие свойства, изменить визуальные и технологические свойства объектов. Окно свойств объекта состоит из 4 страниц.

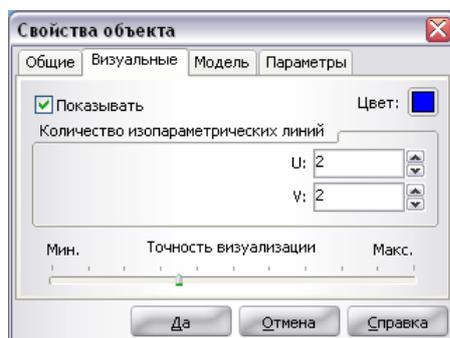
#### Закладка Общие.



На странице общих свойств, в случае, если выбран один объект, может быть изменено его имя. Отображаются также минимальные и максимальные координаты выбранных объектов по каждой из осей.

- **<Имя объекта>** – имя выбранного объекта. Если выбрано несколько объектов, то поле не заполняется.
- **<Размер объекта>** – габаритные размеры выбранного объекта (объектов).

#### Закладка Визуальные.



На странице свойств визуализации продублирован доступ к визуальным свойствам объектов: видимость, цвет. Также имеется возможность задать количество изопараметрических линий и точность визуализации объекта в графическом окне.

- **<Показывать>** – если флажок в поле отсутствует, то выбранный объект (объекты) отображаться не будет.
- **<Цвет>** – позволяет изменить цвет выбранного объекта (объектов).

- **<Количество изопараметрических линий по U>** и **<Количество изопараметрических линий по V>** – при изображении поверхностей иногда бывает необходимо указать количество отображаемых изопараметрических линий. В этой панели можно указать, соответственно, количество линий по первому и второму параметрам. При значении поля 0 изопараметрические линии невидны, при 1 – видны границы сегментов поверхности, при 2 – каждый сегмент поверхности разбивается пополам и т.д.

При отображении кривых и поверхностей на экране, производится аппроксимация кривой ломаной, а поверхности плоскими многоугольными гранями.

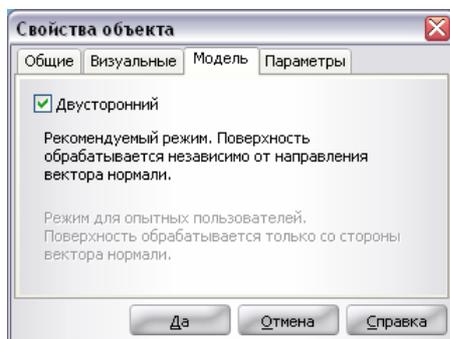
- **<Точность визуализации>** – позволяет настроить качество изображения 3D объектов, или найти компромисс между удовлетворительным качеством изображения и скоростью работы. Изменение точности производится перемещением движка. Точность в данном случае - это максимальное отклонение отрезков, которыми при прорисовке на экране аппроксимируются кривые. Чем выше точность визуализации 3D объектов, тем больше ресурсов потребуется для их построения на экране.

**Примечание:** Не рекомендуется устанавливать высокую точность визуализации на недостаточно мощных компьютерах из-за возможного замедления работы.

Первоначальная точность визуализации при загрузке модели задается в окне **Системных установок**.

Изменение визуальных свойств производится только при закрытии окна кнопкой **<Да>**.

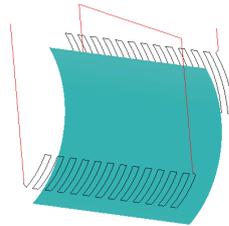
### Закладка Модель.



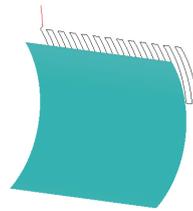
Двусторонний – позволяет определить тип поверхности. При загрузке геометрической модели все поверхности устанавливаются “двусторонними”. Это означает, что обработка поверхности будет производиться независимо от направления вектора нормали - с обеих сторон. Таким образом, обрабатываемая сторона поверхности определяется только ее пространственным положением - обрабатываться будет верхняя сторона. Режим рекомендуется использовать для поверхностных моделей. В этом случае он практически не влияет на время расчетов.

Пользователь может сам указать обрабатываемую сторону. Для этого необходимо убрать флажок со свойства **<Двусторонний>**. В этом случае система будет обеспечивать касание инструмента с той стороны, в которую направлен вектор нормали. Обрабатываемая сторона задается при помощи функции инвертирования. В режиме обработки поверхности с одной стороны расчет управляющей программы происходит быстрее, нежели при обработке двусторонней поверхности, но возможен зарез той части поверхности, в которой нормаль направлена вниз. Данный режим рекомендуется использовать для твердотельных моделей, у которых все нормали

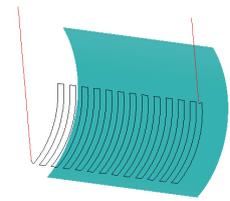
направлены наружу или для моделей с небольшим количеством поверхностей.



Двусторонняя  
(верхняя часть поверхности  
не дает обработать  
нижнюю, зарезов нет)



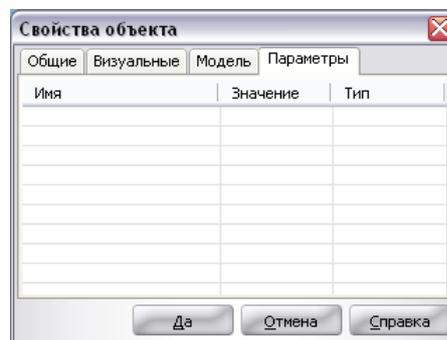
Односторонняя  
(нижняя часть поверхности  
не обрабатывается и может  
быть зарезана)



Односторонняя  
инвертированная  
(верхняя часть поверхности  
не обрабатывается и может  
быть зарезана)

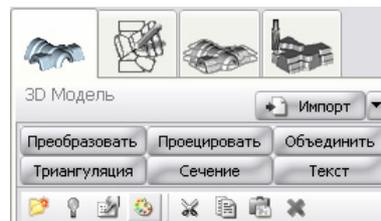
**Примечание:** Неправильное направление векторов нормалей для “не двусторонних” поверхностей может быть причиной получения ошибочных результатов при выполнении операций обработки.

### Закладка Параметры.



На закладке отображаются прочие дополнительные параметры, полученные при импорте или заданные при построении.

## 3.3.2 Изменение визуальных свойств



Визуальные свойства объектов могут быть также изменены в окне свойств.

Кнопка позволяет управлять видимостью выбранных объектов на экране. При этом если выбрана группа и хотя бы один объект группы видимый, то все подгруппы и геометрические объекты данной группы становятся невидимыми.

Кнопка позволяет переопределить цвет выбранных объектов. При нажатии на кнопку открывается стандартное диалоговое окно выбора цвета.

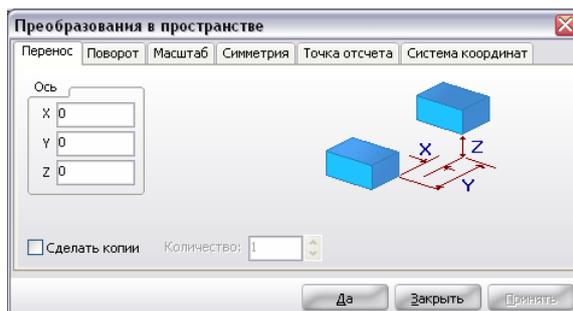
## 3.3.3 Удаление

Кнопка удаляет выбранные объекты. Если удаляемые объекты используются в технологической операции, то будет произведен запрос на подтверждение удаления.

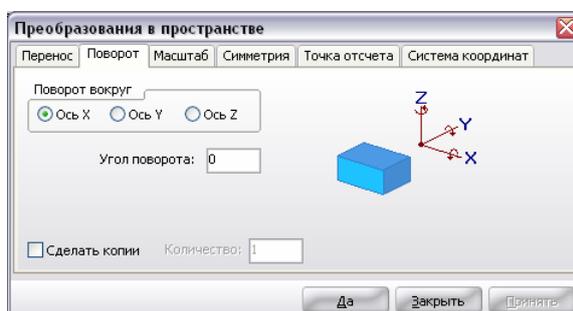
### 3.3.4 Пространственные преобразования

В окне пространственных преобразований доступен широкий диапазон методов пространственных преобразований. Окно открывается нажатием кнопки **Преобразовать**.

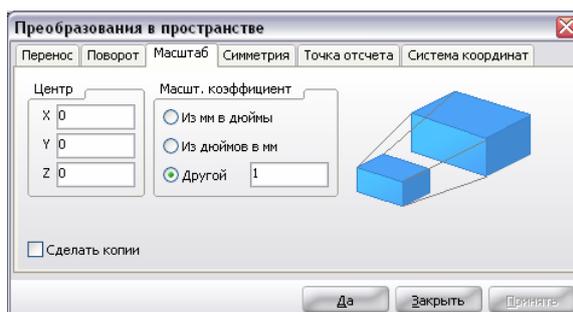
На странице **Перенос** можно задать параллельный перенос объекта. При отсутствии флажка в поле сделать копии выбранный объект будет перемещен на указанное расстояние по каждой из осей. При наличии флажка в этом поле выбранный объект будет скопирован в указанное место. Имеется возможность задания количества копий. Например, если указать количество копий две, то вторая копия будет получена путем переноса первой на указанное расстояние.



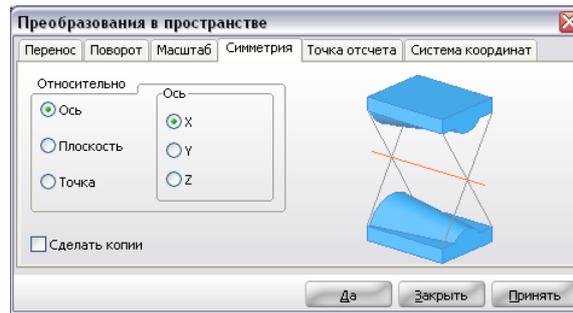
На странице **Поворот** можно выполнить разворот выбранных объектов вокруг указанной оси на определенный угол. Угол задается в градусах. Работа с копиями аналогична, то есть каждая последующая копия получается поворотом предыдущей вокруг указанной оси на заданный угол.



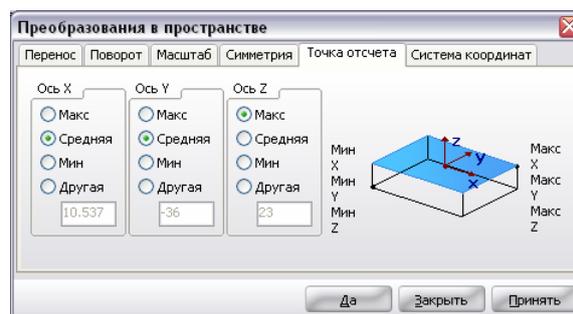
На странице **Масштаб** можно задать увеличивать или уменьшать выбранные объекты. В поле **Центр** задаются координаты точки центра масштабирования. При задании коэффициента масштабирования больше единицы, объекты будут увеличиваться. Если коэффициент масштабирования меньше единицы, то объекты уменьшаются.



На странице **Симметрия** можно получить объект, симметричный заданному относительно оси, плоскости или точки. При наличии флажка в поле сделать копии, объекты будут копироваться.



На странице **Точка отсчета** можно выполнить параллельный перенос объекта исходя из его пространственных габаритов.



Геометрический объект перемещается по осям на такие значения, чтобы после преобразования объект располагался указанным способом относительно текущей системы координат

На странице **Система координат** можно развернуть объект таким образом, чтобы указанная грань находилась сверху. Также можно преобразовать модель таким образом, чтобы построенная в среде двумерных построений плоскость (например, по точкам модели) была совмещена с плоскостью XY глобальной системы координат.



При нажатии на кнопку **<Да>** выбранное преобразование выполняется и окно закрывается. При нажатии на кнопку **<Закреть>**, окно закрывается без выполнения указанных преобразований. При нажатии на кнопку **<Принять>**, выполняются преобразования, но окно остается активным.

### 3.3.5 Инвертирование

Для “не двусторонних” поверхностей (закладка **Модель** окна **Свойств геометрического объекта**) при помощи функции инвертирования определяется обрабатываемая сторона поверхности. Поверхность будет обрабатываться только с той стороны, в которую направлен

вектор нормали. Для генерации правильной управляющей программы необходимо, чтобы векторы нормали всех ее элементов имели направление от детали.

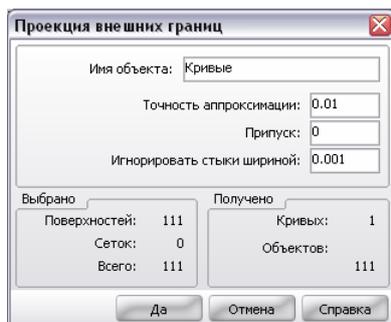
Для “двусторонних” поверхностей (при импорте все поверхности, по умолчанию, устанавливаются “двусторонними”) направление нормали не существенно. Применение функции инвертирования не влияет на траекторию перемещения инструмента.

**Примечание:** Неправильное направление векторов нормалей для “не двусторонних” поверхностей может быть причиной получения ошибочных результатов при выполнении операций обработки.

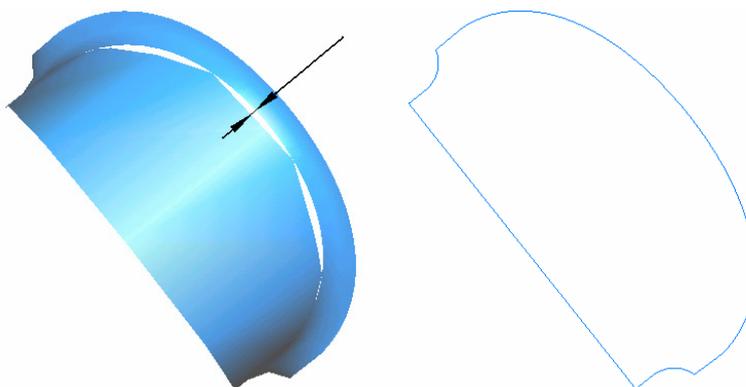
При установке обрабатываемой стороны необходимо включить режим показа вектора нормали у выбранных объектов (Окно системных установок, закладка 3D Модель).

### 3.3.6 Проекция внешних границ

Кнопка **Проецировать** открывает окно **Проекция внешних границ**. Функция предназначена для построения внешних огибающих проекций выбранных поверхностей и сеток на плоскость XY текущей системы координат. Полученные кривые могут быть использованы при задании параметров технологических операций.



- **<Имя объекта>** – имя результирующей кривой. Если в результате проецирования будет получено несколько кривых, то они будут помещены во вновь созданную группу с именем указанным в этом поле. Новая кривая или группа создается в активной на момент вызова функции группе.
- **<Точность аппроксимации>** – максимальное отклонение результирующих кривых от границ поверхностей.
- **<Припуск>** – величина отступа в плане результирующих кривых от границ поверхностей, положительное значение соответствует отступу наружу от поверхности, отрицательное – внутрь (аналог эквидистанты к проекции кривой).
- **<Игнорировать стыки шириной>** – максимальная величина стыков между поверхностями, которые будут проигнорированы. Если поверхности состыкованы с большей точностью, то будет спроецирован общий контур поверхностей, с меньшей – в проекции отобразятся зазоры между соседними поверхностями.



Панель выбрано отображает тип и количество объектов выбранных для проецирования внешней границы.

- **<Поверхностей>** – количество выбранных поверхностей.
- **<Сеток>** – количество выбранных сеток.
- **<Всего>** – общее число выбранных геометрических объектов.

Панель получено показывает количество кривых в проекции внешней границы и количество обработанных на текущий момент исходных объектов (при значительной сложности проецируемых объектов расчет проекции может занять некоторое время).

- **<Кривых>** – количество полученных кривых.
- **<Обработано объектов>** – количество обработанных на данный момент объектов.

При изменении параметров проецирования, автоматически пересчитываются значения полей на панели **Получено**.

Для применения изменений следует закрыть окно нажатием на кнопку **<Да>**. Проекция внешней границы выбранных объектов будет вставлена в активную группу. Для отказа от выполнения функции проецирования надо нажать кнопку **<Отмена>**

### 3.3.7 Объединение кривых

Кнопка **Объединить** открывает окно **Объединение кривых**.

Выбрано кривых		Получено кривых	
Всего кривых:	15	Без изменения:	13
Замкнутых:	10	Новых:	1
Разомкнутых:	5	Замкнутых:	0
		Разомкнутых:	1

Иногда при импорте кривых в файле хранится не объединенный контур, а контур, разбитый на множество элементарных участков. Для удобства дальнейшей работы с таким контуром элементарные участки рекомендуется объединить. Функция объединения кривых позволяет получить кривую путем стыковки соседних элементарных участков.

- **<Имя кривой>**, **<Имя папки>** – имя новой кривой. Если в результате объединения будет получено несколько кривых, то они будут помещены во вновь созданную группу с именем указанным в этом поле. Новая кривая или группа создается в активной на момент вызова функции группе.

- **<Удалять исходные>** – установленный флажок в этом поле означает, что по завершении операции объединения исходные объекты будут удалены.
- **<Точность>** – максимальное расстояние между концами соседних кривых, которые можно объединить. Варьированием значения точности можно добиться желаемого результата при объединении (зачастую концы импортированных кривых не совпадают с абсолютной точностью).

Панель **Выбрано кривых** показывает количество и тип исходных кривых.

- **<Всего>** – общее число выбранных кривых.
- **<Замкнутых>** – количество замкнутых кривых.
- **<Разомкнутых>** – количество разомкнутых кривых.

Панель **Получено кривых** отображает количество и тип вновь получаемых кривых.

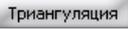
- **<Без изменения>** – количество кривых оставленных без изменения.
- **<Новых>** – общее число полученных новых кривых.
- **<Замкнутых>** – число полученных замкнутых кривых.
- **<Разомкнутых>** – число разомкнутых кривых.

При изменении точности объединения, автоматически пересчитываются значения полей на панели **Получено кривых**.

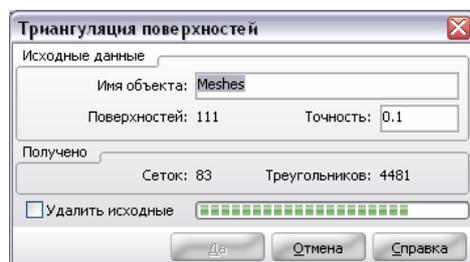
Для применения объединения следует закрыть окно нажатием на кнопку **<Да>**. Объединенная кривая (или группа с кривыми) будет помещена в активную группу. Исходные кривые будут удалены, если установлен соответствующий флажок.

Для отказа от выполнения объединения надо нажать кнопку **<Отмена>**.

### 3.3.8 Триангуляция поверхностей

Окно **Триангуляция поверхностей** вызывается из контекстного меню графического окна или кнопкой .

Функция предназначена для огрубления выбранных поверхностей с заданной точностью. Применима в случаях, когда операция выполняется с точностью меньшей, чем точность самой поверхности, либо невозможно обработать деталь из-за проблем, возникших вследствие некорректного построения модели – винтовые переходы, игольчатые поверхности и т.д.



Панель **Исходные данные** отображает тип и количество объектов, выбранных для триангуляции и другие исходные данные.

- **<Имя объекта>** – имя результирующей поверхности. Если в результате триангуляции будет получено несколько поверхностей, то они будут помещены во вновь созданную группу с именем, указанным в этом поле. Новая поверхность или группа создается в активной на момент вызова функции группе.

- **<Точность>** – максимальное отклонение результирующей поверхности от исходной. Варьированием значения точности можно добиться желаемой степени огрубления поверхности.
- **<Поверхностей>** – количество выбранных поверхностей.

Панель **Получено** показывает количество и тип вновь получаемых объектов (при значительной сложности выбранных объектов триангуляция может занять некоторое время, поэтому показывается процент выполнения операции).

- **<Сеток>** – количество полученных сеток.
- **<Треугольников>** – общее количество треугольников в сетках.

При изменении точности триангуляции автоматически пересчитываются значения полей на панели Получено.

Установленный флажок в поле **<Удалять исходные>** означает, что по завершении триангуляции исходные объекты будут удалены.

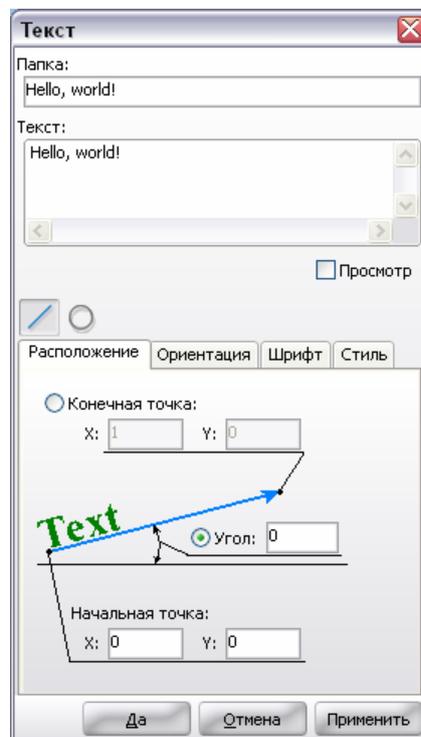
Для применения триангуляции следует закрыть окно нажатием на кнопку **<Да>**. Полученная поверхность (или группа поверхностей) будет помещена в активную группу. Исходные объекты будут удалены, если установлен соответствующий флажок.

Для отказа от выполнения триангуляции надо нажать кнопку **<Отмена>**.

### 3.3.9 Создание надписей

Вызов окна создания надписей можно произвести следующими способами: нажать кнопку **Текст** на панели **3D модель**, либо воспользоваться контекстным меню в графическом окне или в окне Модель.

Внешний вид окна создания надписей представлен ниже.



Надпись может быть расположена либо вдоль прямой  (по умолчанию), либо вдоль окружности .

Для изменения шрифта текста необходимо воспользоваться кнопкой **Шрифт...** в закладке **[Параметры шрифта]**.

Для предварительного просмотра надписи следует нажать флажок **<Просмотр>**. Если параметры введены корректно, то в графическом окне появится текст. После чего при необходимости параметры надписи можно скорректировать. Данную последовательность действий следует выполнять до достижения требуемого результата.

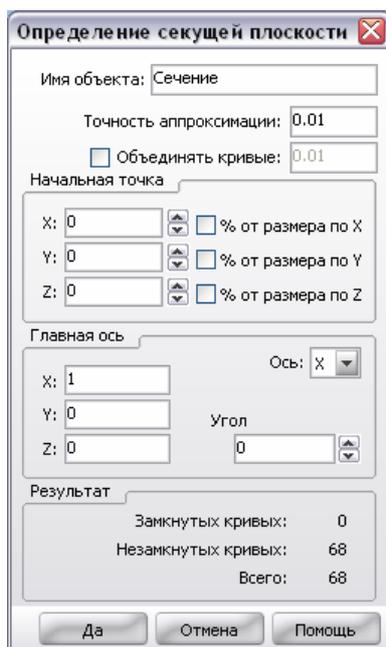
Для создания надписи следует нажать кнопку **<Да>**. При этом к дереву модели будет добавлена папка с именем указанным в поле **<Папка>** и окно будет закрыто.

Для создания текста без закрытия окна следует нажать кнопку **<Применить>**.

### 3.3.10 Создание сечений

**Сечение** – это параметрический элемент геометрической модели. Сечение добавляется в группу дерева геометрической модели, для того чтобы автоматически получать кривые пересечения поверхностей, входящих в группу, с заданной плоскостью.

Для того, чтобы создать сечение, необходимо сделать активной папку, в которой будет размещено сечение, после чего нажать на кнопку **<Сечение>** на панели инструментов закладки **3D Модель**. В результате система перейдет в режим создания и редактирования секущей плоскости, а на экране появится окно параметров секущей плоскости.



Плоскость сечения определяется своей начальной точкой, направлением главной оси и углом поворота вокруг этой оси.

Положение начальной точки задается в полях ввода **X**, **Y**, **Z** раздела **Начальная точка**, при этом, если установлен флажок рядом с полем ввода, то введенное значение воспринимается как процент от габаритов рассекаемой модели по X, Y и Z соответственно, в противном случае – как абсолютное значение.

Положение начальной точки может быть также задано интерактивно, с помощью мыши. Для этого в графическом окне необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на кубике, изображающем начальную точку, затем перенести его в любое другое место модели, после чего

снова нажать левую клавишу мыши, чтобы завершить перетаскивание объекта.

Для удобства положение плоскости в пространстве может быть задано через указание направления любой из трех осей (X, Y, Z) системы координат плоскости. Выбор главной оси осуществляется из выпадающего списка в правом верхнем углу раздела **Главная ось**, а ориентация оси задается в полях ввода **X, Y, Z** того же раздела. Направление оси может быть также задано интерактивно, с помощью мыши, точно также как положение начальной точки.

Угол поворота плоскости вокруг главной оси задается в поле **Угол** раздела **Главная ось**, либо интерактивно с помощью перетаскивания одной из неглавных осей плоскости, или самой плоскости.

В разделе **Результат** отображается результат пересечения модели плоскостью. Точность получаемых кривых задается в поле **Точность аппроксимации**. При желании результирующие кривые могут быть объединены. Для этого необходимо отметить флажок **<Объединять кривые>** и ввести требуемое значение точности.

Созданное сечение представляет собой группу кривых. Кривые, входящие в группу могут быть изменены, перемещены в другую группу, или совсем удалены. Однако, при любом последующем изменении поверхностей, входящих в рассекаемую папку, кривые будут сгенерированы заново.

При необходимости, параметры сечения могут быть изменены. Для этого необходимо выделить сечение, и выбрать в контекстном меню закладки 3D Модель команду **<Редактирование плоскости>**.

**Примечание:** Инструмент «Сечение» используется системой для формирования задания на обработку для токарных операций в случаях, когда исходной моделью для операции является трехмерная модель, а не двумерный контур. В этом случае в качестве токарной образующей используются объекты группы, наименование которых начинается со слов «Образующая тела вращения». Если таких элементов в группе нет, то автоматически создается сечение, ось которого совпадает с осью токарной системы координат. Созданному сечению присваивается имя «Образующая тела вращения\_0», а кривые, образующие сечение используются для расчета. Если полученный таким образом результат не устраивает, то можно либо изменить параметры секущей плоскости, либо создать дополнительные секущие плоскости, либо построить образующую тела вращения любым из возможных способов и разместить ее в папке с моделью.

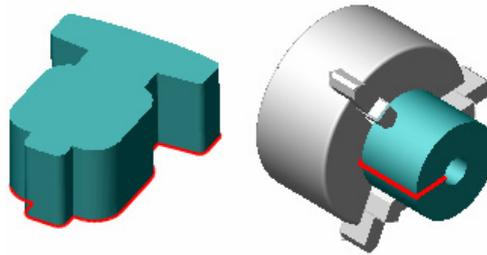


## 4 СРЕДА ДВУМЕРНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ

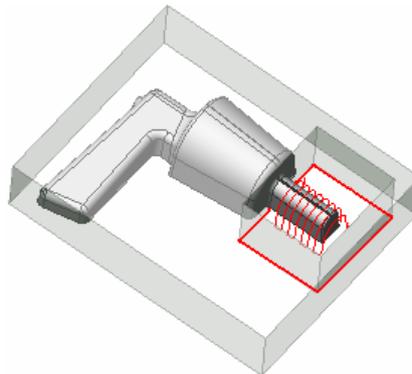
Встроенная среда двумерных геометрических построений предназначена для построения вспомогательных плоских геометрических объектов, расположенных в различных системах координат.

При помощи построенных плоских контуров могут формироваться:

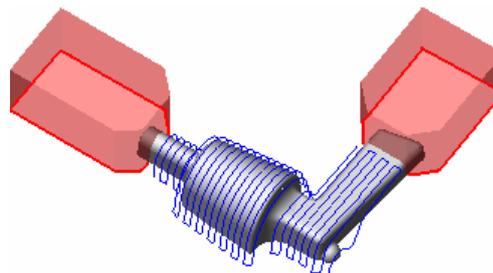
- заготовки



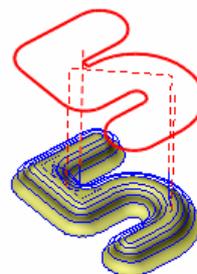
- зоны обработки



- запрещенные зоны



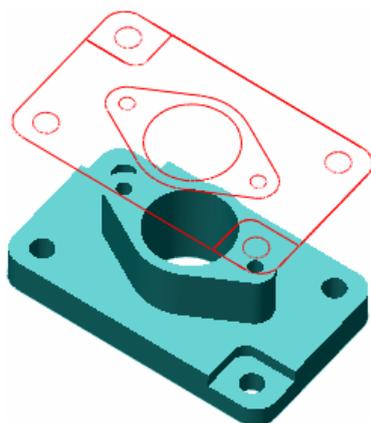
- направляющие кривые в управляемых операциях



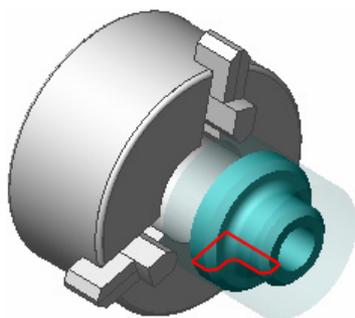
- обрабатываемые модели в гравировальных операциях



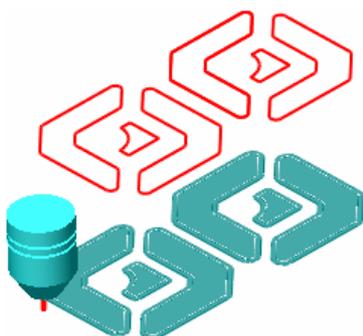
- обрабатываемые модели в операциях 2-2.5D обработки



- обрабатываемые модели в токарных операциях.



- обрабатываемые модели в операциях резки.



Точки могут определять центры обрабатываемых отверстий или координаты точек засверливания.

Построения геометрических объектов ведутся в плоскости XY текущей системы координат. Объекты, принадлежащие разным системам координат считаются независимыми.

Все двумерные геометрические объекты имеют в системе двоякое представление: графическое и языковое. Между этими представлениями существует однозначная связь. То есть каждому

изображенному в графическом окне объекту соответствует строка в программе на языке геометрического процессора и наоборот.

При интерактивном определении объекта автоматически создается строка программы, ему соответствующая. При удалении объекта удаляется и определяющая его строка. Редактирование программы влечет одновременное изменение чертежа и наоборот, интерактивное изменение чертежа влечет изменение программы.

Вообще говоря, информация о геометрических элементах чертежа хранится в виде программы. Она самодостаточна и не требует дополнительных данных для восстановления чертежа. Это позволяет сохранять геометрические построения в виде текстового файла.

Пример:

```
P12=X(0),Y(0) // Построение точки в координатах
              // X=0, Y=0

L11=P12,A(30) // Построение прямой через точку
              // под углом 30 градусов

C11=P12,R(20) // Построение окружности с центром
              // в ранее указанной точке и
              // радиусом 20
```

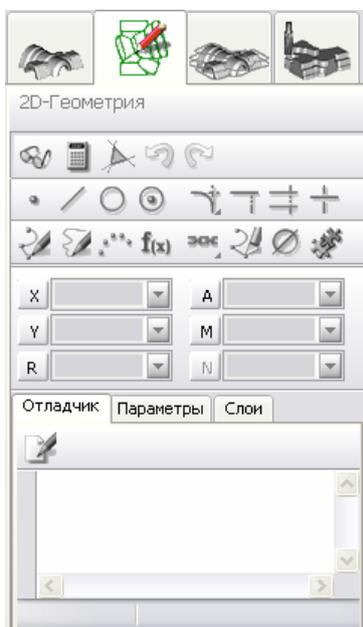
В языке геометрического процессора существует множество различных способов определения объектов.

В программе отражены последовательность построений, все связи между элементами и числовые параметры, введенные пользователем. В любой момент доступно их изменение (как интерактивное, так и непосредственным редактированием текста), что делает конечную геометрическую модель количественно и качественно параметризованной.

Таким образом, режим двумерных геометрических построений является интерактивной оболочкой, которая обеспечивает доступ к функциям геометрического процессора. Использование интерактивной оболочки позволяет использовать все множество функций без обязательного знания синтаксиса языка.

## 4.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Переход в режим двумерных геометрических построений производится выбором закладки **2D-Геометрия** в главном окне системы.



### Назначение кнопок панелей инструментов



- Режим просмотра
- Калькулятор
- Видимость геометрии
- Отменить

Панель инструментов



Калькулятор



Повторить



- Точка
- Окружность

Панель выбора создаваемых объектов



Отрезок



Окружность через центр



- Фаска с обрезкой
- Скруглить с обрезкой
- Удлинить
- Разделить

Панель редактирования кривых



Фаска без обрезки



Скруглить без обрезки



Вырезать



- По элементам
- По точкам
- Соединить поэлементно

Панель формирования контура



Рисовать



По функции



Соединить с продолжением до перекрестка



Разрушить

Трансформировать



Выделить

X	5.28	A	
Y	28.32	M	
R	9.30	N	

Панель задания параметров

X	Координата X
R	Радиус
M	Расстояние

Y	Координата Y
A	Угловая величина
N	Количество

Действия в среде двумерных геометрических построений производятся только в плоскости XY текущей на данный момент системе координат (СК). При построении элементов между ними автоматически накладываются параметрические связи, учитывающие способ построения. Что позволяет при изменении геометрических параметров одного элемента автоматически перестраивать все ссылающиеся на него элементы.

Например, если точка была определена как пересечение двух прямых, то изменение угла наклона одной из этих прямых автоматически повлечет за собой изменение координат точки пересечения. Что, соответственно, приведет к изменению всех геометрических элементов, опирающихся в своем определении на эту точку.

Геометрические объекты, лежащие в разных СК являются независимыми. Поскольку каждая локальная СК имеет фиксированное положение в глобальной системе координат, геометрические объекты располагаются в соответствующем положении в глобальной СК.

Все двумерные геометрические объекты имеют в системе двойное представление: графическое и языковое. Между этими представлениями существует однозначная связь. То есть каждому изображенному в графическом окне объекту соответствует строка в программе на языке геометрического процессора и наоборот.

Соответственно, создание объектов возможно как **интерактивным**, так и **языковым** способом. И в том и в другом случае создаются одни и те же геометрические объекты любым из доступных способов определения. Вся разница лишь в том, как в данном случае пользователю удобнее создать или отредактировать элемент. При интерактивном определении объекта автоматически создается строка программы, ему соответствующая. При языковом способе – объект сразу же отображается в графическом окне. Редактирование программы влечет одновременное изменение чертежа и наоборот, интерактивное изменение чертежа влечет изменение программы.

Для **интерактивного задания** объекта необходимо установить его тип и указать элементы и параметры его определяющие. В результате интерактивных действий строка, соответствующая языковому заданию объекта, будет сформирована автоматически. Интерактивный метод задания объектов в большинстве случаев оказывается наиболее простым и оптимальным.

Для определения объекта языковым способом необходимо в редакторе отладчика добавить строку, задающую новый объект. **Языковой способ** необходим при построении модели, между параметрами объектов которой накладываются дополнительные функциональные связи.

## 4.1.1 Интерактивное определение объектов

Для интерактивного задания нового элемента необходимо выполнить следующую последовательность действий:

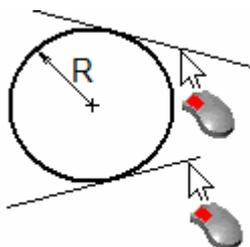
- выбрать тип создаваемого элемента (точка, отрезок, окружность по границе или через центр либо контур) на соответствующих панелях;



- включить, если нужно, привязки к существующим элементам. Панель привязок является перемещаемой и может быть припаркована к различным частям главного окна;



- при необходимости следует указать курсором мыши вспомогательные объекты, требующиеся для построения;

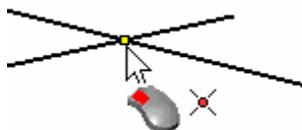


- иногда может потребоваться установка параметров в окне, которое изображено ниже.

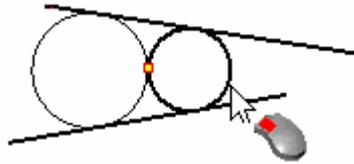


Если через указанные элементы может быть построено несколько объектов выбранного типа, то система отобразит все возможные варианты, и будет ожидать указания нужного объекта. Указанный в графическом окне объект и будет построен.

Например, для построения точки пересечения двух прямых следует выбрать на панели тип определяемого объекта **Точка** , включить привязку **Точка пересечения**  и указать курсором место пересечения. Точка будет построена сразу, так как две непараллельные прямые пересекаются в одной точке, и поэтому система не потребует дополнительного выбора нового элемента.



Другой пример. Для построения окружности, проходящей через точку и касательной к двум прямым надо выбрать тип определяемого элемента **Окружность** , включить точку привязки **Точка**  и в любом порядке указать в графическом окне точку и две прямые. Затем из нескольких предложенных вариантов выбрать нужный, указав на него мышью. После этого указанная окружность будет построена и появится в списке элементов.



При построении этой окружности были использованы точка и две прямые. Изменение геометрических параметров любого из этих элементов автоматически приведет к изменению окружности.

При необходимости, числовые значения параметров определяемого элемента следует ввести в соответствующих полях панели.

X	<input type="text"/>	A	<input type="text"/>
Y	<input type="text"/>	M	<input type="text"/>
R	<input type="text"/>	N	<input type="text"/>

Поля имеют следующие значения:

**X** - координата X;

**Y** - координата Y;

**A** - угловая величина (в градусах);

**R** - радиус окружности, скругления;

**M** - расстояние, величина эквидистанты, точность аппроксимации при построении сплайна;

**N** - количество повторений при повторяемых операциях (например, определение контура многократным переносом с объединением).

В процессе определения объекта система автоматически выставляет набор типов элементов и допустимые типы параметров, которые могут быть использованы для дальнейшего определения объекта. Ввод значений может чередоваться с указанием базовых элементов в любом порядке.

Значения параметров могут быть введены либо напрямую, либо как параметр другого объекта или соотношение параметров других объектов посредством **Геометрического калькулятора**. При вводе численного значения заданный параметр будет постоянным. При вводе же значения через **Геометрический калькулятор** будет наложена дополнительная параметрическая связь, которая автоматически будет отслеживать все изменения базовых элементов. Ввод числовых значений осуществляется непосредственно в поле значения параметра. Вызов **Геометрического калькулятора** для ввода дополнительной параметрической связи осуществляется нажатием на кнопку с названием параметра возле поля ввода (**X**, **Y**, **A**, **R**, **M** или **N**).

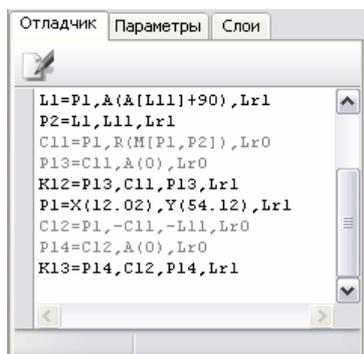
Например, радиус окружности может быть задан напрямую вводом числового значения в поле **R** или как расстояние от точки до прямой через геометрический калькулятор. В первом случае радиус окружности не будет меняться при изменении других геометрических элементов, а во втором – при изменении параметров прямой или точки радиус окружности автоматически будет вычисляться как текущее расстояние между точкой и прямой.

Процесс определения элемента завершается при наличии необходимых для его однозначного определения данных. В случае если на основе указанных данных возможно несколько вариантов определения, система предлагает выбрать один либо несколько вариантов.

Процесс определения может быть принудительно завершен в любой момент двойным щелчком левой клавиши мыши в рабочем поле. При этом определяемый элемент фиксируется в текущем положении.

## 4.1.2 Языковое определение объектов

Определение объектов языковым способом производится в окне отладчика



Для ввода языкового определения следует перейти в режим редактирования нажатием кнопки  в окне отладчика. В режиме редактирования доступно любое изменение текста программы на языке геометрического процессора, то есть не только ввод в любом месте программы нового определения объекта, но и изменение порядка построений, редактирование и удаление определений.

Если определение геометрического элемента производится через параметры ранее построенных объектов, то при изменении базовых объектов автоматически будет изменен и заданный элемент. Если языковое определение не соответствует синтаксису языка геометрического процессора или построение объекта невозможно при указанных параметрах, то строка с определением помечается красной точкой в поле слева от строки.

Пример:

```
P11=X0,Y0 // определяем точку в начале
           // координат
L11=P11,A30 // определяем прямую проходящую через
           // ранее определенную точку под углом
           // 30 градусов
P12=X10,Y20 // определяем новую точку
L12=P12,A(30*(sin(45))) // определяем новую прямую
P13=L11,L12 // определяем точку как пересечение
           // ранее заданных прямых
```

Большинство определений объектов может быть задано интерактивно, что зачастую значительно удобнее. Тем не менее, определение объектов вручную необходимо при использовании специфических способов задания или при создании параметрических моделей. Важнейшим достоинством языкового способа создания элементов является возможность использования функций и переменных при задании значений числовых параметров.

## 4.2 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ

### 4.2.1 Задание точки

Для задания точки следует нажать кнопку **Точка**  на панели выбора создаваемых объектов, далее в любой последовательности курсором мыши, указать элементы которые ее определяют, при необходимости ввести параметры **X**, **Y** и **A** в соответствующие поля панели ввода параметров.

Ниже приведены примеры задания точки.

#### Курсором в графическом окне.

Ввод точки можно осуществить щелчком курсора мыши в графическом окне.

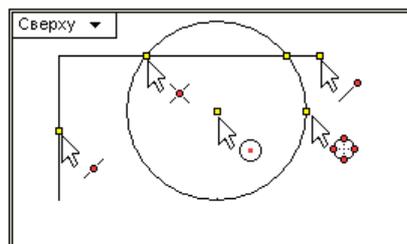
#### Заданием координат X и Y.

X	25.5	A	
Y	-44	M	
R		N	

Координаты точки в абсолютной системе координат вводятся на панели задания параметров 2D геометрии

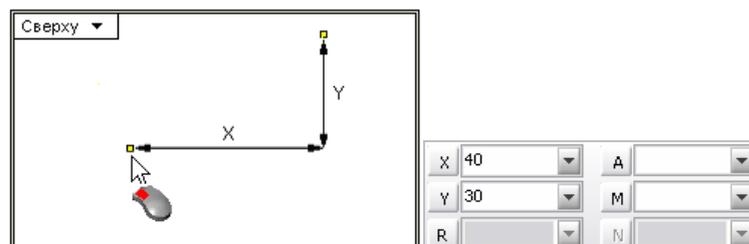
#### Заданием точки на геометрических элементах с учетом способа привязки.

Для задания точки следует установить курсор в зону задания точки на геометрических элементах, после того как рядом с курсором появится требуемое изображение привязки, подтвердите задание точки щелчком по левой клавише мыши.

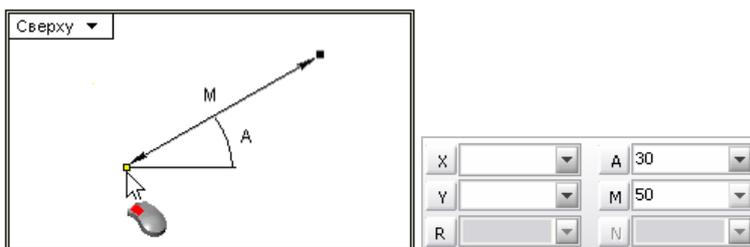


#### Смещением от заданной точки

Курсором указать точку, на панели задания параметров ввести величину смещения по X и Y

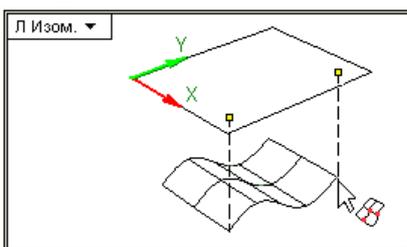


Курсором указать точку, на панели задания параметров задать величину угла **A** и расстояния **M**

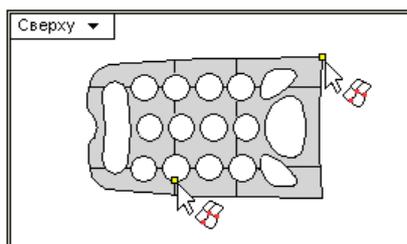


### По узловым точкам модели

Для задания точки следует установить курсор в зону задания точки на модели, после того как рядом с курсором появится изображение привязки , подтвердите задание точки щелчком по левой клавише мыши.



**Примечание:** Точка строится как проекция точки модели на рабочую плоскость. Можно строить только проекции узловых точек модели. Построение точек возможно в любых удобных для работы видах (Сверху; Изометрия и др.).



## 4.2.2 Задание прямой

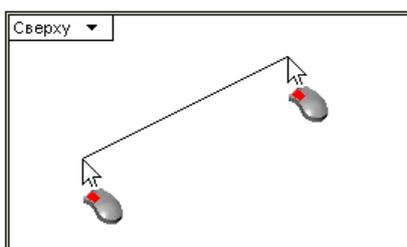
Для задания прямой следует нажать кнопку **Отрезок**  на панели выбора создаваемых объектов. Далее в любой последовательности указать курсором элементы, которые ее определяют. Если через указанные элементы возможны несколько вариантов построения прямой, то система отобразит эти варианты, и будет ожидать указания выбора нужного варианта, или, при необходимости, ввода соответствующего параметра в панели ввода параметров.

Ниже приведены примеры задания прямой.

### Курсором в поле графического окна

Указать курсором стартовую позицию отрезка.

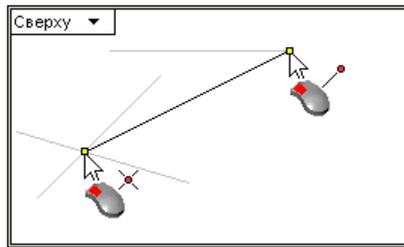
Указать курсором конечную позицию отрезка.



**От точки привязки до точки привязки**

Используя систему привязок указать стартовую точку отрезка.

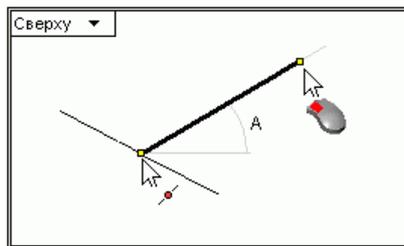
Используя систему привязок указать конечную точку отрезка.

**От точки привязки под заданным углом до позиции определенной кликом мыши**

Используя систему привязок указать стартовую точку линии.

Используя панель задания параметров задать угол наклона линии.

Курсором указать позицию конечной точки линии.

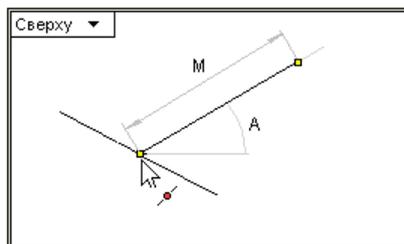


X		A	30
Y		M	
R		N	

**От точки привязки под заданным углом на заданное расстояние**

Используя систему привязок указать стартовую точку линии.

Используя панель задания параметров задать угол наклона линии и расстояние до конечной точки линии.



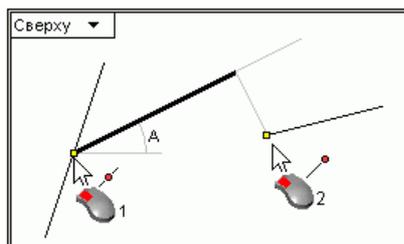
X		A	30
Y		M	50
R		N	

**От точки привязки под заданным углом до точки привязки**

Используя систему привязок указать стартовую точку линии.

Используя панель задания параметров задать угол наклона линии.

Используя систему привязок указать конечную точку линии.



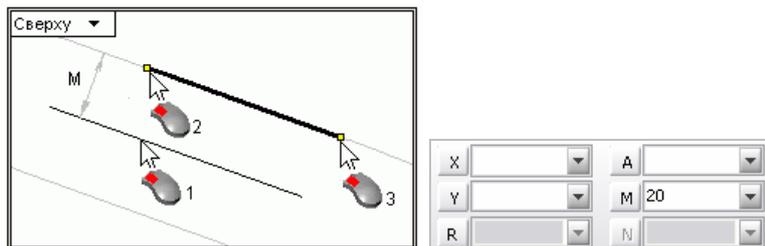
X		A	30
Y		M	
R		N	

**Параллельно заданной линии, на заданном расстоянии**

Указать линию, относительно которой необходимо построить параллельный отрезок.

Используя панель задания параметров задать расстояние между линиями.

Курсором мыши указать сначала стартовую позицию линии, затем конечную позицию.



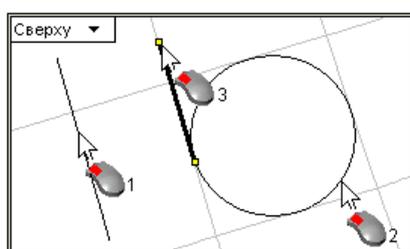
**Параллельно заданной, касательно к окружности**

Указать линию, параллельно которой требуется построить отрезок.

Указать окружность.

Выбрать из предложенных вариантов нужный.

Курсором указать конечную точку линии.



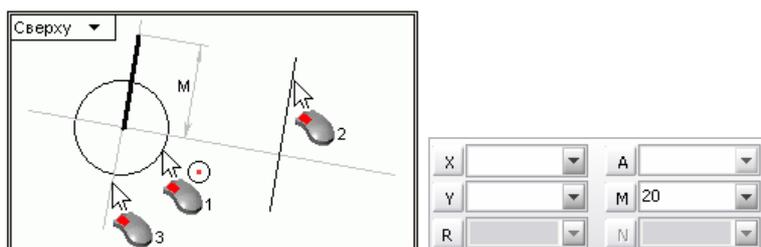
**От точки привязки, заданной длины, параллельно/перпендикулярно другой линии**

Используя систему привязок указать стартовую позицию линии.

Указать линию, параллельно которой необходимо построить отрезок.

Указать прямую, на которой должен лежать отрезок.

Используя панель задания параметров задать длину отрезка.



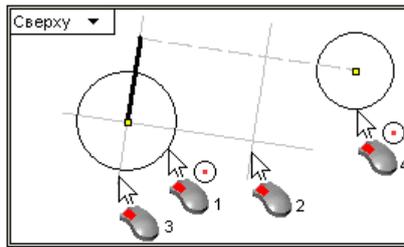
**От точки привязки, параллельно линии, до точки привязки**

Используя систему привязок указать стартовую позицию линии.

Указать линию, относительно которой необходимо построить отрезок.

Указать прямую, на которой должен лежать отрезок.

Используя систему привязок указать позицию, по нормали к которой построится конец отрезка.

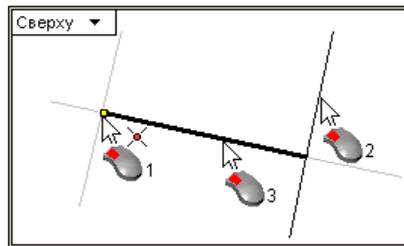


### От точки привязки перпендикулярно линии

Используя систему привязок указать стартовую позицию линии.

Указать линию, перпендикулярно которой необходимо построить отрезок.

Указать прямую, на которой должен лежать отрезок.

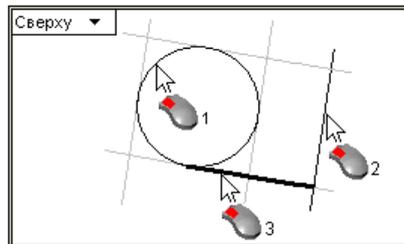


### Касательной и перпендикуляром

Указать окружность (дугу) касательно к которой необходимо построить отрезок.

Указать линию, перпендикулярно которой необходимо построить отрезок.

Указать линию, на которой должен лежать отрезок.

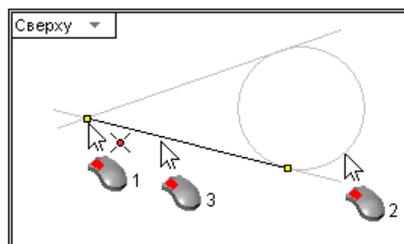


### От точки привязки касательно к кривой

Используя систему привязок указать стартовую позицию линии.

Указать окружность, к которой необходимо построить касательный отрезок.

Указать прямую, на которой должен лежать отрезок.

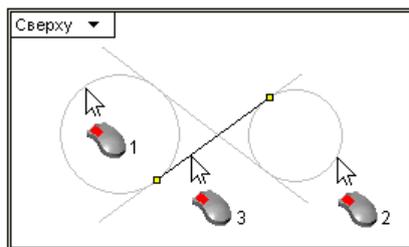


### Касательно к двум кривым

Указать первую окружность.

Указать вторую окружность.

Указать линию, на которой должен лежать отрезок.



### 4.2.3 Задание окружности

Для задания окружности следует нажать кнопку **Окружность**  (или  для задания окружности через центральную точку) на панели выбора создаваемых объектов. Далее, в любой последовательности, указать курсором элементы, которые ее определяют. Если через указанные элементы возможны несколько вариантов построения окружности, то система отобразит эти варианты, и будет ожидать указания выбора нужного варианта, или, при необходимости, ввода соответствующего параметра в панели задания параметров.

Ниже приведены примеры способов задания окружности.

#### Задание центра окружности

Задание центра - см. **задание точки**.

#### Задание величины радиуса окружности

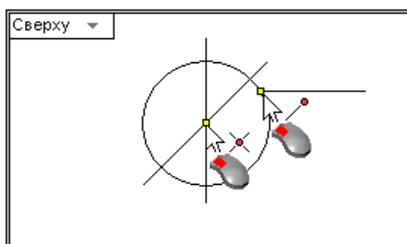
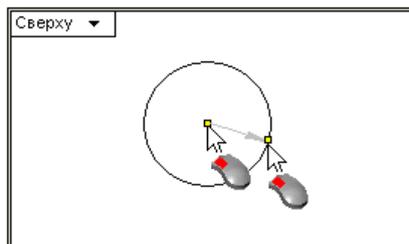
Радиус можно задавать двумя способами:

- Заданием величины радиуса на панели задания параметров.
- Интерактивным **заданием точки**.

#### Центр - радиус

Курсором в графическом окне, заданием координат на панели или, используя систему привязок, указать центр окружности.

Курсором в графическом окне, заданием координат на панели или, используя систему привязок, указать позицию точки, определяющей радиус окружности.



#### 2 точки - радиус

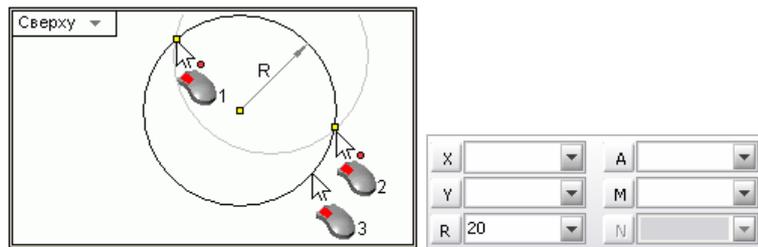
Кнопка  должна быть выключена.

Курсором в графическом окне или, используя систему привязок, указать позицию первой точки.

Курсором в графическом окне или, используя систему привязок, указать позицию второй точки.

В поле **R** панели задания параметров ввести значение радиуса.

Из предложенных вариантов выбрать требуемую окружность.

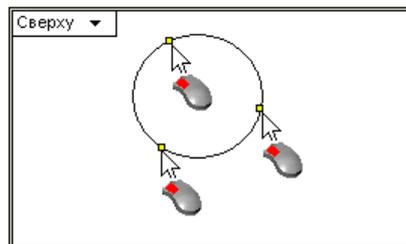


### Три точки

Курсором в графическом окне, заданием координат на панели или, используя систему привязок, указать первую точку, лежащую на окружности.

Курсором в графическом окне, заданием координат на панели или, используя систему привязок, указать вторую точку, лежащую на окружности.

Курсором в графическом окне, заданием координат на панели или, используя систему привязок указать третью точку, лежащую на окружности.

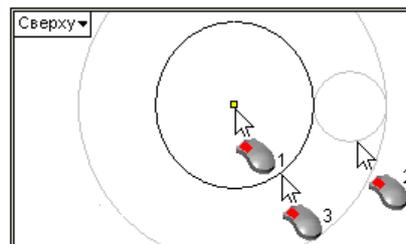


### Центр - касательная

Курсором в графическом окне, заданием координат на панели или, используя систему привязок, указать центр окружности.

Указать окружность, касательно к которой должна быть расположена новая окружность.

Из предложенных вариантов выбрать требуемую окружность.



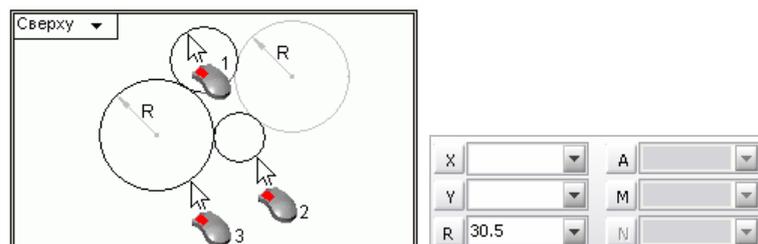
### Касательно к двум кривым - радиус

Указать первую окружность.

Указать вторую окружность.

В поле **R** панели задания параметров ввести значение радиуса.

Из предложенных вариантов выбрать требуемую окружность.



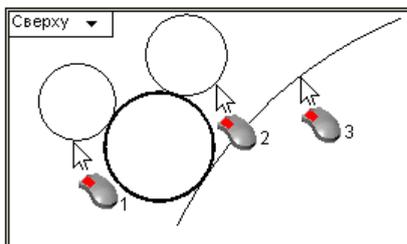
### Касательно трем кривым

Указать первую окружность.

Указать вторую окружность.

Указать третью окружность.

Из предложенных вариантов выбрать требуемую окружность.



## 4.2.4 Функция удлинения

Функция удлинения служит для того, чтобы продолжить тот или иной геометрический элемент до пересечения с другим элементом. Для выполнения операции следует нажать кнопку **Удлинить**  на панели редактирования кривых.

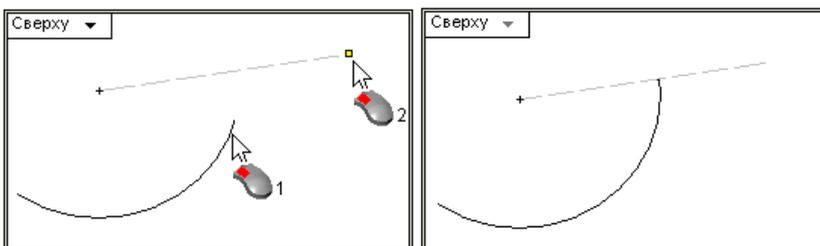
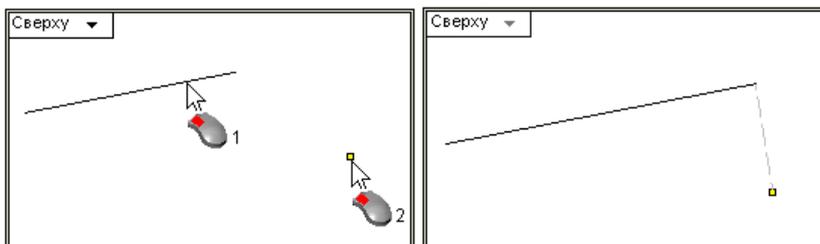
Далее описаны различные способы построения удлинений.

### Удлинение до точки (позиции курсора)

Последовательность действий:

- указать кривую, которую требуется удлинить.
- указать точку, до которой следует удлинить выбранную кривую.

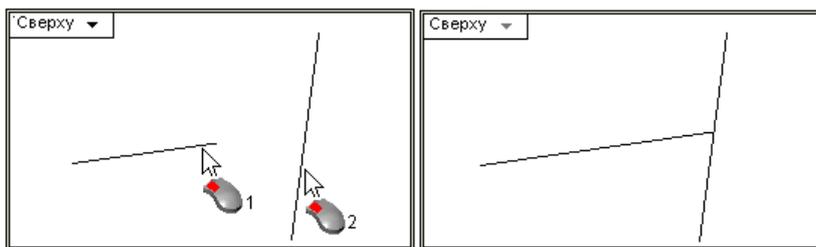
Если точка не лежит на выбранной кривой, удлинение производится до нормали к этой кривой, проведенной из выбранной точки.



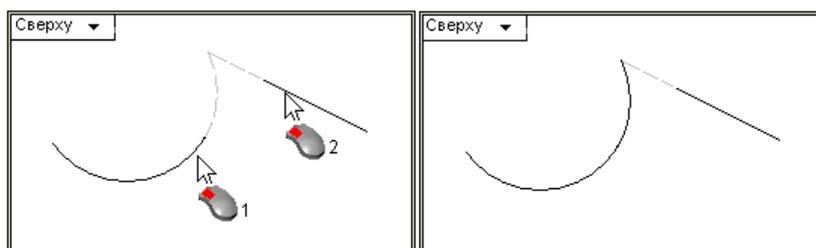
### Удлинение до пересечения с кривой

Последовательность действий:

- указать кривую, которую требуется удлинить.
- указать кривую, до которой следует удлинить выбранную кривую.



Если кривые явно не пересекаются, тогда кривая будет удлинена до пересечения геометрических элементов сформировавших эти кривые.



## 4.2.5 Функция соединения

Функция соединения предназначена для связывания созданных ранее отдельных геометрических элементов в один контур. Для выполнения этой операции следует нажать кнопку **Соединить поэлементно**  или **Соединить с продолжением до пересечения**  на панели форматирования контура.

Условия соединения:

- Концы соединяемых кривых должны сходиться в одной точке.
- Кривые, объединенные в контур, не могут быть использованы для построения другого контура.

В случае соединения с продолжением до перекрестка, начиная с указанного элемента до первого перекрестка, соединение производится автоматически в обе стороны. Далее следует курсором указать элемент, в направлении которого должно быть продолжено соединение.

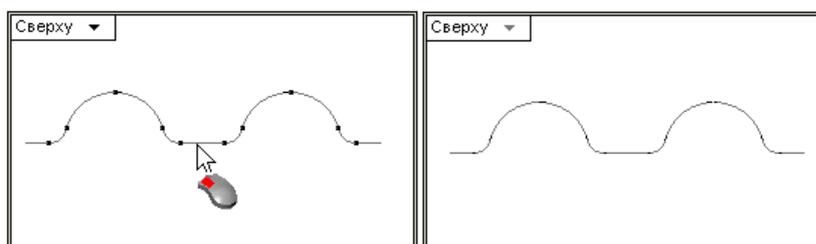
В случае поэлементного соединения в число объединяемых участков включается только выделенный элемент.

Для завершения объединения кривой на последнем выделенном элементе следует нажать кнопку . На последнем элементе замкнутого контура завершение объединения происходит автоматически.

Ниже приведено несколько примеров соединения.

**Соединение группы элементов, не содержащей ответвлений в незамкнутый контур.**

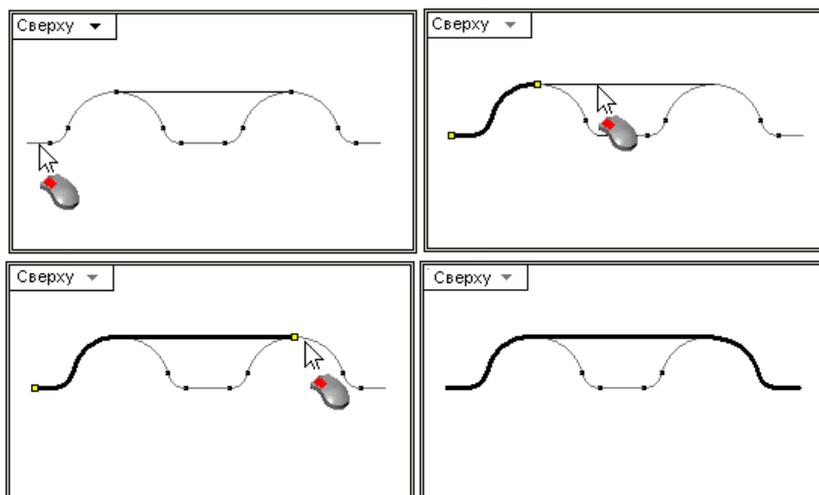
Указать любой элемент из цепочки объединяемых элементов.



**Соединение группы элементов, содержащей ответвления в незамкнутую кривую.**

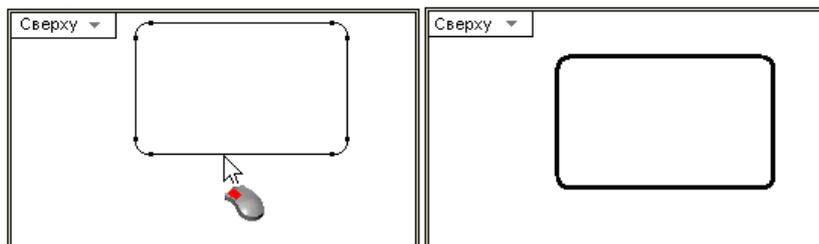
Указать элемент, с которого следует начать объединение контура. В результате чего произойдет автоматическое соединение до первого перекрестка.

Указать элемент, определяющий направление дальнейшего соединения.



**Соединение группы элементов, не содержащей ответвлений в замкнутый контур.**

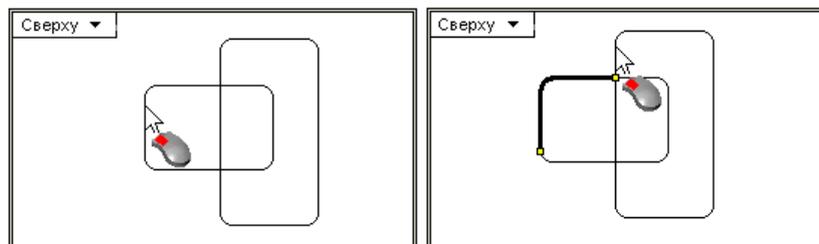
Указать любой элемент из цепочки объединяемых элементов.

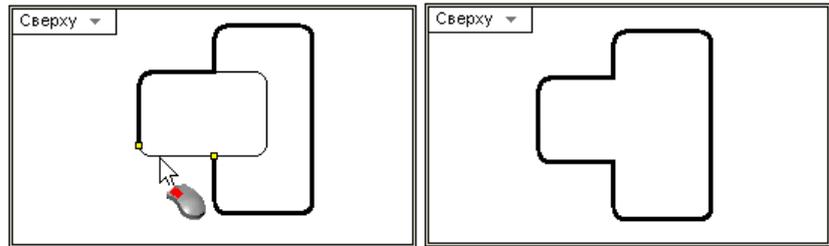


**Соединение группы элементов, содержащей ответвления в замкнутый контур.**

Указать элемент, с которого следует начать объединение контура. В результате произойдет автоматическое соединение до первого перекрестка.

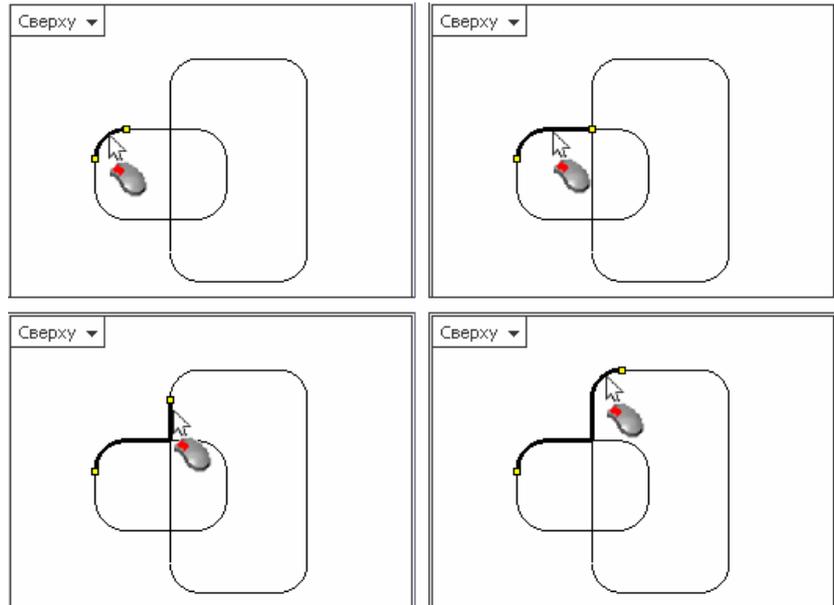
Указать элемент, определяющий направление дальнейшего соединения.





#### Поэлементное соединение.

Включить режим поэлементного соединения, последовательно указать элементы, объединяемые в контур и нажать на кнопку завершения построения контура.



### 4.2.6 Функции скругления и построения фаски

Функции скругления и построения фаски предназначены для быстрого формирования участка скругления или фаски в месте стыковки двух элементов. Операция может производиться как с удалением угловых элементов, так и без удаления. Для ее выполнения следует нажать одну из следующих кнопок:



Фаска с обрезкой;



Фаска без обрезки;

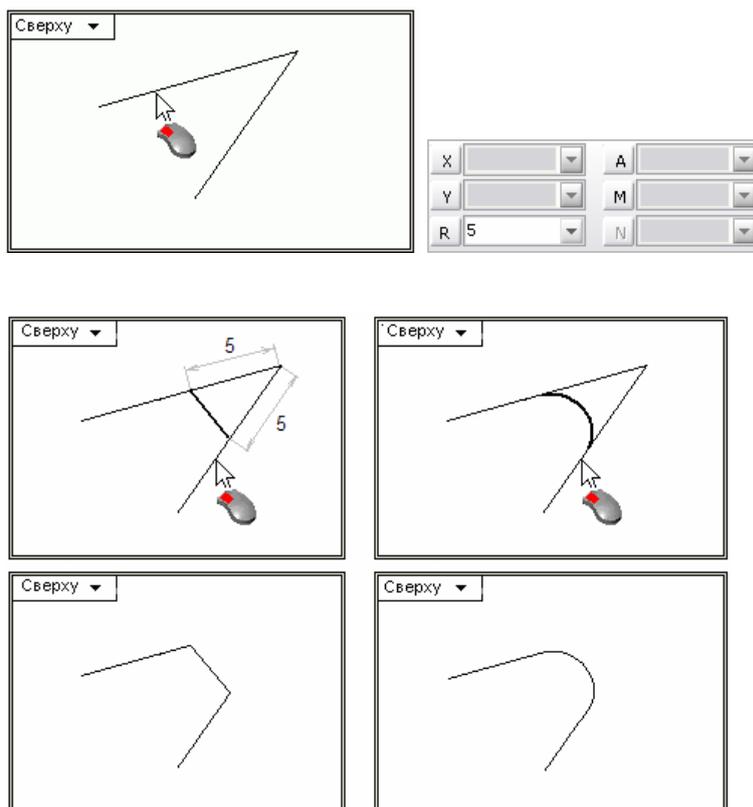


Скруглить с обрезкой;



Скруглить без обрезки;

После этого курсором мыши в графическом окне нужно кликнуть по первой кривой, следом по второй кривой, далее, на панели ввода параметров задать величину радиуса скругления или размера фаски **R**. Часто на пересечении кривых имеется несколько вариантов скругления, в этом случае система предложит выбрать необходимый. При перемещении курсора в зоне пересечения кривых возможные варианты подсвечиваются, требуется всего лишь выбрать необходимый вариант скругления (фаски).

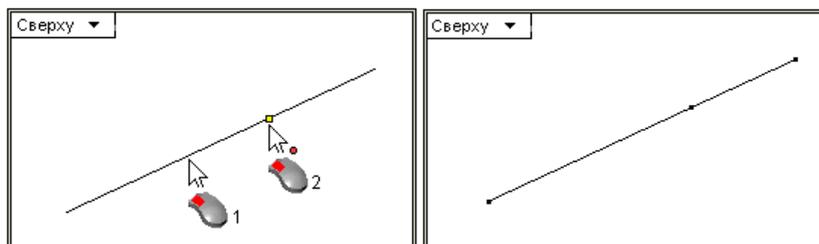


## 4.2.7 Функция разделения

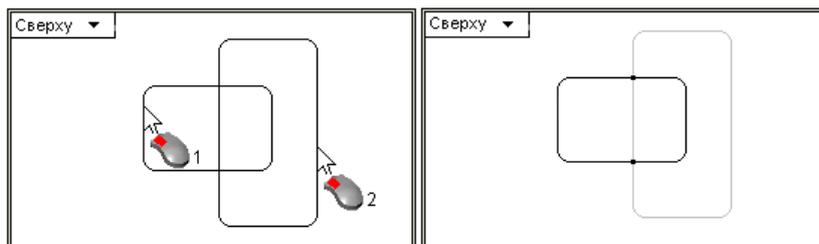
Функция разделения предназначена для разделения одного контура на части по точкам пересечения с другим контуром или 2D-элементом. Для выполнения этой операции следует нажать кнопку **Разделить**  на панели редактирования кривых, курсором мыши кликнуть по кривой которую необходимо разделить, следом указать объект, который является границей раздела.

Ниже приведены примеры деления кривых.

### Граница раздела - точка на кривой



### Граница раздела - другая кривая

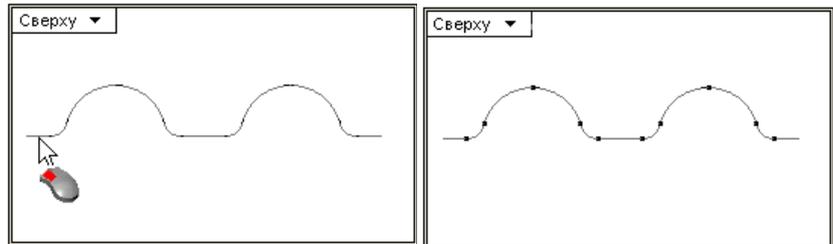


## 4.2.8 Функция разрушения

Эта функция является обратной операцией соединения кривых, и предназначена для расчленения целого контура на составные части.

Для выполнения операции следует нажать кнопку **Разрушить**  на панели формирования контура, затем курсором мыши кликнуть по кривой, которую следует разрушить на составляющие элементы.

На рисунке приведен пример разрушения кривой.



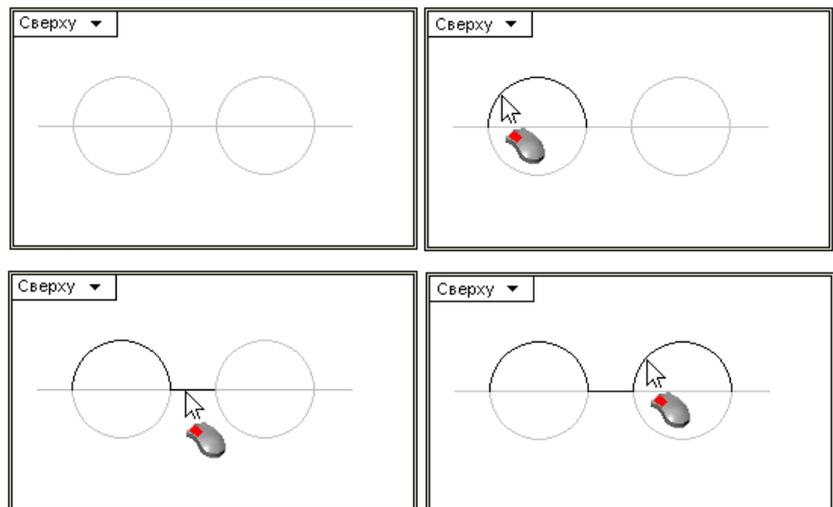
## 4.2.9 Функция извлечения

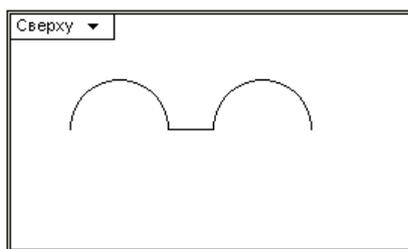
Данная функция обеспечивает преобразование участков геометрических элементов, ограниченных другими геометрическими элементами в геометрический контур.

Для выполнения этой операции следует включить слой геометрии.

Это производится либо нажатием кнопки **Видимость геометрии** , либо удерживанием клавиши клавиатуры **CTRL**. В результате чего в графическом окне появятся все геометрические элементы, которые были построены ранее. Далее необходимо нажать кнопку **Выделить**  на панели формирования контура и курсором мыши указать на участок геометрического элемента, который требуется преобразовать в контур. После преобразования исходный геометрический элемент остается без изменений, а выделенный контур появится в слое контуров.

Ниже приведен пример преобразования.

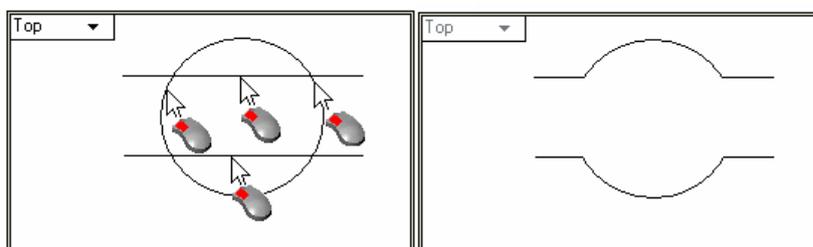




#### 4.2.10 Функции отрезки и вырезания

Операция применяется в случае если необходимо вырезать часть кривой.

Для ее выполнения следует нажать кнопку **Вырезать**  на панели редактирования кривых. Далее следует кликнуть по участку кривой, который требуется вырезать (участок кривой при наведении на него курсора будет подсвечен).



#### 4.2.11 Способы построения контуров

Способы построения контуров переключаются четырьмя клавишами на панели формирования контура:

 - построение контура по элементам;

 - свободное рисование контура;

 - построение контура по точкам;

 - задание контура функцией.

Допускается во время построения изменять способ задания контура. Следовательно, можно построить первую часть контура одним способом, следующую – другим и т.д.

Комбинация кнопок на панели управления определением контура зависит от выбранного способа построения.

Независимо от выбранного способа построения, для завершения определения контура в текущей точке, следует нажать кнопку **Конец контура** . Кнопка **Замкнуть**  выполняет построение замыкающего элемента, если это необходимо, и также завершает операцию.

#### 4.2.12 Построение контура по элементам

Режим построения контура по элементам включается соответствующей кнопкой  на панели формирования контура. Линии определяемого контура проходят по ранее заданным элементам (прямым и окружностям), контур должен начинаться и

заканчиваться в ранее заданных точках. Выбор точки, в процессе построения, автоматически завершает операцию.

Завершение построения контура в текущей точке происходит по нажатию на кнопку **Конец контура** . При нажатии на кнопку **Замкнуть**  выполняется построение замыкающего элемента, если это необходимо, и также завершается построение.

Во время построения возможен переход к другому способу задания контура.

### 4.2.13 Рисование контура

Режим свободного рисования контура включается кнопкой . Линии определяемого контура строятся “от руки”, контур начинается и заканчивается в произвольных точках. При этом тип очередного элемента контура (отрезок либо дуга) определяется кнопками  .

Завершение построения контура в текущей точке происходит по нажатию на кнопку **Конец контура** . При нажатии на кнопку **Замкнуть**  выполняется построение замыкающего элемента, если это необходимо, и также завершается построение.

Во время построения возможен переход к другому способу задания контура.

### 4.2.14 Построение контура по точкам

Режим построения контура по точкам включается кнопкой .

В этом режиме панель управления содержит дополнительную группу кнопок:



– способы построения контура.

На указанном множестве опорных точек может быть построен:



контур-ломанная, опорные точки соединяются отрезками прямых;



контур-сплайн, опорные точки аппроксимируются полиномом;

При построении сплайна необходимо на панели задания параметров дополнительно указать величины:

**M** – точность аппроксимации;

**A** – угол наклона касательной в начальной точке;

**A** – угол наклона касательной в конечной точке.



контур, опорные точки которого соединяются сопряженными дугами.

При этом в панели задания параметров необходимо указать параметр **A** – угол наклона касательной к первой дуге контура.

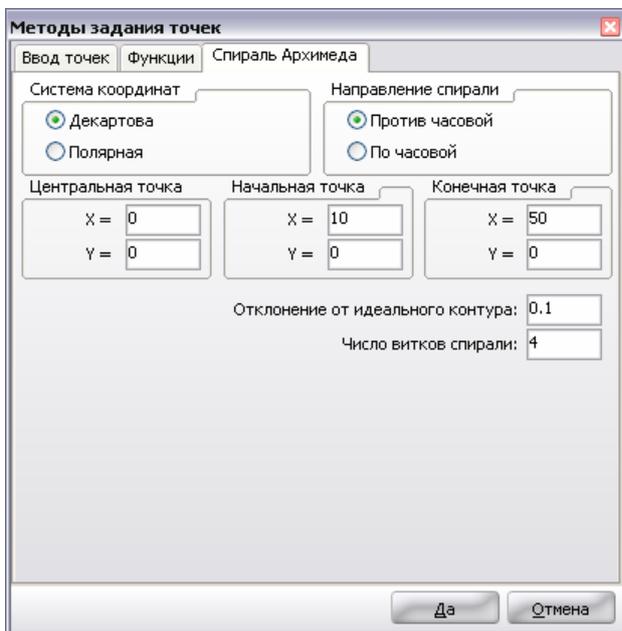
Завершение построения контура в текущей точке происходит по нажатию на кнопку **Конец контура** .

При нажатии на кнопку **Замкнуть**  выполняется построение замыкающего элемента, если это необходимо, и также завершается построение.

Во время построения возможен переход к другому способу задания контура.

## 4.2.15 Задание контура спиралью Архимеда.

Для задания контура в виде спирали Архимеда следует нажать кнопку **По функции**  на панели формирования контура, в открывшемся окне выбрать закладку **Спираль Архимеда**



The screenshot shows a dialog box titled "Методы задания точек" (Methods of point assignment) with three tabs: "Ввод точек" (Point input), "Функции" (Functions), and "Спираль Архимеда" (Archimedean Spiral). The "Спираль Архимеда" tab is active. It contains the following fields and controls:

- Система координат** (Coordinate system): Radio buttons for "Декартова" (Cartesian, selected) and "Полярная" (Polar).
- Направление спирали** (Spiral direction): Radio buttons for "Против часовой" (Counter-clockwise, selected) and "По часовой" (Clockwise).
- Центральная точка** (Central point): Input fields for X = 0 and Y = 0.
- Начальная точка** (Start point): Input fields for X = 10 and Y = 0.
- Конечная точка** (End point): Input fields for X = 50 and Y = 0.
- Отклонение от идеального контура:** Input field with value 0.1.
- Число витков спирали:** Input field with value 4.
- Buttons: "Да" (Yes) and "Отмена" (Cancel).

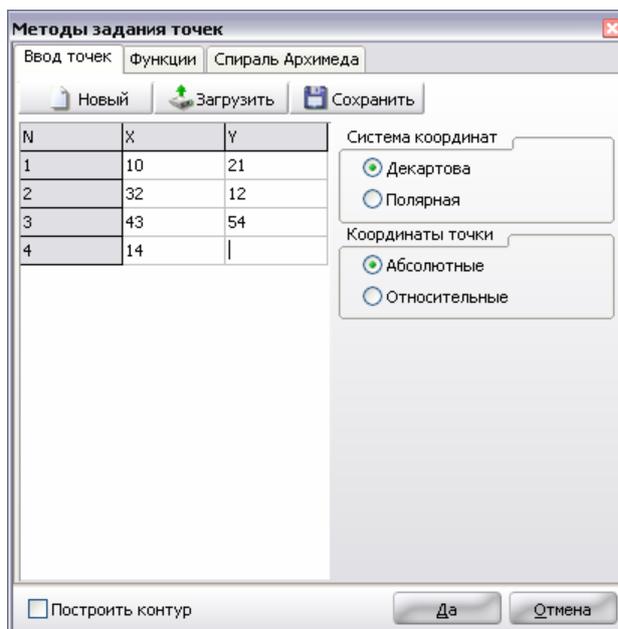
Для задания спирали Архимеда следует указать ее начальную, конечную и центральную точки. Под отклонением от идеального контура понимается расстояние между точками теоретической кривой и соответствующими им точками построенной спирали. Направление против часовой стрелки считается положительным.

Задав параметры следует нажать кнопку **Да** для построения спирали, или кнопку **Отмена** для отказа от построения кривой. В случае нажатия кнопки **Да** на экране будет построена кривая представляющая собой спираль Архимеда.

## 4.2.16 Задание контура набором точек.

Для задания контура набором точек следует нажать кнопку **По функции**  на панели формирования контура, и в открывшемся окне выбрать закладку **Ввод точек**.

Значения точек задаются пользователем, как показано на рисунке.



Точки могут быть заданы как в декартовой, так и в полярной системе координат. Кроме того, координаты точек могут указываться в абсолютных величинах, т.е. относительно начала координат, либо в относительных величинах, т.е. координата каждой следующей точки откладывается от предыдущей точки.

Для того чтобы из указанных точек был сформирован целостный контур необходимо установить галочку **Построить контур**. В противном случае будет выведен только список точек без объединения их в контур.

Наборы точек можно сохранять в текстовые файлы и загружать из них. Для работы с файлами в окне предусмотрены соответствующие кнопки.

#### 4.2.17 Задание контура функцией

Для задания контура функцией следует нажать кнопку **По функции**  на панели формирования контура, и в открывшемся окне выбрать закладку **Функции**.

Пример такого способа задания массива точек приведен ниже.

Методы задания точек

Ввод точек | **Функции** | Спираль Архимеда

Новый | Загрузить | Сохранить

N	X	Y
1	0	0
2	24	4.067
3	48	7.431
4	72	9.511
5	96	9.945
6	120	8.66
7	144	5.878
8	168	2.079
9	192	-2.079
10	216	-5.878
11	240	-8.66
12	264	-9.945
13	288	-9.511
14	312	-7.431
15	336	-4.067
16	360	0

Система координат

Декартова  
 Полярная

Диапазон аргумента

{t} мин = 0  
{t} макс = 360

Функция задания точек

X(t) = {t}  
Y(t) = 10\*sin({t})

Задание аргумента

Шагов 15  
 Точки 16

Рассчитать

Построить контур

Да Отмена

Для получения массива точек после задания функций и их параметров следует нажать кнопку **Рассчитать**. После проведения вычислений, таблица находящаяся в левой части окна будет заполнена значениями координат точек. Возможна работа как с декартовой, так и полярной системами координат.

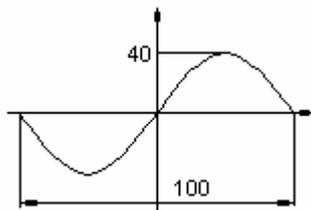
Для того чтобы из рассчитанных точек был сформирован целостный контур необходимо установить галочку **Построить контур**. В противном случае будет выведен только список точек без объединения их в контур.

Наборы точек могут быть сохранены в текстовый файл. Для работы с файлами в окне предусмотрены соответствующие кнопки.

## 4.2.18 Пример построения контура на основе синусоиды

Для задания контура функцией следует нажать кнопку **По функции**  $f(x)$  на панели формирования контура, и в открывшемся окне выбрать закладку **Функции**.

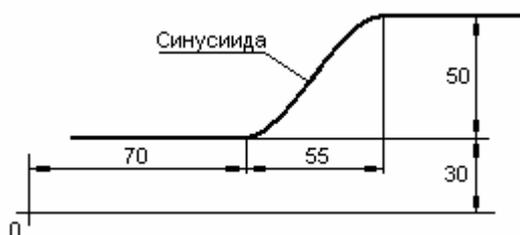
Рассмотрим пример построения контура синусоиды с амплитудой равной 40 мм и периодом 100 мм.



Известно, что период функции  $Y=\sin(X)$  равен 180 градусам, в тоже время длина периода равна 100 мм. Находим масштабный коэффициент для аргумента {t} равен  $100/180=0.55555$ . Устанавливаем выражение функции  $X\{t\}=0.5555\{t\}$

В выражении  $Y\{t\}=40\sin(2\{t\})$  40 - амплитуда синусоиды, 2 - количество полупериодов синусоиды на участке 100 мм. На полученной синусоиде можно выбрать любой участок, используя Диапазон аргумента. Следует иметь ввиду, что диапазон задается в градусах.

Рассмотрим еще один пример. На рисунке изображен контур, в состав которого входит участок представляющий собой часть синусоиды.



Необходимые параметры синусоиды:

- Длина периода -110 мм
- Амплитуда 25 мм

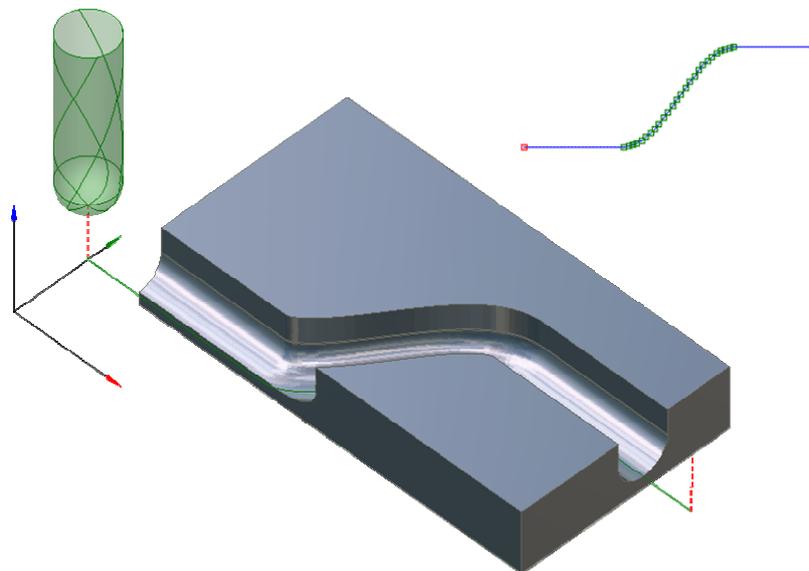
Находим коэффициент аргумента  $X\{t\}$   $110/180=0.6111$ . По эскизу определяем коэффициенты смещения: для  $X\{t\}$   $70+55/2=97.5$  для  $Y\{t\}$   $30+50/2=55$

Диапазон аргумента	
$\{t\}$ мин =	-45
$\{t\}$ макс =	45
Функция задания точек	
$X(t) =$	$0.611 * \{t\} + 97.5$
$Y(t) =$	$25 * \sin(2 * \{t\}) + 55$
Задание аргумента	
<input checked="" type="radio"/> Шагов	50
<input type="radio"/> Точки	51
Рассчитать	

Необходимо установить полученные значения в соответствующие поля окна параметров. Рассчитываем и в результате получаем необходимый контур. Достаиваем по концам синусоиды прямые участки и в режиме редактирования объединяем полученные три контура в один.

Перейдя в режим "Технология", выбрав операцию "Обработка 2D контура", задав необходимые технологические параметры обработки, получаем траекторию В режиме "Моделирование" получим

перемещения фрезы. результат обработки.



#### 4.2.19 Пример построение контура на основе спирали Архимеда

Для задания контура в виде спирали Архимеда следует нажать кнопку **По функции**  $f(x)$  на панели формирования контура, в открывшемся окне выбрать закладку **Спираль Архимеда**

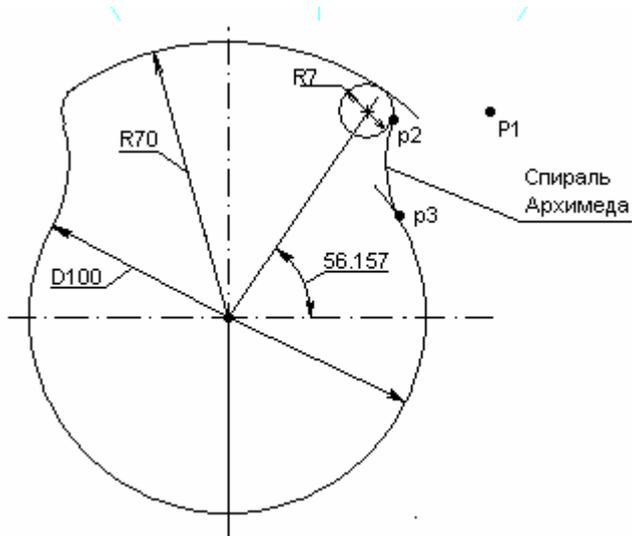
Рассмотрим построение контура в состав, которого входит элемент спирали Архимеда.

Для построения спирали Архимеда необходимо задать ряд параметров: центральная точка спирали, начальная точка спирали, конечная точка спирали, количество витков спирали, точность, направление разворачивания спирали.

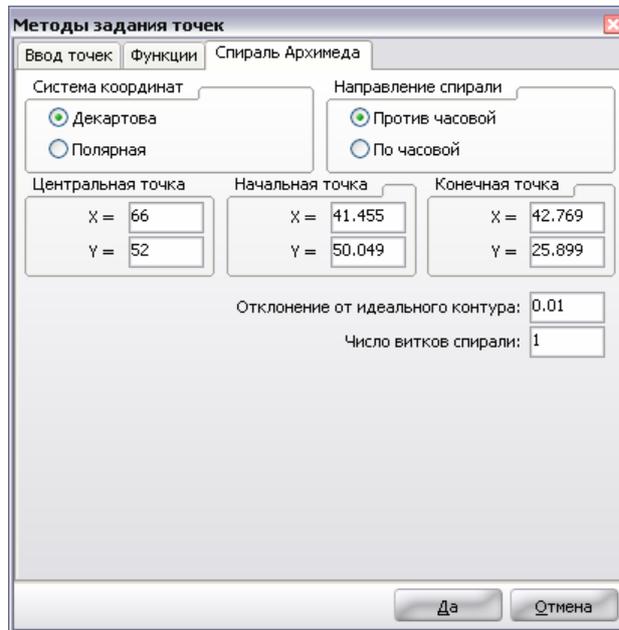


Рассмотрим пример построения контура, один из участков которого является спиралью Архимеда

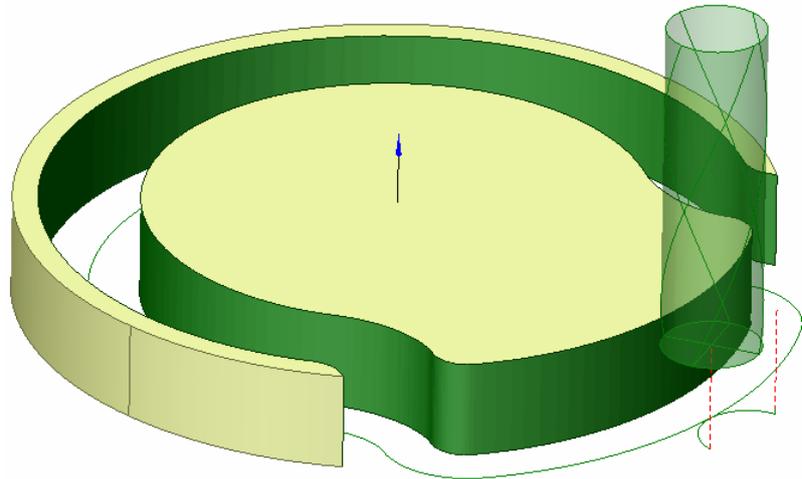
На рисунке изображен эскиз контура кулачка. Участок траектории между точками P2 и P3 является спиралью Архимеда, причем P2 - начальная точка спирали, P3 - конечная, P1- центр спирали. Координаты точек рассчитаны конструктором исходя из определенных требований работы кулачка в механизме управления



В окне задания параметров вводим значения, как показано на рисунке. В графическом окне **SprutCAM** появляется изображение требуемого участка спирали. Далее достраиваем недостающие части правой части симметричного кулачка. Используя способ построения симметричных контуров, достраиваем левую часть кулачка и объединяем все полученные участки в один контур. Перейдя в режим "Технология", выбрав операцию "Обработка 2D контура", задав необходимые технологические параметры обработки - получаем траекторию перемещения фрезы.



В режиме "Моделирование" получим результат обработки.



#### 4.2.20 Пример построения контура на основе эллипса

Рассмотрим пример построения контура в состав, которого входят элементы эллипса.

Уравнения эллипса в параметрической форме:

$$X\{t\} = a \cdot \sin\{t\},$$

$$Y\{t\} = b \cdot \cos\{t\},$$

где  $a$  и  $b$  масштабные коэффициенты по осям  $X$  и  $Y$

В соответствии с эскизом  $a = 30$ ,  $b = 20$ . Диапазоны аргумента для четвертей эллипсов:

Правый верхний угол  $0-90$  град.

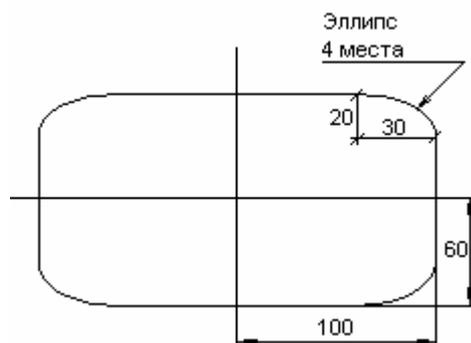
Правый нижний  $90-180$

Левый нижний  $180-270$

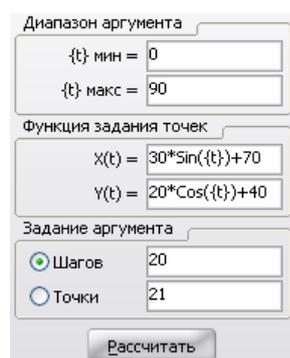
Левый верхний  $270-360$

Смещение центра эллипса по  $X$  и  $Y$ :

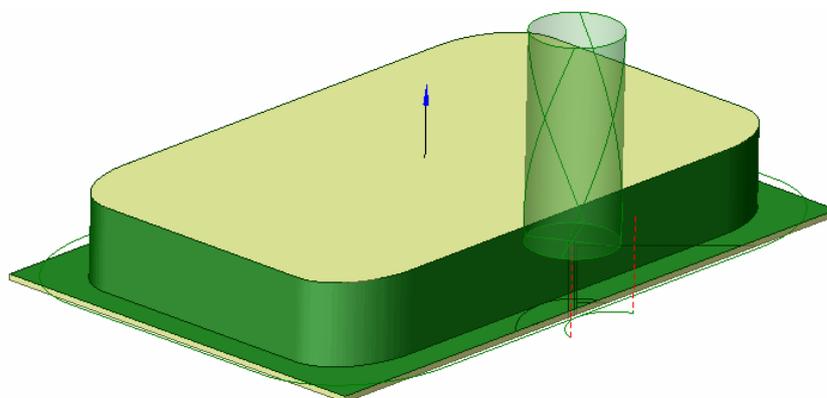
Правый верхний угол +70 +40.  
 Правый нижний +70 -40  
 Левый нижний -70 -40  
 Левый верхний -70 +40



В окне задания параметров, (см.рисунок) в соответствующих полях установлены значения параметров для формирования четверти эллипса которая расположена в правом верхнем углу контура. Аналогично строятся эллипсы в остальных углах фигуры. Далее строим контуры по двум крайним точкам эллипсов, объединяем полученные 8 контуров. Перейдя в режим "Технология", выбрав операцию "Обработка 2D контура", задав необходимые технологические параметры обработки - можно получить траекторию перемещения фрезы.



В режиме "Моделирование" получим результат обработки.



## 4.2.21 Операции над контуром

Режим выполнения операций над контуром вызывается кнопкой **Трансформировать**  на панели формирования контура.

Панель  содержит следующие функции (по порядку слева направо):

- определение эквидистантного контура;
- копирование контура переносом;
- копирование контура поворотом;
- построение зеркального контура;
- множественное копирование контура путем сдвига с объединением;
- множественное копирование контура путем поворота с объединением;

Количество копий, для операций множественного копирования, задается в поле **N**.

### Определение эквидистантного контура

Для построения эквидистантного контура необходимо:

- Выбрать режим модификации контуров, нажатием на кнопку ;
- Выбрать режим построения эквидистанты, нажатием на кнопку ;
- Указать исходный контур;
- Щелчком мыши в рабочем поле указать точку, через которую будет проходить эквидистантный контур, или в поле задания параметров **M** задать расстояние, на котором должен находиться новый контур от исходного.

При выполнении операции в программу определений будет добавлена строка Построения эквидистанты геометрического процессора.

### Копирование контура переносом

Для построения контура параллельным переносом следует:

- Выбрать режим модификации контуров, нажатием на кнопку ;
- Выбрать режим построения контура параллельным переносом, нажатием на кнопку ;
- Указать исходный контур;
- Далее можно указать либо значение вектора переноса в полях ввода параметров **X** и **Y**, либо последовательно две точки. В случае указания точек первая точка является началом исходной системы координат, вторая - началом новой системы координат.

При выполнении операции в программу определений будет добавлена функция **Параллельного переноса контура** геометрического процессора.

### Копирование контура поворотом

Для построения контура поворотом необходимо:

- Выбрать режим модификации контуров, нажатием на кнопку ;
- Выбрать режим построения контура поворотом, нажатием на кнопку ;
- Указать исходный контур;
- В поле задания параметра **A** задать угол поворота.

- Указать точку центра поворота.

При выполнении операции используется функция Перенос-Поворот геометрического процессора.

#### Построение зеркального контура

Для построения зеркального контура надо:

- Выбрать режим модификации контуров, нажатием на кнопку ;
- Выбрать режим построения зеркального контура, нажатием на кнопку ;
- Указать исходный контур;
- Указать прямую, которая служит осью симметрии.

При выполнении операции в программу определений будет добавлена функция Задание контура осевой симметрией геометрического процессора.

#### Множественное копирование контура путем сдвига с объединением

Сдвиг контура будет производиться таким образом, чтобы начальная точка каждой последующей копии совпадала с последней точкой предыдущей копии.

Для построения контура путем сдвига с объединением следует:

- Выбрать режим модификации контуров, нажатием на кнопку ;
- Выбрать режим построения контура путем многократного сдвига, нажатием на кнопку ;
- Указать исходный контур;
- Задать количество копирований в поле параметров **N**.

При выполнении операции в программу определений будет добавлена функция Многократный перенос с объединением геометрического процессора.

#### Множественное копирование контура путем поворота с объединением

Поворот контура будет производиться таким образом, чтобы начальная точка каждой последующей копии совпадала с последней точкой предыдущей копии. Для построения необходимо, чтобы точки начала и конца контура находились на одинаковом расстоянии от центра поворота. Этот способ удобен при проектировании, например, зубчатого колеса.

Для построения контура путем поворота с объединением необходимо:

- Выбрать режим модификации контуров, нажатием на кнопку ;
- Выбрать режим построения контура путем многократного поворота, нажатием на кнопку ;
- Указать исходный контур;
- Указать центр поворота.
- Задать количество копирований в поле параметров **N**.

При выполнении операции используется функция Многократный поворот с объединением геометрического процессора.

## 4.2.22 Просмотр параметров элементов

Режим просмотра параметров элементов включается кнопкой .

В режиме просмотра, при наведении указателя мыши на изображение объекта в графическом окне, в соответствующих полях панели ввода отображаются параметры выделенного объекта. Набор отображаемых параметров зависит от типа выделенного объекта.

Просмотр параметров объекта, а также определение соотношений между элементами возможны в геометрическом калькуляторе, который открывается по нажатию на кнопку .

---

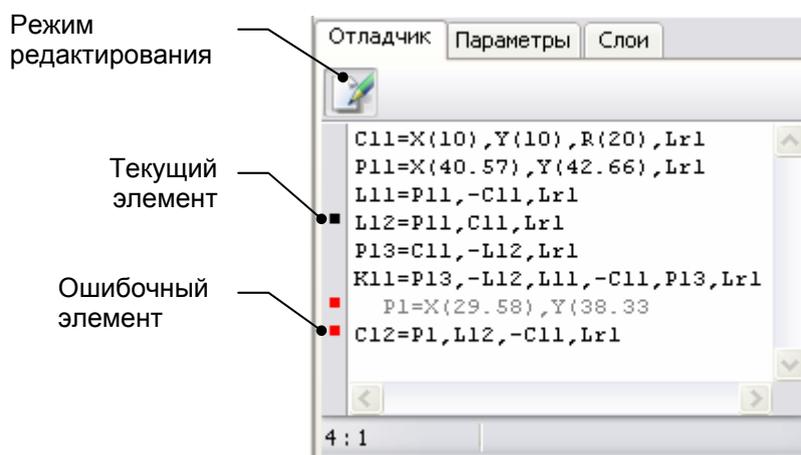
### 4.2.23 Удаление элементов

Удаление элементов производится указанием на них курсором и нажатием кнопки **DEL** на клавиатуре. При указании курсором на необходимый элемент в графическом окне он будет автоматически подсвечен, после чего его можно удалить, нажав кнопку **DEL**.

## 4.3 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

### 4.3.1 Отладчик

Для открытия окна отладчика следует выбрать вкладку **Отладчик** в окне 2D-Геометрия.



Отладчик обеспечивает доступ к языковой форме представления всех определений объектов текущей плоскости, синхронный просмотр графического и языкового представления, а также интерактивное редактирование отдельных параметров.

Определения объектов текущей плоскости хранятся как связанная последовательность построений на языке геометрического процессора. Редактирование строки определения какого-либо элемента приводит к автоматическому переопределению всех объектов, при построении которых был использован измененный элемент.

Большая часть способов определения объектов имеет соответствующую языковую конструкцию. В этом случае интерактивное определение объекта приводит к появлению одного определения в окне отладчика. Некоторые способы определения требуют выполнения вспомогательных построений. Вспомогательные построения выполняются автоматически, индексы создаваемых при этом объектов находятся в интервале 1..10. Вспомогательные объекты не визуализируются в графическом окне.

Кнопка  включает режим редактирования текста.

### 4.3.2 Режим редактирования

Режим редактирования включается нажатием на кнопку  в окне отладчика.

Выбор объекта в графическом окне левой клавишей мыши устанавливает режим редактирования его определения в окне отладчика. Выбор редактируемого определения может быть также выполнен и непосредственно в окне отладчика.

Имеется несколько вариантов редактирования определения объекта.

Непосредственно языковое определение (оператор) может быть отредактировано с клавиатуры в окне отладчика. Для этого следует указать курсором мыши требуемую строку и щелкнуть левой кнопкой.

Идентификация строки может быть предварительно выполнена указанием объекта в графическом окне. Изменения текста определения приводят к немедленному перестроению объектов, связанных с редактируемым. Также возможно удаление определений или написание новых на языке геометрического процессора.

Возможно редактирование как одного, так и нескольких параметров двумерного объекта. Для этого необходимо указать тип (или типы) редактируемого параметра (**X**, **Y**, **R**, **A** или **M** - соответственно, координата X, координата Y, радиус, угол или линейный размер) нажав соответствующие кнопки в панели задания значений.



При этом его значение из текущей строки подставляется в поле **Значение параметра**. Значение в этом поле может быть отредактировано с клавиатуры. При этом изменится строка определения выделенного объекта, что повлечет за собой модификацию элементов, использующих в своем определении измененный объект. Все изменения будут отображены в графическом окне.

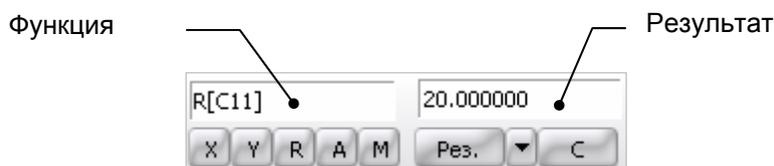
Редактирование одного или нескольких параметров объекта может также производиться интерактивно. Для этого надо в окне отладчика нажать кнопки параметров, разрешенных для изменения (**X**, **Y**, **R**, **A** или **M**), нажать левой клавишей мыши на объекте в графическом окне и, не отпуская кнопки мыши, "перетащить" объект (модифицировать его). Все изменения будут параллельно происходить в графическом окне, тексте определений и поле значения параметра. Соответственно будут изменяться все элементы, ссылающиеся на модифицируемый.

### 4.3.3 Геометрический калькулятор

Числовые значения параметров элементов, а также соотношения между объектами могут быть вычислены при помощи ряда функций, возвращающих числовое значение. Интерактивный доступ к этим функциям обеспечивает геометрический калькулятор. Все функции могут быть использованы в языковом определении любого элемента вместо числового параметра, а также участвовать в математических выражениях.

Геометрический калькулятор может использоваться в двух режимах: для просмотра параметров или соотношений, либо для подстановки этого результата в качестве параметра в определение нового объекта.

Геометрический калькулятор в режиме просмотра параметров запускается нажатием на кнопку **Калькулятор**  инструментальной панели. В открывшемся окне можно неоднократно просматривать параметры и соотношения. По нажатию на кнопку **Очистить**  происходит очистка полей **Функция** и **Результат**.



Для просмотра параметра элемента достаточно нажать кнопку отслеживаемого параметра (**X**, **Y**, **M**, **A** или **R** - соответственно,

координата X, координата Y, линейный размер, угол или радиус) и указать в графическом окне объект. Например, для определения угла наклона прямой надо нажать кнопку **A** и в графическом окне указать на прямую. При этом в поле **Функция** появится строка вызова функции геометрического процессора, а в поле **Результат** будет внесено числовое значение. Любая из этих строк может быть через буфер обмена скопирована, например, в последовательность определений в окне отладчика.

Для просмотра соотношений между объектами необходимо нажать кнопку отслеживаемого параметра и указать мышью в графическом окне необходимые объекты. Например, для определения расстояния от точки до прямой следует нажать кнопку **M** и мышью указать в графическом окне на точку и прямую в произвольном порядке. В полях **Функция** и **Результат** появятся соответствующие строки.

Для того, чтобы подставить результат работы геометрического процессора в качестве параметра объекта надо во время определения объекта нажать на кнопку с названием параметра возле поля ввода (**X**, **Y**, **A**, **R**, **M** или **N**), далее в окне геометрического калькулятора определить нужный параметр или соотношение между построенными объектами. По завершении определения нажать на кнопку **Результат**  в окне калькулятора. При этом в качестве параметра определяемого элемента будет использована полученная функция. То есть, наложена дополнительная параметрическая связь, – изменение в дальнейшем базовых элементов приведет к модификации созданного объекта.

Например, при определении окружности значение радиуса требуется установить равным расстоянию между двумя ранее определенными точками. Для этого, в процессе задания окружности следует нажать на кнопку **R** рядом с полем ввода значения радиуса, выбрать соответствующую функцию калькулятора (**M** – функция расстояния между точками) и последовательно указать курсором две ранее заданные точки. Затем щелкнуть по кнопке **Результат**

Таким же образом, можно использовать все остальные функции (координаты X и Y, линейный размер, угловая величина, радиус) геометрического калькулятора для построения новых элементов. Имеется возможность расчета следующих значений:

- координата X точки;
- координата Y точки;
- разница X-координат двух точек;
- разница Y-координат двух точек;
- расстояние между двумя точками;
- кратчайшее расстояние между двумя окружностями;
- кратчайшее расстояние между прямой и точкой, окружностью;
- угол наклона прямой к оси X;
- угол перпендикулярной прямой;
- радиус окружности.

Геометрический калькулятор позволяет использовать стандартные математические операции и функции. Реализованы следующие операции:

- сложение;
- вычитание;
- умножение;
- деление
- возведение в степень.

Необходимо помнить, что два знака арифметических действий нельзя располагать рядом. Кроме этих операций в математических выражениях допустимы следующие стандартные функции:

- LOG (x) - десятичный логарифм x;

- CTG (x) - котангенс x;
- ASIN(x) - арксинус x в град;
- ACOS(x) - арккосинус x в град;
- SIN (x) - синус угла x (град);
- COS (x) - косинус угла x (град);
- ATG(x) - арктангенс x в град;
- TG (x) - тангенс угла x (град);
- SQRT (x)- квадратный корень из x;
- ABS (x) - вычисление абсолютной величины x;
- SGN (x) - вычисление знака x;
- LN (x) - натуральный логарифм x,

В описании функций: x – аргумент функции, представляющий собой число, переменную, математическую функцию или математическое выражение.

Например, в графическом поле имеется произвольная прямая проходящая под некоторым углом к оси X и произвольная точка не принадлежащая этой прямой. Необходимо провести вторую прямую проходящую через ранее заданную точку под углом к оси X равным  $1/7$  угла наклона первой прямой к оси X.

Порядок выполнения будет следующий:

- Выбрать режим задания прямой.
- Мышью в графическом окне указать точку, через которую должна проходить новая прямая.
- Нажать на кнопку **A** около поля ввода значения угла. Откроется окно геометрического калькулятора.
- Выбрать функцию угла **A** на панели геометрического калькулятора.
- Выбрать указателем мыши в графическом окне ранее построенную прямую (для примера, угол ее наклона к оси X равен 90 градусам). Поля Функция и Результат геометрического калькулятора примут вид:



- Перейти в поле Функция (кликнуть в поле мышью) и дописать выражение:  $A[L11] / 7$

Окно калькулятора примет вид:

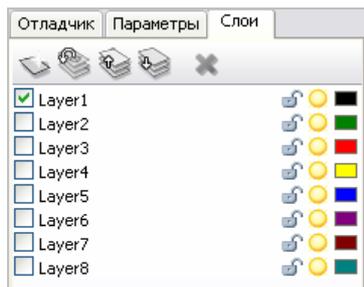


Нажать кнопку **Результат**  на панели калькулятора или клавишу **“Enter”** на клавиатуре. После чего будет построена вторая прямая, проходящая через точку и под углом  $90/7$  градусов к оси X. Строка вызова функции будет помещена в языковое определение прямой. Таким образом, будет наложена дополнительная параметрическая связь между прямыми, и при изменении угла наклона первой прямой автоматически будет меняться угол наклона второй прямой.

### 4.3.4 Управление слоями

Геометрические объекты могут быть размещены в разных слоях. Слой имеет два состояния активное или неактивное. Все геометрические построения ведутся в активном слое, при этом, геометрические объекты, расположенные в других слоях, могут быть доступны для использования в активном слое. Слой активный, если в квадрате перед именем слоя установлена галочка

Окно работы со слоями расположено на страничке в закладке Слой.



Управление слоями осуществляется кнопками, расположенными на панели управления.

 Создать новый слой.

При нажатии кнопки создается новый слой с именем Layer. Имя слоя можно изменить.

 Переместить в активный слой

При нажатой кнопке, клик мыши по геометрическому объекту переносит его в активный слой

 Переместить слой вверх

Отмеченный курсором слой при каждом нажатии кнопки перемещается на одну позицию вверх.

 Переместить слой вниз

Отмеченный курсором слой при каждом нажатии кнопки перемещается на одну позицию вниз.

 Удалить слой

Отмеченный курсором слой при каждом нажатии кнопки удаляется.

Чтобы сделать объекты слоя недоступными следует кликнуть по , соответственно включение доступности производится кликом по .

Чтобы отключить видимость объектов слоя требуется кликнуть по , соответственно включение видимости производится кликом по .

Геометрические объекты, расположенные в одном слое, окрашены в один и тот же цвет. Управление цветом осуществляется кликом по .

### 4.3.5 Параметризация

Любой числовой параметр геометрического объекта может быть задан в виде параметра или математического выражения. Используя этот способ построения можно создавать параметрически связанные контуры.

Окно задания параметров расположено на страничке **Параметры**.

Имя	Значен	Выражение	Комментарий
Th	10		Hour
Min	10		Minute
Th_gr	-215	$90 - (Th * 30 + Min / 2)$	
Min_gr	30	$90 - Min * 6$	

Для задания параметра необходимо в поле Имя задать имя параметра, в поле Значение, его значение. Если требуется вычислить значение параметра, тогда в поле Выражение задается математическая формула. В этом случае значение параметра вычисляется автоматически. В поле Комментарий можно указать назначение параметра.

Рассмотрим пример Clock\_2D.stc из стандартного набора примеров, поставляемого со **SprutCAM**. В режиме 2D геометрия были построены контуры изображающие циферблат часов. Параметр **H** это часы. Параметр **Min** это минуты. При построении, параметру под именем **H** было присвоено значение 10, параметру **Min** так же значение 10.

Параметры **H\_dgr** и **Min\_dgr** это значение углов поворота контуров часовой и минутной стрелок. Значения этих параметров вычисляется по формулам заданным в поле Выражение с учетом значений параметров **H** и **Min** и передаются в протокол построений контуров стрелок.

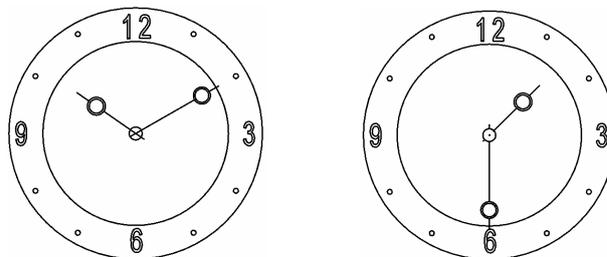
```

Отладчик  Параметры  Слои
P11=X(0),Y(0),Lr1
C11=P11,R(50),Lr0
L11=P11,A(Min_dgr),Lr0
P13=P11,M(40),A(A[L11]),Lr0
L12=P11,A(H_dgr),Lr0
P14=P11,M(30),A(A[L12]),Lr0
C12=P11,R(40),Lr0
P15=C12,A(0),Lr0
P16=X(57.66),Y(-0),Lr0
L13=P11,P16,Lr0
P17=X(0),Y(57.78),Lr0
L14=P11,P17,Lr0
P21=-L14,C12,Lr0
P22=-L14,C11,Lr0
K20=P21,P22,Lr2

```

Имя	Значен	Выражение	Комментарий
H	10		Hour
Min	10		Minute
H_dgr	-215	$90-(H*30+Min/2)$	
Min_dgr	30	$90-(Min*6)$	

Таким образом, при значении параметров **H** и **Min** соответственно 10 час 10 мин, в графическом окне мы можем наблюдать следующую картину.



Можно присвоить параметрам новые значения, например: **H(часы)=13**, **Min(минуты)=30**. Тогда картина изменится, как показано на рисунке справа.



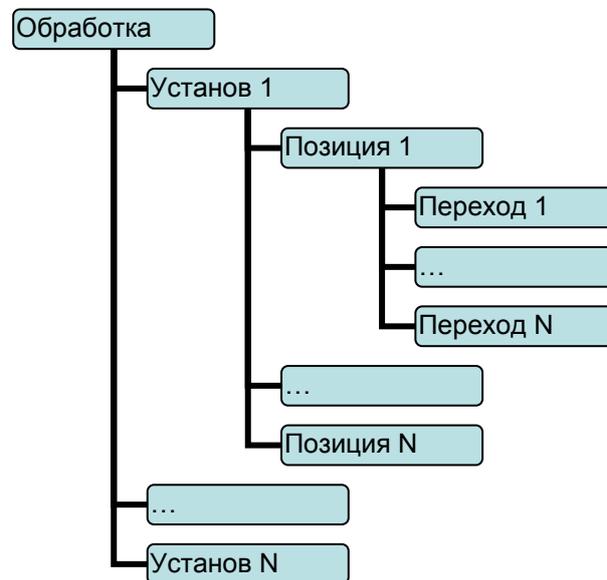
# 5 СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

## 5.1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

Для расчета траектории инструмента и получения управляющей программы в **SprutCAM** необходимо задать требуемые исходные данные и параметры обработки. Такими базовыми параметрами является станок, на котором будет производиться обработка, геометрические модели детали, заготовки и оснастки, а также последовательность технологических операций, описывающих основные этапы обработки. Затем система рассчитывает траекторию инструмента и добавляет необходимые технологические команды для получения управляющей программы, удовлетворяющей всем заданным требованиям

Последовательность операций обработки детали на станке с ЧПУ представляется в виде иерархической структуры. В системе **SprutCAM** базовым узлом дерева техпроцесса является операция. Для структурирования последовательности обработки используются группы операций, которые могут содержать внутри себя другие операции.

Глубина декомпозиции последовательности операций может быть произвольной в каждом конкретном случае, процесс обработки может иметь, например следующую структуру:



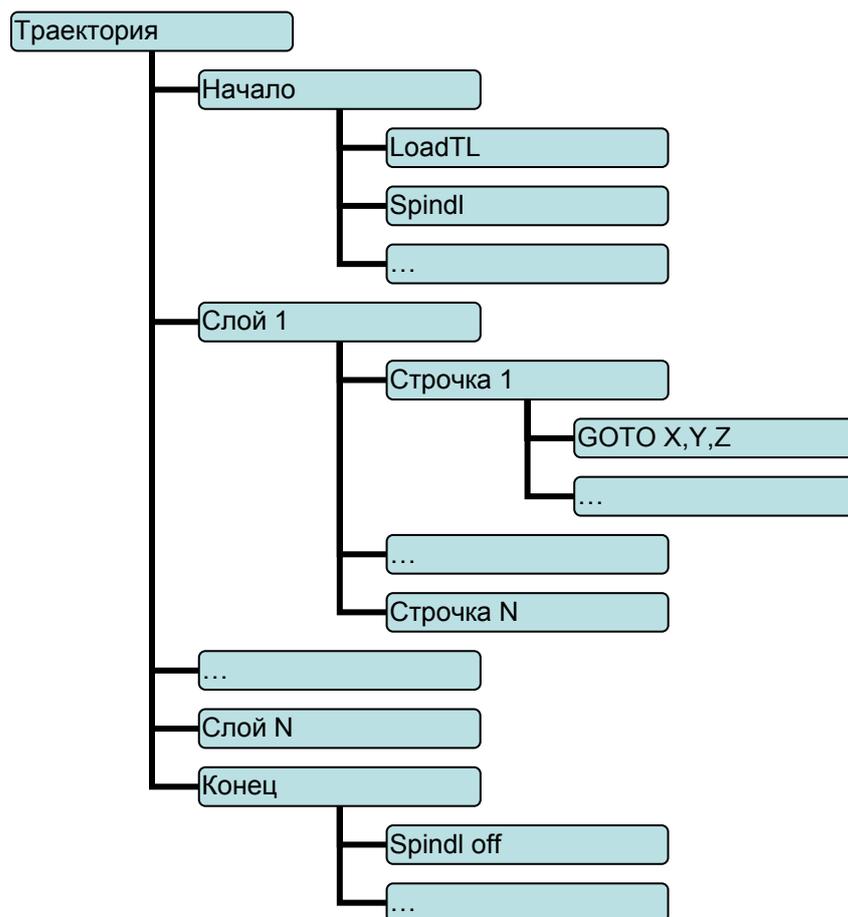
Под установом понимается совокупность действий при неизменном положении заготовки. Под позицией понимается совокупность действий одним инструментом. Переход определяет движения инструмента для обработки конкретной поверхности.

Для любой операции можно задать систему координат, рабочее задание, инструмент и т.д. То есть, операция может включать в себя и установ, и позицию, и переходы одновременно. Это позволяет избежать искусственного усложнения структуры

технологического процесса в простых случаях. С другой стороны, использование групп операций даёт возможность создавать иерархический тех. процесс с учётом всех этапов сложной обработки.

Таким образом, задачей технолога является формирование последовательности обработки до уровня перехода. Дальнейшая детализация осуществляется автоматически, путем расчета траектории перемещения инструмента для каждой операции. Траектория является атрибутом операции. Она зависит от типа и параметров операции. Тип операции выбирается при ее создании, он определяет стратегию обработки. Параметры операции могут быть изменены в любой момент времени. Их изменение влечет за собой необходимость перерасчета траектории.

При окончательной детализации траектория перемещения инструмента является последовательностью технологических команд в формате **CLDATA**. Она содержит не только элементарные команды на перемещение инструмента, но и технологические команды переключения подач, включения/выключения шпинделя, охлаждения и т.д. Траектория отдельной операции также представляется в виде иерархической структуры, т.е. элементарные команды объединены в группы, состав и структура которых зависит от типа операции. Например, структура черновой построчной операции имеет следующий вид:

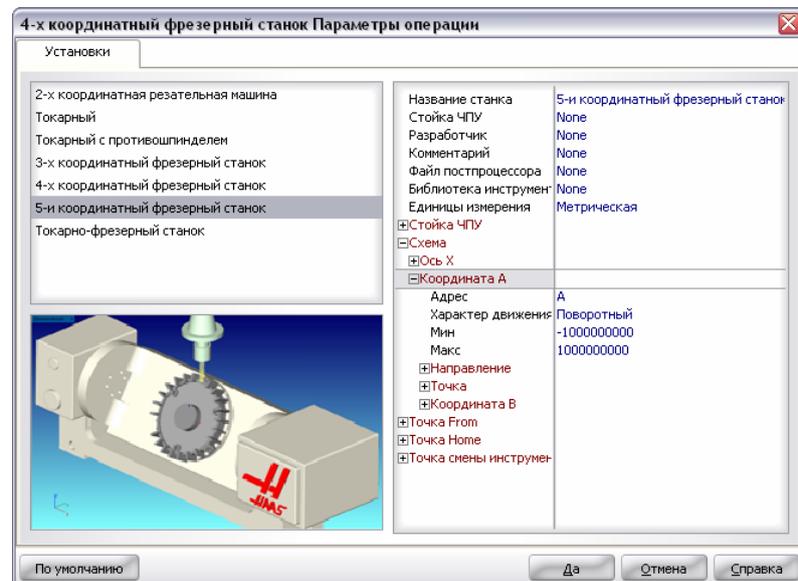


Задание всех параметров, необходимых для генерации траектории, осуществляется на закладке **Технология** в главном окне системы.

## 5.1.1 Выбор технологического оборудования и изменение его характеристик

В **SprutCAM 2007** прежде проектирование технологического процесса начинается с выбора станка, на котором будет производиться обработка. От типа станка и его параметров зависят набор доступных операций, их возможности, параметры по умолчанию и дальнейшее поведение системы. Например, если выбран токарный станок, то доступны только токарные операции, если фрезерный – только фрезерные, а если токарно-фрезерный, то доступны и фрезерные, и токарные операции. При выборе 5ти-координатного фрезерного станка у ряда 3D операций появляется возможность позиционирования поворотной головки и т.д.

Для смены станка необходимо выбрать корневой узел технологического процесса и нажать кнопку **<Параметры>**.



В левой части открывшегося окна представлен список доступных станков. В правой части окна отображаются характеристики выбранного станка, которые могут быть отредактированы.

Поля **<Название станка>**, **<Стойка ЧПУ>**, **<Разработчик>** и **<Комментарий>** заполняются разработчиком описателя станка.

Поле **«Файл постпроцессора»** задает имя файла постпроцессора, который будет использоваться по умолчанию при генерации управляющих программ.

Поле **«Библиотека инструментов»** задает имя файла библиотеки инструментов, из которой будет выбираться инструмент для всех операций техпроцесса. Библиотека используется как при автоматической первоначальной установке инструмента при создании операции, так и при задании инструмента через окно параметров.

В группе **«Стойка ЧПУ»** задаются ограничения определяемые стойкой ЧПУ станка. Координаты в командах **CLDATA** округляются до указанной точности. При расчете траектории команда перемещения инструмента не будет сформирована в том случае, если величина перемещения меньше указанной точности. При отсутствии флажка в поле **«Использовать дуги»** в процессе расчета траектории будут формироваться только линейные перемещения. Если флажок установлен, то будут формироваться дуги, лежащие в разрешенных плоскостях и

имеющие длину больше, чем **Минимальная длина дуги**, и с радиусом меньше **Максимального радиуса**. Остальные дуги окружностей будут аппроксимированы отрезками.

Поля точка **From**, точка **Home** и **точка смены инструмента** задают координаты соответствующих точек, которые будут использоваться при расчете УП.

Секция **«схема»** определяет конструкцию станка и наличие различных приспособлений, таких как поворотный стол, поворотная головка и т.д.

Станок описывается как дерево узлов, перемещающихся относительно друг друга. Корневой узел **«схема»** соответствует станине станка. Внутри схемы перечислены те узлы, которые прикреплены непосредственно к станине. В свою очередь внутри каждого узла перечисляются подузлы осуществляющие элементарные перемещения относительно узла-владельца. Концевыми узлами дерева обязательно является заготовка или режущий инструмент. Способ и направление перемещения узла задается его полями. Адрес описывает префикс, с помощью которого осуществляется изменение положения данного узла из управляющей программы. Характер перемещений определяет тип движения данного узла относительно родительского: линейный или поворотный. Поля **мин** и **макс** задают соответственно минимальные и максимальные координаты по данной оси. Направление задает вектор линейных перемещений или же направление оси поворотных перемещений. Точка определяет координаты точки в системе координат станка, через которую проходит ось.

Допустимо менять узловые точки и направления осей. Если структура ни одного из имеющихся станков для вас не подходит, то для конфигурирования системы следует обратиться к вашему дилеру или в службу технической поддержки.

---

## 5.1.2 Формирование последовательности операций

Прежде чем приступить к формированию последовательности операций необходимо задать обрабатываемую деталь, заготовку и оснастку для всего технологического процесса. То есть, сначала следует определить, что требуется получить (деталь), из чего (заготовка), а потом уже как этого достичь (последовательность обработки).

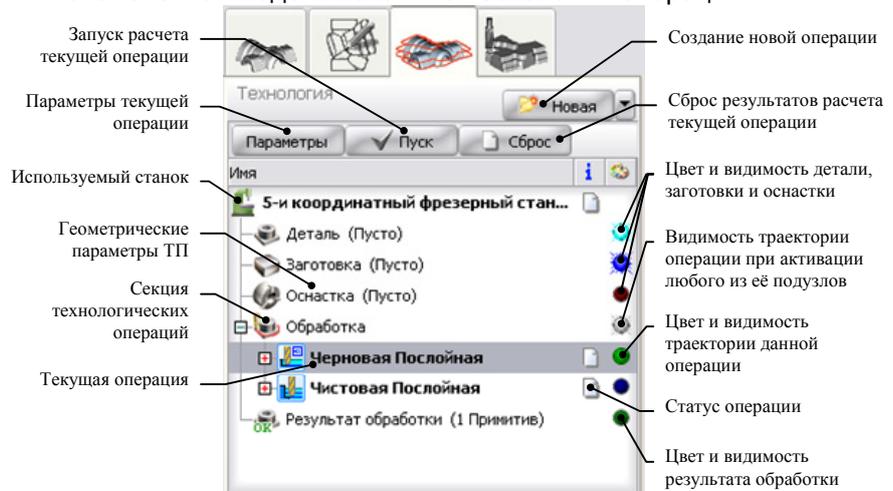
**Деталь** техпроцесса будет контролироваться большинством создаваемых в дальнейшем операций вне зависимости от того, обрабатывает указанная операция всю деталь либо какую-то её часть.

**Заготовка** техпроцесса обязательно должна быть указана, исключение составляет лишь случаи обработки элементов исключительно чистовыми операциями без учёта начальной и промежуточных заготовок. Модель заготовки обязательно твёрдотельная, т.е. ограничивает замкнутый объем пространства. При добавлении поверхностной модели производится сшивка с указанной точностью или замыкание до указанного уровня. Заготовка также может быть задана телами, построенными на базе кривых или описанными вокруг детали. Она определяет исходную геометрическую форму обрабатываемого материала, которая изменяется при переходе от операции к операции. Таким образом, заготовка каждой последующей операции является результатом обработки предыдущей. Соответственно, при

изменении текущей операции меняются исходные данные для расчета последующих операций, что приводит к их сбросу. Заготовка техпроцесса также используется в режиме моделирования в качестве исходной заготовки.

**Оснастка** техпроцесса должна определять начальные ограничения на обработку. Если в операциях не переопределять положение оснастки, то эти ограничения будут распространяться на все операции.

**Результат Обработки** – материал, оставшийся после обработки начальной **Заготовки** операции. Узел добавлен для возможности визуального контроля остаточного материала и для прозрачности ссылки в **Заготовке** последующей операции на **Результат Обработки** предыдущей. Узел рассчитывается автоматически и его параметры не редактируются. Если траектория операции не посчитана, то в качестве **Результата Обработки** выдается неизменённая модель начальной **Заготовки** операции.



В режиме технологии верхняя половина окна содержит структурированную последовательность технологических операций и узлы для доступа к основным параметрам. В нижней части окна отображаются параметры выбранного элемента

- **< Новая >** – открывает окно создания новой операции. Если текущей является групповая операция, то новая операция будет создаваться внутри группы. В противном случае, новая операция будет вставлена после текущей.
- **<Параметры>** открывает окно редактирования параметров текущей операции: инструмент, подача, подход-отход, параметры, стратегия.
- **< Пуск >** запускает расчет траектории для текущей операции. Если выбранной операцией является группа, то будут рассчитаны все операции внутри нее.
- **< Сброс >** сбрасывает результаты расчета текущей операции. Если текущей является группа, то будут сброшены все операции внутри нее.

Текущая операция может быть удалена, переименована, скопирована или вырезана в буфер обмена с помощью стандартных клавиш или из контекстного меню:

- **Del** – удалить выбранную операцию;
- **Ctrl+R** – переименовать выбранную операцию;
- **Ctrl+X** – вырезать выбранную операцию в буфер обмена;
- **Ctrl+C** – скопировать выбранную операцию в буфер обмена;

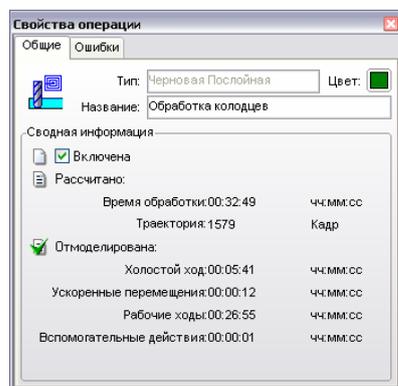
- **Ctrl+V** – вставить операцию из буфера обмена в конце списка текущей группы.

Структура дерева операций может быть изменена с помощью мыши. Для этого необходимо нажать на требуемой операции левую кнопку мыши и удерживая ее переместить операцию в нужное место.

Напротив каждой операции имеется иконка, отображающая статус операции:

-  - операция выключена. Она не будет рассчитываться, выводиться в управляющую программу и учитываться операциями доработки остаточного материала. Включить или выключить операцию можно двойным нажатием мыши на иконку её статуса или из контекстного меню. Для этого нужно щелкнуть по ней правой кнопкой мыши и выбрать пункт «выключить». Группа операций выключена, если выключены все операции внутри нее;
-  - операция не рассчитана (не имеет траектории);
-  - операция рассчитана (имеет траекторию). Группа операций рассчитана, если рассчитаны все операции внутри нее;
-  - операция рассчитана и отмоделирована без ошибок. Группа операций отмоделирована, если отмоделированы все операции внутри нее;
-  - в процессе моделирования операции были обнаружены ошибки. Группа операций помечается ошибочной, если внутри нее есть хотя бы одна ошибочная операция.

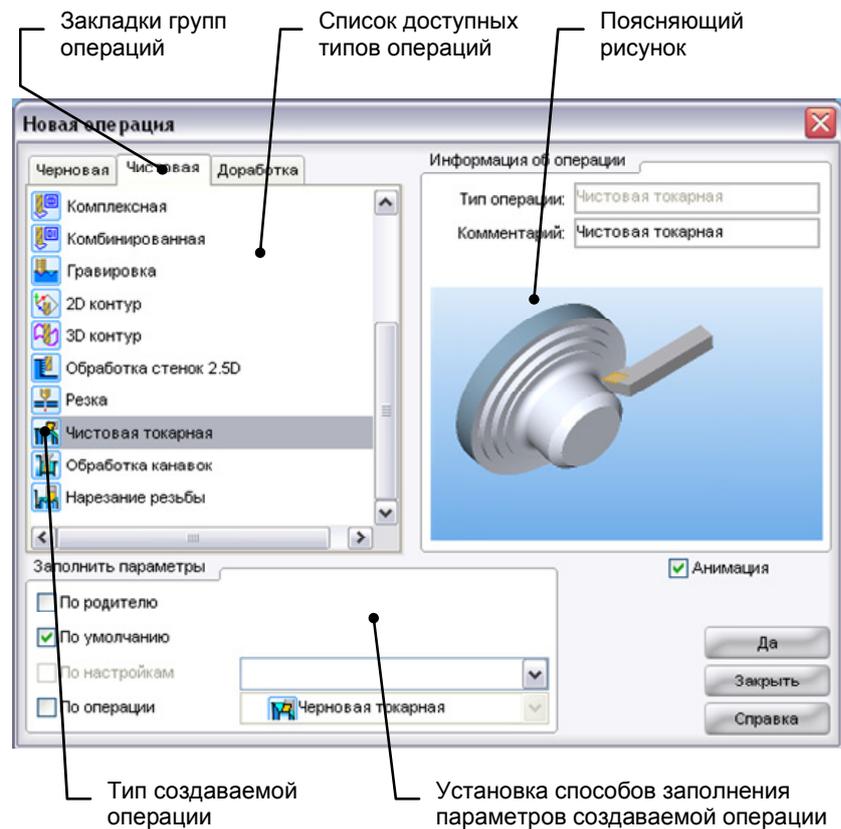
Более подробно информация об операции, включая ее статус, отображается в окне свойств операции. Для открытия окна необходимо правой кнопкой мыши по операции и в открывшемся контекстном меню выбрать пункт «Свойства...»



В окне указывается тип операции и соответствующая типу иконка, название операции, цвет траектории. В том случае если операция рассчитана, указывается количество команд в траектории и машинное время. Если операция отмоделирована, указывается информация о времени холостых, рабочих и ускоренных ходов. Если в процессе моделирования были обнаружены ошибки, то указывается информация о характере ошибки.

### 5.1.3 Создание новой операции

Открытие окна создания новой технологической операции осуществляется нажатием кнопки  Новая.



В поле **Тип операции** выбирается тип вновь создаваемой технологической операции. Для удобства все операции разделены на три группы: черновые, чистовые и операции доработки. При выборе той или иной группы изменяется список типов операций. Количество и набор доступных типов операций зависит от комплекта поставки и типа выбранного станка.

**Черновые операции** обеспечивают выборку всего материала заготовки, который находится вне обрабатываемой модели и за пределами запрещенных зон. Как правило, черновые операции используются для первичной выборки материала в случаях, когда форма и размеры обрабатываемой детали значительно отличаются от формы и размеров заготовки.

**Чистовые операции** производят только обработку поверхности детали, без выборки материала. При выборе пунктов меню "комплексная" или "построчная оптимизированная", система создает сразу пару смежных операций с характерными настройками по умолчанию. Обычно чистовые операции используются для окончательного формирования поверхности детали после предварительной (например, черновой) обработки, а также и без неё в случаях небольшого отличия детали от заготовки или при использовании заготовки из легкообрабатываемого материала.

**Операции доработки** позволяют производить обработку только в тех областях, в которых остался не удаленный материал после обработки предыдущими операциями. При этом создаются те же самые черновые или чистовые операции, только по-другому инициализируются параметры. Черновые операции при доработке производят выборку всего остаточного материала, а чистовые – обрабатывают поверхность детали только в местах недоработок. Операции доработки позволяют оптимизировать обработку сложных деталей. Их целесообразно использовать для черновой или чистовой доработки инструментом другой формы или меньшего диаметра, чем у предыдущих операций. Операция

пространственного преобразования траектории инструмента также включена в группу операций доработки.

**Тип новой операции** выбирается из списка на панели Тип операции. При изменении текущей строки в списке изменяется тип создаваемой операции (поле **Тип операции** на правой панели), генерируется по умолчанию комментарий к ней (поле **Комментарий**) и меняется поясняющий рисунок. Поле Комментарий к новой операции доступно для изменения.

При двойном нажатии левой кнопки мыши на строке списка типов операции в техпроцесс добавляется операция соответствующего типа. При этом окно создания операций остаётся открытым.

Пользователь может копировать отдельные параметры из других объектов: родительской операции, параметров по умолчанию или другой операции. Объект, из которого необходимо скопировать параметры следует выбрать на панели **Заполнить параметры**.

При закрытии окна по кнопке **<Добавить>** создается новая операция выбранного типа с полностью заполненными параметрами. Параметры новой операции заполняются либо значениями по умолчанию, зависящими от типа операции и геометрии обрабатываемой детали, либо копируются из существующей операции. Сразу после создания операция готова к расчету и не требует ввода множества значений. В большинстве случаев, для учета особенностей обработки, технологу достаточно откорректировать лишь некоторые параметры. Вновь созданная операция становится текущей, а, следовательно, доступной для редактирования и выполнения.

## 5.1.4 Выполнение операции

После создания операции система автоматически заполняет значения всех её параметров в соответствии с методом обработки, габаритами детали, настройками системы и т.д., либо копирует значения параметров из ранее созданной операции. Таким образом, операция полностью готова к выполнению сразу после создания.

У технолога имеется возможность проконтролировать и, при необходимости, откорректировать значения параметров текущей операции. Для открытия окон редактирования параметров текущей операции следует воспользоваться кнопкой Параметры. Следует учесть, что изменение параметров операции влечет за собой изменение траектории инструмента и порядка технологических команд. В результате этого, при корректировке значений параметров рассчитанной операции, результаты расчётов будут сброшены. Следовательно, для получения новой траектории операцию необходимо пересчитать.

Запуск на выполнение операции осуществляется нажатием кнопки . Расчет траектории для сложных моделей с большим количеством элементарных поверхностей может занять значительное время.

В поле индикатора процесса высвечивается, какая часть расчетов выполнена на данный момент.



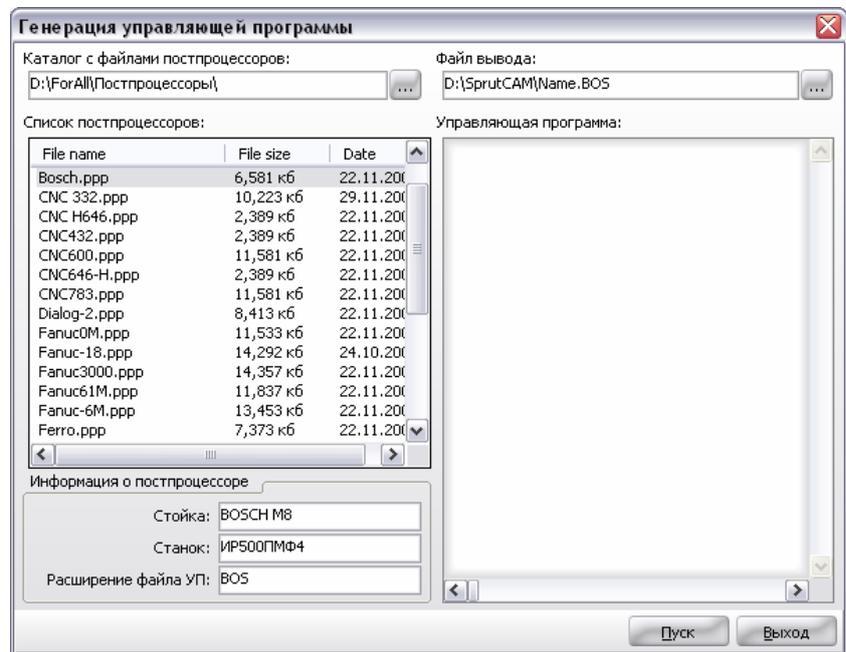
Выполнение операции может быть прервано щелчком мыши в поле индикатора процесса. Система предложит подтвердить необходимость прерывания процесса вычислений. При получении утвердительного ответа вычисления будут прерваны, при отказе – продолжены с того же этапа.

Во время выполнения расчета доступны все кнопки управления режимом визуализации.

### 5.1.5 Генерация управляющей программы

Генерация управляющих программ производится постпроцессором путем преобразования последовательности технологических команд рассчитанной траектории инструмента в формат выбранной системы ЧПУ. Установка необходимой системы ЧПУ производится выбором соответствующего файла настройки на систему ЧПУ (\*.spp). Управляющая программа выводится в обычный текстовый файл. Передача УП с компьютера, на котором установлен SprutCAM, непосредственно на станок может осуществляться любым из принятых на предприятии способом.

Запуск постпроцессора выполняется нажатием кнопки . Рабочее окно постпроцессора имеет вид.



Система ЧПУ задаётся выбранным в **Списке постпроцессоров** файлом настройки постпроцессора (\*.spp). В полях **Стойка** и **Станок** отображаются, соответственно, названия системы ЧПУ и станка, для которых создан выбранный файл настройки. Папка, в которой по умолчанию производится поиск файлов настройки постпроцессора устанавливается в поле **Каталог с файлами постпроцессоров**.

Управляющая программа будет выводиться в текстовый файл с именем, указанным в поле **Файл вывода**. Смена имени выходного файла производится непосредственно в поле или через диалоговое окно, которое открывается по нажатию на кнопку **<...>**. Папка, в которой по умолчанию будет находиться выходной файл, задается в окне системных установок.

При нажатии на кнопку **<Пуск>** начинается генерация управляющей программы для установленной системы ЧПУ вывод производится в выходной файл и в окно **Управляющая программа**.

Следует отметить, что постпроцессор создаёт управляющую программу для всех выполненных технологических операций,

включенных в управляющую программу на момент запуска постпроцессора (поле <Вкл.> в окне технологический процесс).

Примечание: При необходимости генерации нескольких управляющих программ с разным составом операций целесообразно выполнить все технологические операции. А затем, устанавливая флаги в соответствующих полях <Вкл.> в окне технологического процесса, запускать постпроцессор для генерации различных управляющих программ.

Файлы настройки постпроцессора на систему ЧПУ (\*.spp) создаются и редактируются при помощи инвариантного постпроцессора (INP.exe).



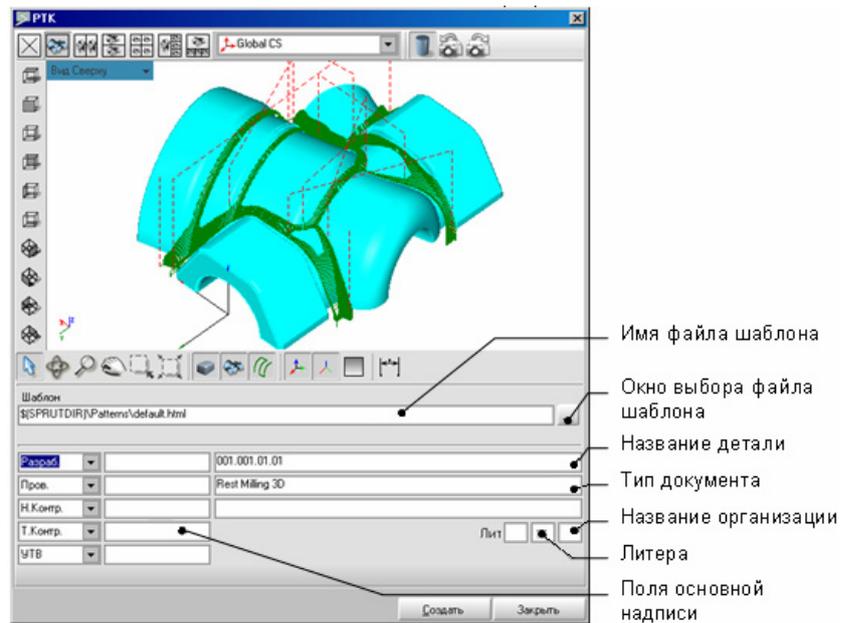
### 5.1.6 Генерация расчетно-технологической карты

Система позволяет автоматически формировать расчетно-технологическую карту (РТК). Это документ, который содержит вспомогательную информацию для выполнения обработки. Он может быть отредактирован в текстовом редакторе и распечатан. РТК создается в формате HTML. Настройки генерации РТК производятся в окне системных настроек на закладке РТК.

Формируемый документ имеет следующую структуру:

1. Эскизы, детали и траектории с габаритными размерами детали и привязкой к нулю.
2. Таблица операций (переходов) с нормами времени для определения трудоемкости обработки. Таблица содержит только включенные и выполненные операции техпроцесса;
3. Таблица используемого режущего инструмента;
4. Таблица координат отверстий для предварительного засверливания под опускание инструмента и для контроля

Открытие окна создания РТК осуществляется по нажатию кнопки  из окна техпроцесса.



Количество эскизов, и их расположение задается при помощи панели

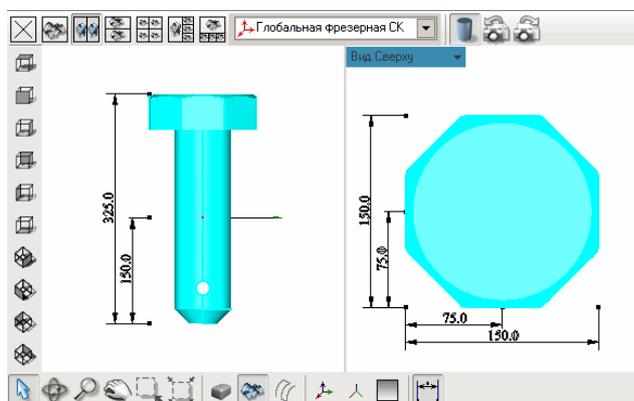
На эскизе может быть отображена геометрическая модель, модель операции, траектория, заготовка операции, системы координат, градиентная заливка фона и размеры. Задание этих параметров производится при помощи панели



Для расположения эскизов в системе координат определенной операции следует выбрать соответствующую систему координат на панели систем координат, после чего стандартные виды будут соответствовать выбранной системе координат.

Размеры детали расставляются автоматически. Вид для отображения размера выбирается так же автоматически. Размеры отображаются только на стандартных видах (кроме изометрии). Всего может быть выставлено до 6 размеров: 3 габаритных и 3 размера расстояния от точки модели до точки отсчёта системы координат. Расставляются только размеры отличные от нуля.

Пример расстановки размеров:



Для формирования документа следует заполнить поля и нажать на кнопку

Если сформированный документ будет использоваться в дальнейшем, то его следует сохранить.

Для закрытия окна следует воспользоваться кнопкой

Закрыть

Ниже приведен пример сгенерированного документа.

Тех. процесс		Сгенерировано в SprutCAM® версия 4.0 Проект: Без имени		Список инструментов					
				N	Тип	Комментарий	Нач. точка	Операции N	Эскиз
				1	Цилиндрическая фреза (L100, D30)	30mm BoringHead	Конечная	1, 2	
				2	Сферическая фреза (L72, D18)	18mm Ball nose	Конечная	3, 4	
				3	Сверло (L30, D10, A120)	10mm Drill	Конечная	5	
				Список отверстий					
N	X	Y	Zmax	Zmin	D	Операция N			
0	-160.000	-58.000	25.000	24.973	14.000	5			
1	-160.000	-58.000	25.000	24.973	14.000	5			
2	-40.000	-58.000	25.000	24.973	14.000	5			
3	-40.000	-58.000	25.000	24.973	14.000	5			
4	-148.000	-48.000	25.000	17.000	15.000	5			
5	-52.000	-48.000	25.000	17.000	15.000	5			
6	-148.000	48.000	25.000	17.000	15.000	5			
7	-52.000	48.000	25.000	17.000	15.000	5			
				Список операций					
N	Комментарий операции	Тип операции	N	Время ч:м:с	Имя программы	Комментарий			
1	Черновая Послойная	Черновая Послойная	1	00:01:19					
2	Черновая Построчная	Черновая Построчная	1	00:30:39					
3	Чистовая Послойная	Чистовая Послойная	2	00:43:04					
4	Чистовая Построчная	Чистовая Построчная	2	01:00:57					
5	Обработка отверстий	Обработка отверстий	3	00:00:15					
				Суммарное время: 02:16:16					
				123.021.31.41					
Имя	Лист	№ документа	Подпись	Дата					
Разраб.	Иванов				Лист	Лист	Листов		
Проект.	Петров				1	1	2		
Н. Контроль	Сидоров								
Т. Контроль	Иванов								
УТВ.	Петров								
				123.021.31.41					
				Лист 2					

## 5.1.7 Типовые технологические процессы

На практике технология обработки однотипных деталей довольно часто совпадает. Например, обработка трехмерной модели пресс-формы довольно часто может быть выполнена последовательностью из трех операций:

- Послойная черновая;
- Комплексная чистовая;
- Комплексная доработка остаточного материала;

Если многочисленные параметры этих операций, включая инструмент, припуски, шаги обработки и др. также не меняются при смене обрабатываемых поверхностей, то для обработки нескольких таких деталей целесообразно использовать типовые техпроцессы. Для этого в системе реализована возможность импорта технологического процесса или отдельной операции из ранее созданного проекта **SprutCAM**. Доступ к этим функциям осуществляется через контекстное меню окна техпроцесса:

**Экспорт операции** – сохраняет все параметры выбранной операции в отдельном файле (\*.sto)

**Импорт параметров** – заполняет параметры выбранной операции, так как они были ранее сохранены в файл (\*.sto)

**Импорт операции** – добавляет в ТП текущего проекта операцию или техпроцесс из файла операции (\*.sto) или другого проекта (\*.stc) соответственно.

## 5.2 ТИПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Процесс обработки представлен в системе как упорядоченная последовательность технологических операций. Технологический процесс может содержать произвольное количество операций различных типов. Каждая операция, в зависимости от ее типа, имеет определенные правила формирования траектории инструмента и характеризуется собственным набором параметров. Количество доступных в системе типов операций зависит от комплекта поставки.

Операции могут быть условно разделены на черновые и чистовые. Черновые операции производят выборку всего материала заготовки, который находится вне обрабатываемой модели и за пределами запрещенных зон. Как правило, черновые операции используются для первичной выборки материала в случаях, когда форма и размеры обрабатываемой детали значительно отличаются от формы и размеров заготовки. Чистовые операции производят только обработку поверхности детали, без выборки материала. Их обычно используют для окончательного формирования поверхности детали после предварительной обработки, а также и без неё в случаях небольшого отличия детали от заготовки или при использовании заготовки из легкообрабатываемого материала.

В окне создания новой операции доработка остаточного материала выделена в отдельную группу. Это сделано исключительно для удобства организации работы. Точно такие же траектории инструмента могут быть сгенерированы обычными черновыми или чистовыми операциями при соответствующих параметрах. Черновые операции при доработке производят выборку всего остаточного материала, а чистовые – обрабатывают поверхность детали только в местах недоработок. Операции доработки позволяют оптимизировать обработку сложных деталей. Их целесообразно использовать для черновой или чистовой доработки инструментом другой формы или меньшего диаметра, чем у предыдущих операций. Операция пространственного преобразования траектории инструмента также включена в группу операций доработки.

По способу задания обрабатываемой модели операции могут быть разделены на группы:

- Для операций выборки области, гравировальной, обработки 2D контура и 3D кривой и токарных операций обрабатываемая модель задается набором кривых. Все поверхностные объекты модели не контролируются.
- Обрабатываемая модель для операций других типов определяется набором элементов, образующих поверхность детали. Для задания поверхности детали могут использоваться твердые тела, поверхности, сеточные объекты. Все кривые в списке задания обрабатываемой модели игнорируются.

### 5.2.1 Перечень типов технологических операций

По принципу формирования траектории инструмента операции можно условно разделить на черновые и чистовые. Разница между ними в том, что черновые операции производят выборку материала, а чистовые – только обработку поверхности.

Операции доработки отличаются от остальных значениями параметров, которые устанавливаются при их создании.

Перечень всех типов технологических операций с их кратким описанием приводится ниже. Типы технологических операций разделены на такие же группы, как и в окне создания новой операции.

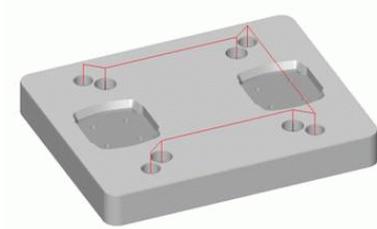
## Фрезерные операции

### Группа операций

Группа предназначена для систематизации различных операций имеющих сходные настройки. Используя группы операций можно сформировать технологический процесс с древовидной структурой. При изменении параметров группы происходит изменение схожих параметров во всех входящих в нее операциях.

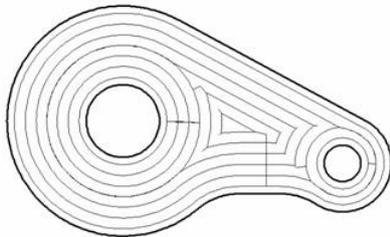
## Черновые операции

### Обработка отверстий



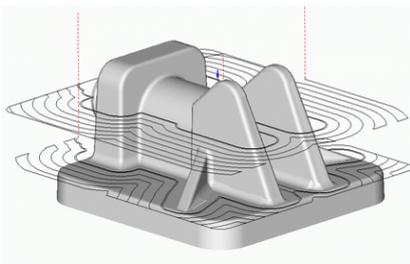
Формируется набор технологических команд для сверления отверстий, расточки, центровки или нарезания резьбы. Операция может использоваться как для обработки отверстий детали, так и для предварительного засверливания в точках опускания инструмента в выборке области и черновой послойной операциях.

### Выборка области



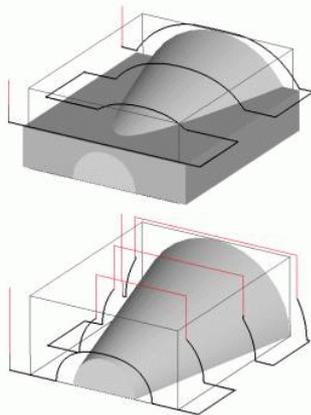
Послойная выборка материала внутри заданной области или кармана. Форма области для выборки формируется из проекций кривых на горизонтальную плоскость. Операцию целесообразно использовать для двух, двух с половиной координатной обработки карманов и изолированных областей, а также для предварительной выборки материала перед гравировальными операциями.

### Черновая послойная операция



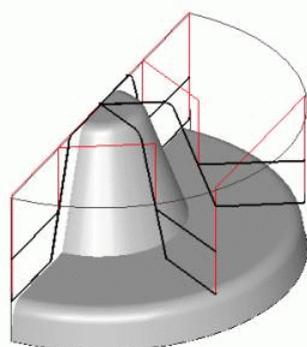
Послойная выборка избыточного материала заготовки, находящегося вне объемной обрабатываемой модели. Также как и в выборке области, основная часть материала удаляется горизонтальными ходами инструмента. Операция часто применяется для первичной черновой обработки деталей сложной формы, которые имеют значительные геометрические отличия от заготовки.

### Черновая построчная операция



Построчное удаление избыточного материала заготовки, находящегося вне объемной обрабатываемой модели. Отдельные строчки лежат в семействе параллельных вертикальных плоскостей. Для ограничения нагрузки на инструмент, обработка может производиться с разбивкой на слои. Получаемая в результате обработки деталь обычно меньше отличается от исходной модели, чем после послойной обработки при схожих параметрах. Операцию целесообразно применять при необходимости получения детали после черновой обработки незначительно отличающейся от исходной модели, а также при фрезеровании легкообрабатываемого материала

### Черновая управляемая операция



Как и в построчной операции, удаление избыточного материала заготовки, находящегося вне объемной обрабатываемой модели производится отдельными строчками. В зависимости от параметров операции, строчки лежат либо в семействе вертикальных плоскостей, либо в семействе вертикальных математических цилиндров, форма и расположение которых задается направляющими кривыми. Для ограничения нагрузки на инструмент, обработка может производиться с разбивкой на слои. В ряде случаев деталь после обработки имеет незначительные отличия от исходной модели, но из-за неравномерности объема снимаемого материала не всегда удается достичь оптимального времени обработки. Операцию рекомендуется использовать лишь при специфической форме заготовки и обрабатываемой детали.

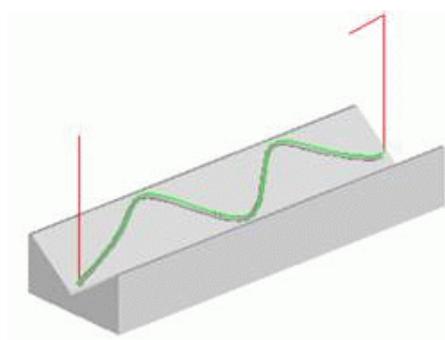
## Чистовые операции

### 2D обработка кривой



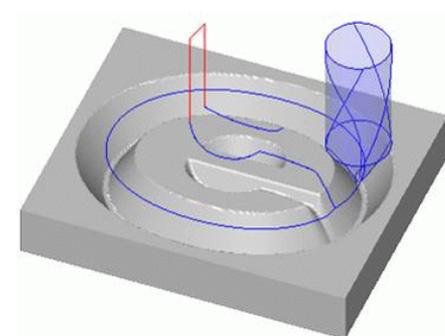
Обработка горизонтальных контуров или проекций кривых на горизонтальную плоскость. Горизонтальные ходы инструмента строятся исходя из условия прохождения оси инструмента вдоль контура или касания исходного контура боковой поверхностью фрезы. Операция используется для осуществления элементарных горизонтальных проходов, например, для формирования боковой стенки детали или паза с постоянным уровнем дна и т.п.

### 3D обработка кривой



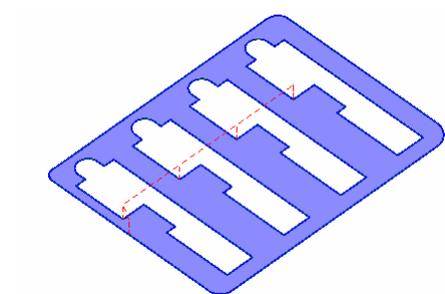
Генерируется серия ходов инструмента вдоль произвольных кривых. Вид траектории в плане аналогичен обработке 2D контура, - ходы инструмента строятся исходя из условия прохождения оси инструмента вдоль кривой или в касания исходной кривой боковой поверхностью фрезы. Координата Z в каждой точке траектории вычисляется как смещение на заданную величину от координаты Z соответствующей точки кривой. Операцию можно использовать для обработки кромки у поверхности разъема или для формирования канавки сложной формы и т.п.

### Гравировальная операция



Операция предназначена для гравировки различных рисунков и надписей на плоских участках. Гравируемый рисунок формируется из проекций кривых на горизонтальную плоскость. Основная часть боковой поверхности модели формируется горизонтальными ходами инструмента, а для формирования острых внутренних углов и для обработки участков небольшой ширины применяется трехмерная доработка. Операция используется для гравирования плоских рисунков и надписей, а также для чистового прохода вдоль боковых стенок карманов и изолированных областей при двух, двух с половиной координатной обработке.

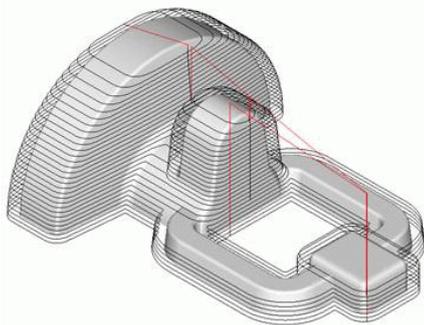
### Операция резки



Обработка горизонтальных контуров или проекций кривых на горизонтальную плоскость. Горизонтальные ходы инструмента строятся исходя из условия прохождения оси инструмента вдоль контура или касания исходного контура боковой поверхностью фрезы.

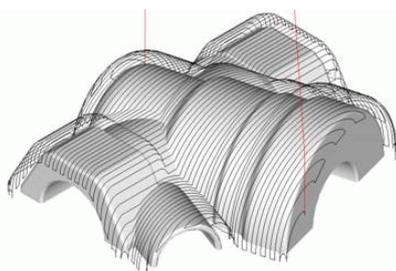
Отличие операции от обработки 2D контура заключается в возможности задать порядок обработки кривых. Операция используется для вырезания шаблонов из листовых заготовок.

### Чистовая послойная операция



Послойная обработка поверхности объемной модели. Фрезерование производится горизонтальными ходами инструмента. Операция дает хороший результат при обработке деталей или их частей с преобладанием участков поверхности близких к вертикальным. Для обработки деталей более сложной формы рекомендуется использовать послойную операцию совместно с построчной или управляемой.

### Чистовая построчная операция



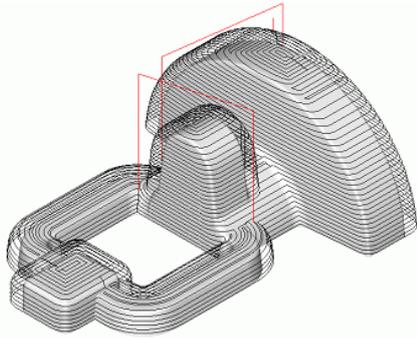
Формируется набор технологических команд для сверления отверстий, расточки, центровки или нарезания резьбы. Операция может использоваться как для обработки отверстий детали, так и для предварительного засверливания в точках опускания инструмента в выборке области и черновой послойной операциях. Построчная обработка поверхности объемной модели. Рабочие ходы лежат в семействе параллельных вертикальных плоскостей. Хороший результат достигается при обработке пологих участков поверхности детали, а также участков близких к вертикальным при небольшом отклонении нормали поверхности от плоскости рабочего хода. Поэтому для обработки деталей сложной формы операцию рекомендуется использовать совместно с послойной или с другой построчной операцией, у которой плоскости строчек перпендикулярны плоскостям строчек первой операции.

### Чистовая управляемая операция



Как и в построчной операции, обработка поверхности объемной модели производится отдельными строчками. В зависимости от параметров операции, строчки лежат либо в семействе вертикальных плоскостей, либо в семействе вертикальных математических цилиндров, форма и расположение которых задается направляющими кривыми. Операция дает особенно хороший результат при обработке отдельных зон детали со сложными вытянутыми криволинейными поверхностями. Целесообразно использовать для доработки участков поверхности детали специфической формы, для обработки ряда деталей с плавным изменением геометрии поверхности, а так же для фрезерования надписей и рисунков на поверхности детали произвольной формы.

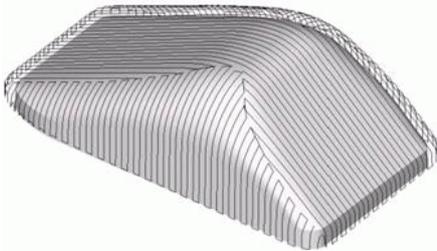
### Комбинированная операция



Траектория для обработки поверхности объемной модели формируется в два этапа. Сначала строятся горизонтальные ходы инструмента (как в послойной операции), а затем для необработанных участков достраивается траектория по правилам принятым в управляемой операции. Благодаря такому подходу одинаково хорошо обрабатываются как пологие, так и крутые участки. Достаточно равномерная высота гребешка получается даже при использовании постоянного шага. Комбинированная обработка обеспечивает более легкие условия работы инструмента, что в свою очередь позволяет применять удлиненный инструмент меньшего диаметра.

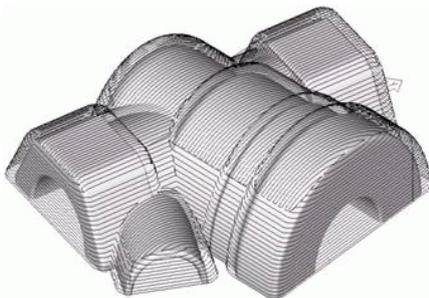
Операция позволяет производить качественную чистовую обработку вне зависимости от сложности рельефа поверхности модели, а так же минимизировать время обработки.

### Построчно-оптимизированная операция



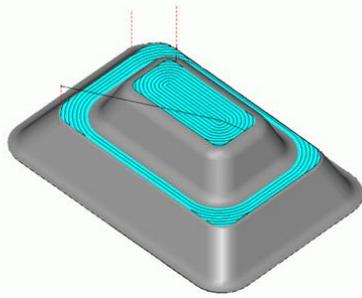
Для обработки поверхности объемной детали создаются сразу две построчные операции с взаимно перпендикулярными плоскостями строчек. Параметры операций заполняются таким образом, чтобы каждая операция обрабатывала лишь те участки поверхности детали, на которых достигается оптимальный результат. При этом достигается равномерное качество обработки на всей поверхности детали. Использование построчно-оптимизированной операции позволяет производить качественную обработку моделей со сложной формой поверхности, а так же минимизировать время обработки.

### Комплексная операция



Для обработки поверхности объемной детали создаются сразу две операции: построчная и послойная. Параметры операций автоматически выбираются так, чтобы пологие участки обрабатывались построчной операцией, а участки близкие к вертикальным - послойной. В результате получается равномерное качество всей поверхности обработанной детали. При комплексной обработке обеспечиваются более легкие условия работы инструмента, что в свою очередь позволяет применять удлиненный инструмент меньшего диаметра. Операция позволяет производить качественную обработку при любом рельефе поверхности модели, а так же минимизировать время обработки.

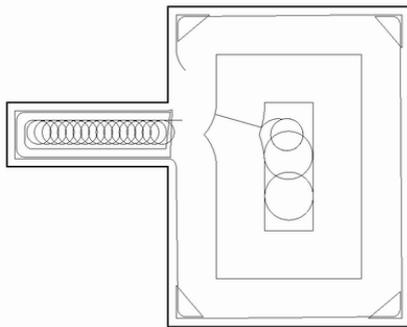
### Операция обработки плоских горизонтальных участков



Операция позволяет производить чистовую обработку плоских горизонтальных участков поверхности модели. Такие участки в модели выделяются автоматически. Обработка плоских горизонтальных участков производится сериями горизонтальных ходов инструмента. Все не горизонтальные участки обрабатываемой модели контролируются при обработке, что не допускает зарезов модели.

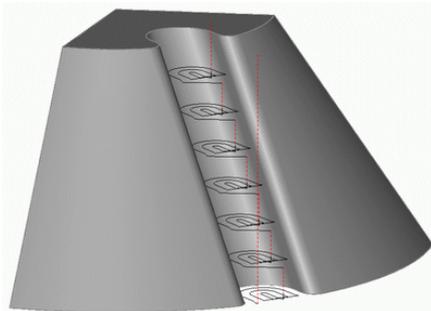
## Операции доработки

### Доработка области



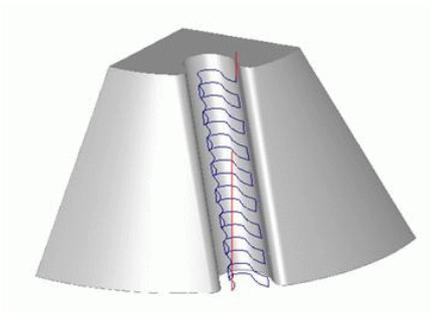
Доработка остаточного материала производится при помощи операции выборки области. То есть, формируется послойная доработка внутри заданной области или кармана. Форма области формируется из проекций кривых на горизонтальную плоскость. Операцию целесообразно использовать для доработки остаточного материала инструментом меньшего диаметра при двух, двух с половиной координатной обработке карманов и изолированных областей.

### Послойная доработка с выборкой



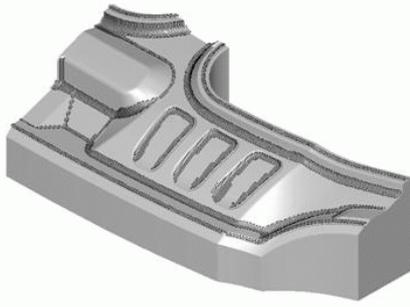
Доработка остаточного материала черновой послойной операцией. Горизонтальными ходами инструмента выбирается оставшийся после обработки предыдущими операциями материал, находящийся вне объемной обрабатываемой модели. Наиболее эффективное применение операции - доработка инструментом меньшего диаметра после черновых операций, то есть в качестве полустивовой операции.

### Послойная доработка



Доработка поверхности объемной модели чистовой послойной операцией. Горизонтальными ходами инструмента фрезеруются участки поверхности детали, не достаточно обработанные предыдущими операциями. Хороший результат достигается при доработке почти вертикальных участков.

### Построчная доработка



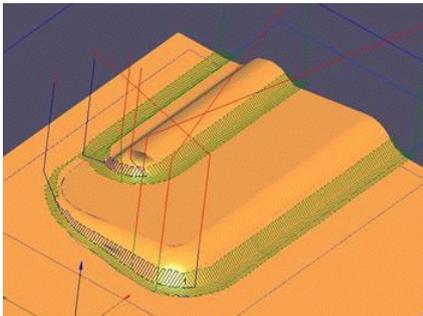
Доработка поверхности объемной модели чистовой построчной операцией. Рабочими ходами, лежащими в семействе параллельных вертикальных плоскостей, фрезеруются участки поверхности детали, не достаточно обработанные предыдущими операциями. Операцию рекомендуется использовать для доработки пологих участков, а также участков близких к вертикальным при небольшом угле между плоскостью рабочего хода и нормалью обрабатываемого участка.

#### Управляемая доработка



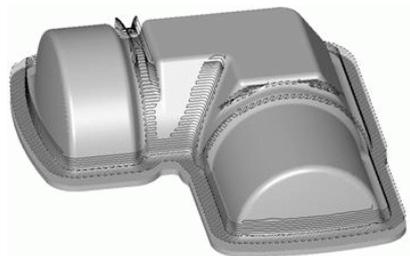
Доработка поверхности объемной модели чистовой управляемой операцией. Рабочими ходами, лежащими в семействе вертикальных плоскостей или математических цилиндров, фрезеруются участки поверхности детали, не достаточно обработанные предыдущими операциями. По умолчанию направляющая область формируется по недоработанным зонам, что позволяет произвести доработку с минимальным количеством переходов. Операция дает хороший результат при доработке не вертикальных участков.

#### Построчно-оптимизированная доработка



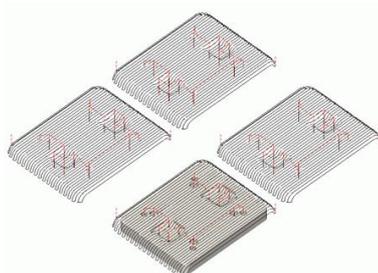
Доработка поверхности объемной модели чистовой построчно-оптимизированной операцией. Участки поверхности детали, недостаточно обработанные предыдущими операциями, фрезеруются парой построчных операций с взаимно перпендикулярными плоскостями строчек. Причем, каждая из операций дорабатывает лишь участки, на которых достигается оптимальный результат. Доработку построчно-оптимизированной операцией целесообразно проводить при наличии недоработанных участков относительно большой площади.

#### Комплексная доработка



Доработка поверхности объемной модели чистовой комплексной операцией. Участки поверхности детали, недостаточно обработанные предыдущими операциями, фрезеруются сразу двумя операциями: построчной и послойной. Пологие участки дорабатываются построчной операцией, а участки близкие к вертикальным - послойной. Операция позволяет производить качественную доработку участков произвольной формы при любом рельефе поверхности детали.

### Операция копирования траектории

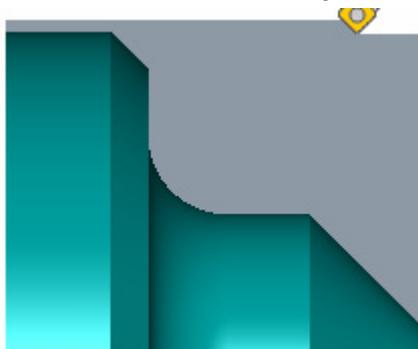


В операции производятся пространственные преобразования траекторий инструмента любых операций с копированием или размножением по указанной схеме. Целесообразно применять при обработке деталей с повторяющимися фрагментами. Операция позволяет значительно сократить время расчета и уменьшить время на отладку управляющей программы.

### Токарные операции

#### Черновые операции

##### Черновое точение



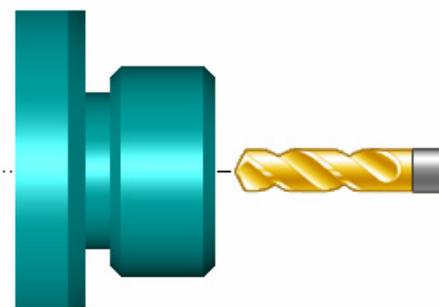
Операция предназначена для снятия большей части материала заготовки. Предназначена для случаев, когда заготовка и деталь значительно отличаются друг от друга. Снятие материала производится сериями параллельных ходов инструмента. Операция позволяет быстро снять значительную часть материала заготовки с минимальными временными затратами.

##### Обработка торца



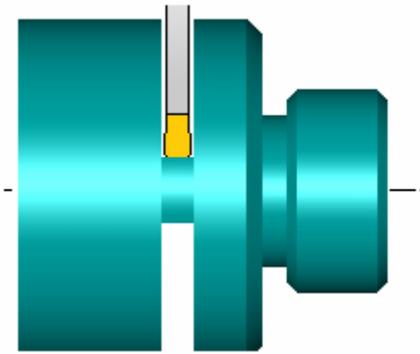
Операция предназначена для обработки вертикальных торцевых поверхностей детали. Применяется для подготовки базовых поверхностей для сверления, а так же перед другими токарными операциями. Может использоваться как для черновой, так и для чистовой обработки.

##### Осевое сверление



Операция предназначена для формирования технологических команд обработки осевых отверстий: сверления, растачивания, центровки, нарезания резьбы. В операции реализованы следующие типы циклов: простое сверление, сверление глубоких отверстий с ломкой стружки, сверление глубоких отверстий с удалением стружки, нарезание резьбы метчиком. Имеется возможность установить способ вывода циклов в управляющую программу – без циклов (выводятся элементарные команды перемещения инструмента), с простыми циклами, со сложными циклами (выводятся полноценные циклы обработки отверстий).

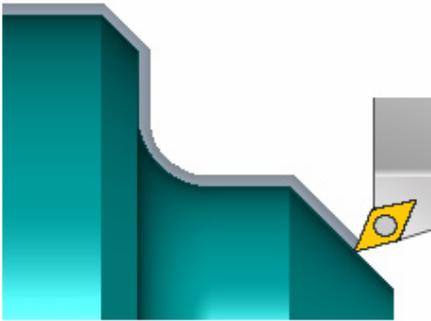
### Отрезка



Операция производит отрезку обработанной части заготовки с возможностью формирования на ней фасок или скруглений. Опционально устанавливаются также размеры предварительно обрабатываемой канавки, параметры ломки стружки и величины задержек.

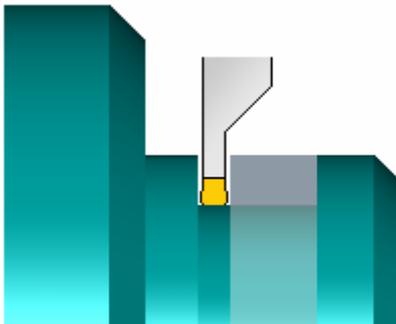
## Чистовые операции

### Чистовое точение



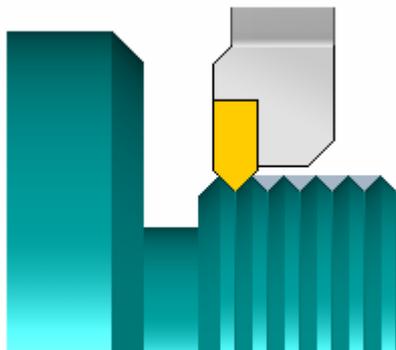
Операция предназначена для чистовой финишной обработки. Обработка ведётся эквидистантными ходами вдоль контура детали. Даёт наилучшие результаты при небольших отличиях заготовки и модели. Позволяет производить обработку модели без учёта заготовки.

### Обработка канавок



Операция предназначена для точения канавок или закрытых областей, недоступных для обработки другими типами токарных операций. Результирующая траектория учитывает специфику канавочного инструмента, преобладающим направлением резания которого является обработка сверху вниз. Операция может совмещать в себе черновые ходы для выборки большей части материала и чистовые ходы, максимально приближающие контур заготовки к контуру детали. Допустимо снятие чернового материала как в один, так и в несколько слоев, с использованием разнообразных стратегий и направлений резания. Имеются функции ломки и удаления стружки на каждом или только на первом резе, паузы на всех слоях или только на дне, в секундах или в оборотах шпинделя.

### Нарезание резьбы



Операция предназначена для нарезания различных типов резьб токарным резцом или гребенкой. Имеется возможность выбора геометрических параметров стандартных метрических, дюймовых, трубных, трапецеидальных и др. цилиндрических и конических резьб из базы данных или установки этих параметров вручную для формирования специальной резьбы. Обработка может производиться за один или несколько проходов. С возможностью регулирования глубины каждого последующего хода, исходя из условия равномерности глубин резания или неизменности площади контакта инструмента с заготовкой. Стратегии многопроходной обработки позволяют установить способы врезания инструмента к следующему слою: радиально, вдоль одной из боковых сторон зуба, попеременно вдоль двух сторон зуба, под произвольным углом.

## 5.2.2 Группа операций

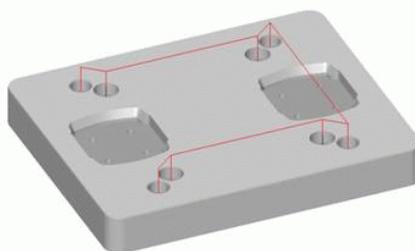
Группа предназначена для систематизации различных операций имеющих сходные настройки. Операция не производит расчета траектории.

Группа операций может включать в себя операции любого типа, в том числе и сами группы операций. То есть, используя группы операций можно сформировать технологический процесс с древовидной структурой. Назначение и поведение группы операций схожи с каталогом (папкой) в файловой системе компьютера.

При изменении параметров группы происходит изменение схожих параметров во всех входящих в нее операциях (при условии, если операция в группе содержит такие параметры).

Операцию целесообразно применять при обработке деталей несколькими операциями имеющими схожие параметры. В этом случае можно значительно сократить время настройки операций (нет необходимости задавать дублирующиеся параметры).

## 5.2.3 Обработка отверстий



Операция обработки отверстий предназначена для сверления, центровки, расточки, зенкерования отверстий, а также для нарезания резьбы метчиком. Операция может использоваться как для обработки отверстий детали, так и для предварительного засверливания в точках опускания инструмента в выборке области и черновой послойной операциях. При этом будут использоваться координаты точек засверливания заданных пользователем или автоматически сгенерированных операциями

последней выборки. Список отверстий может быть также сформирован автоматически по обрабатываемой модели.

Для засверливания в точках опускания инструмента в операциях выборки области или черновой последующей, необходимо при создании операции обработки отверстия в качестве прототипа указать ту операцию, для которой необходимо произвести предварительное засверливание. При этом список точек сверления и их глубина для операции обработки отверстий генерируется по списку точек опускания инструмента указанной операции-прототипа. Диаметр сверла будет установлен равным диаметру инструмента операции-прототипа.

**Точки сверления** могут быть указаны и вручную. Координаты центров отверстий задаются точками, которые могут быть импортированы из файлов или же определены в режиме **2D Геометрия**. Список точек с их параметрами (высота переключения на рабочую подачу и глубина сверления) формируется в окне **Модель**. В этом же окне доступна функция автоматического обнаружения круглых отверстий в обрабатываемой модели. Последовательность обработки отверстий определяется порядком их вхождения в список, если в **окне стратегии** отключено использование оптимизации переходов.

Высота переключения на рабочую подачу и глубина сверления для каждой точки могут быть заданы технологом или рассчитаны автоматически. При автоматическом расчете высота переключения на рабочую подачу определяется исходя из модели заготовки, а глубина сверления – по модели обрабатываемой детали.

В большинстве случаев диаметр инструмента следует устанавливать равным диаметру просверливаемых отверстий, а при обработке отверстий по спирали и выборкой круглых колодцев диаметр инструмента должен быть меньше диаметра отверстия. Все отверстия операции обрабатываются одним инструментом и циклом одного типа. Для обработки отверстий разных диаметров или циклами различных типов необходимо создавать несколько операций. Исключением является лишь обработка отверстий разного диаметра по спирали или выборкой колодца.

Переходы между обрабатываемыми отверстиями осуществляются по безопасной плоскости. Переключение на рабочую подачу осуществляется на безопасном расстоянии от начала сверления. Безопасное расстояние для всех отверстий задается в окне **Параметров операции** на странице **Подход-Отход**. Максимальная глубина отверстия ограничена нижним уровнем обработки.

Считается, что ось обрабатываемых отверстий, как и ось вращения инструмента, параллельна оси Z. Если операция выполняется в локальной системе координат или с использованием поворотной головки, то оси отверстий будут параллельны оси Z локальной системы координат операции.

Способ обработки выбирается в окне **Параметров операции** на странице **Стратегия**. При обработке отверстий можно выбрать один из следующих типов циклов:

- **Простое сверление (G81)**. Ускоренный подход на безопасное расстояние, сверление и последующий возврат на безопасную плоскость.
- **Сверление с задержкой (G82)**. Ускоренный подход на безопасное расстояние, сверление, выдержка паузы в

нижней точке при включенном шпинделе и последующий возврат на безопасную плоскость.

- **Глубокое сверление.** Ускоренный подход на безопасное расстояние, циклическое сверление с заходом и отходом, последующий возврат на безопасную плоскость.
- **Сверление с ломкой стружки.** Ускоренный подход на безопасное расстояние, циклическое сверление с заходом, выдержкой в нижней точке и отходом, последующий возврат на безопасную плоскость.
- **Нарезание резьбы (G84).** Ускоренный подход на безопасное расстояние, нарезание резьбы, подъем на рабочем ходу при обратном вращении шпинделя и последующий возврат на безопасную плоскость.
- **Расточка тип 5 (G85).** Ускоренный подход на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с остановкой шпинделя на минимальном уровне, выход на рабочем ходу на безопасную плоскость.
- **Расточка тип 6 (G86).** Ускоренный подход на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с остановкой шпинделя на минимальном уровне, выход на ускоренном ходу на безопасную плоскость.
- **Расточка тип 7 (G87).** Ускоренный подход на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с остановкой шпинделя на минимальном уровне и отвод вручную на безопасную плоскость.
- **Расточка тип 8 (G88).** Ускоренный подход на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с выстоем на минимальном уровне, остановка шпинделя и отвод вручную на безопасную плоскость.
- **Расточка тип 9 (G89).** Ускоренный подход на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с выстоем на минимальном уровне, подъем на рабочем ходу и последующий возврат на безопасную плоскость.
- **Обработка отверстия по спирали.** Метод предназначен для обработки круглых отверстий, диаметр которых больше диаметра инструмента. Обработка отверстий производится спиралевидными ходами инструмента (движение оси вращения по окружности одновременно с равномерным опусканием инструмента). Диаметр спирали выбирается в соответствии с заданным диаметром отверстия и размером инструмента. Обработка каждого отверстия происходит в следующем порядке: ускоренный подход на безопасное расстояние, опускание инструмента по спирали на рабочей подаче, проход по окружности на нижнем уровне, отход к центру отверстия и подъем на ускоренной подаче на безопасную плоскость.
- **Выборка круглого колодца.** Метод предназначен для обработки круглых отверстий, диаметр которых намного больше диаметра инструмента. Выборка материала из отверстий производится слоями. Инструмент врезается по спирали к каждому слою, а затем расширяет отверстие до требуемого диаметра движением по спирали Архимеда с чистовым проходом фрезы по окружности. Обработка каждого отверстия происходит в следующем порядке: ускоренный подход на безопасное расстояние; послойная обработка отверстия циклами, состоящими из

врезания по спирали, расширения отверстия по спирали Архимеда и чистового прохода по окружности; а затем отход к центру отверстия и подъем на ускоренной подаче на безопасную плоскость.

## 5.2.4 2D обработка кривой



Операция предназначена для обработки вдоль горизонтальных контуров или проекций кривых на горизонтальную плоскость.

Операция обрабатывает список, состоящий из произвольного количества контуров и проекций кривых. Для каждого объекта устанавливается способ его обработки: прохождение осью инструмента вдоль контура или в касании исходного контура боковой поверхностью фрезы слева или справа. Если контур обрабатывается справа или слева, то для него можно установить дополнительный припуск. Положительный припуск откладывается в сторону обработки. Если фреза проходит осью вращения по контуру, то значение припуска игнорируется, так как нельзя однозначно определить в какую сторону необходимо отложить дополнительный припуск.

Если в операции указывается заготовка или запрещенные зоны, то обрабатываются лишь те участки заданных контуров, которые лежат внутри заготовки и вне запрещенных зон. А если ни заготовка, ни запрещенные зоны не указаны, то производится обработка всех заданных контуров без каких-либо ограничений.

Обработка производится сериями горизонтальных ходов инструмента. Серии ходов отличаются друг от друга лишь уровнем горизонтальных плоскостей, в которых они находятся. Количество таких плоскостей и их уровни по Z зависят от уровней обработки и шага, заданных в окне Параметров операции на странице Параметры. Существует возможность отдельного указания толщины нижнего слоя.

В том же окне устанавливаются точность обработки и припуск. Для контуров, которые обрабатываются слева или справа припуск откладывается в направлении инструмента, а при прохождении осью инструмента по контуру – игнорируется.

Если операция выполняется в локальной системе координат или с использованием поворотной головки, то производится обработка проекций кривых на плоскость XY локальной системы координат операции, и все рабочие ходы, соответственно, параллельны плоскости XY локальной системы координат.

Начальная точка обработки для разомкнутого контура соответствует его первой или последней точке (в зависимости от установленных в окне **Модель** стороны обработки и флага инверсии, а также разрешения смены направления обработки). Для замкнутых кривых, если не задана начальная точка в окне **Модель**, подход к первой точке обработки осуществляется к

внешнему углу или самому длинному отрезку автоматически, исходя из соображений минимизации переходов.

При объединении рабочих ходов в результирующую траекторию к началу рабочего хода обязательно добавляется подход указанного типа, а в конце – отход. Порядок объединения зависит от сочетания установленных флагов: по колодцам/по слоям, минимизация холостых ходов, разрешить обратное направление.

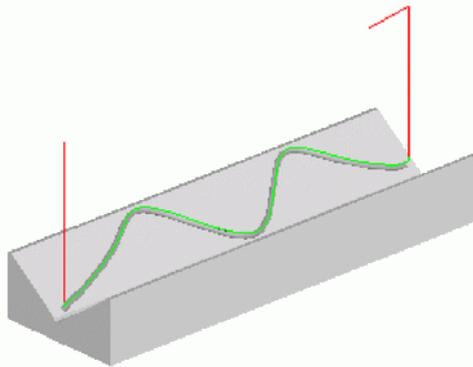
При установке порядка объединения **По колодцам** сначала обрабатываются все слои одного контура, а затем производится переход к другому контуру. При объединении **По слоям** переход на следующий уровень происходит только после объединения всех контуров на предыдущем уровне.

При включении режима **Минимизации холостых ходов** объединение рабочих ходов будет производиться в оптимальном порядке, иначе – в порядке вхождения контуров в список обрабатываемой модели.

Если разрешено Обратное направление обработки контуров, то направление будет выбрано исходя из оптимальности объединения, при этом сторона обработки контура не изменяется. Иначе направление будет соответствовать заданному в окне **Модель**. Существует возможность указания произвольной начальной точки на каждом из обрабатываемых контуров.

**Примечание:** Если требуется жестко задать порядок обработки контуров и направление их обработки, то рекомендуется отключить режим **Минимизации холостых ходов** и запретить использование **Обратного направления** обработки контуров. В этом случае порядок и направление обработки будут строго соответствовать заданному в окне **Модель**.

### 5.2.5 3D обработка кривой



Операция предназначена для выполнения обработки вдоль произвольных пространственных кривых.

Обрабатываемая модель задается списком импортированных или построенных в системе кривых. Для каждого элемента списка может устанавливаться свой способ обработки: прохождение осью инструмента вдоль кривой или в касании исходной кривой боковой поверхностью фрезы слева или справа. Если кривая обрабатывается справа или слева, то для нее можно установить дополнительный припуск, положительное направление которого совпадает со стороной обработки. При задании способа прохождения осью вращения фрезы вдоль кривой припуск игнорируется. Координата Z каждой точки траектории

вычисляется исходя из значения координаты  $Z$  соответствующей точки кривой и заданного смещения.

При обработке кривой слева или справа при выполнении условия касания контуром инструмента одного участка контур фрезы, в принципе, может зайти за кривую на другом участке. Такие участки соответствуют петлям на эквидистанте к горизонтальной проекции кривой. То есть, при обработке таких участков можно получить зарез детали. Чтобы избежать этого указанные участки траектории автоматически идентифицируются и удаляются.

Если в операции задана заготовка или запрещенные зоны, то обрабатываются лишь те участки кривых, которые лежат внутри заготовки и вне запрещенных зон. А если ни заготовка, ни запрещенные зоны не указаны, то производится обработка всех указанных контуров без ограничений.

Обработка производится сериями трехмерных ходов инструмента. Серии рабочих ходов могут быть получены одна из другой сдвигом по оси  $Z$  на величину шага. Количество таких серий и величина сдвига по  $Z$  зависят от уровней обработки и шага, заданных в окне Параметров операции на странице Параметры.

В том же окне устанавливаются точность обработки и припуск. Для кривых, которые обрабатываются слева или справа припуск откладывается в направлении инструмента, а при прохождении осью инструмента вдоль контура – игнорируется.

Если операция выполняется в локальной системе координат или с использованием поворотной головки, то траектория будет построена исходя из условия касания кривой контуром фрезы или прохождения центра фрезы, ось вращения которой параллельна оси  $Z$  локальной системы координат операции. То есть, это соответствует построению эквидистантных кривых в плоскости  $XY$  локальной системы координат на радиус инструмента плюс припуск, а значение координаты  $Z$  траектории равно координате  $Z$  соответствующей точки исходной кривой в локальной системе координат.

Начальная точка обработки для разомкнутой кривой соответствует её первой или последней точке (в зависимости от установленных в окне Модель стороны обработки и флага инверсии, а также разрешения смены направления обработки). Для замкнутых кривых, если не задана начальная точка в окне Модель, первая точка обработки выбирается автоматически, исходя из соображений минимизации переходов.

При объединении рабочих ходов в результирующую траекторию к началу рабочего хода обязательно добавляется подход указанного типа, а в конце – отход. Порядок объединения зависит от сочетания установленных флагов: по колодцам/по слоям, минимизация холостых ходов, разрешить обратное направление.

При установке порядка объединения по колодцам сначала обрабатываются все слои одного контура, а затем производится переход к другому контуру. При объединении по слоям переход на следующий уровень происходит только после объединения всех кривых на предыдущем уровне.

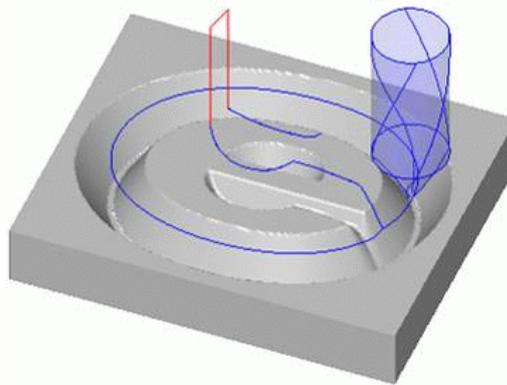
При включении режима минимизации холостых ходов объединение рабочих ходов будет производиться в оптимальном порядке, иначе – в порядке вхождения кривых в список обрабатываемой модели.

Если разрешено обратное направление обработки кривых, то направление будет выбрано исходя из оптимальности объединения, при этом сторона обработки кривой не изменяется.

Иначе направление будет соответствовать заданному в окне Модель.

**Примечание:** Если требуется жестко задать порядок обработки кривых и направление их обработки, то рекомендуется отключить режим минимизации холостых ходов и запретить использование обратного направления обработки кривых. В этом случае порядок и направление обработки будут строго соответствовать заданному в окне Модель.

## 5.2.6 Гравировальная операция



Операция предназначена для гравировки различных рисунков и надписей на плоских участках, а также для выполнения чистового прохода вдоль боковых стенок карманов и изолированных областей при двух, двух с половиной координатной обработке.

Обрабатываемая модель формируется из проекций кривых на горизонтальную плоскость. Модель создается путем последовательного добавления кривых или групп кривых в результирующую область с учетом установленного способа вхождения. Любая кривая может определять гребень, канавку или инверсную кривую заданной толщины, кроме того, замкнутые кривые могут добавляться в качестве выступа, впадины или инверсионной области. Отдельно для каждой кривой или группы кривых может быть установлен дополнительный припуск, который будет добавлен к припуску операции. Обработка производится по наружному контуру сформированной модели с учетом установленного бокового угла (то есть боковая поверхность модели не обязательно вертикальна).

В результирующую траекторию добавляются лишь те участки, которые лежат внутри заготовки и вне запрещенных зон. Заготовка, зоны обработки и запрещенные зоны задаются проекциями замкнутых кривых. Если заготовка или запрещенные зоны специально не указаны, то производится обработка всей модели без ограничений.

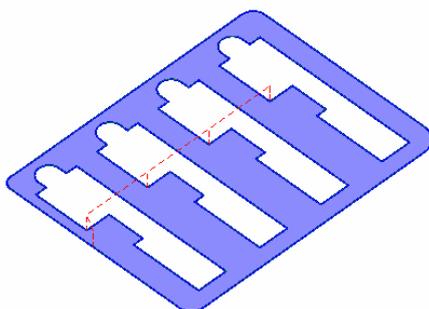
Основная часть боковой поверхности модели формируется горизонтальными ходами инструмента с заданным шагом между соседними ходами. Для формирования острых внутренних углов и обработки участков небольшой ширины целесообразно использовать опцию трехмерной доработки. То есть при работе инструментом с фасонной частью, диаметр которой постепенно уменьшается к конечной точке, возможна обработка более «узких» участков с одновременным увеличением на соответствующую величину координаты Z инструмента.

Если операция выполняется в локальной системе координат или с использованием поворотной головки, то обрабатываемая модель формируется из проекций кривых на горизонтальную

плоскость локальной системы координат, основные рабочие ходы параллельны той же плоскости, а при трехмерной доработке инструмент приподнимается на необходимую величину по оси Z локальной системы координат операции.

Порядок объединения отдельных ходов зависит от установленного направления обработки (сверху вниз или снизу вверх). Переход между ходами может быть осуществлен по поверхности, с генерацией промежуточных отходов/подходов или через безопасную плоскость.

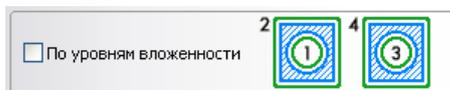
### 5.2.7 Операция Резки



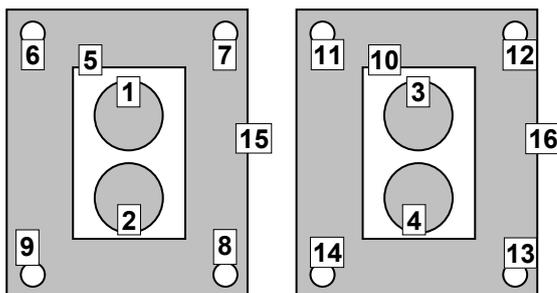
Операция предназначена для вырезания различных плоских контуров или проекций кривых из листа заготовки. Операция обрабатывает список, состоящий из произвольного количества контуров и проекций кривых и точек.

Основное отличие операции от операции **Обработка 2D контура** заключается в возможности регулирования порядка обработки контуров составляющих модель. Первыми обрабатываются внутренние контура, последними – наружные. Правило обусловлено тем, что вырезанные фрагменты детали остаются незакрепленными и невозможно обеспечить требуемую точность позиционирования при их обработке.

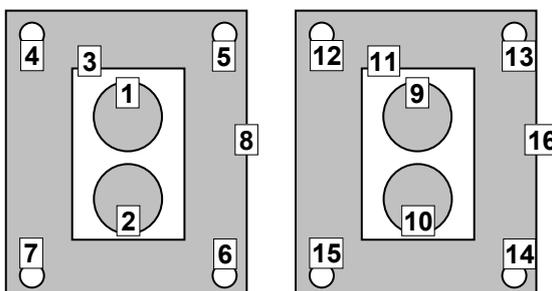
Для задания порядка обработки контуров следует воспользоваться панелью расположенной на странице **Стратегия**.



При включенной опции сначала будут обработаны все контура модели, имеющие наибольшую вложенность (самые внутренние контуры), затем имеющие меньшую вложенность и т.д. Последними будут обработаны все внешние контуры.



Если опция выключена, то обработка каждой группы производится в порядке от самых вложенных контуров к наружному. После этого производится переход к следующей группе. Обычно обработка с такой стратегией содержит меньше холостых перемещений.



Для каждого элемента модели устанавливается способ его обработки: прохождение осью инструмента вдоль контура или в касании исходного контура боковой поверхностью фрезы слева или справа, дополнительный припуск. Дополнительный припуск откладывается в сторону обработки.

При задании в операции заготовки или запрещенных зон, обрабатываются лишь те участки заданных контуров, которые лежат внутри заготовки и вне запрещенных зон. А если ни заготовка, ни запрещенные зоны не указаны, то производится обработка всех заданных контуров без каких-либо ограничений.

В качестве инструмента для операции может использоваться цилиндрическая фреза и резак. Для инструмента резак считается, что инструмент при движении режет материал по всей длине оси инструмента. Поэтому уровни операции (верхний нижний и безопасная плоскость) не задаются.

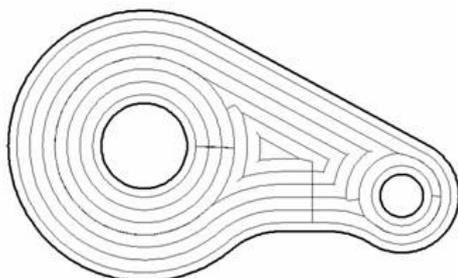
Если операция выполняется в **локальной системе координат** или с использованием **поворотной головки**, то производится обработка проекций кривых на плоскость XY локальной системы координат операции, и все рабочие ходы, соответственно, параллельны плоскости XY локальной системы координат.

Начальная точка обработки для разомкнутого контура соответствует его первой или последней точке (в зависимости от параметров **Стороны обработки** и флага **инверсии**, а также разрешения **смены направления** обработки). Для замкнутых кривых, если не задана **начальная точка** в окне **Модель**, подход к первой точке обработки осуществляется к внешнему углу или самому длинному отрезку автоматически, исходя из соображений минимизации переходов.

При объединении рабочих ходов в результирующую траекторию к началу рабочего хода обязательно добавляется подход указанного типа, а в конце – отход. Порядок объединения зависит от сочетания установленных флагов: **минимизация холостых ходов, разрешить обратное направление**.

Если разрешено **Обратное направление** обработки контуров, то направление будет выбрано исходя из оптимальности объединения, при этом сторона обработки контура не изменяется. Иначе оно будет соответствовать направлению, заданному в окне **Модель**.

## 5.2.8 Выборка области (кармана и колодца)



Операция используется для двух, двух с половиной координатной обработки карманов и изолированных областей, а также для предварительной выборки материала перед гравировальными операциями.

Так же как и в гравировальной операции, обрабатываемая модель формируется из проекций кривых на горизонтальную плоскость. Модель создается путем последовательного добавления кривых или групп кривых в результирующую область. Любая кривая может определять гребень, канавку или инверсную кривую заданной толщины, кроме того, замкнутые кривые могут добавляться в качестве выступа, впадины или инверсионной области. Отдельно для каждой кривой или группы кривых может быть установлен дополнительный припуск, который будет добавлен к припуску операции. Боковая поверхность модели не обязательно вертикальна, угол ее наклона определяется значением бокового угла. Это позволяет использовать операцию для черновой выборки материала перед гравировкой.

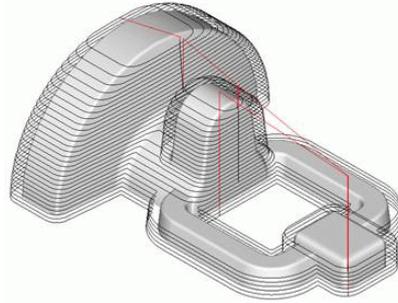
В операции производится выборка всего материала заготовки, находящегося снаружи от обрабатываемой модели и вне запрещенных зон. Заготовка, зоны обработки и запрещенные зоны задаются проекциями замкнутых кривых.

Материал удаляется слой за слоем, с заданным шагом между слоями. В зависимости от заданной стратегии, материал каждого слоя может удаляться спиральными ходами, направленными к центру и от центра, а также параллельными ходами. Переход к следующему слою обработки может осуществляться либо одним из способов врезания (осевое, по спирали, зигзагом), либо через точки засверливания. Причем поиск подходящего по глубине и диаметру отверстия сначала производится в списке отверстий операции, затем в сквозном списке отверстий технологического процесса. Если подходящего отверстия не найдено, то координаты центра отверстия подбираются системой автоматически, исходя из соображений оптимальности. Координаты центра нового отверстия, по возможности, округляются. Если при создании операции прототипом была указана операция обработки отверстий, то список отверстий будет скопирован в операцию и использован при поиске подходящего отверстия для опускания инструмента.

При использовании локальной системы координат или поворотной оси, обрабатываемая модель формируется из проекций кривых на плоскость XY локальной системы координат, слои выборки параллельны той же плоскости.

Если используется инструмент с фасонной частью, диаметр которой постепенно уменьшается к конечной точке инструмента, то в операции можно использовать опцию трехмерной доработки для более точного формирования боковой поверхности модели одновременно с выборкой материала.

## 5.2.9 Чистовая послойная операция



Чистовая послойная операция дает хороший результат при обработке деталей или их частей с преобладанием участков поверхности близких к вертикальным. Для последующей обработки пологих участков можно использовать построчную или управляемую чистовую операцию.

Модель для чистовой послойной операции задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Если заготовка и ограничивающая модель не заданы, то производится обработка всей доступной поверхности обрабатываемой модели. Иначе обрабатываются лишь участки поверхности модели, лежащие внутри заготовки и вне ограничивающей модели.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела, поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

Обработка поверхности детали производится горизонтальными ходами. Шаг между плоскостями соседних рабочих ходов может быть постоянным или рассчитываться исходя из заданной высоты гребешка.

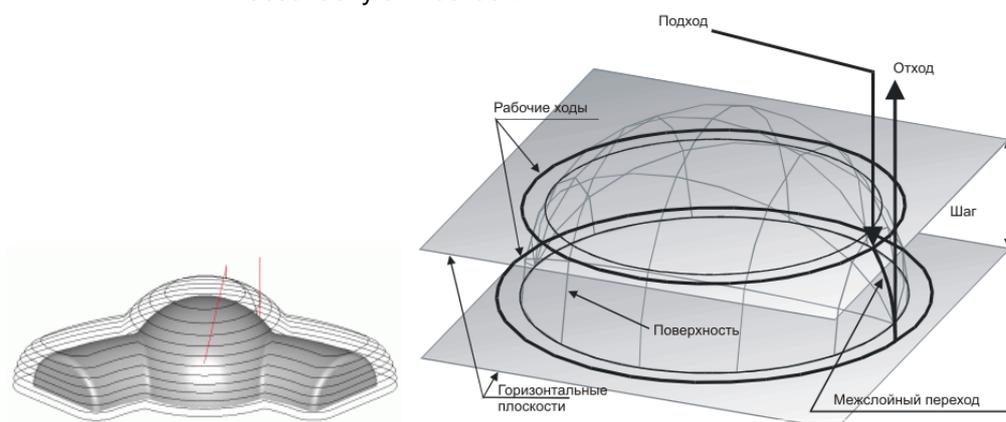
При использовании локальной системы координат или поворотной оси, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, а все рабочие ходы располагаются параллельно горизонтальной плоскости той же системы.

Обрабатываемые участки поверхности модели могут быть ограничены в зависимости от угла наклона нормали к оси Z. Если, например, требуется обработать крутые участки с углом наклона нормали к оси Z больше  $45^\circ$ , то следует установить значения минимального и максимального углов наклона, соответственно, 45 и 90.

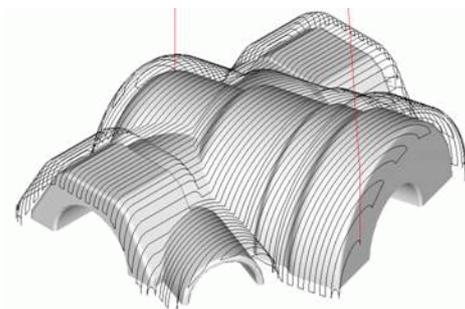
Также возможно наложение запрета на вхождение в результирующую траекторию участков обработки ограничивающей модели и участков обката ребер.

Объединение рабочих ходов в единую траекторию может выполняться в порядке сверху вниз или снизу вверх. Переход

между соседними рабочими ходами может осуществляться по поверхности, с добавлением отхода и подхода либо через безопасную плоскость.



### 5.2.10 Чистовая построчная операция



Чистовую построчную операцию целесообразно применять для обработки пологих участков поверхности детали, а также участков близких к вертикальным при небольшом отклонении нормали поверхности от плоскости рабочего хода. Для последующей доработки участков с большим наклоном лучше использовать послойную операцию или другую построчную операцию, у которой плоскости строчек перпендикулярны плоскостям строчек первой операции.

Обрабатываемая модель операции задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Если заготовка и ограничивающая модель не заданы, то производится обработка всей доступной поверхности обрабатываемой модели. Иначе обрабатываются лишь участки поверхности модели, лежащие внутри заготовки и вне ограничивающей модели.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела, поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

Рабочие ходы операции лежат в семействе параллельных вертикальных плоскостей. Положение плоскостей задается углом между этими плоскостями и осью X. Шаг между плоскостями соседних рабочих ходов может быть постоянным или рассчитываться исходя из заданной высоты гребешка.

При использовании локальной системы координат или поворотной оси, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, а все рабочие ходы располагаются в плоскостях, перпендикулярных горизонтальной плоскости локальной системы и образующих с осью X той же системы заданный угол.

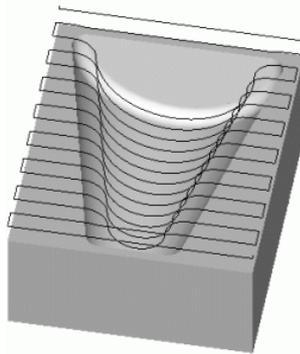
Обрабатываемые участки поверхности модели могут быть ограничены в зависимости от угла наклона нормали к оси Z. Если, например, требуется обработать пологие участки с углом наклона нормали к оси Z меньше  $45^\circ$ , то следует установить значения минимального и максимального углов наклона, соответственно,  $0^\circ$  и  $45^\circ$ .

Чтобы обработать только участки с небольшим отклонением нормали к поверхности детали от плоскости рабочего хода следует воспользоваться ограничением фронтального угла. Например, если требуется произвести обработку двумя построчными операциями с взаимно перпендикулярными плоскостями рабочих ходов, то лучше установить значение фронтального угла равным  $45^\circ$ . А если обработка производится серией из трех построчных операций, то  $30^\circ$ .

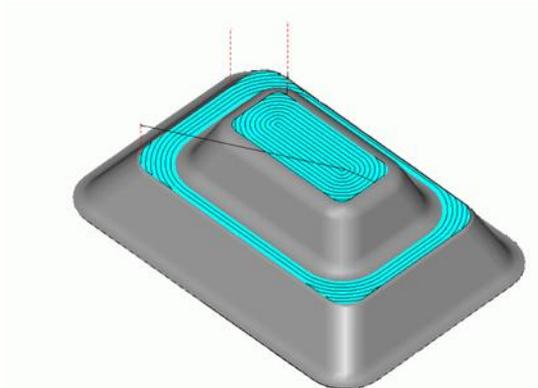
**Примечание:** Для того чтобы избежать повторной обработки горизонтальных участков, следует установить только у одной операции минимальное значение угла наклона нормали равным  $0^\circ$ , а у остальных – немногим больше (к примеру,  $1^\circ$  или  $2^\circ$ ).

Также возможно наложение запрета на вхождение в результирующую траекторию участков обработки ограничивающей модели и участков обката ребер.

Объединение рабочих ходов в единую траекторию может выполняться как с выполнением условия обработки только снизу вверх, так и без него. Переход между соседними рабочими ходами может осуществляться по поверхности, с добавлением отхода и подхода либо через безопасную плоскость.



### 5.2.11 Операция обработки плоских горизонтальных участков



Операцию целесообразно использовать при наличии в модели плоских горизонтальных поверхностей. Обработка производится сериями горизонтальных ходов лежащих на разных уровнях.

Обрабатываемая модель задается набором поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

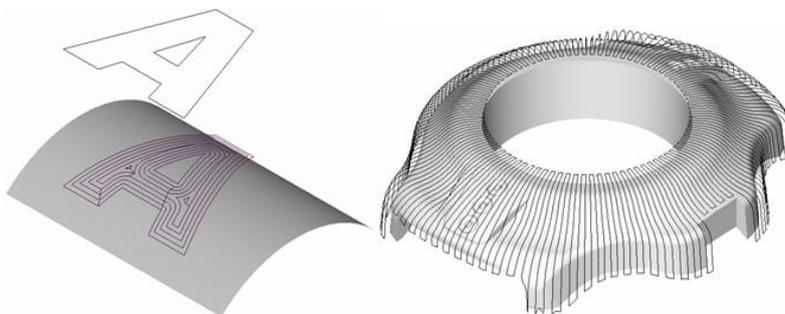
При добавлении элементов в модель операции все горизонтальные участки выделяются автоматически. При прорисовке обрабатываемой модели эти участки рисуются другим цветом для большей наглядности. Вся остальная поверхность обрабатываемой модели контролируется, так же как и ограничивающая модель, что позволяет избежать зарезов.

Учитывается тип фрезерования (попутное или встречное) в процессе расчета траектории. Операция позволяет игнорировать отверстия в обрабатываемой модели размером меньше указанного, оставляя их для дальнейшей обработки.

Применение чистового прохода в плане позволяет получить более высокое качество поверхности за счет небольшого предварительно оставленного чистового припуска.

Выборка материала может проводиться с использованием трохоидальной обработки.

### 5.2.12 Чистовая управляемая операция



Чистовая управляемая операция успешно применяется при обработке отдельных зон детали со сложными вытянутыми криволинейными поверхностями. Целесообразно использовать её для доработки участков поверхности детали специфической формы, для обработки ряда деталей с плавным изменением

геометрии поверхности, а так же для фрезерования надписей и рисунков на поверхности детали. При использовании чистовой управляемой операции для обработки пологих участков поверхности детали рекомендуется использовать в качестве направляющих кривых их внешнюю огибающую и стратегию вдоль кривых. А при обработке крутых участков – стратегию поперёк кривых с такими же направляющими.

Обрабатываемая модель операции задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Если заготовка и ограничивающая модель не заданы, то производится обработка всей доступной поверхности обрабатываемой модели. Иначе обрабатываются лишь участки поверхности модели, лежащие внутри заготовки и вне ограничивающей модели.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела, поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

Как и в построчной операции, обработка поверхности объемной модели производится отдельными строчками. В зависимости от параметров операции, строчки лежат либо в семействе вертикальных плоскостей (поперёк направляющих кривых), либо в семействе вертикальных математических цилиндров, форма и расположение которых задается направляющими кривыми (вдоль направляющих кривых). Шаг между соседними рабочими ходами может быть постоянным или рассчитываться исходя из заданной высоты гребешка.

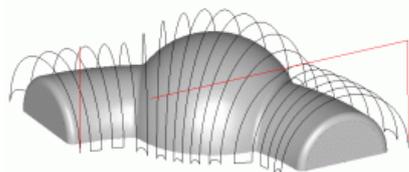
При использовании локальной системы координат или поворотной оси, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, а все рабочие ходы располагаются в плоскостях или математических цилиндрах, перпендикулярных горизонтальной плоскости той же системы.

Обрабатываемые участки поверхности модели могут быть ограничены в зависимости от угла наклона нормали к оси Z. Если, например, требуется обработать пологие участки с углом наклона нормали к оси Z меньше  $30^\circ$ , то следует установить значения минимального и максимального углов наклона, соответственно,  $0^\circ$  и  $30^\circ$ .

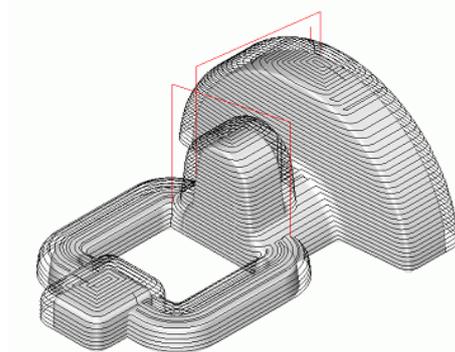
Чтобы обработать только участки с небольшим отклонением нормали к поверхности детали от поверхности рабочего хода следует воспользоваться ограничением фронтального угла. Например, если требуется произвести обработку участков поверхности детали практически перпендикулярных поверхности рабочего хода, то следует установить небольшое значение фронтального (например, в пределах  $5^\circ$ ).

Также возможно наложение запрета на входение в результирующую траекторию участков обработки ограничивающей модели и участков обката ребер.

Объединение рабочих ходов в единую траекторию может выполняться как с выполнением условия обработки только снизу вверх, так и без него. Переход между соседними рабочими ходами может осуществляться по поверхности, с добавлением отхода и подхода либо через безопасную плоскость.



### 5.2.13 Чистовая комбинированная операция (послойно - управляемая)



Чистовой комбинированной операцией одинаково хорошо обрабатываются как пологие, так и крутые участки. Достаточно равномерная высота гребешка получается даже при использовании постоянного шага. Комбинированная обработка обеспечивает более легкие условия работы инструмента, что в свою очередь позволяет применять удлиненный инструмент меньшего диаметра. Операция позволяет производить качественную чистовую обработку вне зависимости от сложности рельефа поверхности модели, а так же минимизировать время обработки.

Обрабатываемая модель задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Если заготовка и ограничивающая модель не заданы, то производится обработка всей доступной поверхности обрабатываемой модели. Иначе обрабатываются лишь участки поверхности модели, лежащие внутри заготовки и вне ограничивающей модели.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела, поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

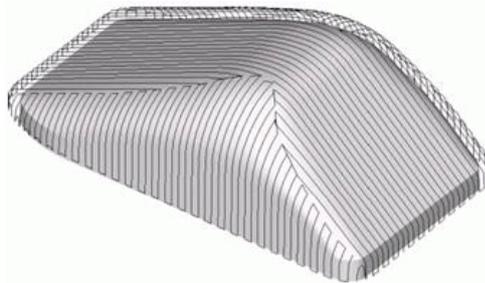
Траектория для обработки поверхности детали формируется в два этапа. Сначала строятся горизонтальные ходы инструмента (как в послойной операции), а затем для недоработанных участков по правилам управляемой операции достраивается траектория вдоль направляющих кривых (направляющими кривыми в этом случае служат границы недоработанных зон). Таким образом, близкие к вертикальным участки поверхности детали обрабатываются как в послойной операции, а пологие – как в управляемой. Что и позволяет получить равномерную обработку для деталей, практически, любой формы. Шаг между ходами задается отдельно по вертикали и в плане, а также может быть вычислен исходя из заданной высоты гребешка.

При использовании локальной системы координат или поворотной оси, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, горизонтальные ходы располагаются параллельно плоскости XY той же системы, а затем недоработанные участки обрабатываются по законам управляемой операции.

Также возможно наложение запрета на вхождение в результирующую траекторию участков обработки ограничивающей модели и участков обката ребер.

Объединение рабочих ходов в единую траекторию может выполняться в порядке сверху вниз или снизу вверх. Переход между соседними рабочими ходами может осуществляться по поверхности, с добавлением отхода и подхода либо через безопасную плоскость.

#### 5.2.14 Чистовая построчная оптимизированная операция (построчно-построчная)



Чистовая построчная оптимизированная операция состоит из двух чистовых построчных операций, рабочие ходы которых лежат во взаимно перпендикулярных плоскостях. Параметры этих операций заполняются таким образом, чтобы каждая операция обрабатывала лишь те участки поверхности детали, на которых при такой обработке результат будет оптимален. Благодаря этому достигается равномерное качество обработки на всей поверхности детали. Использование построчно-оптимизированной операции позволяет производить качественную обработку моделей со сложной формой поверхности, а так же минимизировать время обработки.

Все параметры пары построчных операций являются взаимосвязанными, то есть при изменении какого-либо параметра одной операции автоматически изменяется соответствующее значение параметра в парной операции. Исключением является лишь угол между плоскостями рабочих ходов и осью X – для парной операции значение угла устанавливается таким образом, чтобы плоскости рабочих ходов

оставались перпендикулярными. Такое правило избавляет от необходимости настраивать обе операции по отдельности. Набор параметров каждой из чистовых построчных операций полностью совпадает с обычным набором параметров таких операций.

При создании пары построчных операций для достижения оптимального результата их параметры заполняются следующим образом. Угол между плоскостями рабочих ходов второй операции и осью X устанавливается на  $90^\circ$  больше, чем у первой. Фронтальный угол у обеих операций задается равным  $45^\circ$ , чтобы любой наклонный участок обрабатывался только одной операцией. Минимальный угол наклона нормали к оси Z для первой операции устанавливается равным  $0^\circ$ , а для второй – равным  $1^\circ$  (то есть горизонтальные участки обрабатываются только первой операцией). Максимальный угол наклона нормали для обеих операций задается  $90^\circ$ , что соответствует значению без ограничения обработки.

Обрабатываемая модель для чистовой построчной оптимизированной операции задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Если заготовка и ограничивающая модель не заданы, то производится обработка всей доступной поверхности обрабатываемой модели. Иначе обрабатываются лишь участки поверхности модели, лежащие внутри заготовки и вне ограничивающей модели.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела, поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

Рабочие ходы операции лежат в двух семействах параллельных вертикальных плоскостей. Плоскости разных семейств (операций) перпендикулярны друг другу. Положение плоскостей задается углом между этими плоскостями и осью X. Шаг между плоскостями соседних рабочих ходов может быть постоянным или рассчитываться исходя из заданной высоты гребешка.

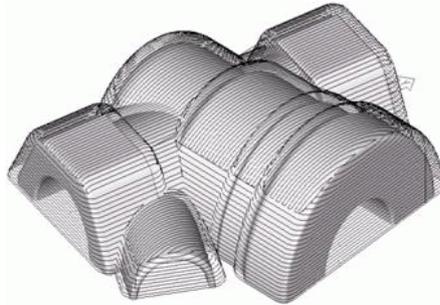
При использовании локальной системы координат или поворотной головки, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, а все рабочие ходы располагаются в плоскостях, перпендикулярных горизонтальной плоскости локальной системы.

Также возможно наложение запрета на входение в результирующую траекторию участков обработки ограничивающей модели и участков обката ребер.

Объединение рабочих ходов в единую траекторию может выполняться как с выполнением условия обработки только снизу вверх, так и без него. Переход между соседними рабочими ходами может осуществляться по поверхности, с добавлением отхода и подхода либо через безопасную плоскость.

**Примечание:** С целью обеспечения сглаженности в зоне границы, рекомендуется обеспечить <нахлест> траекторий парных операций, для чего необходимо задать перекрытие углов. Например, у первой операции значение фронтального угла 46 градусов, у второго тоже 46.

### 5.2.15 Чистовая комплексная операция (послойно-построчная)



Чистовая комплексная операция составляется из двух чистовых операций: построчной и послойной. Параметры операций выбираются так, чтобы пологие участки обрабатывались построчной операцией, а участки близкие к вертикальным – послойной. В результате достигается равномерное качество обработки всей поверхности детали. При комплексной обработке обеспечиваются более легкие условия работы инструмента, что в свою очередь позволяет применять удлиненный инструмент меньшего диаметра. Операция позволяет производить качественную обработку при любом рельефе поверхности модели, а так же минимизировать время обработки.

Параметры операций являются взаимосвязанными, то есть при изменении параметра одной операции одновременно такое же значение заносится и в схожий параметр в парной операции, если такой параметр у неё существует. Такое правило избавляет от необходимости настраивать обе операции по отдельности. Набор параметров построчной и послойной операций полностью совпадает с обычным набором параметров таких операций.

При создании пары операций для достижения оптимального результата их параметры заполняются следующим образом. У построчной операции минимальный и максимальный углы наклона нормали к оси Z устанавливаются равными, соответственно,  $0^\circ$  и  $45^\circ$ ; а для послойной операции соответствующие углы равны  $45^\circ$  и  $90^\circ$ . То есть если на участке поверхности детали угол между осью Z и нормалью меньше  $45^\circ$ , то он обрабатывается построчной операцией, иначе – послойной.

Обрабатываемая модель для чистовой построчной комплексной операции задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Если заготовка и ограничивающая модель не заданы, то производится обработка всей доступной поверхности обрабатываемой модели. Иначе обрабатываются лишь участки поверхности модели, лежащие внутри заготовки и вне ограничивающей модели.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как

остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела, поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

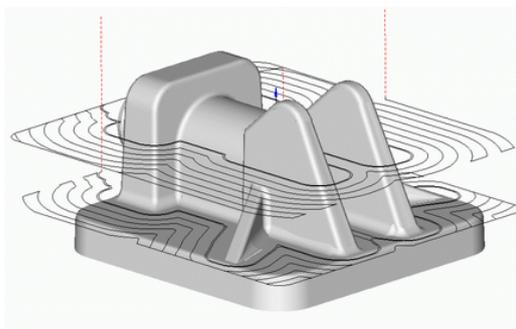
Рабочие ходы построчной операции лежат в семействе параллельных вертикальных плоскостей, а послойной – в семействе горизонтальных плоскостей. Положение плоскостей построчной операции задается углом между этими плоскостями и осью X. Шаг между плоскостями соседних рабочих ходов для обеих операций может быть постоянным или рассчитываться исходя из заданной высоты гребешка.

При использовании локальной системы координат или поворотной оси, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, все рабочие ходы построчной операции располагаются в плоскостях, перпендикулярных горизонтальной плоскости локальной системы, а послойной – параллельных ей.

Также возможно наложение запрета на вхождение в результирующую траекторию участков обработки ограничивающей модели и участков обката ребер.

Переход между соседними рабочими ходами при объединении в результирующую траекторию может осуществляться по поверхности, с добавлением отхода и подхода либо через безопасную плоскость.

## 5.2.16 Черновая послойная операция



Черновая послойная операция применяется для первичной черновой обработки деталей сложной формы, которые имеют значительные геометрические отличия от заготовки.

Обрабатываемая модель задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела,

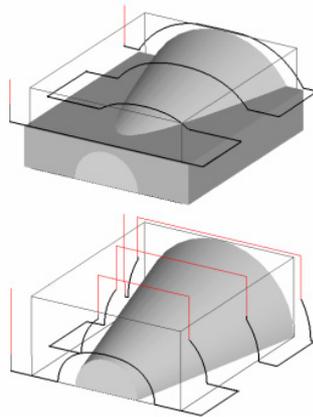
поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

В операции производится выборка всего материала заготовки, находящегося снаружи от обрабатываемой модели и вне ограничивающей модели. Материал удаляется горизонтальными ходами инструмента слой за слоем. Шаг (или толщина снимаемого слоя) может быть постоянным или рассчитываться исходя из заданной высоты гребешка. В зависимости от заданной стратегии, материал каждого слоя может удаляться спиральными ходами, направленными к центру и от центра, а также параллельными ходами.

Переход к следующему слою обработки может осуществляться либо одним из способов врезания (осевое, по спирали, зигзагом), либо через точки засверливания. Причем поиск подходящего по глубине и диаметру отверстия сначала производится в списке отверстий операции, затем в сквозном списке отверстий технологического процесса. Если подходящего отверстия не найдено, то координаты центра отверстия подбираются системой автоматически, исходя из соображений оптимальности. Координаты центра нового отверстия, по возможности, округляются. Если при создании операции прототипом была указана операция обработки отверстий, то список отверстий будет скопирован в операцию и использован при поиске подходящего отверстия для опускания инструмента.

При использовании локальной системы координат или поворотной оси, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, а все рабочие ходы располагаются параллельно горизонтальной плоскости той же системы.

### 5.2.17 Черновая построчная операция



Получаемая в результате обработки черновой построчной операцией деталь обычно меньше отличается от исходной модели, чем после послойной обработки при схожих параметрах. Такая операция применяется для получения деталей с незначительными отличиями от заданной модели сразу после черновой обработки, а также при фрезеровании легкообрабатываемого материала.

Обрабатываемая модель задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен

дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела, поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

В операции производится выборка всего материала заготовки, находящегося снаружи от обрабатываемой модели и вне ограничивающей модели. Рабочие ходы операции лежат в семействе параллельных вертикальных плоскостей. Положение плоскостей задается углом между этими плоскостями и осью X. Шаг между плоскостями соседних рабочих ходов может быть постоянным или рассчитываться исходя из заданной высоты гребешка. Для ограничения нагрузки на инструмент, толщина снимаемого за один раз слоя материала может быть ограничена. При этом если толщина удаляемого материала заготовки превышает заданную, то материал будет удален за несколько проходов.

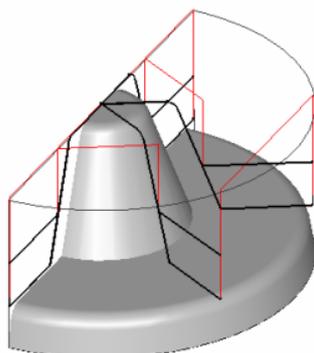
При использовании локальной системы координат или поворотной оси, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, а все рабочие ходы располагаются в плоскостях, перпендикулярных горизонтальной плоскости локальной системы и образующих с осью X той же системы заданный угол.

Если, при обработке, инструмент не должен врезаться в материал под произвольным углом, то перемещение инструмента вниз может быть ограничено. Доступны типы ограничений: обработка строго снизу-вверх, с максимальным углом врезания без доработки теневых зон, с максимальным углом врезания с доработкой теневых зон, и без контроля движения вниз.

Переход между рабочими ходами может осуществляться по кратчайшему расстоянию, с добавлением отхода и подхода либо через безопасную плоскость. Если выборка материала происходит с разбиением на слои, то сначала удаляется весь материал с верхнего слоя и лишь затем, происходит переход на следующий слой и т. д.

---

## 5.2.18 Черновая управляемая операция



В ряде случаев деталь после обработки имеет совсем незначительные отличия от заданной модели, но из-за неравномерности объема снимаемого материала не всегда удается достичь оптимального времени обработки. Черновую управляемую операцию рекомендуется использовать лишь при специфической форме заготовки и обрабатываемой детали.

Обрабатываемая модель задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Для каждого геометрического объекта или группы объектов может быть установлен дополнительный припуск, который при обработке будет добавлен к основному припуску операции.

Заготовка может быть задана в виде бруска, цилиндра, отливки с постоянным припуском или призматической формы, как остаточный материал после обработки предыдущими операциями, а также в виде свободной геометрической модели, состоящей из твердых тел, поверхностей, сеток и призм, основаниями которых являются проекции замкнутых кривых. В ограничивающей модели могут быть указаны твердые тела, поверхности и сетки, которые необходимо контролировать при обработке, а также зоны обработки и запрещенные зоны, заданные проекциями замкнутых кривых.

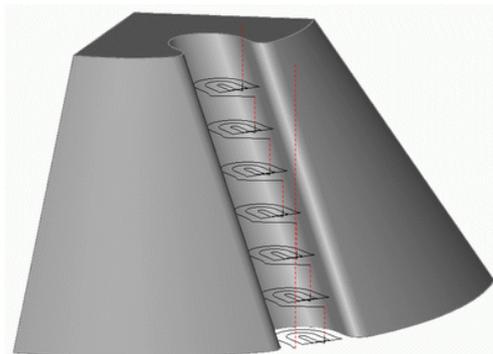
В операции производится выборка всего материала заготовки, находящегося снаружи от обрабатываемой модели и вне ограничивающей модели. Как и в построчной операции, обработка поверхности объемной модели производится отдельными строчками. В зависимости от параметров операции, строчки лежат либо в семействе вертикальных плоскостей (поперёк направляющих кривых), либо в семействе вертикальных математических цилиндров, форма и расположение которых задается направляющими кривыми (вдоль направляющих кривых). Шаг между соседними рабочими ходами может быть постоянным или рассчитываться исходя из заданной высоты гребешка. Для ограничения нагрузки на инструмент, толщина снимаемого за один раз слоя материала может быть ограничена. При этом если толщина удаляемого материала заготовки превышает заданную, то материал будет удален за несколько проходов.

При использовании локальной системы координат или поворотной головки, положение обрабатываемой модели не меняется, ось вращения инструмента считается параллельной оси Z локальной системы координат, а все рабочие ходы располагаются в плоскостях или математических цилиндрах, перпендикулярных горизонтальной плоскости той же системы.

Если, при обработке, инструмент не должен врезаться в материал под произвольным углом, то перемещение инструмента вниз может быть ограничено. Доступны типы ограничений: обработка строго снизу-вверх, с максимальным углом врезания без доработки теневых зон, с максимальным углом врезания с доработкой теневых зон, и без контроля движения вниз.

Переход между рабочими ходами может осуществляться по кратчайшему расстоянию, с добавлением отхода и подхода либо через безопасную плоскость. Если выборка материала происходит с разбиением на слои, то сначала удаляется весь материал с верхнего слоя и лишь затем происходит переход на следующий слой и т. д.

## 5.2.19 Операции доработки остаточного материала



Операции доработки позволяют производить обработку только в тех областях, в которых остался не удаленный материал после обработки предыдущими операциями. Существует возможность обработки оставшегося материала после виртуальной обработки произведенной заданным списком инструментов.

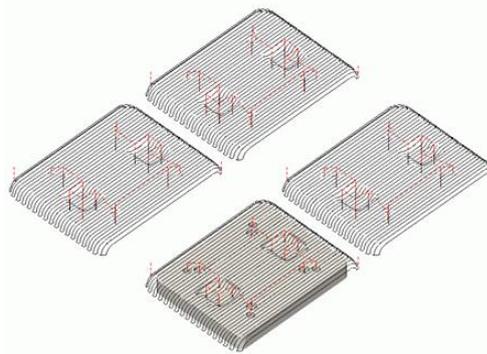
Их целесообразно использовать для черновой или чистовой доработки инструментом другой формы или меньшего диаметра, чем у предыдущих операций. Применение доработки позволяет значительно сократить время обработки на станке деталей сложной формы без дополнительных трудозатрат технолога.

Доработка остаточного материала производится теми же самыми операциями, что и основная обработка, только по-другому инициализируются параметры. По умолчанию выбирается инструмент меньшего диаметра и устанавливается заготовка в виде остаточного материала. При доработке черновые операции производят выборку всего доступного остаточного материала. А чистовые обрабатывают поверхность детали только в тех местах, где имеется недоработка.

Доработка остаточного материала реализована в системе методом определения заготовки как материала, оставшегося после обработки детали всеми предыдущими операциями. Расчет заготовки указанного типа и выделение недоработанных зон производится системой автоматически. Такой подход имеет ряд значительных преимуществ, по сравнению с достаточно распространенным методом **<Доработать после инструмента такого-то размера>**. Во-первых, может быть правильно учтен остаточный материал даже при несовпадающих запросах предыдущей операции и операции доработки. А во-вторых, учитывается обработка детали всеми предыдущими операциями с различными типами инструментов и со всеми особенностями сформированной траектории.

Все технологические особенности операций доработки остаточного материала полностью совпадают с обычными технологическими операциями такого же типа.

## 5.2.20 Операция копирования траектории



Операция предназначена для обработки моделей, в которых имеются повторяющиеся фрагменты. Она позволяет произвести расчёт траектории для обработки одного фрагмента любым сочетанием технологических операций, а затем повторить эту обработку необходимое количество раз для других фрагментов.

В операцию копирования траектории добавляются исходные операции (по аналогии с группой операций), которые требуется преобразовать или размножить. Способ преобразования и схемы копирования расположены на странице Стратегии в параметрах операции.

Доступные следующие пространственные преобразования и схемы копирования:

- **Прямоугольная сетка.** Повторяющиеся фрагменты траектории располагаются в виде прямоугольной сетки с расстоянием между элементами равным значениям, заданным в полях X и Y. Угол наклона сетки относительно горизонтали задается в поле Угол.
- **Копирование по кругу.** Повторяющиеся фрагменты траектории располагаются вдоль окружности, с центром в точке X и Y, радиусом R и угловым шагом, заданным в соответствующем поле.
- **Осевая симметрия.** Повторяющиеся фрагменты траектории располагаются симметрично заданной оси. Ось задается точкой и углом относительно горизонтальной плоскости.
- **Относительно точки.** Повторяющиеся фрагменты траектории располагаются симметрично относительно центра симметрии. Точка центра симметрии задается координатами X и Y.

Количество рядов строк и столбцов сетки для всех схем копирования задается в полях **Столбцов** и **Строк**.

В операции можно задать порядок обработки (**По фрагментам** или **По операциям**).

Если задан порядок обработки по фрагментам, то повторяющиеся фрагменты модели будут обрабатываться последовательно один за другим. То есть, сначала будет обработан первый фрагмент всеми указанными операциями, затем тот же набор операций будет повторен для второго фрагмента в соответствующем месте и т.д. Если выбран порядок обработки по операциям, то сначала все фрагменты будут обработаны первой операцией, затем второй и т.д. Порядок обработки по фрагментам целесообразно применять, если обработка производится одним типом инструмента или фрагменты расположены на значительном удалении. А порядок

по операциям оптимален при обработке различными инструментами.

Так же в операции возможен выбор типа фрезерования (попутное или встречное).

---

### 5.2.21 Многокоординатная обработка (управление поворотной головкой/столом)

Многокоординатная обработка может производиться в **SprutCAM** двумя способами: заданием положения поворотной головки и установкой системы координат операции с необходимыми поворотами и смещениями. По большому счету, эти способы отличаются лишь набором вводимых параметров и командами, которые выводятся в управляющую программу для управления поворотным столом (головкой). При использовании поворотного стола или головки будет сформирована команда **ROTABL**, а если задана только локальная система координат, то такая команда сформирована не будет.

---

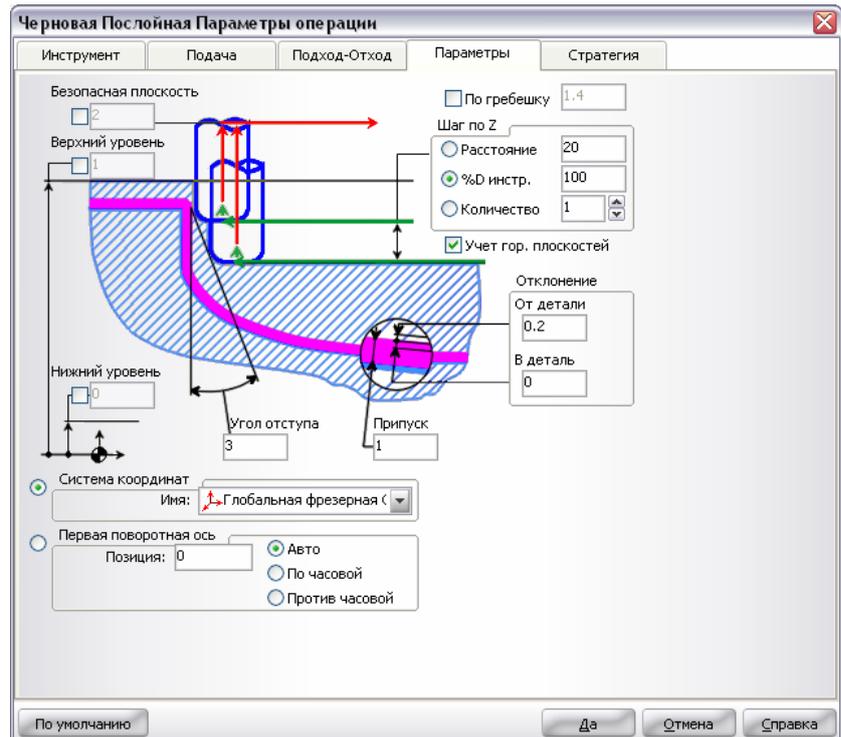
### 5.2.22 Установка положения поворотной головки

Для управления четвертой координатой – положением поворотной головки (стола) необходимо сначала в окне системных установок установить флажок в поле Использовать поворотную ось и задать параметры оси вращения (направление оси и точку, через которую она проходит). Все значения должны вводиться в глобальной системе координат. Эти параметры будут общими для всех операций технологического процесса. Введенные параметры должны быть корректны на момент расчета операции. Если по каким-либо причинам параметры поворотной головки пришлось изменить, то операции, в которых положение головки отлично от нуля необходимо пересчитать заново.

Если флажок в поле Использовать поворотную ось установлен, то в окне параметров любой операции появится поле Положение поворотной головки. В этом поле вводится угол поворота головки в градусах для текущей операции. При задании нового положения поворотной головки сначала производится поиск соответствующей системы координат среди ранее созданных. Если такая система координат находится, то она устанавливается в качестве системы координат операции, а если нет, то соответствующая указанному положению поворотной головки система координат создается автоматически.

При расчете операции ещё до начала движения инструмента по траектории будет добавлена команда **ROTABL** с заданным в окне Параметров операции на странице Параметров значением угла поворота головки (стола). Если эта команда правильно обработана в постпроцессоре, то в управляющую программу будут выведены соответствующие команды управления поворотной головкой (столом).

### 5.2.23 Задание системы координат операции



Для применения многокоординатной обработки с использованием системы координат операции следует сначала создать локальную систему координат с учетом всех необходимых сдвигов и поворотов. Любая локальная система координат может быть установлена в качестве системы координат операции. Если положение локальной системы координат изменено, то следует пересчитать все операции, которые на неё ссылаются. Затем в окне параметров операции в поле Система координат можно выбрать систему координат операции. Список доступных систем координат полностью совпадает со списком систем координат в главном окне.

В этом случае никаких дополнительных команд в управляющую программу не выводится, так как подразумевается либо ручная переустановка детали, либо последующая коррекция управляющей программы.

## 5.2.24 Операции 2.5D обработки.

Операции предназначены для получения управляющих программ на детали имеющие карманы, выступы, плоские участки и т.д. для которых с точки зрения трудоемкости не всегда рационально строить математическую модель детали.

Визуальная модель формируется из плоских участков ограниченных замкнутыми контурами, расположенными на разных высотах и стенок между ними. Открытые (незамкнутые) контуры, а так же точки, тоже можно использовать в построении визуальной модели.

В данном типе операций система позволяет визуально контролировать геометрию детали по плоским контурам и дает ее автоматическое обновление при изменении параметров контуров.

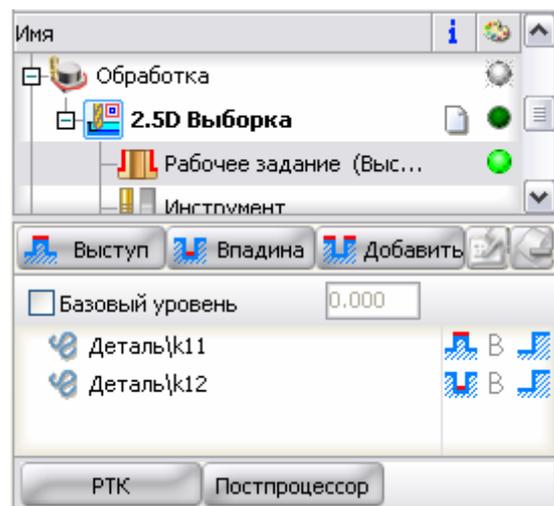
Операции обрабатывают список, состоящий из произвольного количества контуров и проекций кривых. Для каждого объекта устанавливается способ его обработки.

Если в операции указывается заготовка или запрещенные зоны, то обрабатываются лишь те участки заданных контуров, которые лежат внутри заготовки и вне запрещенных зон. А если ни заготовка, ни запрещенные зоны не указаны, то производится обработка всех заданных контуров без каких-либо ограничений.

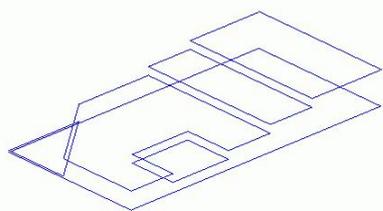
Обработка производится сериями горизонтальных ходов инструмента. Серии ходов отличаются друг от друга лишь уровнем горизонтальных плоскостей, в которых они находятся. Количество таких плоскостей и их уровни по Z зависят от уровней обработки и шага, заданных в окне Параметров операции на странице Параметры.

В том же окне устанавливаются точность обработки и припуск.

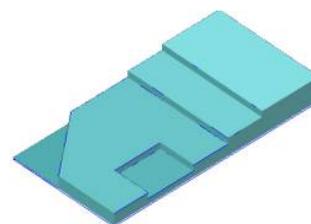
Все 2.5D операции используют 2D кривые для задания модели. Формирование модели осуществляется в окне Модель, назначаются параметры, как на группы элементов, так и на отдельные элементы.



Система динамически отображает визуальную 3D модель в рабочем окне, в зависимости от изменений, производящихся с элементами в окне **Модель**.

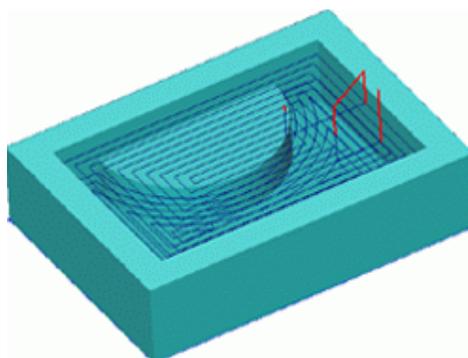


Кривые, задающие модель.



Сформированная модель.

### 5.2.25 Операция 2.5D выборки.



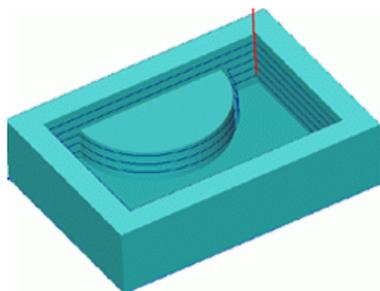
Операция используется для обработки карманов и изолированных областей, а также для предварительной выборки материала.

Обрабатываемая модель формируется из визуальной модели сформированной из набора плоских кривых и точек. Визуальная модель создается путем последовательного добавления кривых или групп кривых в модель. Любая кривая может определять гребень или канавку заданной толщины за счет дополнительного припуска, замкнутые кривые могут добавляться в качестве выступа или впадины. Дополнительный припуск может быть установлен для каждой кривой или группы кривых.

В операции производится выборка всего материала заготовки, находящегося снаружи от обрабатываемой модели и вне запрещенных зон. Заготовка, зоны обработки и запрещенные зоны задаются проекциями замкнутых кривых.

Материал удаляется слой за слоем, с заданным шагом между слоями. В зависимости от заданной стратегии, материал каждого слоя может удаляться спиральными ходами, направленными к центру и от центра, а также параллельными ходами. Переход к следующему слою обработки может осуществляться либо одним из способов врезания (осевое, по спирали, зигзагом), либо через точки засверливания. Причем поиск подходящего по глубине и диаметру отверстия сначала производится в списке отверстий операции, затем в сквозном списке отверстий технологического процесса. Если подходящего отверстия не найдено, то координаты центра отверстия подбираются системой автоматически, исходя из соображений оптимальности. Координаты центра нового отверстия, по возможности, округляются.

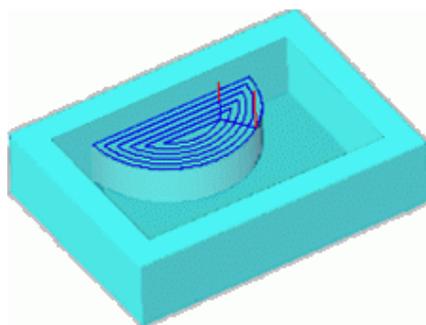
### 5.2.26 Операция 2.5D обработки стенок.



В операции производится выборка материала заготовки, находящегося вдоль стенок обрабатываемой модели и вне запрещенных зон. Заготовка, зоны обработки и запрещенные зоны задаются проекциями замкнутых кривых.

Материал удаляется слой за слоем, с заданным шагом между слоями. В зависимости от заданной стратегии. В стратегии операции могут быть заданы тип фрезерования, обкат угла и сглаживание углов.

### 5.2.27 Операция 2.5D обработки горизонтальных участков.



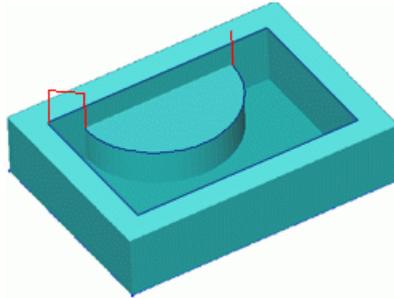
Операция предназначена для обработки горизонтальных участков модели - "крышек".

Метод задания модели для обработки горизонтальных участков аналогичен методу задания модели для других операций 2.5D обработки.

В операции производится выборка всего материала заготовки находящегося над горизонтальными участками обрабатываемой модели и вне запрещенных зон. Заготовка, зоны обработки и запрещенные зоны задаются проекциями замкнутых кривых.

В зависимости от заданной стратегии, материал может удаляться спиральными ходами, направленными к центру и от центра, а также параллельными ходами. Так же для операции можно задать тип фрезерования, обкат угла и сглаживание углов.

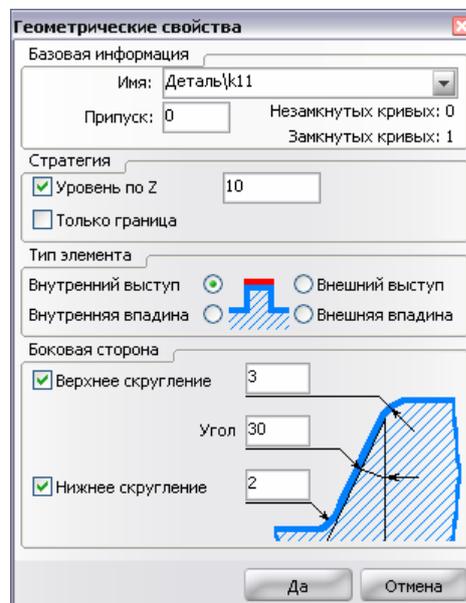
## 5.2.28 Операция 2.5D обработки фасок.



Операция предназначена для снятия фасок и обработки горизонтальных ребер модели.

Метод задания модели для этой операции несколько отличается от метода задания модели для прочих 2.5D операций.

После задания модели необходимо выбрать кривую или точку из числа формирующих обрабатываемую модель и двойным щелчком на ней или нажатием кнопки  **Свойства** на панели **Вид элемента** открыть окно задания параметров фаски.



По умолчанию у всех элементов модели тип фаски не установлен, это значит, что в операции обработки фасок эти кривые будут проигнорированы. Для того чтобы элемент модели был обработан, необходимо для формирующей его кривой выставить в поле **Тип фаски** значение "Фаска", после чего задать ее величину. Величина фаски задается двумя значениями, высота фаски - расстояние от верхней части элемента до конечной точки инструмента, и ширина фаски.

Тоже самое следует проделать для всех элементов, которые должны быть обработаны в операции. Эта последовательность действий может быть проведена как над одной кривой, так и над группой кривых, в том случае если параметры фасок для них одинаковы.

В стратегии операции могут быть заданы тип фрезерования, обкат угла, аппроксимация кривых и тип перехода.

## 5.2.29 Операция подрезка торца



Операция подрезки торца предназначена для обработки вертикальных торцевых поверхностей деталей. В операции производится снятие материала заготовки, находящегося снаружи от контролируемой детали и вне зоны оснастки. Материал удаляется вертикальными ходами инструмента слой за слоем. Шаг (или толщина снимаемого слоя) может быть постоянным или рассчитываться в соответствии с параметрами операции. Операция позволяет вести обработку, как к оси вращения, так и от неё. При использовании инструмента для наружного точения следует использовать обработку к оси вращения. Обработку от оси следует применять при использовании инструмента для внутреннего точения. При обработке от оси следует убедиться, что в заготовке есть центральное отверстие достаточного диаметра для захода инструмента.

Стратегии операции позволяют задавать:

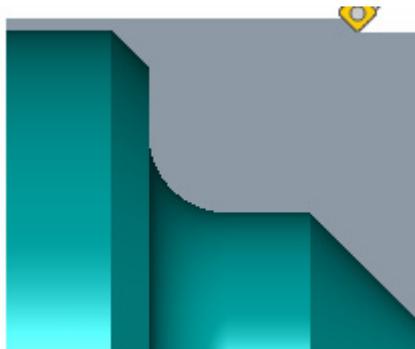
- Направление резания;
- Число и шаг чистовых проходов;
- Число и шаг черновых проходов;
- Припуск до модели,
- Положение радиальной и осевой плоскостей безопасности;
- Вылет инструмента;
- Коррекцию;

Подходы и отходы до и после рабочих ходов могут быть следующих типов:

- Под углом;
- Радиальный;
- Осевой;

Оптимальный тип подходов/отходов следует выбирать исходя из геометрии инструмента и технологических параметров операции.

### 5.2.30 Черновая токарная операция



Токарная черновая операция предназначена для снятия большей части материала заготовки находящегося снаружи от контролируемой детали и вне зоны оснастки, и получения промежуточной детали приближённой к требуемой.

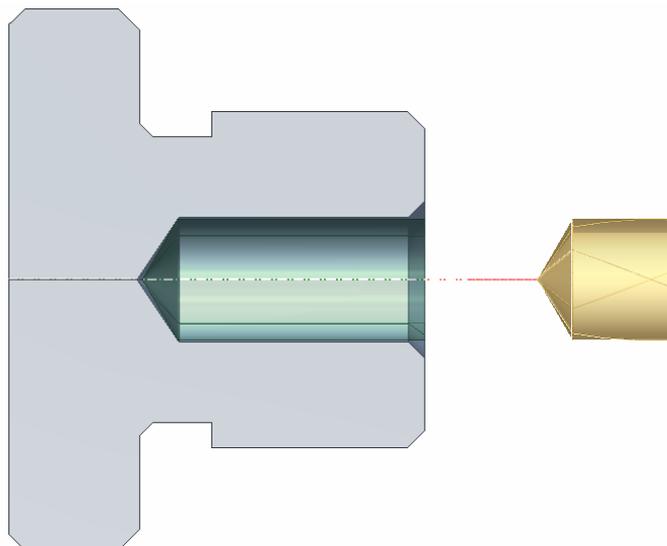
Снятие материала производится сериями параллельных ходов инструмента. Ходы могут быть параллельны оси вращения, перпендикулярны ей, или располагаться под произвольным углом. Направление ходов следует выбирать исходя из геометрии обрабатываемой детали. Операция позволяет получать полуступенчатую поверхность, для этого следует использовать стратегию **Перебег**. Она позволяет срезать гребешки остающиеся после ходов и получить более качественную поверхность с равномерным припуском. Проходной инструмент плохо приспособлен для обработки канавок и различных углублений, для игнорирования канавок следует использовать стратегию **Врезания**. Она позволяет игнорировать канавки и оставлять их для обработки в отдельной операции.

Одним из основных параметров операции является шаг обработки. От его значения зависят длина траектории, а значит и время обработки, нагрузки на инструмент и качество результирующей поверхности. Его уменьшение ведёт к снижению нагрузок на инструмент и увеличению времени обработки. Увеличение же сокращает время обработки, но при этом вырастают нагрузки на инструмент.

Стратегии обработки позволяют задавать;

- Припуск отдельно по оси X;
- Припуск отдельно по оси Z;
- Шаг обработки;
- Количество ходов;
- Вид врезания в канавки;
- Перебег инструмента по поверхности детали;
- Радиальную плоскость безопасности;
- Осевую плоскость безопасности;
- Вылет инструмента;
- Коррекцию;

## 5.2.29 Операция токарного сверления



Операция токарного сверления предназначена для сверления, расточки, центровки, зенкерования осевых отверстий, а также нарезания в них резьбы метчиком.

Отдельная операция сверления всегда обрабатывает только одно отверстие, заданным типом инструмента и по указанной в окне **Параметров** стратегии. Если требуется обработать то же отверстие, но другим инструментом или с другими параметрами, то следует создать новую операцию.

Так как положение оси отверстия жестко фиксировано (совпадает с токарной осью вращения), достаточно указать лишь верхний и нижний уровни отверстия в окне **Рабочего задания**. Однако если в **Модели операции** уже присутствует отверстие, то можно оставить Рабочее задание пустым или оставить в нем элемент **Вся модель**, добавляемый туда по умолчанию. В этом случае уровни отверстия будут распознаны по модели автоматически.

**Примечание:** Если глубина обрабатываемого отверстия больше рабочей длины инструмента, то обработка производится только на глубину, равную рабочей длине инструмента.

Диаметр получаемого отверстия целиком определяется диаметром инструмента, который задается на страничке **Инструмент** окна параметров.

Уровень, на котором происходит переключение с ускоренной подачи на подачу подхода и в случае отвода инструмента с подачи отхода на ускоренную подачу определяется параметром **Осевая плоскость безопасности**. Параметр **Отвод** указывает уровень, на котором в случае подвода включаются подачи резания, а в случае отвода происходит переключение с подачи отхода к подаче отвода.

Способ обработки отверстия определяется полем **Тип цикла** в окне **Параметров** операции. Возможны следующие его значения.

- **Простое сверление.** Ускоренный подход на безопасное расстояние, сверление и последующий возврат на безопасную плоскость.
- **Сверление с ломкой стружки.** Ускоренный подход на безопасное расстояние, циклическое сверление с заходом, выдержкой в нижней точке (опционально),

отскоком и выдержкой в верхней точке (опционально); последующий возврат на безопасную плоскость.

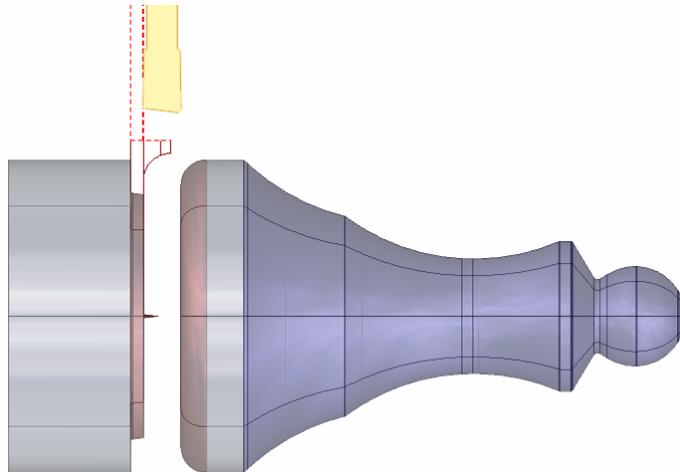
- **Сверление с удалением стружки.** Ускоренный подход на безопасное расстояние, циклическое сверление с заходом, выдержкой в нижней точке (опционально), возвратом на уровень **Отвод** и выдержкой в верхней точке (опционально); последующий возврат на безопасную плоскость.
- **Нарезание резьбы.** Ускоренный подход на безопасное расстояние, нарезание резьбы, возврат на рабочем ходу при обратном вращении шпинделя и последующий уход на безопасную плоскость.

Существует возможность не выводить команды циклов в управляющую программу, а разворачивать их в элементарные команды перемещения инструмента и переключения подач и т.п. То, каким образом циклы выводятся в управляющую программу, указывается **Форматом УП**.

Для случаев циклов с ломкой и удалением стружки величины временных задержек на верхнем и нижнем уровнях могут задаваться как в единицах времени (секундах), так и в количестве оборотов шпинделя, которое автоматически пересчитывается во время при выводе в управляющую программу.

**Коррекция на длину** инструмента включается в окне **Параметров** на страничке **Стратегия**.

### 5.2.30 Отрезная токарная операция

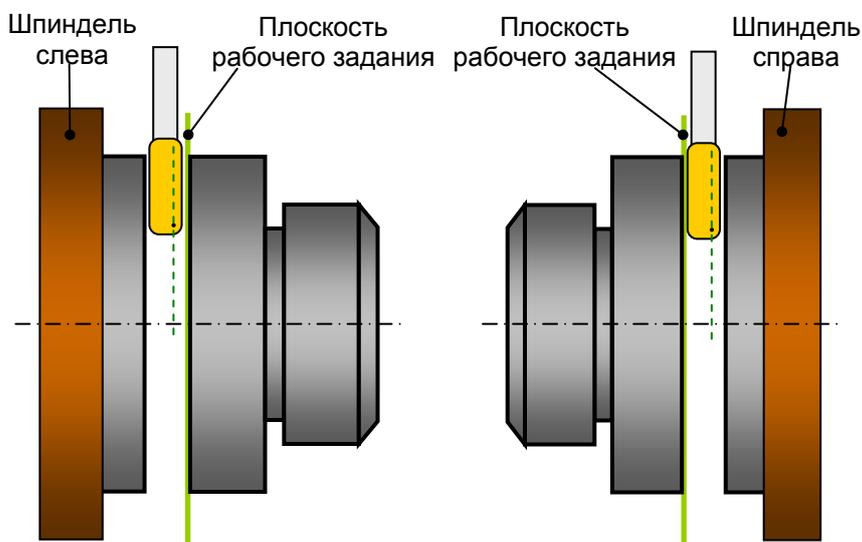


Отрезная токарная операция является завершающей для обработки детали типа тела вращения. Она предназначена, прежде всего, для отделения готовой обработанной части заготовки с одновременным формированием заднего торца детали.

**Рабочим заданием** для операции являются координаты Z (на токарной оси вращения) торцов, которые можно задать в виде плоскостей, перпендикулярных токарной оси в окне **Рабочего задания**. В Рабочем задании одной операции может быть указано сразу несколько торцов, подлежащих обработке.

Траектория перемещения инструмента формируется таким образом, чтобы резец прошел в касание с указанным торцом от

самой верхней точки заготовки до самой нижней. Взаимное расположение торца и инструмента, т.е. правый это торец или левый, определяется текущим положением шпинделя – **Шпиндель слева/справа**, которое задается на страничке **Инструмент** окна **Параметры** операции.



Кроме простой плоскости отреза операция дает возможность сформировать фаску или скругление в верхней части торца. Переключение типа создаваемого торца осуществляется в окне **Стратегия** в поле **Фаска**. В этом же окне следует задать и параметры фаски или скругления соответственно.

Отрезка может производиться как за один проход, так и в течение ряда последовательных ходов, служащих для ломки и удаления стружки. Режим ломки или удаления стружки управляется панелью **Ломка стружки** на странице **Стратегия** окна **Параметры**. На этой же странице расположена и панель включения **Паузы**. Пауза может потребоваться, например, для ломки стружки или для увеличения точности и повышения качества получаемых поверхностей. При включенных режимах ломки или удаления стружки появляется возможность указания, где должны появляться команды задержки – на каждом из уровней обработки или только на самом нижнем уровне.

Указание способов подходов инструмента к местам обработки и отходов в конечную точку, а также расположение начальной и конечной точек траектории производится на страничке **Подход-Отход** в окне параметров.

### 5.2.31 Чистовая токарная операция



Токарная чистовая операция предназначена для снятия небольшого количества материала оставшегося после предыдущих операций и получения детали максимально приближенной к требуемой. Снятие материала производится сериями эквидистантных ходов повторяющих обрабатываемую поверхность.

Операция может использоваться без предварительной черновой обработки детали. Данный режим называется **<Без учёта заготовки>**. Его следует использовать в случае, когда заготовка повторяет контур детали и припуск по всей заготовке отличается не значительно (например: заготовка получена формовкой).

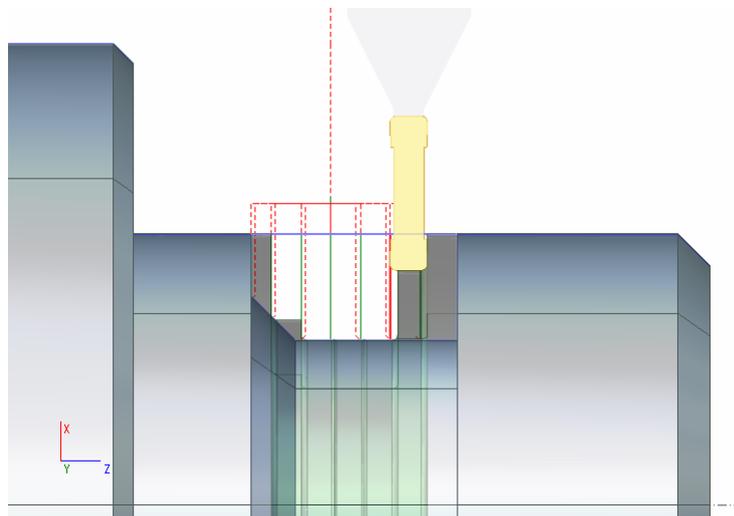
**Примечание:** В этом режиме заготовка полностью игнорируется и контроль на столкновение с ней инструмента не производится.

Если на модели есть канавки, которые надо оставить для последующей обработки в отдельной операции следует воспользоваться стратегией **Врезание**.

Стратегии обработки операции позволяют задавать:

- Шаг рабочих ходов;
- Количество рабочих ходов;
- Режим обработки без заготовки;
- Припуск отдельно по оси X;
- Припуск отдельно по оси Z;
- Вид врезания в канавки;
- Осевую плоскость безопасности;
- Радиальную плоскость безопасности;
- Вылет;
- Коррекцию;

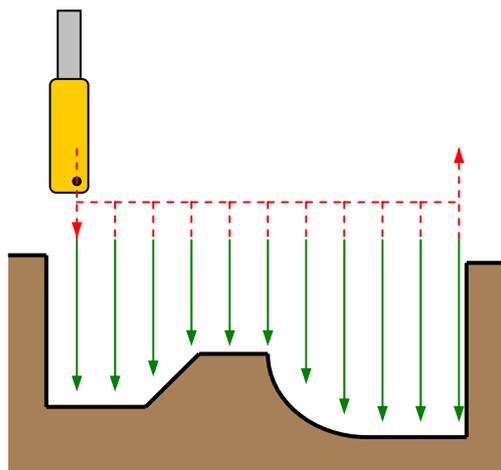
### 5.2.31 Операция обработки канавок



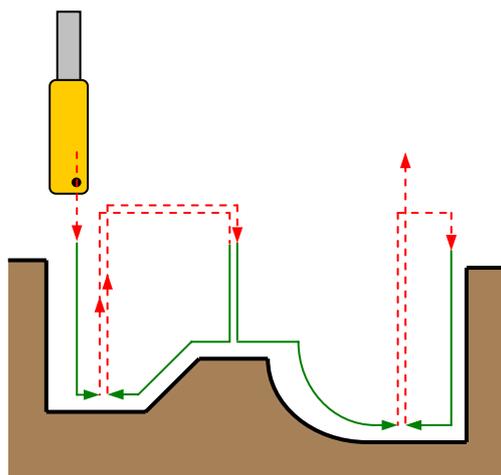
Операция обработки канавок предназначена для точения канавок или закрытых областей, недоступных для обработки другими типами операций, такими как черновая и чистовая токарные операции.

Преобладающим направлением резания всех канавочных резцов является обработка сверху вниз. Резание боковой кромкой резца должно или исключаться, или сводиться к минимуму. Траектория, получаемая после расчета операции обработки канавок, учитывает такую специфику инструмента, и представляет собой последовательность ходов, параллельных главному вектору обработки канавочного резца. Подобные ходы производят

выборку большей части материала заготовки, находящейся вне обрабатываемой модели, то есть они осуществляют черновое удаление материала.



Дальнейшее приближение формы заготовки к форме готовой детали производится при помощи чистовых ходов. Чистовые ходы также как и черновые учитывают неспособность канавочных резцов выполнять резание «сверху вниз». Однако в отличие от черновых они представляют собой не параллельные ходы, а перемещения, в максимально возможной степени повторяющие контур готовой детали.



Таким образом, в отличие от черновой и чистовой токарных операций, и черновая и чистовая стратегии обработки канавок сосредоточены внутри одной операции, хотя возможно их раздельное использование. Использование той или иной стратегии устанавливается в поле **Тип обработки** на страничке **Стратегия** окна параметров операции, которое может принимать значения: только черновые ходы, только чистовые ходы, черновые и чистовые ходы.

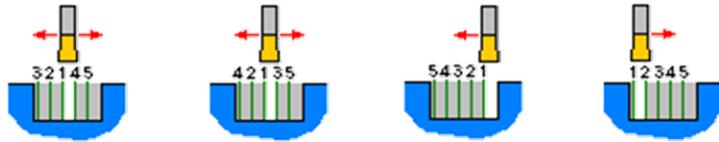
Рабочим заданием для операции обработки канавок всегда является участок кривой, который может задаваться в окне рабочего задание либо в виде канавки, либо как интервал некоторой кривой, расположенный между двумя точками.

Внутри одной операции могут быть заданы сразу несколько элементов для обработки. Последовательность обработки элементов определяется их расположением в списке рабочего задания.

Если установлен тип обработки одновременно и черновыми и чистовыми ходами, то становится доступным дополнительный

параметр, влияющий на последовательность обработки – **<Все черновые сначала>**. В случае, если этот флаг установлен, то для всего списка элементов рабочего задания будут выполнены сначала черновые ходы, затем в этой же последовательности чистовые ходы, иначе для каждого элемента выполняется сразу и черновая и чистовая обработка.

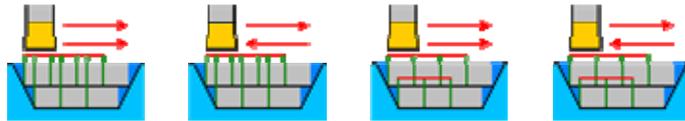
Параметр, отвечающий за последовательность черновой выборки материала внутри каждой канавки, расположен на страничке Стратегия и называется **<Направление обработки>**. Возможные значения параметра: двунаправленное, поочередное, прямое, обратное.



Расстояние между двумя последовательными ходами определяется величиной **Черновой шаг** и может задаваться в единицах длины, либо в процентах от ширины пластины резца. Также может устанавливаться количество шагов, в этом случае величина шага рассчитывается автоматически по ширине канавки.

С целью минимизации контакта инструмента с заготовкой во время его подъема после рабочего хода выполняется, если возможно, отвод резца в сторону на величину **<Отступ>**.

На панели **Слои** того же окна расположены параметры, служащие для разбивки черновой обработки на несколько слоев, если глубина канавки или параметры резца не позволяют произвести обработку за один слой.



Здесь определяются количество слоев (либо глубина, по которой производится разбивка на слои), направление обработки слоя по отношению к предыдущему (в одну сторону с предыдущим, зигзагом), тип возврата, определяющий на какой высоте совершаются переходы к следующему резу (относительный, абсолютный). Сама величина, на которую отстоит плоскость переходов от уровня заготовки, задается параметром **<Безопасное расстояние>**.

Облегчить процесс удаления стружки из зоны резания позволяет соответствующая опция, управляемая панелью **Ломка стружки**. При ее включении каждый рабочий ход будет прерываться несколькими возвращениями на уровень **<Безопасное расстояние>**. Число таких дополнительных ходов задается либо непосредственно указанием количества, либо установкой глубины, при достижении которой рабочий ход прерывается. Должны ли дополнительные ходы появляться при каждом врезании или только при первом регулируется отдельно.

На панели **Время задержки** возможно включение паузы. Задержка может выводиться на каждом слое, либо только при достижении инструментом дна канавки.

Ключевые параметры чистовых ходов расположены на панели **Чистовой шаг**. Здесь устанавливается количество ходов и расстояние между ними. Направление первого чистового прохода может определяться жестко относительно хода часовой стрелки,

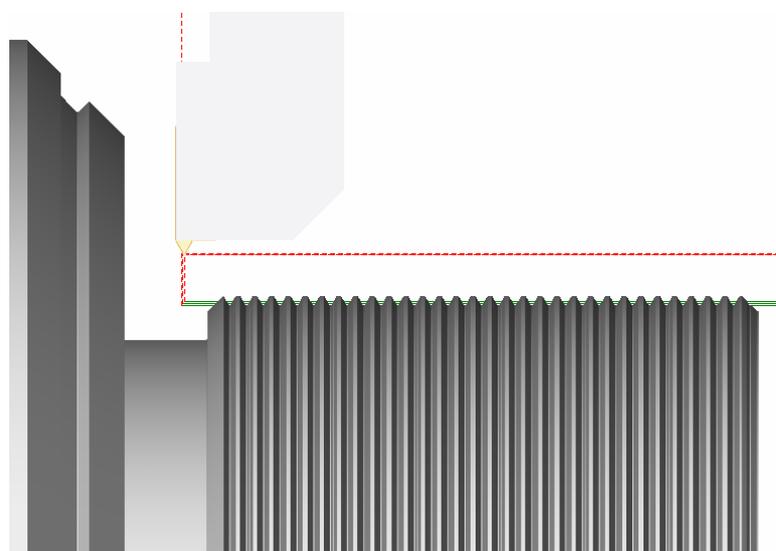
либо указываться, что это направление может вычисляться системой автоматически. Направление последующих ходов определяется из условия минимизации холостых перемещений и, как правило, является обратным направлению предыдущего хода.

Для устранения недоработанных участков на плоском дне используется опция **Перекрытие**. Данный параметр определяет, на какую величину должны перекрываться точки подъема инструмента после окончания резания. Центр перекрытия соответствует средней точке дна канавки.

При наличии необходимости оставить слой материала для обработки последующими операциями, пользуются припусками. На страничке **Стратегия** расположены поля для раздельного задания **осевого и радиального припусков**.

На панели **Коррекция** расположены стандартные для токарных операций опции управления коррекцией на радиус инструмента.

### 5.2.32 Операция нарезания резьбы



Операция нарезания резьбы предназначена для нарезания различных резьб токарным резцом или гребенкой. Метод формообразования винтовой поверхности резьбы основан на совмещении двух типов перемещений – вращательного движения шпинделя и поступательного перемещения инструмента относительно шпинделя.

Для получения резьбы с требуемыми параметрами необходимо выполнить три основных шага: указать расположение начальной и конечной точек относительно детали, установить геометрические параметры резьбы и определить стратегию ее обработки.

Целью первого из этих шагов является определение, где резьба начинается, и где она заканчивается. Указание расположения резьбы относительно детали производится в окне **Рабочее задание**. Имеется несколько способов задания начала и конца: выбор простых элементов на модели (отрезок, дуга), ограничение зоны радиальными или осевыми плоскостями, указание интервала кривой между двумя точками. Однако каков бы ни был способ задания, следует помнить, что для дальнейших расчетов используются только начальная и конечная точки, а геометрические параметры резьбы (наружный и внутренний

диаметр, шаг и т.п.) указываются в окне **Параметров** на страничке **Резьба**.

Отдельная операция всегда учитывает только один элемент из списка рабочего задания. Если нужно обработать несколько резьб, даже если их параметры совпадают, следует создать столько операций, сколько резьб требуется нарезать.

На страничке **Резьба** устанавливаются такие параметры как тип резьбы (метрическая, дюймовая, трубная и т.д.), наружный и внутренний диаметры, глубина, углы профиля, шаг, количество заходов, расположение (наружная, внутренняя, торцовая), направление (правая, левая), угол конуса и др.

Существует большая расширяемая библиотека геометрических параметров резьб, поэтому в большинстве случаев, если нарезаемая резьба является стандартной, нет необходимости в указании всех параметров. Достаточно будет установить тип резьбы и из выпадающего списка выбрать ее обозначение. Все остальные параметры будут заполнены согласно стандартным значениям из базы данных. При необходимости нарезать специальную резьбу нужно в поле **Группа** выбрать тип **Специальная**, тогда для редактирования станут доступными все величины.

Формируемый в процессе обработки профиль зуба в значительной степени определяется формой и расположением инструмента. Углы профиля, задаваемые на страничке **Резьба**, используются для расчета траектории, однако они не синхронизируются с ориентацией инструмента, поэтому необходимо следить за указываемыми на страничке **Инструмент** окна параметров свойствами инструмента.

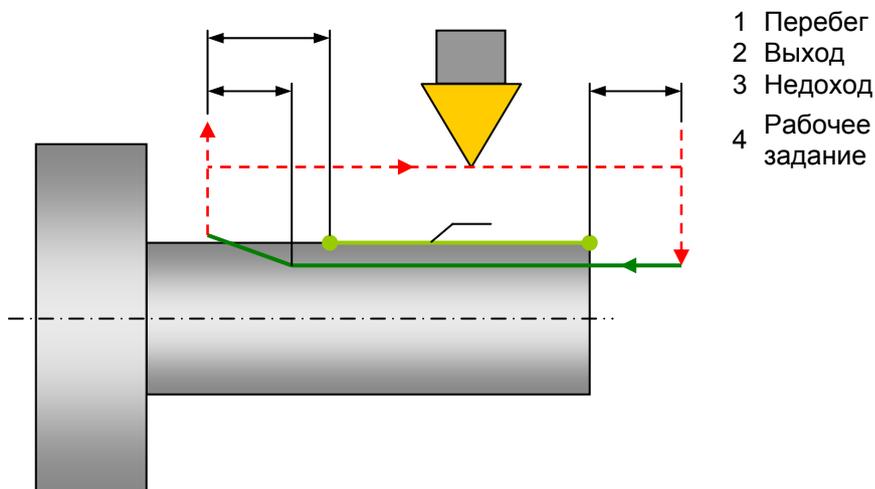
На следующем этапе необходимо определить стратегию обработки резьбы. Свойства, касающиеся данного этапа, сгруппированы на страничке **Стратегия** окна параметров.

Обычно для получения качественной поверхности и снижения нагрузки на инструмент резьба нарезается в несколько проходов. Указать количество проходов можно на панели **Черновые ходы**. Здесь же следует задать стратегию выборки материала внутри впадин, т.е. способ врезания инструмента при переходе к следующему слою. Возможны следующие типы стратегий: радиально (направление врезания перпендикулярно оси вращения), гранью (врезание производится вдоль одной из боковых граней выступа), перемененно гранями (врезание производится поочередно вдоль двух боковых граней выступа), под углом (устанавливается произвольный угол врезания).

При равенстве глубин резания на разных слоях врезание к следующему слою обычно приводит к уменьшению площади снимаемого инструментом материала и, соответственно, изменению нагрузки на инструмент. Для сохранения постоянства нагрузки, можно производить расчет глубины резания исходя из сохранения площади срезаемого инструментом материала постоянным. Регулируется способ определения глубин резания полем **Определение глубины**, которое может принимать два значения: равномерность глубин резания, равномерность площади срезаемого материала.

Управление глубиной последнего прохода может производиться отдельно. Для этого следует включить флаг на панели **Чистовые ходы** и задать глубину чистового хода. Врезание на нем всегда осуществляется радиально. Параметр **Число выглаживаний** указывает количество ходов, которые совершаются после чистового хода и глубина резания на которых равна нулю.

Правильность геометрических параметров резьбы может быть достигнута при условии нахождения точек начала и конца рабочих ходов вне заготовки. Иначе если инструмент изменяет скорость своего хода до выхода из контакта с заготовкой, шаг резьбы в этом месте становится отличным от заданного. Достигнуть соблюдения указанного условия можно при помощи правильного выбора параметров **Недоход**, **Перебег**, **Врезание** и **Выход**.



На страничке **Подход-Отход** окна параметров можно изменить способ подхода инструмента из начальной точки траектории к месту начала обработки, а также способ отхода в конечную точку траектории после завершения обработки. Там же указываются координаты начальной и конечной точек траектории.

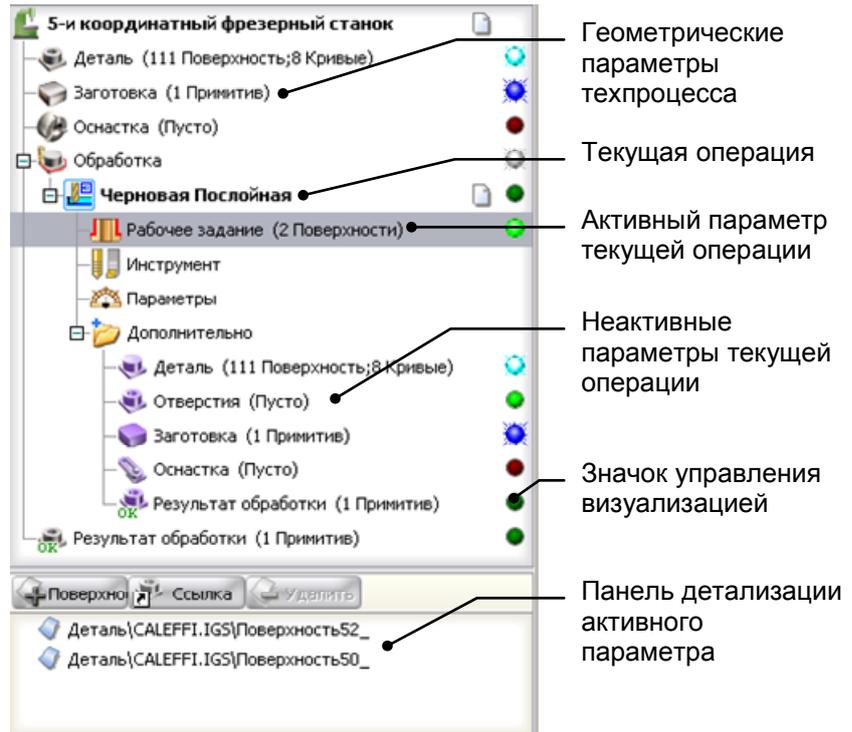
При расчете операции в управляющую программу могут выводиться команды циклов нарезания резьбы, а могут выводиться команды элементарных перемещений, переключений подач и т.п., имитирующих работу цикла. То, какие именно команды использовать при формировании траектории определяется параметром **Формат УП**.

Проконтролировать профиль резьбы помогает моделирование. В силу особенностей токарной подсистемы моделирования в окне отображается не винтовая поверхность резьбы, а совокупность цилиндрических канавок, что не мешает, однако, осуществлять наглядный контроль профиля получаемой в результате расчета резьбы.

## 5.3 НАСТРОЙКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

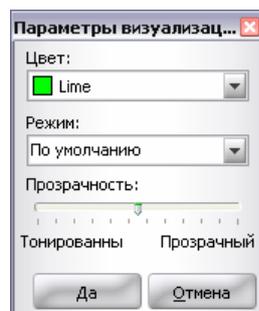
### 5.3.1 Геометрические параметры операции

Параметры операции определяют что, и каким образом будет обрабатываться. После выбора соответствующего узла внутри операции нижняя часть окна меняется и предоставляет инструментарий необходимый для его редактирования.

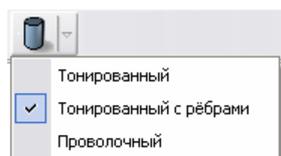


Геометрические параметры операции отображаются в графическом окне. К ним относятся деталь, заготовка, оснастка и рабочее задание. Способ отображения параметра задается с помощью значка напротив соответствующего узла. При одинарном нажатии на значок объект меняет статус: **видимый/невидимый**. Активный параметр всегда видимый вне зависимости от его статуса.

При двойном нажатии на значок открывается окно выбора цвета и режима визуализации.



Режим **«по умолчанию»** означает, что объект будет рисоваться так, как указывает глобальный режим в главном меню.

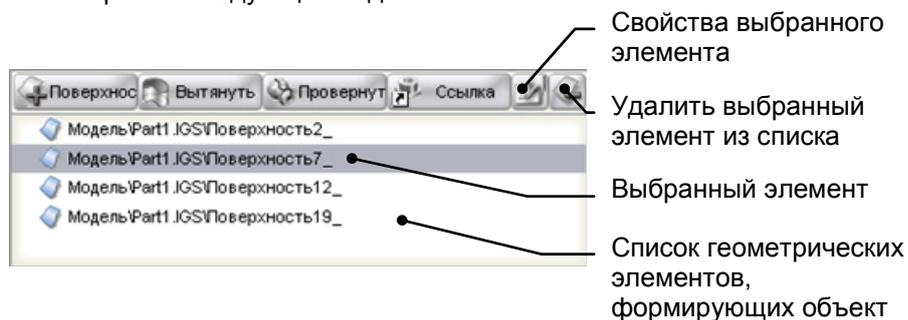


В остальных случаях объект рисуется согласно выбранному режиму.

При нажатии на значке правой кнопкой мыши открывается альтернативное меню выбора режима визуализации.

### 5.3.2 Задание детали заготовки и оснастки

Если в качестве активного параметра выбрана деталь, заготовка или оснастка операции или техпроцесса, то нижняя часть окна примет следующий вид.

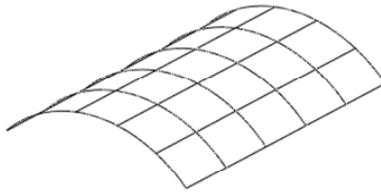


Каждая строка списка определяет тело или поверхность, которые будут учитываться при расчете траектории. Текст в строке задает полный путь геометрического объекта, на который ссылается элемент списка. Если объект переименован или удален, то элемент будет помечен вопросом. Иконка перед строкой определяет тип элемента или способ построения тела на основе указанного геометрического объекта. Для добавления элементов различных типов используются соответствующие кнопки.

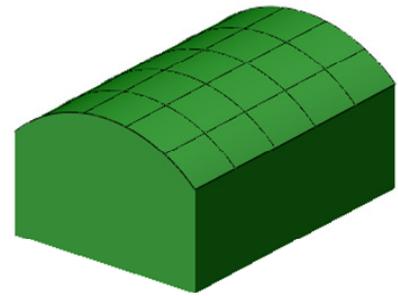
Кнопка «**Поверхность**»  добавляет выбранные поверхности в список. Если ничего не выбрано, то открывается окно для выбора ссылки на геометрический объект. В качестве ссылки может указываться геометрическая поверхность, сетка или группа объектов. Если указана группа, то все кривые и точки, входящие в нее игнорируются.

При формировании **заготовки**, кнопка «**поверхность**» позволяет сформировать твердое тело, на основе выбранных поверхностей. Элемент типа «**твердое тело**» ограничивает замкнутый объем пространства и помечается значком . Существует два способа формирования тела:

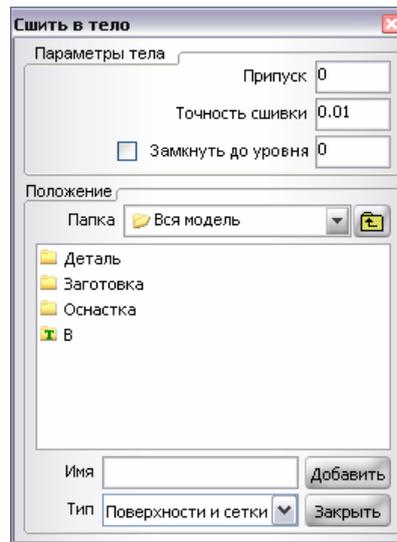
1. **Сшивка выбранных поверхностей.** В качестве ссылки может указываться только группа объектов, имеющая в своем составе сетки и/или поверхности, которые должны замыкаться в одну или несколько замкнутых оболочек. Точность сшивки указывается в открываемом окне.
2. **Замыкание поверхностей до горизонтального уровня.**



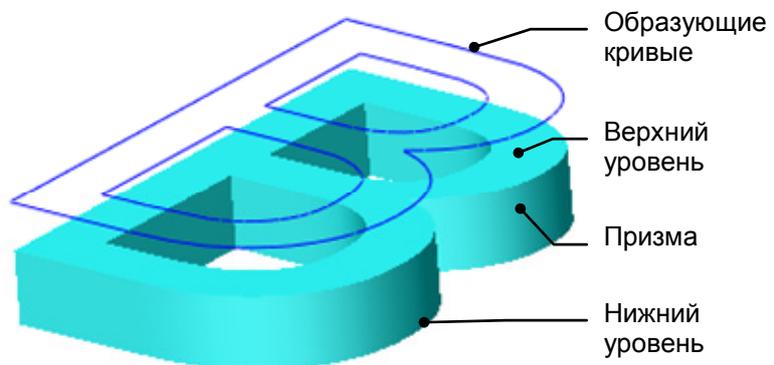
Исходная поверхность

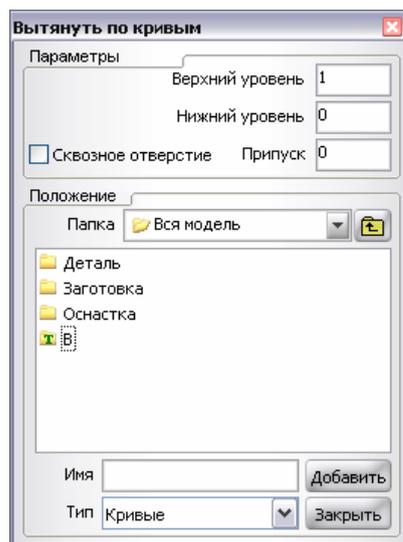


Тело, полученное замыканием на уровень

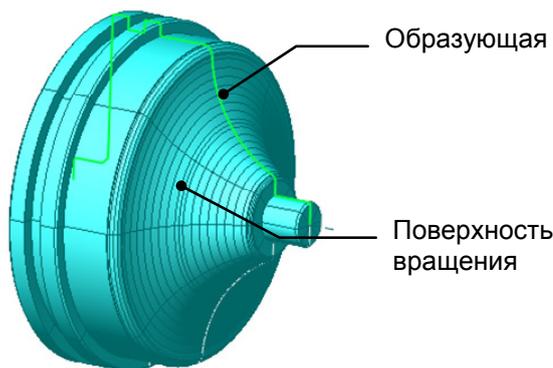


Кнопка «**вытянуть**»  формирует призму. В качестве ссылки могут указываться замкнутые кривые или группа, имеющая их в своем составе. Указанные кривые используются в качестве образующих для построения призмы. Уровень верхнего и нижнего основания задается дополнительно. Если необходимо определить призму с одним или несколькими отверстиями, то наружные и внутренние кривые должны быть помещены в одну папку, которая и указывается в качестве образующей. Как правило, наружная кривая будет определять тело, а внутренние кривые – отверстие. При задании оснастки можно указать, чтобы наружная кривая определяла отверстие. Для этого необходимо установить галочку в поле «**сквозное отверстие**».





Кнопка «**Вращение**»  формирует тело вращения, используя указанные кривые в качестве образующих. Если ничего не выбрано, то открывается окно для выбора ссылки на геометрический объект. В качестве ссылки могут указываться кривые или группа, имеющая их в своем составе.



Специальные ссылочные элементы могут указывать на геометрический параметр, например, предыдущей операции. При этом элемент именно ссылается на модель, а не копирует ее. Соответственно элемент изменяется при изменении параметра, на который он ссылается. Добавление таких элементов производится кнопкой «**ссылка**». Если формируется деталь операции, то будет добавлена ссылка на деталь предыдущей операции. Если формируется оснастка операции, то будет добавлена ссылка на оснастку предыдущей операции. Если формируется заготовка, то в открывшемся окне будет предложено выбрать тип добавляемого элемента:

-  - заготовка предыдущей операции.
-  - результат обработки предыдущей операции
-  - прямоугольный брусок вокруг детали
-  - цилиндр вокруг детали.

### 5.3.3 Рабочее задание для операций 2D и 3D обработки кривых и операции Вырезка.

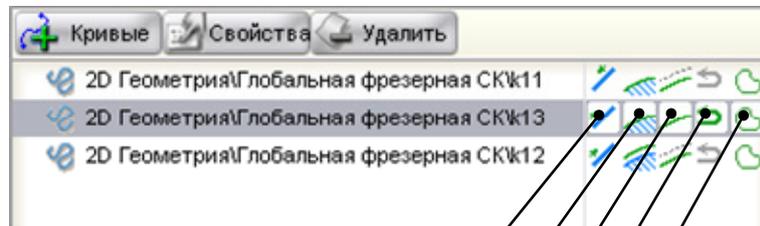
Операции плоской, объемной обработки кривых и вырезки позволяют сформировать траекторию перемещения инструмента

вдоль заданной кривой. В простейшем случае с помощью этих операций существующая кривая может быть преобразована в управляющую программу. Кривые, вдоль которых необходимо сформировать траекторию, должны быть указаны на страничке Модель окна задания геометрических параметров. Для обработки окружности элемент модели может быть задан точкой с припуском. Для задания элемента модели точкой необходимо добавить точку в окно Модель и назначить ей дополнительный припуск на размер радиуса окружности.

В том случае, если в операциях 2D и 3D обработки кривых для обработки задано несколько кривых и в окне стратегии выключен режим минимизация холостых ходов, то порядок их обработки будет соответствовать порядку в списке. Смена последовательности геометрических объектов в списке производится перетаскиванием объектов мышью.

Для изменения направления движения вдоль выбранной кривой необходимо щелкнуть мышью в поле **инверсия кривой**.

Траектория инструмента может проходить вдоль кривой слева, справа или по кривой.



Справа/Слева/Инверсия

Эквидистанта/По кривой

Коррекция

Обработка с возвратом

Замкнутая/Разомкнутая

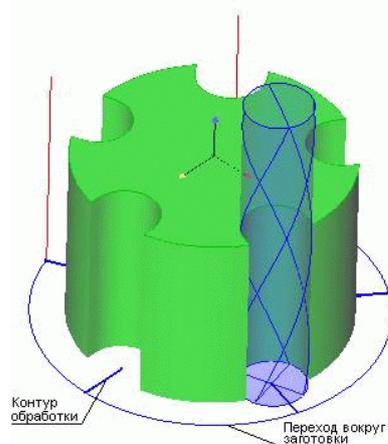
При движении инструмента по кривой в управляющую программу (УП) передаются координаты этой кривой, команда коррекции инструмента по радиусу выводится в УП в зависимости от режима коррекции, установленного поле коррекция. Это наиболее простой способ преобразования построенной в CAD системе кривой в управляющую программу.

При движении инструмента слева или справа от кривой в УП выводятся координаты эквидистантной кривой. Величина эквидистанты определяется параметрами, задаваемыми в окне **Модель**. При выключенной коррекции на радиус эта величина равна сумме радиуса инструмента, дополнительного припуска для данной кривой и величины припуска операции. Если значение припуска величина отрицательная, то смещение эквидистанты уменьшается на эту величину.

При обработке с коррекцией в УП выводятся команды G41,G42,G40 и номера корректоров D. Например, при необходимости вывода в УП координат исходной кривой с включением коррекции следует в окне **Модель** задать **коррекцию**, сторону обработки, в окне **Параметров операции** на странице **Инструмент** включить режим **коррекции на радиус** и задать величину **коррекции**.

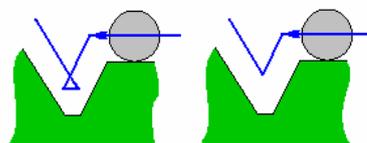
Траектория перемещения инструмента представляет собой путь перемещения заданной точки профиля фрезы. Это может быть

как нижняя осевая точка, например, цилиндрической концевой фрезы, так и точка центра сферы, например, сферической концевой фрезы. Переключение производится в окне **Параметров операции** на странице инструмент. Уровень расположения траектории обработки задается в том же окне на странице **Параметры**.



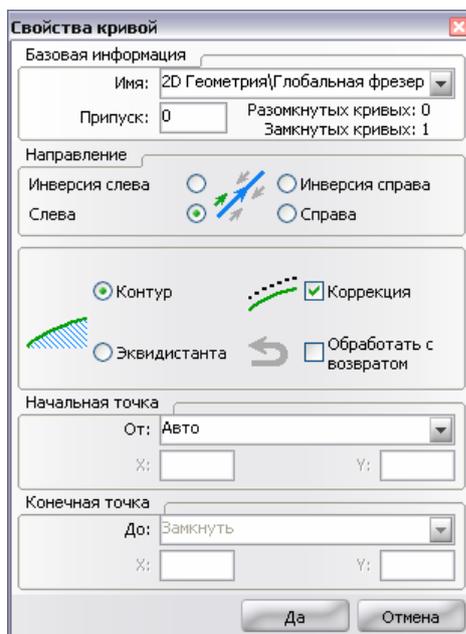
Часто возникает необходимость организовать возврат фрезы по отработанному контуру. Для этого необходимо в окне Модель включить параметр <С возвратом>. В этом случае фреза совершит перемещение по заданному контуру с последующим возвратом по тому же контуру в начальную точку. На рисунке ниже изображен пример обработки по контуру с возвратом (Контур K11 и точка P18). Переход от контура к контуру осуществляется вокруг заготовки на уровне расположения рабочих контуров

Станки, оснащенные современными УЧПУ обрабатывают контурную коррекцию в диапазоне достаточном для того, чтобы оператор станка по собственному усмотрению устанавливал радиус фрезы и необходимый припуск. В то же время бывают ситуации, когда при перерасчете траектории с учетом радиуса фрезы УЧПУ не справляются и выдают сообщения об ошибке. Например, когда устанавливается фреза такого диаметра, при котором на пересчитанной траектории "выпадают" элементы контура. На рисунке слева результат расчета эквидистанты системой ЧПУ, справа расчет в САМ системе. Помимо того существуют устаревшие УЧПУ которые рассчитывают коррекцию в очень малом диапазоне. В этих случаях задача расчета траектории с учетом радиуса фрезы, зазора или припуска должна производиться в САМ системе.



По умолчанию движение вдоль кривой будет начинаться в произвольной точке. Изменение стартовой точки на контуре может быть сделано несколькими способами. Для задания начальной точки координатами следует открыть окно свойств элемента модели, два раза щелкнув курсором на нем в окне Модель или открыть окно, воспользовавшись контекстным меню (пункт <Свойства>).

В окне свойств элемента модели, более развернуто, чем в окне модели операции отображены свойства элемента.



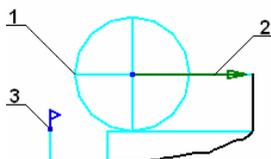
Начальная точка в окне может быть задана либо путем ввода координат, либо путем выбора существующей геометрической точки из выпадающего списка.

В выпадающем списке кроме геометрических элементов есть предопределенный константы:

- **Авто** – кривая обрабатывается от начала и до конца.
- **Начало кривой** – обработка будет начинаться от начала кривой
- **Конец кривой** – обработка будет вестись до конца кривой
- **Задать** – точка задается координатами в полях ввода (X и Y)

После этого обработка кривой будет начинаться с указанной точки. В том случае, если указанная точка не лежит на траектории, то обработка будет начинаться с точки, лежащей на траектории и ближайшей к указанной.

Так же начальная точка может быть задана интерактивно. Интерактивное задание параметров возможно, если элемент модели состоит из одного геометрического элемента (кривой или точки с припуском). Для задания точки следует в окне модели выделить нужный элемент после чего, если параметры элемента могут быть заданы интерактивно, на элементе появятся дополнительные элементы, которые показаны на рисунке ниже.



Это:

1 - схематичное изображение инструмента, 2- вектор направления обработки и 3 - конечная точка.

Начальная точка отображается в виде инструмента (1) и вектора (2) показывающего направление обработки.

Конечная точка может быть 2-х видов. Для замкнутого контура она имеет вид , для незамкнутого контура .

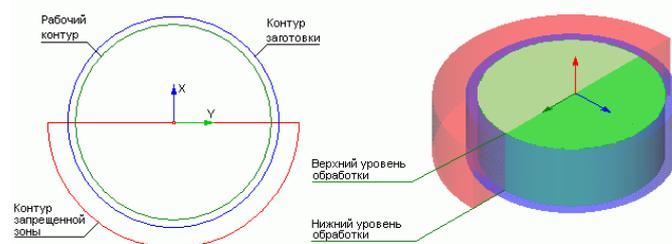
При изменении положения начальной и конечной точек включается привязка к узловым точкам кривой, в этом случае конечная точка принимает вид .

Для изменения координат начальной точки следует указать на инструмент курсором мыши, после чего нажать левую клавишу мыши и перемещать его (инструмент должен перемещаться вслед за курсором), добиваясь задания нужного положения начальной точки.

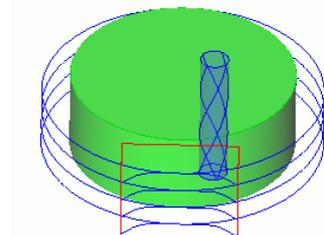
Конечная точка может быть задана аналогично начальной точке, как с помощью окна свойств, так и интерактивно.

Направление обработки так же может быть задано интерактивно, для этого следует щелкнуть курсором на векторе элемента модели, на рисунке выше он показан цифрой 2. После чего направление обработки элемента будет изменено на обратное.

Одной из особенностей 2D обработки в **SprutCAM** является послойная обработка вдоль заданного контура. Расстояние между слоями задается либо непосредственно в миллиметрах, либо в процентах от диаметра фрезы, либо автоматически рассчитывается при задании требуемого количества слоев. Плоскость расположения рабочего контура не имеет значения, верхний и нижний уровни обработки задаются в окне Параметров операции на странице Параметры.



Все профили зон задаются плоскими контурами, рисунок слева. Рабочий контур не должен совпадать с контуром заготовки. На рисунке справа трехмерное изображение результата, которое появляется в главном графическом окне **SprutCAM**. Высота определяется высотой детали, которая в свою очередь задается верхним и нижним уровнем обработки в окне **Параметров операции** на странице **Параметры**.

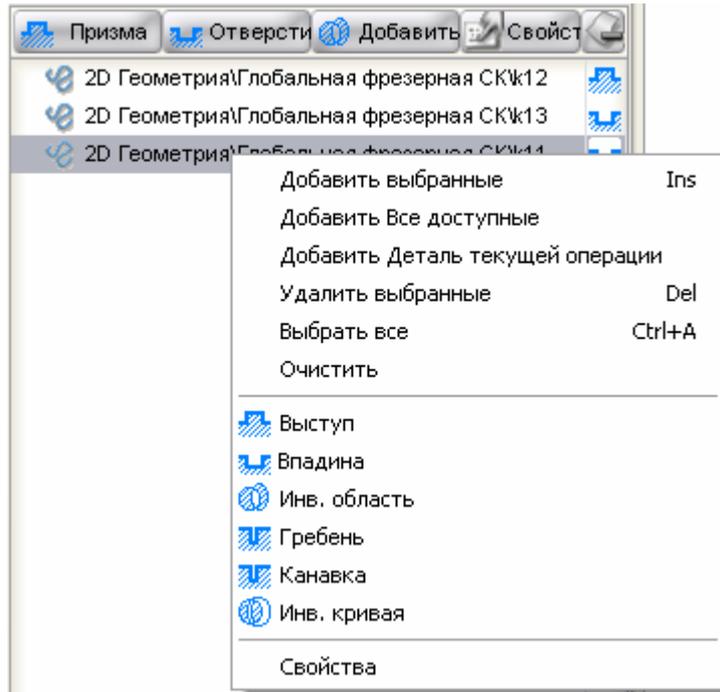


Для включения режима послойной обработки следует в окне Параметров операции на странице **Параметры** в зоне **Шаг по Z** в поле **Количество** (слоев) установить значение более единицы, или в поле **Расстояние** установить значение (расстояние между слоями) меньшее, чем расстояние между верхним и нижним уровнем обработки. При задании конкретного количества слоев расстояние между слоями определяется автоматически. Если же задается конкретное расстояние между слоями, не кратное расстоянию между верхним и нижним уровнем, тогда система автоматически добавляет дополнительный слой на нижнем уровне.

### Стратегия при послойной 2D обработке

Все правила и особенности, рассмотренные для одноуровневой обработки действуют и для послойной обработки. Переход со слоя на слой (врезание), подходы/отходы, обкат углов и все другие технологические требования каждого слоя отрабатываются, как и при одноуровневой обработке.

### 5.3.4 Рабочее задание для гравировальной операции и операции выборки области



Для <Гравировальной операции> и операции <Выборка области> обрабатываемая модель задается кривыми, но в отличие от операций обработки кривой, из заданных кривых формируется обрабатываемая модель. Обрабатываемая модель представляет собой плоскую область. Задачей технолога является формирование области с использованием имеющихся кривых. Каждая кривая является границей детали. Тип элемента определяет с какой стороны от кривой производится обработка.

Типы элементов:

- **Выступ** – указывает замкнутую область, которая не будет подлежать выборке;
- **Впадина** – указывает замкнутую область, которая будет подлежать выборке;
- **Инвертирующая область** – указывает замкнутую область, внутри которой правила выборки будут изменены на противоположные, т.е. выбираемые участки станут невыбираемыми и наоборот;
- **Гребень** – указывает кривую, вдоль которой не будет произведена выборка;
- **Канавка** – указывает кривую, вдоль которой будет произведена выборка;

- **Инвертирующая кривая** – указывает кривую, вдоль которой не будет произведена выборка, если она идет в зоне обработки и наоборот.

В качестве **<Выступа>**, **<Впадины>** и **<Инвертирующей области>** могут выступать только замкнутые кривые. Если среди выбранных кривых имеется разомкнутая, то эти типы недоступны. Если замкнутая кривая состоит из нескольких фрагментов, то ее необходимо объединить в одну, ей может быть любая кривая, как замкнутая, так и разомкнутая. Для задания ее толщины используется дополнительный припуск.

После добавления кривой в модель в графическом окне рядом с кривой появляется иконка **<i>**. При наведении на неё курсора появляется окно свойств кривой, показанное на рисунке ниже.

Окно предназначено для просмотра и изменения свойств элемента модели без использования окна модели операции. Это удобно при наличии большого количества кривых в модели операции, когда поиск по списку элементов затруднён.

Свойство	Величина
Припуск	0.000
Тип контура	Выступ

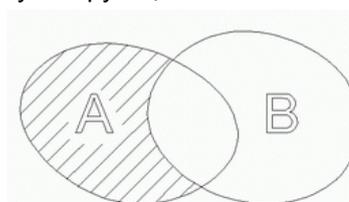
Формирование области производится путем последовательного выполнения булевых операций над заданными кривыми. При этом важен порядок следования кривых в списке. Первый объект списка определяет статус пространства, не ограниченного какими-либо кривыми. В том случае, если первый объект является впадиной или канавкой, то все пространство не ограниченное какими-либо кривыми, считается занятым деталью, в противном случае в нем может производиться выборка. Все последующие объекты модифицируют область детали в том порядке, в котором они указаны. Если объект является выступом или гребнем, он добавляется к области занимаемой деталью, Если объект является впадиной или канавкой, он вычитается из области, занимаемой деталью. Если объект является инвертирующей областью или кривой, он меняет статус того пространства, которое покрывает, на противоположное. В том случае, если элементом списка является группа, состоящая из нескольких кривых, из нее формируется область, путем инверсного добавления каждой кривой, полученная область модифицирует результат, согласно указанному типу. Поверхности, сетки и точки, входящие в группу, игнорируются.

На рисунках изображены результаты формирования области с помощью двух кривых. Зона существования детали заштрихована.

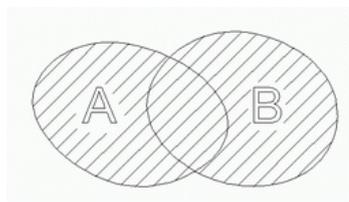
Содержание списка

A – выступ  
B – впадина

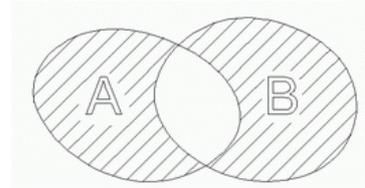
Результирующая область



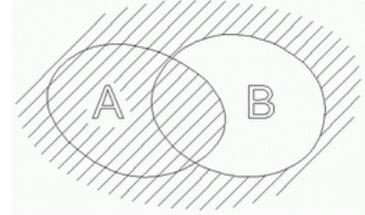
A – выступ  
B – выступ



A – выступ  
B – инвертирующая область



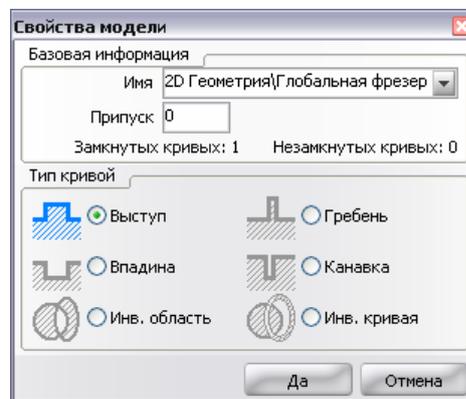
B – впадина  
A – выступ



Следует отметить первый и последний случаи. В обоих случаях кривая A является выступом, а кривая B впадиной. В первом случае, габариты детали задаются кривой A, с последующим вычитанием пространства, ограниченного кривой B. В последнем случае, кривая B задает зону где может производиться выборка, с последующим добавлением к бесконечной площади детали пространства, ограниченного кривой A.

Смена последовательности геометрических объектов в списке производится перетаскиванием мышью. Формируемая область динамически отображается в графическом окне. Для выключения такого режима снимите флажок в поле <Обрабатывать>.

Для изменения свойств элементов модели можно воспользоваться окном свойств элемента модели, которое можно открыть двойным щелчком на выбранном элементе модели. Или воспользоваться контекстным меню, показанным на рисунке выше (пункт **Свойства**). Внешний вид окна свойств элемента модели представлен ниже.



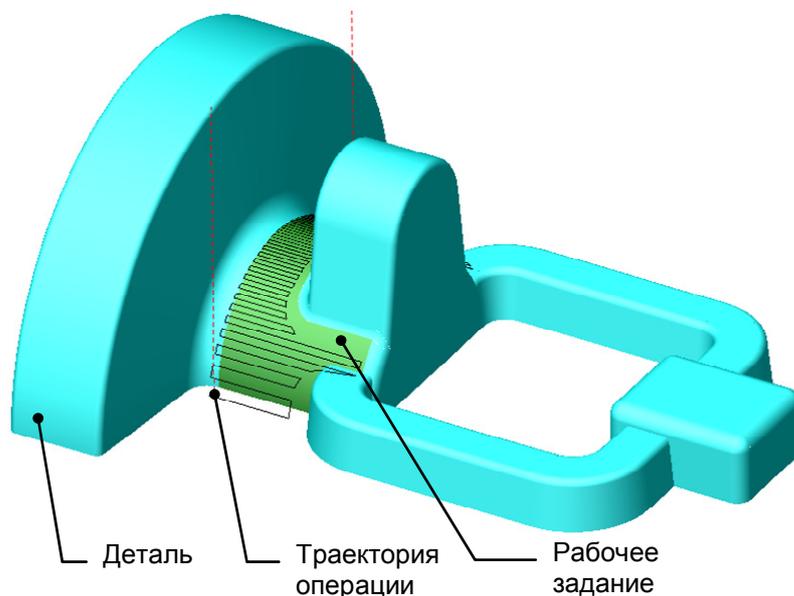
### 5.3.5 Рабочее задание для операций объемной обработки

Рабочее задание операции определяет список элементов, которые должны быть обязательно обработаны. Деталь операции контролируется, чтобы не допустить зарезы, но обрабатываться не должна. Операции объемной обработки характеризуются тем, что для них в качестве рабочего задания указываются поверхности и сеточные объекты. К операциям объемной обработки относятся:

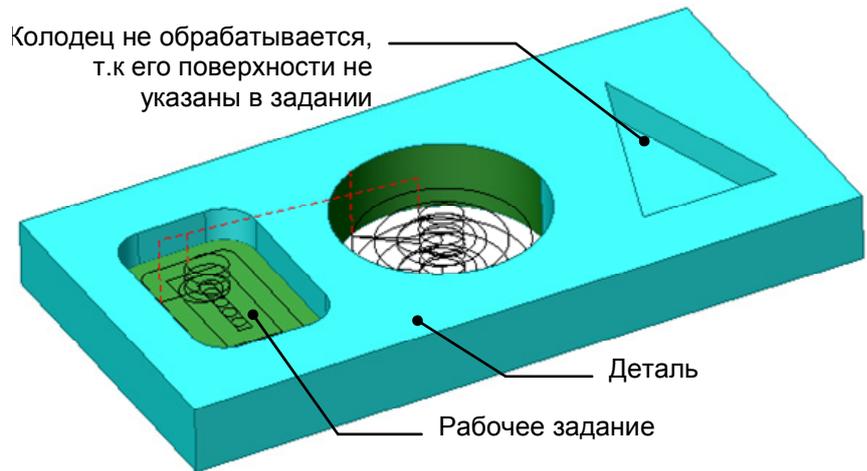
- операция обработки отверстия;
- черновая послойная операция;
- черновая построчная операция;

- черновая управляемая операция;
- чистовая послойная операция;
- чистовая построчная операция;
- чистовая управляемая операция;
- комбинированная операция;
- построчно-оптимизированная операция;
- комплексная операция;
- послойная доработка с выборкой;
- послойная доработка;
- построчная доработка;
- управляемая доработка;
- построчно-оптимизированная доработка;
- комплексная доработка;

По умолчанию в списке **«рабочее задание»** указывается элемент «деталь текущей операции». Он также может быть добавлен кнопкой **«Ссылка»**. В этом случае, операцией будут обрабатываться все поверхности детали. Если необходимо непосредственно указать поверхности для обработки, то они должны быть добавлены в список кнопкой **«Поверхность»**. Порядок объектов в списке не имеет значения и не влияет на траекторию обработки.



В черновых операциях будет удален весь материал заготовки, который мешает обработать поверхности указанные в рабочем задании. Следовательно, нет необходимости указывать все поверхности колодца, чтобы его выбрать, достаточно указать самую нижнюю.



Рабочее задание также определяет автоматические уровни обработки. Например, если в рабочем задании указана боковая поверхность сквозного отверстия, то нижний уровень обработки будет определяться нижней точкой этой поверхности.

### 5.3.6 Рабочее задание для операций 2.5D обработки

Для разработки управляющих программ на детали имеющие карманы, выступы, плоские участки и с точки зрения трудоемкости работы не всегда рационально строить математическую модель детали, с другой стороны всегда имеется необходимость визуального контроля геометрии детали. **SprutCAM** позволяет автоматически строить визуальную модель по плоским кривым.

После добавления кривой в модель в графическом окне рядом с кривой появляется иконка . При наведении на неё курсора появляется окно свойств кривой, показанное на рисунке ниже.

Окно предназначено для просмотра и изменения свойств элемента модели без использования окна модели операции. Это удобно при наличии большого количества кривых в модели операции, когда поиск по списку элементов затруднён.

Свойство	Величина
Прип...	0.000
Уров...	Авто
Тип	В

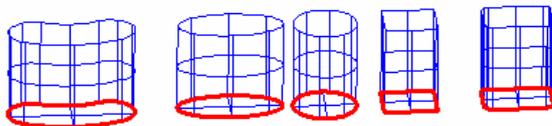
При выходе курсора за пределы окна оно автоматически закрывается.

Визуальная модель формируется из плоских участков ограниченных замкнутыми кривыми, расположенными на разных высотах и стенок между ними. Открытые (незамкнутые) кривые, а так же точки, также можно использовать в построении визуальной модели.

Если стенка от площадки поднимается вверх это колодец, если вниз - выступ. **Базовый уровень** это уровень, пространство ниже которого представляет собой тело, из которого методом вычитания колодцев можно получить визуальную модель, Причем это пространство взаимодействует только с колодцами.

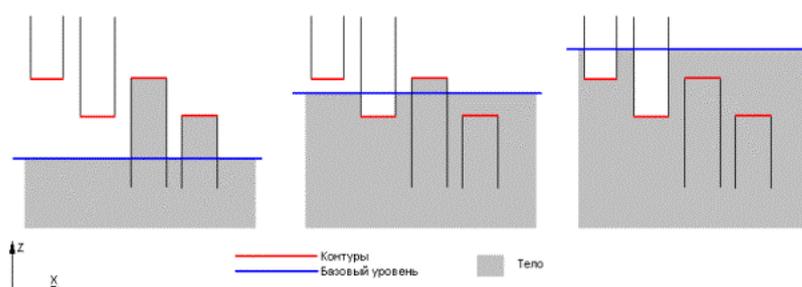
Уровни задаются в текущей системе координат по оси Z относительно плоскости XY.

Метод построения визуальной модели можно сравнить с построением фигур из песка. Инструментом для строительства являются формы. Профили дна форм образуют кривые, которые могут быть самого разного вида, примеры кривых представлены на рисунке.



Этими формами можно либо выдавливать колодцы, либо, если его наполнить песком и перевернуть, вытягивать выступы.

Поверхность песка это базовый уровень. Считается что формы, которыми формуются выступы, всегда наполнены песком. Так же считается, что один конец формы ограничен дном, другой уходит в бесконечность.

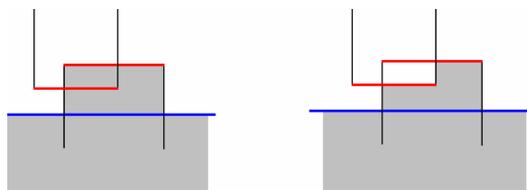


Если формы расположены над базовым уровнем, они ничего выдавить не могут. Перевернутые формы, которые находятся ниже базового уровня, так же ничего не вытягивают. В то же время перевернутые формы, расположенные над уровнем всегда вытягивают выступ.

При создании фигуры из песка определенную роль играет последовательность формования. Например, чтобы получить ступенчатый выступ сначала нужно получить целый выступ, а затем выдавить ступеньку, но не наоборот.

На рисунке изображен результат двух разных последовательностей действий.

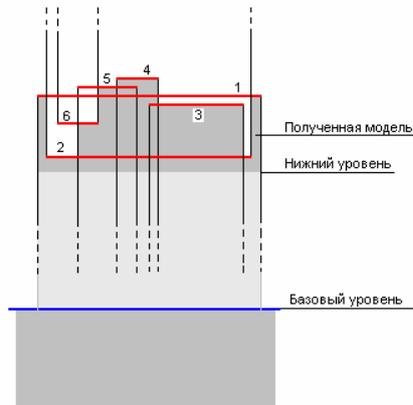
Слева - сначала сделан колодец затем выступ. Справа - сначала выступ затем колодец.



В первом случае колодец недотянул до уровня "песка", т.е. выдавливать было нечего, соответственно выступ получился целым. Во втором случае сначала был сформирован выступ, а затем колодец выдавил из выступа часть "песка"

Изначально, по умолчанию, Базовый уровень расположен бесконечно низко относительно нулевой плоскости системы. Большинство моделей можно строить, не прибегая к заданию базового уровня. Например, формируется выступ по внешней границе модели на требуемом уровне, дальнейшее построение модели производится внутри этого выступа. Нижняя плоскость модели определяется параметром "Нижний уровень", который задается в окне Параметров операции на странице Параметры

Пример представлен на рисунке.

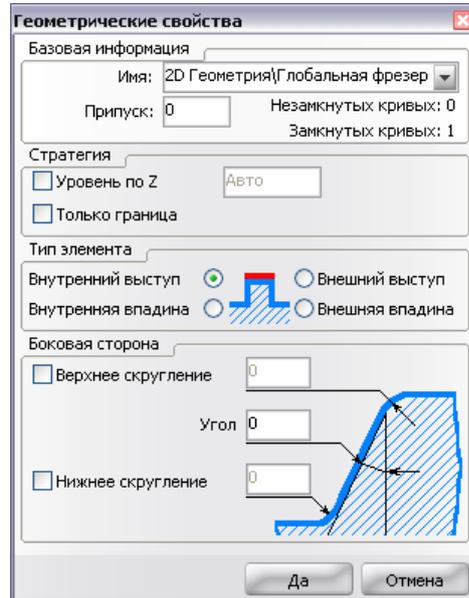


Цифрами указана последовательность действий:

выступ по внешнему профилю модели

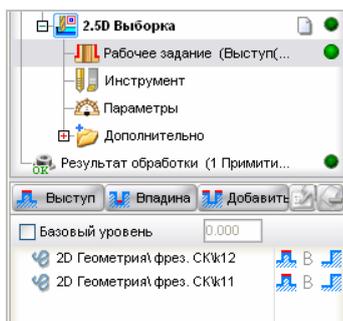
1. колодец
2. выступ
3. выступ
4. выступ
5. колодец

Для изменения свойств элементов модели можно воспользоваться окном свойств элемента модели, которое можно открыть двойным щелчком на выбранном элементе модели. Или воспользоваться контекстным меню. Внешний вид окна свойств элемента модели представлен ниже.



В окне свойств можно задать форму боковой стенки элемента модели. Угол определяет наклон боковой стенки к оси Z операции, верхнее и нижнее скругление определяет как будет боковая стенка стыковаться с верхней и нижней плоскостями модели.

**Пример создания виртуальной модели.**



В режиме **2D Геометрия** следует построить две прямоугольных, пересекающихся кривые.

Перейти в режим **Технология** и выбрать операцию **2.5D Выборка**.

Открыть окно **Модель** и добавить обе кривые в окно для обработки в операции, как показано на рисунке. Все построение визуальной модели осуществляется с использованием команд и параметров, задаваемых на панели, которая изображена слева. Любая кривая может формировать как **колодец**, так и **выступ**. Во многих случаях использование **базового уровня** не обязательно, так как имеется внешняя кривая, которая как бы и формирует тело, из которого путем выборки карманов и добавления выступов формируется визуальная модель.

Выбрать первую кривую и установить переключатель в положение **"Выступ"**. Задать **уровень расположения** кривой - 0.

Активизировать вторую кривую и установить те же параметры, что и для первой кривой. Нижний уровень модели определяется параметром **Нижний уровень** в окне **Параметры** операции на странице **Параметры**.

Задать значение нижнего уровня равным -20.

В главном графическом окне системы появится визуальная модель изображенная на рисунке слева. В общем виде задание параметров и условий можно представить в виде таблицы:

Кривая 1 выступ уровень 0

Кривая 2 выступ уровень 0

Таким образом, был построен вариант, когда обе кривые являясь выступами, сформировали модель. Обе кривые лежат на уровне ноль, нижняя часть модели на уровне -20.

Выбрать первую кривую и в поле **Уровень** установить значение 10. В результате чего кривая расположится на уровне 10, визуальная модель изменится соответствующим образом

Кривая 1 выступ уровень 10

Кривая 2 выступ уровень 0

Одну и ту же кривую можно использовать несколько раз.

Кривая 1 выступ уровень 10

Кривая 2 колодец уровень 0

Кривая 2 выступ уровень 0

Результат изображен на рисунке слева.

Добавить в список еще одну кривую под номером 3

Кривая 3 выступ уровень 5

Кривая 1 колодец уровень 0

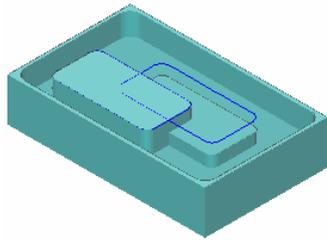
Кривая 2 колодец уровень -10

В этом случае сначала кривая 3 вытянет выступ на уровень 5, затем кривая 2 выдавит колодец на уровень 0 и, наконец, кривая 1 выдавит колодец до уровня -10

### Примеры использования Базового уровня.

Выше уже проводилась аналогия **Базового уровня** с поверхностью песка, из которого строятся различные фигуры. Т.е. начиная с этого уровня, всегда имеется возможность выдавливать колодцы.

Пример создания визуальной модели с использованием базового уровня.



Включить режим использования базового уровня.

Базовый уровень

Ввести значение Базового уровня равным 0

Сформировать список кривых с параметрами указанными в таблице:

Кривая 3 колодец уровень -10

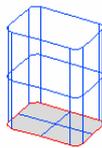
Кривая 1 выступ уровень 0

Кривая 2 колодец уровень -5

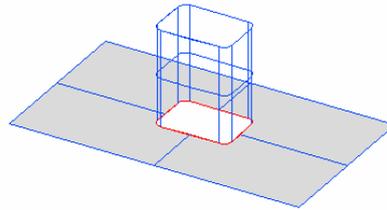
Результат должен соответствовать рисунку слева.

### Пример виртуальной модели с использованием параметра "Снаружи"

Если провести аналогию с построением фигур из песка, то есть, представить кривые в виде форм для работы с песком, то при включении параметра "Снаружи" инвертируется рабочая область инструмента. На рисунках ниже показаны рабочие зоны форм, образованные одной и той же кривой в режиме "Внутри" - слева и в режиме "Снаружи" - справа.

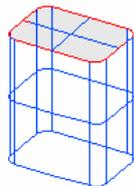


Внутри

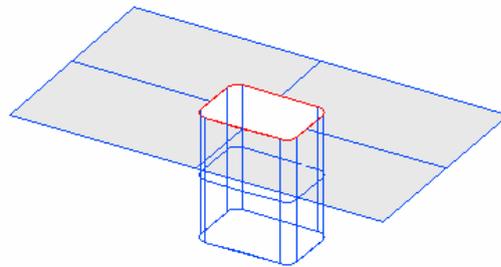


Снаружи

### Формы для выдавливания колодцев



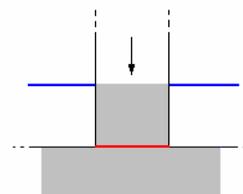
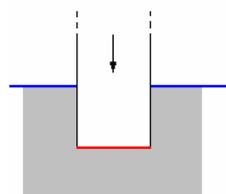
Внутри



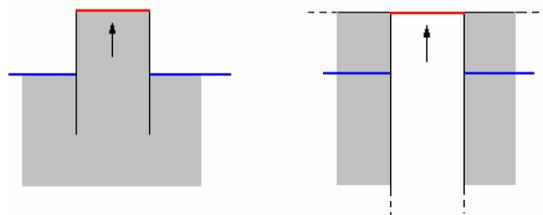
Снаружи

### Формы для вытягивания выступов

Трансформация при переключении параметра "Внутри"- "Снаружи"

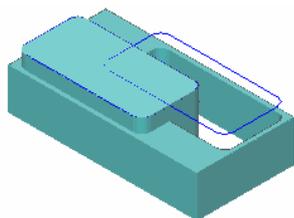


На рисунке слева выдавливание колодца кривой с параметром "Внутри", справа выдавливание колодца кривой с параметром "Снаружи".



Вытягивание выступа. Слева параметр кривой "Внутри", справа "Снаружи"

### Пример создания виртуальной модели с использованием параметра кривой "Снаружи"



Сформировать список кривых с параметрами указанными в таблице:

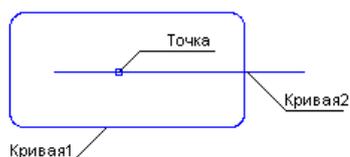
Кривая 1 Выступ уровень 0

Кривая 1 Выступ уровень -5 Снаружи

Результат должен соответствовать рисунку.

Помимо замкнутых кривых для формирования модели можно использовать точки и открытые (незамкнутые) кривые.

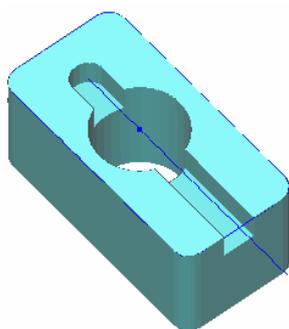
Создать в режиме "2D Геометрия" одну замкнутую кривую, одну незамкнутую и точку, так как изображено на рисунке ниже.



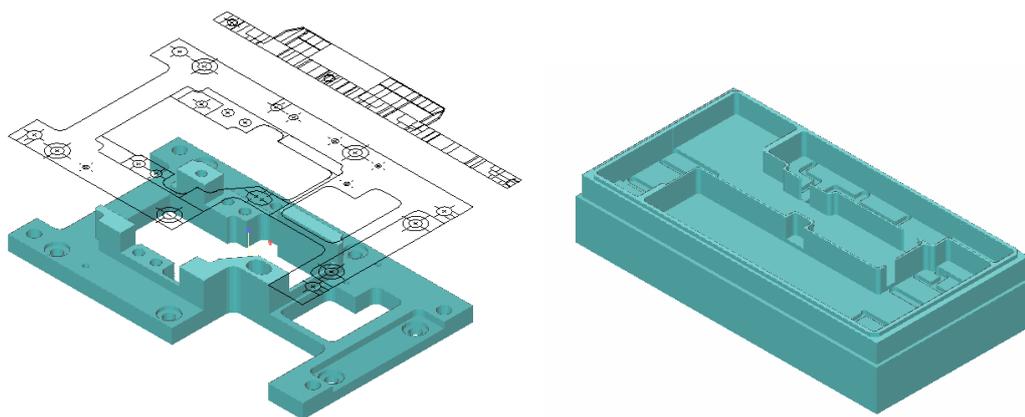
Сформировать список элементов с параметрами указанными в таблице:

1. Кривая 1          выступ    уровень 0
2. Точка 1          колодец    уровень -20    дополнительный припуск 8
3. Кривая 2          колодец    уровень -5    дополнительный припуск 3

Результат должен соответствовать рисунку.



Примеры визуальных моделей для 2.5D обработки.

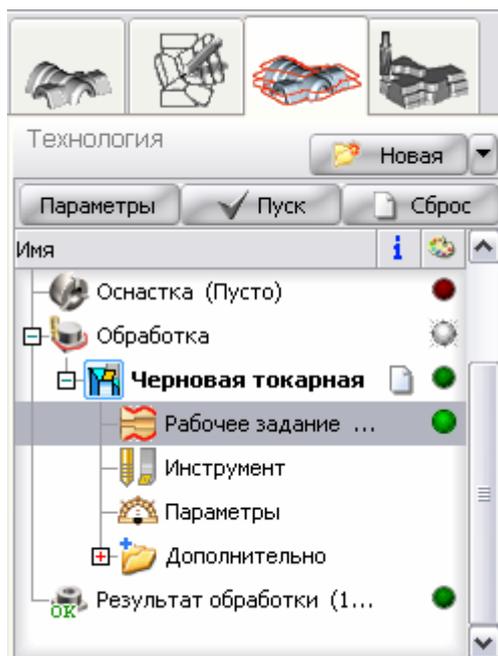


### 5.3.7 Рабочее задание для токарных операций

Рабочее задание представляет собой участок модели, который должен быть обработан. По заданному участку производится автоматическое построение области с учётом инструмента и выбранных стратегий обработки, в которой материал должен быть удалён при обработке. Материал вне указанного участка будет снят, только в случае, если он мешает обработке рабочего задания.

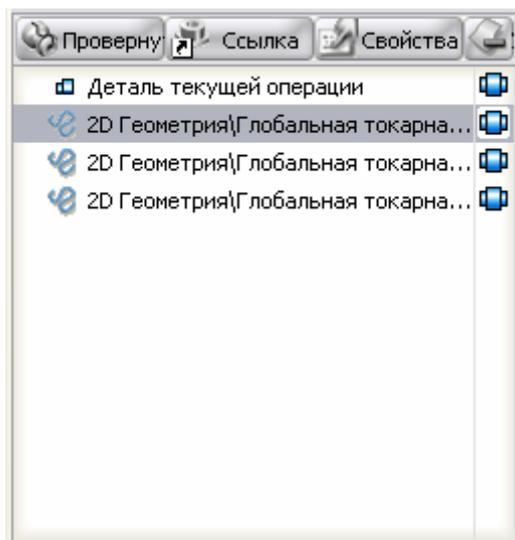
Рабочее задание позволяет точно задать часть детали, которую необходимо обработать в каждой конкретной операции. Его задание не является обязательным, однако использование позволяет упростить создание тех процесса и уменьшить время разработки. В качестве рабочего задания могут быть использованы как элементы обрабатываемой модели, так и другие геометрические объекты не связанные с моделью. Для каждой операции установлен свой набор интерактивных вариантов для задания и способ задания по умолчанию.

Для определения рабочего задания операции следует развернуть список её параметров в окне тех процесса и выбрать строку **Рабочее задание**, как показано на рисунке.



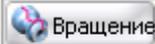
Ниже отобразится окно рабочего задания.

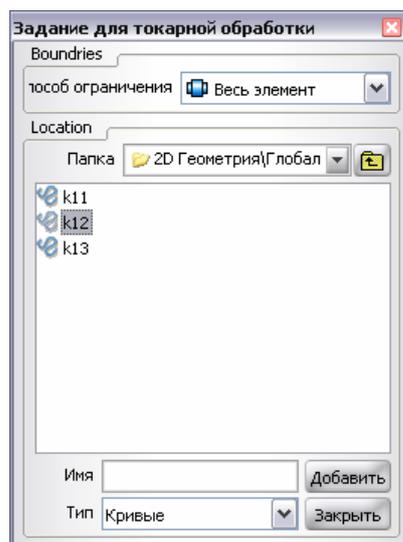
### Окно рабочего задания.



Окно позволяет полностью управлять рабочим заданием.

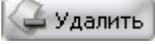
Для добавления к заданию нового геометрического элемента

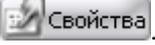
следует использовать кнопку . Её поведение будет отличаться, в зависимости от того, выбраны на экране элементы или нет. Если на экране есть выбранные кривые, то они будут добавлены в список. Если выбранных элементов не было, то откроется окно проводник для выбора кривых. Пример окна приведён ниже.

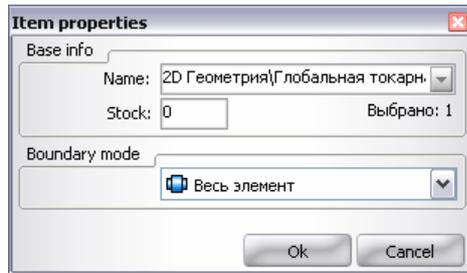


Для добавления выбранных элементов следует нажать кнопку <Добавить>, для закрытия окна следует нажать кнопку <Закреть>.

Для добавления детали текущей операции следует нажать кнопку . При этом в список будет добавлена ссылка на контролируемую модель текущей операции.

Для удаления элементов из списка следует нажать кнопку . При этом все выбранные элементы списка будут удалены из него.

Для редактирования свойств выбранных элементов следует нажать кнопку . После её нажатия откроется окно свойств. Пример окна представлен ниже.



В окне отображается;

- имя элемента;
- припуск;
- число выбранных элементов;
- режим задания на обработку;

**Примечание:** Если выбрано несколько элементов списка и значения их параметров отличаются, то соответствующее параметру поле остаётся пустым.

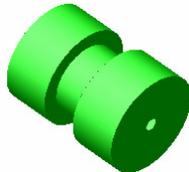
### Режимы задания на обработку

Практически все режимы задания на обработку являются интерактивными. Это значит, что при их выборе задание на обработку можно производить прямо в графическом окне. Интерактивные способы задания доступны как в режиме объёмной отрисовки 3D так и в режиме плоской отрисовки 2D. Для изменения режима отрисовки следует щелкнуть правой клавишей мыши на иконке видимости объекта в окне тех процесса. В выпадающем меню выбрать необходимый режим отрисовки.

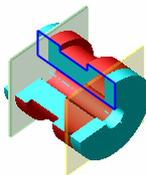
Список доступных режимов приведен ниже.



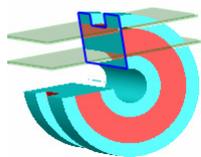
**- Все элементы.** Использовать для обработки весь элемент целиком.



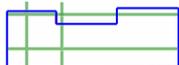
**- Осевые плоскости.** Следует обработать все участки кривой находящиеся между двумя вспомогательными элементами – осевыми плоскостями. Следует обратить внимание на то, что в задание попадают как внешние участки кривой, так и внутренние. Режим можно применять при обоих способах отображения.



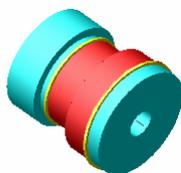
**- Радиальные плоскости.** Следует обработать все участки кривой находящиеся между двумя вспомогательными элементами - радиальными поверхностями. Плоскости можно перемещать в пределах габаритов кривой. Режим можно применять при обоих способах отображения.



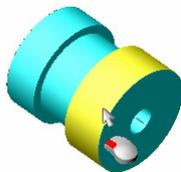
 - **Прямоугольник.** Использовать все участки кривой находящиеся между четырьмя вспомогательными элементами - ограничивающими плоскостями. Режим удобен для задания в режиме 2D отображения.



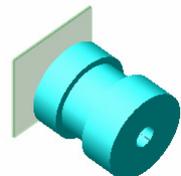
 - **Точки.** В этом режиме на кривой появляются 2 вспомогательных элемента - точки или кольца (в зависимости от способа отображения). Участок кривой, между этими точками выделенный цветом будет использоваться в качестве рабочего задания. Для задания наружных поверхностей режим удобен как в 3D так и в 2D. Для задания внутренних поверхностей. Режим следует использовать в 2D отображении.



 - **По элементам.** В этом режиме кривая делится на элементарные участки (отрезки и дуги). При наведении на участок кривой он подсвечивается. Для выбора участка следует щелкнуть на нем левой кнопкой. На одном элементе списка можно выбрать только один элемент. Режим следует использовать при обоих способах отображения.

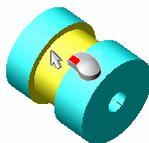


 - **По плоскости и шпинделю.** В этом режиме отображается один вспомогательный элемент – осевая плоскость. Она не привязана к модели и может перемещаться вдоль всей оси Z. Способ используется в операции отрезки и сверления. В операции отрезки он определяет место отреза, в операции осевого сверления он определяет глубину отверстия. Режим следует использовать при обоих способах отображения.



 - **Канавка.** В этом режиме на кривой производится поиск канавок, которые могут быть обработаны текущим инструментом. То есть при изменении расположения инструмента может меняться набор найденных канавок. Результаты поиска становятся доступны для выбора. При наведении курсора мыши на найденную канавку она подсвечивается. Режим используется

для операции обработки канавок. Для выбора канавки следует щелкнуть на ней левой кнопкой мыши. Режим следует использовать при обоих способах отрисовки.



### Типы доступных режимов задания по операциям

Операция обработки торца:

- Все элементы;
- Радиальная плоскость;

Токарная черновая операция:

- Все элементы;
- Осевые плоскости;
- Радиальные плоскости;
- Прямоугольник;

Операция токарного сверления:

- Все элементы;
- Осевые плоскости;
- Радиальные плоскости;
- Прямоугольник;

Отрезная операция:

- Все элементы;
- По плоскости и шпинделю;

Чистовая токарная операция:

- Все элементы;
- Осевые плоскости;
- Радиальные плоскости;
- Прямоугольник;
- По элементам;

Операция обработки канавок:

- Все элементы;
- Канавки;

Операция нарезания резьбы:

- Все элементы;
- Осевые плоскости;
- Радиальные плоскости;
- Прямоугольник;
- По элементам;

---

## 5.3.8 Рабочее задание для управляемых операций

Рабочее задание в чистовой и черновой управляемых операциях определяет закон перемещения инструмента в плане.

Задачей технолога является формирование направляющей области, аналогичной области, формируемой при задании обрабатываемой модели для гравировальной операции и операции выборки области. Формируемая с помощью кривых

направляющая область динамически отображается в графическом окне.

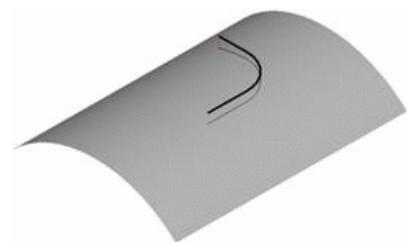
В управляемых операциях предусмотрены две основные стратегии движения инструмента: вдоль или поперек кривых направляющей области. При обработке вдоль направляющих кривых, вид траектории в плане определяется как эквидистанты к направляющей области. При обработке поперек направляющих кривых, строчки строятся перпендикулярно кривым направляющей области. Сторона кривой, в которую производится обработка, определяется типом направляющей кривой. Влияние направляющих кривых и их типов на стратегию обработки представлено в следующей таблице.

Тип направляющей кривой

Траектория при обработке вдоль направляющей кривой

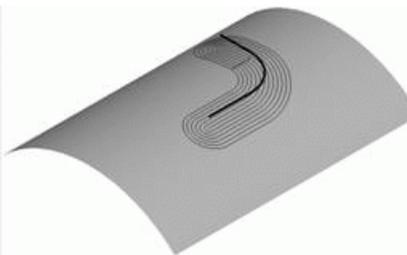
Траектория при обработке поперек направляющей кривой

Канавка

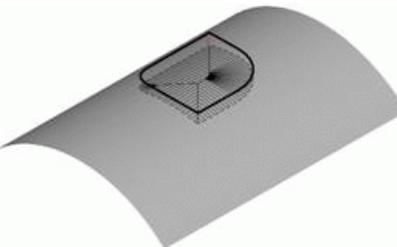


Устанавливать не рекомендуется

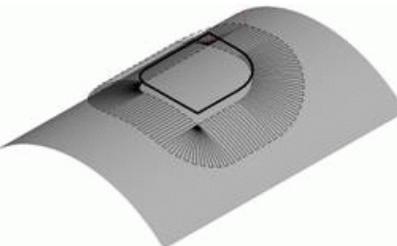
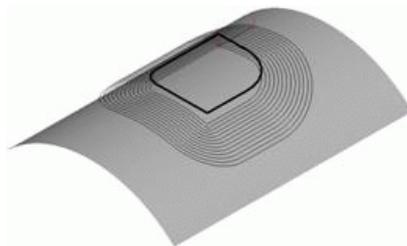
Гребень



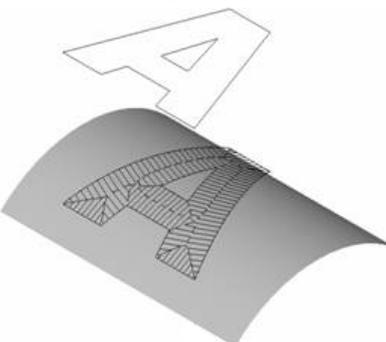
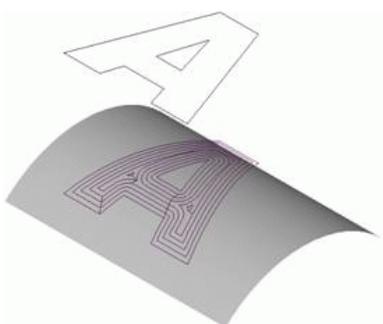
Впадина



Выступ



Наружная кривая – впадина, внутренняя – выступ



В том случае, если на страничке направляющие не указано ни одной кривой, направляющая область вычисляется по

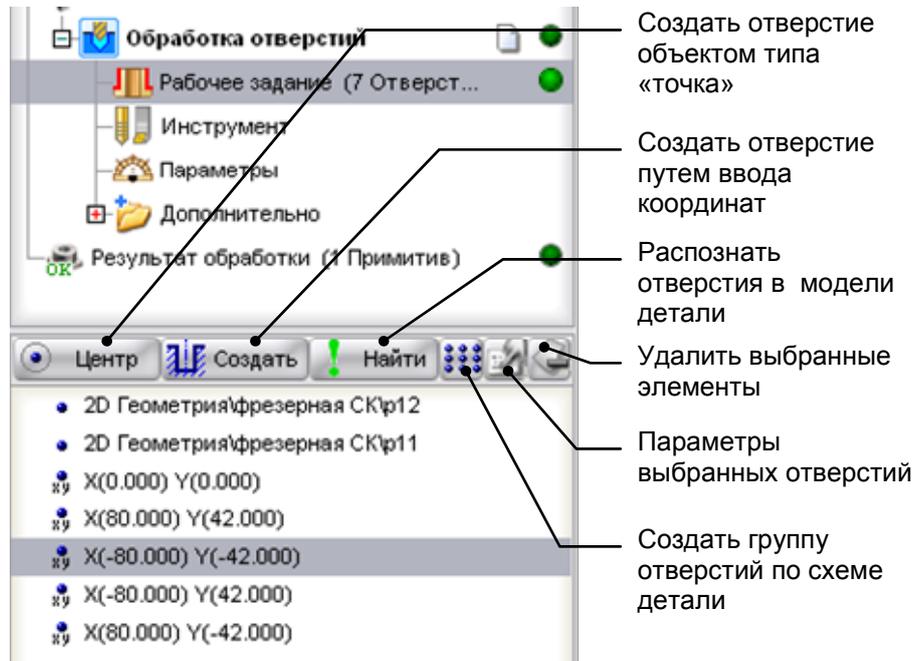
умолчанию. Способ вычисления области по умолчанию зависит от типа управляемой операции.

Для черновой управляемой операции, по умолчанию в качестве направляющей будет принята наружная граница заготовки. Если заготовкой является, например, брусок, то направляющей кривой будет прямоугольник, а обработка будет производиться внутри прямоугольника параллельно или перпендикулярно его сторонам.

Для чистовой управляемой операции, по умолчанию в качестве направляющих кривых будет взята наружная граница обрабатываемой модели.

Для управляемой доработки по умолчанию направляющая область вычисляется, таким образом, чтобы обработка производилась вдоль недоработанных участков. Для этого вначале выделяются зоны, в которых имеется остаточный материал, а затем полученная область сглаживается. Соответственно, обработка может производиться вдоль или поперек недоработанных участков.

### 5.3.9 Рабочее задание для операции обработки отверстий



В операции обработки отверстий список отверстий определяет количество, последовательность, и параметры обрабатываемых отверстий. Порядок следования объектов в списке определяет порядок обработки. Смена последовательности производится перетаскиванием операций мышью.

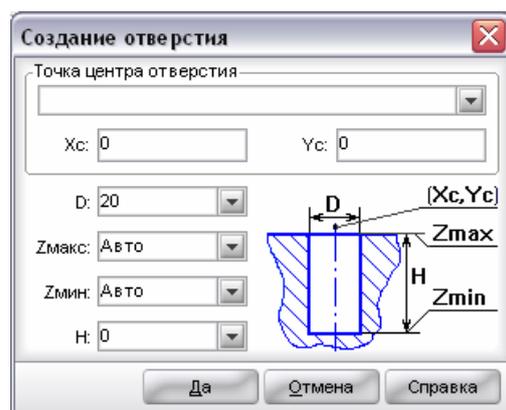
Каждое отверстие характеризуется координатами центра, диаметром, а также значениями верхнего и нижнего уровней. Если центр задается координатами, то отверстие помечается иконкой  $x\ y$ . Если центр отверстия определяется объектом типа точка, то строка помечается иконкой «•». Вне зависимости от способа задания центра, глубина отверстия задается непосредственно в окне [параметры отверстий]. Для задания верхнего и нижнего уровней, необходимо выбрать в правом списке желаемые точки и заполнить поля Zмакс. и Zмин.

**Zмакс.** – определяет координату Z переключения на рабочую подачу. Координата может быть задана явно или рассчитываться автоматически. При автоматическом расчете, переключение на рабочую подачу происходит на безопасном расстоянии до заготовки.

**Zмин** – определяет координату Z нижней точки отверстия. Координата может быть задана явно или рассчитываться автоматически. При автоматическом расчете, координата определяется по условию касания обрабатываемой модели.

### Задание отверстий путем ввода координат

Открываемое окно предназначено для задания параметров новых или существующих отверстий. Для редактирования параметров существующего отверстия окно открывается двойным щелчком мыши на редактируемом отверстии.



Для создания отверстия следует задать значения его параметров (положение, диаметр, глубину) и нажать кнопку <Да>. Созданное отверстие будет автоматически добавлено в список.

В процессе изменения параметров редактируемое отверстие отображается в графическом окне.

### Задание отверстий геометрическим объектом типа «точка»

В список отверстий могут быть занесены ссылки на геометрические объекты типа точка и на группы геометрических объектов. Если группа содержит объекты других типов, они игнорируются. Добавление ссылок на выбранные точки производится кнопкой «Центр». Каждая точка определяет координаты X и Y центра отверстия.

### Автоматическое распознавание отверстий

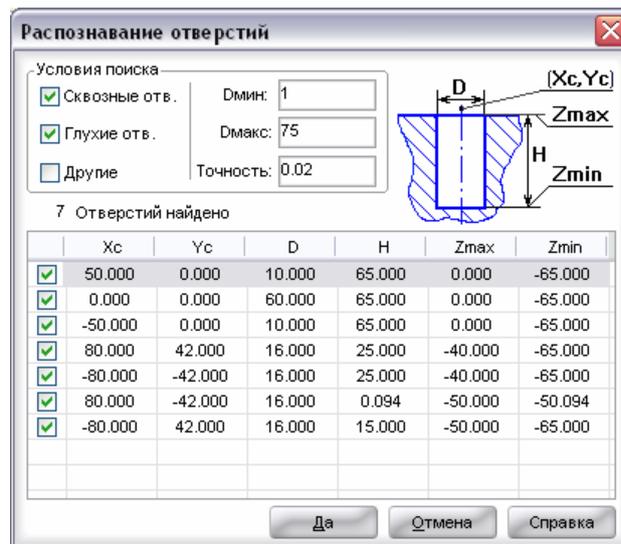
Поиск отверстий производится в детали операции. При нахождении отверстия оно автоматически добавляется в список отверстий.

Распознавание отверстий производится в соответствии с заданными условиями поиска. В список будут включены отверстия с диаметром, лежащим в указанном диапазоне. Все отверстия делятся на три типа.

**Сквозные** – отверстия, проходящие деталь насквозь, или с дном, расположенным ниже, чем нижний уровень обработки операции.

**Глухие** – отверстия, заканчивающиеся в теле детали между верхним и нижним уровнями операции.

**Прочие** – отверстия, для которых однозначно могут быть определены только координаты центра, а диаметр и глубина отверстия - нет. К таким отверстиям относятся отверстия с переменным диаметром, например, с фаской.



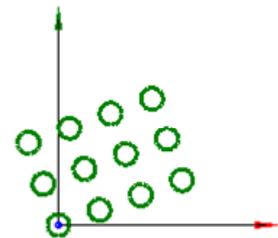
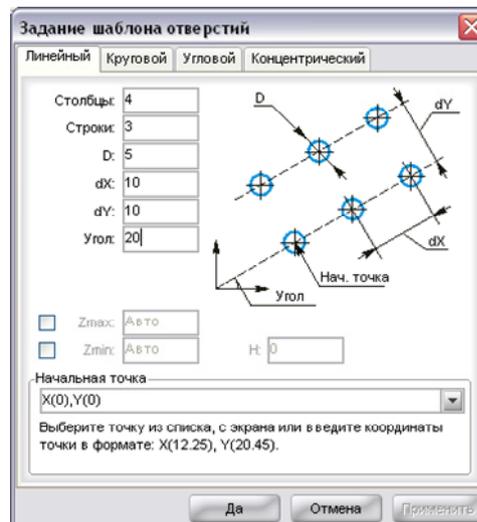
Параметры найденных отверстий могут быть отредактированы. В процессе изменения параметров редактируемых отверстий, они отображаются в графическом окне. Сортировка отверстий в списке по одному из параметров осуществляется нажатием на заголовок соответствующего столбца.

При нажатии на кнопку <Да> все отверстия помеченные флажком будут добавлены в список отверстий. Включение (выключение) всех отверстий осуществляется нажатием на заголовок первого столбца.

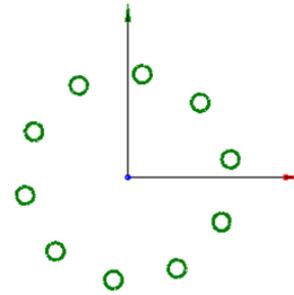
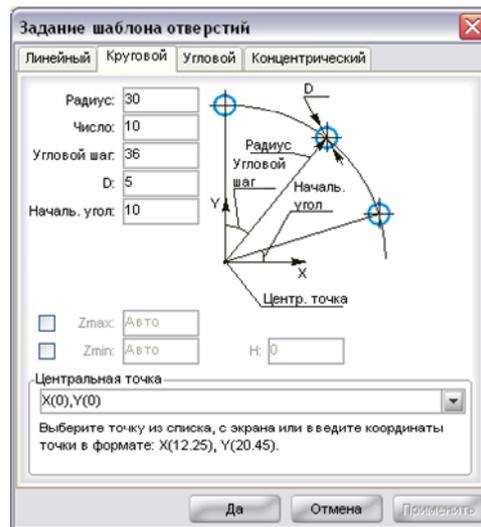
### Задание шаблона отверстий

В системе присутствуют следующие виды шаблонов: линейный, круговой, угловой, концентрический.

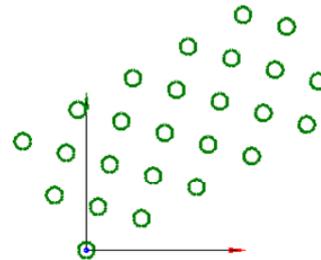
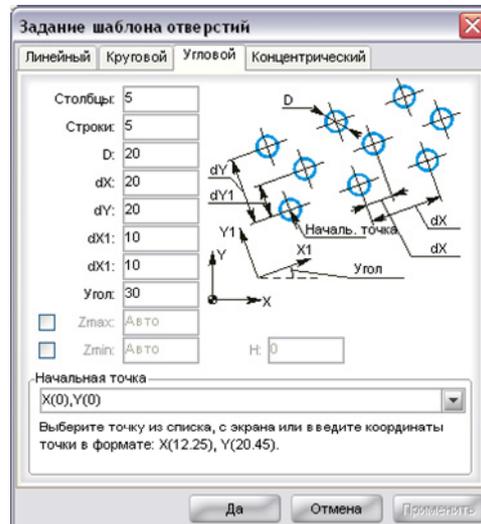
- На странице "Линейный" производится задание шаблона в виде прямоугольной сетки:



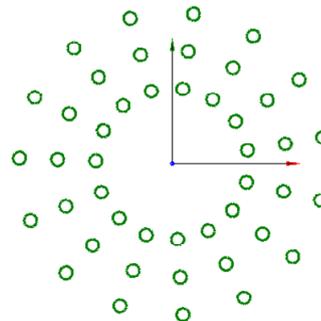
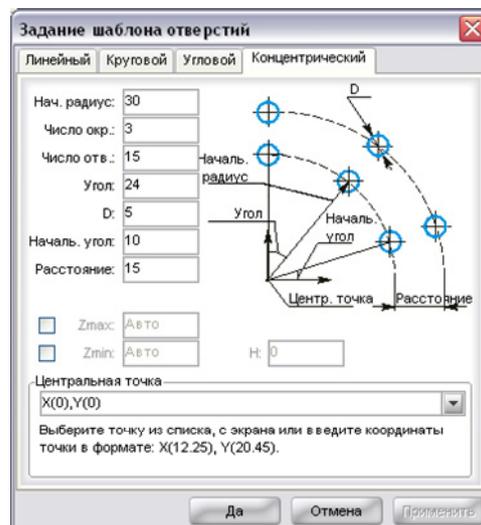
- На странице "Круговой" производится задание шаблона в виде окружности:



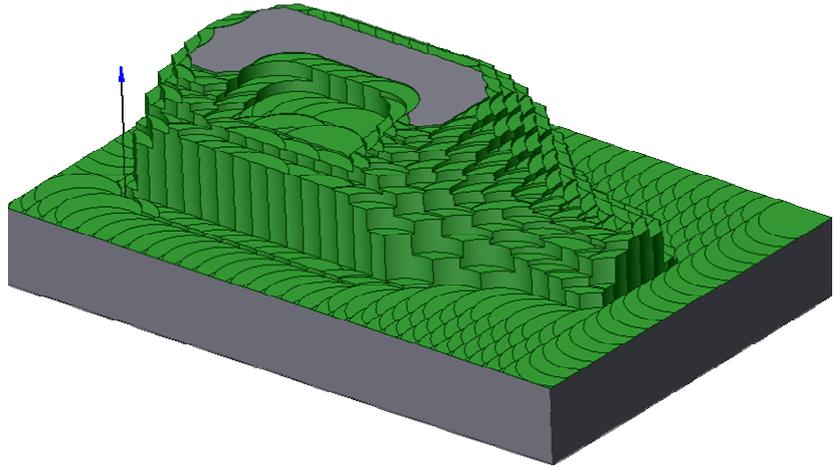
- На странице "Угловой" производится задание шаблона в виде сетки:



- На странице "Концентрический" производится задание шаблона в виде концентрических окружностей:



Использование шаблонов совместно с автоматическим определением уровней отверстия позволяет реализовать схему черновой обработки осевым врезанием.



### 5.3.10 Особенности задания отверстий для опускания фрезы в послойной черновой операции

При определении параметров послойной черновой операции, операции выборки области и операции обработки отверстия предоставляется возможность задания информации об отверстиях под заход фрезы.

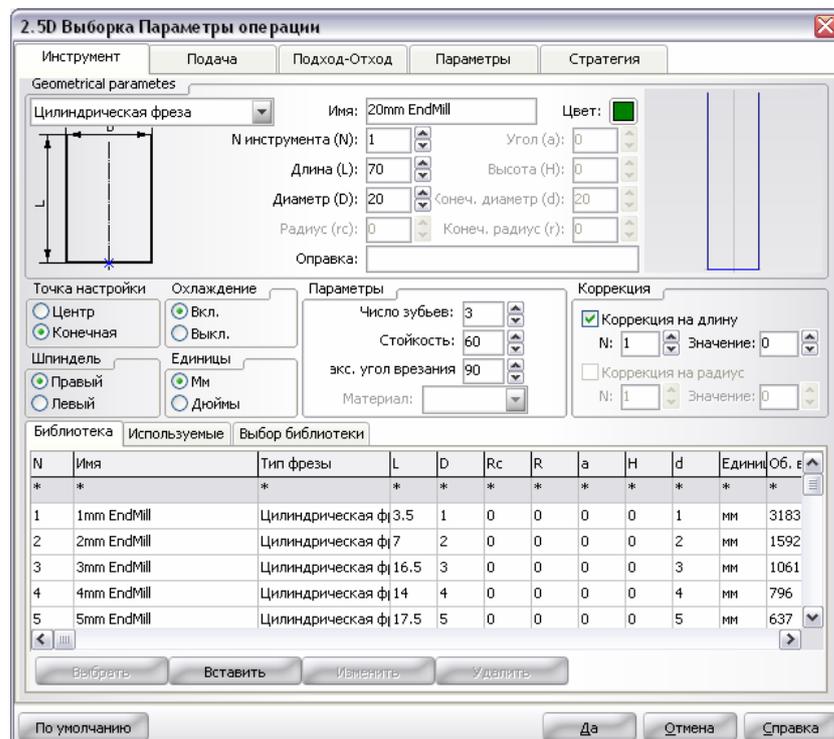
В послойной черновой операции и в операции выборки области список отверстий определяет места, в которых разрешается вертикальное опускание инструмента, за счет предварительно выполненного засверливания. При расчете траектории, если подход к локальной зоне не может быть выполнен снаружи, то производится поиск подходящей точки в списке отверстий. Если подходящее отверстие найдено, то оно используется для вертикального опускания инструмента. Если же подходящее отверстие не найдено, то оно формируется автоматически и добавляется в список.

Для быстрого создания операции обеспечивающей предварительную сверловку под опускание фрезы необходимо при создании операции обработки отверстия в качестве прототипа указать операцию выборки области или черновую послойную операцию. В этом случае все отверстия операции-прототипа будут скопированы во вновь создаваемую операцию. И, наоборот, для обеспечения возможности использования отверстий полученных операцией обработки отверстия для опускания фрезы, эта операция может быть указана прототипом послойной черновой операции или операции выборки области.

### 5.3.11 Задание инструмента фрезерной операции

Под операцией в системе понимается технологический переход, выполняемый одним инструментом. Таким образом, одним из ключевых параметров операции является режущий инструмент, которым производится обработка. Во фрезерных операциях реализованных в системе **SprutCAM**, режущим инструментом может быть осевой инструмент, а именно: концевые фрезы, сверла, граверы.

Задание геометрических параметров инструмента и прочих технологических параметров, связанных с его использованием производится на странице Инструмент в окне параметров операции.



В системе реализовано 10 типов инструмента, различающихся списком доступных геометрических параметров:

- Цилиндрическая фреза: длина, диаметр;
- Сферическая фреза: длина, диаметр;
- Тороидальная фреза: длина, диаметр, радиус скругления;
- Двухрадиусная фреза: длина, диаметр, радиус скругления у цилиндрической части, радиус скругления вершины;
- Двухрадиусная ограниченная фреза: длина, диаметр, радиус скругления у цилиндрической части, радиус скругления у вершины, высота;
- Коническая фреза: длина, диаметр, радиус скругления у цилиндрической части, радиус скругления вершины, угол;
- Фреза с отрицательным радиусом: длина, диаметр, радиус скругления у вершины;
- Коническая ограниченная фреза: длина, диаметр, радиус скругления у цилиндрической части, радиус скругления у вершины, угол, высота;
- Гравер: длина, диаметр, угол, высота, диаметр вершины;
- Сверло: длина, диаметр, угол заточки.

Если значение какого-либо параметра не позволяет построить инструмент, то этот параметр будет выделен красным цветом.

Общий вид и частный вид отображают текущий инструмент. Общий вид показывает инструмент выбранного типа с указанием ключевых размеров. Частный вид показывает инструмент в

пропорциях, соответствующих текущим геометрическим параметрам и типу инструмента; показывается только одна сторона инструмента.

В поле <№> определяется номер инструмента в управляющей программе. Если, при создании операции для техпроцесса, у технолога появилась необходимость использовать инструмент, уже определённый в ранее созданной операции того же техпроцесса, он может выбрать его списка используемых инструментов.

#### Технологические и прочие параметры:

- **Единицы измерения** параметров инструмента – миллиметры или дюймы.
- **Точка настройки.** Указывает для какой точки инструмента (центральной или конечной) будет рассчитываться управляющая программа.
- **Направление.** Задаёт направление вращения шпинделя (левое или правое).
- **Цвет.** Указывается цвет прорисовки траектории инструмента для текущей операции при её выполнении и, соответственно, цвет инструмента при моделировании обработки.
- **Число зубьев.** Указывает число зубьев инструмента. Параметр может использоваться для расчета режимов резания.
- **Материал** указывает материал инструмента. Параметр может использоваться для расчета режимов резания.
- **Стойкость** указывает допустимое время работы инструмента в минутах. В момент, когда время работы управляющей программы (УП), полученное с учетом выставленных режимов резания, превышает указанное, то в промежуточный язык CLDATA выводится соответствующая команда. Постпроцессор на основании обработки этой команды может вывести в УП команду на смену инструмента или комментарий.
- **Охлаждение.** При включенном охлаждении в начале УП формируется команда на включение охлаждения, а по окончании работы формируется команда выключения охлаждения.
- **Коррекция по длине.** При включенной коррекции на длину инструмента в начале УП вставляется команда на включение соответствующей коррекции. В поле <N> указывается номер корректора, который пойдет в УП. Величина коррекции по длине носит справочный характер и в УП не выводится. По окончании программы коррекция выключается.
- **Коррекция на радиус.** Коррекция на радиус может включаться только в операциях 2d и 3d обработки кривой. При обработке кривой слева или справа в УП выдается команда на включение соответствующей команды. В поле <N> указывается номер корректора, который будет выведен в УП. Величина коррекции здесь

используется для расчета траектории и моделирования обработки. В УП выводится эквидистанта к заданной кривой. Величина эквидистанты определяется как разница между радиусом инструмента и величиной коррекции. При необходимости вывода в УП исходного контура нужно задать величину коррекции равной радиусу инструмента. Поскольку в этом случае информация о реальной траектории перемещения инструмента будет отсутствовать в УП, то использование величины коррекции позволяет правильно производить моделирование обработки.

Заполненные однажды параметры, характеризующие конкретный инструмент, могут быть сохранены в библиотеке для использования в других операциях и техпроцессах. В нижней части окна предлагается инструментарий для работы с библиотекой инструментов.

Поиск требуемого инструмента из библиотеки производится следующим образом. Условия поиска задаются в первой строке соответствующего столбца. Поиск может производиться как по значению параметра, так и по маске. Для задания маски могут быть использованы следующие команды:

<\*> - (Звездочка) - произвольная строка.

<?> - (Вопрос) - произвольный символ.

<-> - (тире) - интервал.

<,> - (запятая) - перечисление.

Команды интервал и перечисление могут быть использованы только для поиска числового параметра.

#### Примеры:

- Найти все инструменты, в имени которых содержится слово <фреза>.
- В поле <Имя> следует ввести маску: \*фреза\*
- Найти все инструменты диаметром от 10 до 20 мм включительно.
- В поле <D> следует ввести маску: 10-20
- Найти все инструменты диаметром 15,23,47 мм.
- В поле <D> следует ввести маску: 15,23,47

Для задания маски могут быть использованы как отдельные команды, так и их комбинации. Для занесения параметров выбранного инструмента в верхнюю часть окна необходимо нажать кнопку <Выбрать>.

#### Страница <Выбор библиотеки>

На страничке <Выбор библиотеки> производится выбор библиотеки инструментов, а так же задаются параметры текущей библиотеки.

Библиотека | Используемые | Выбор библиотеки

Папка: D:\Sources\SprutCAM2006\EXE\

Файл библиотеки: ExtTools.lib

Имя библиотеки: Tools library.

Комментарии: Meter library of the standard installation. {ENDCOMMENT}

Версия: 3.57    Разделитель: ;    Число секций: 2    Число инструментов: 0

N инструмента из библиотеки

Новая    Сохранить как    Применить    Восстановить

Здесь же может быть указана другая библиотека или создана новая. Для загрузки выбранной библиотеки необходимо нажать кнопку **<Применить>**. Для восстановления измененных параметров следует нажать кнопку **<Отменить>**. Сохранение выбранной библиотеки производится после закрытия окна путем нажатия кнопки **<Да>**.

Список всех библиотек инструментов находящийся в каталоге содержится в выпадающей строке **<Файл библиотеки>**. Несколько библиотек инструмента удобно использовать, если необходимо создавать программы для нескольких станков, каждый из которых имеет свой инструментальный магазин.

### Страница **<Библиотека>**

Библиотека											
Используемые											
Выбор библиотеки											
N	Имя	Тип фрезы	L	D	Rc	R	a	H	d	Единиц	Об. в
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1	1mm EndMill	Цилиндрическая ф	3.5	1	0	0	0	0	1	мм	3183
2	2mm EndMill	Цилиндрическая ф	7	2	0	0	0	0	2	мм	1592
3	3mm EndMill	Цилиндрическая ф	16.5	3	0	0	0	0	3	мм	1061
4	4mm EndMill	Цилиндрическая ф	14	4	0	0	0	0	4	мм	796
5	5mm EndMill	Цилиндрическая ф	17.5	5	0	0	0	0	5	мм	637

Выбрать Вставить Изменить Удалить

На страничке **<Библиотека>** выводится весь список инструментов, имеющихся в текущей библиотеке. Для занесения параметров выбранного инструмента в верхнюю часть окна необходимо нажать кнопку **<Выбрать>**. Для добавления в библиотеку нового инструмента, характеризуемого параметрами, указанными в верхней части окна необходимо нажать кнопку **<Вставить>**. Для замены выбранного инструмента в библиотеке новым, характеризуемым параметрами, указанными в верхней части окна необходимо нажать кнопку **<Заменить>**. Для удаления выбранного инструмента из библиотеки необходимо нажать кнопку **<Удалить>**.

**Внимание:** Номер инструмента в библиотеке не соответствует номеру в управляющей программе!

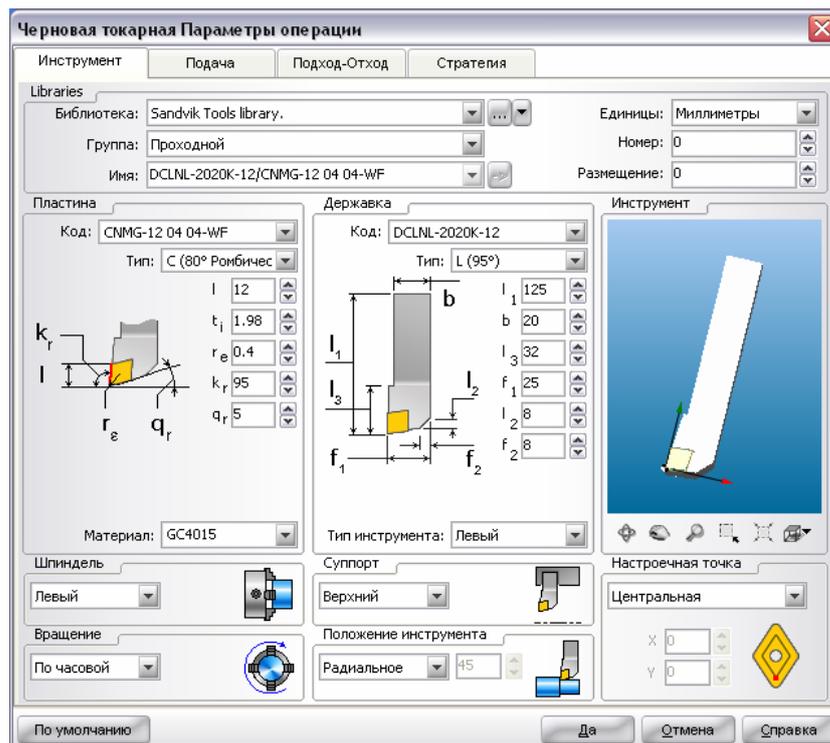
### Страница **<Используемые>**

Библиотека											
Используемые											
Выбор библиотеки											
N	Имя	Тип фрезы	L	D	Rc	R	a	H	d	Единиц	Об. в ми
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1	20mm EndMill	Цилиндрическая ф	70	20	0	0	0	0	20	милли	159
2	20mm Ball nose	Сферическая фрез	80	20	0	10	0	10	20	милли	159

Выбрать

На страничке **<Используемые>** выводится список всех инструментов, используемых в других операциях проектируемого техпроцесса.

## 5.3.12 Задание инструмента токарной операции



При создании операции ей автоматически назначается наиболее подходящий по стратегии инструмент из библиотеки. Редактирование параметров инструмента для текущей операции осуществляется на странице **инструмент** окна параметров, которое открывается при нажатии кнопки «параметры».

В графе <Имя> отображается полный список поддерживаемых инструментов указанной группы. При выборе нового инструмента из базы, автоматически меняются все параметры инструмента.

На панели <Пластина> представлены все основные параметры, которые относятся к пластине: код, тип, геометрические параметры с учетом особенностей каждой группы пластин, материал. Совместимые с державкой пластины (обозначены черным цветом) входят в белый список, а не совместимые – (обозначены серым цветом) – представляют серый список. При выборе кода или типа пластины, которая не совместима с текущей державкой автоматически будет подобрана совместимая державка. Для того, чтобы задать пластину произвольного типа необходимо выбрать пластину <Custom>. Такая пластина совместима с любой державкой.

На панели <Державка> представлены все основные параметры, относящиеся к державке: код, тип, геометрические параметры с учетом группы, направление. Также как и в пластинах справедливо понятие серого/белого списка.

Визуально оценить параметры инструмента можно в графическом окне <Инструмент>.

Для задания расположения инструмента можно управлять такими параметрами как:

- Положение суппорта(сверху/снизу)
- Положение инструмента (радиально/вдоль оси/под углом)
- Расположение шпинделя (слева/справа)

- Направление вращения (по часовой/против часовой)

Расчет траектории производится на настроечную точку, которая по умолчанию имеет значение центральная.

Управление графическим объектом полученного инструмента ничем не отличается от управления на главной странице

При нажатии кнопки **<По умолчанию>** все значения заполняются значениями инструмента по умолчанию для данной операции.

На этой же страничке можно задать номер инструмента в магазине (необходимо заполнить графу **<Номер>**), и номер магазина (необходимо заполнить графу **<Размещение>**).

Если в текущей библиотеке инструментов не оказалось требуемого инструмента, то можно либо выбрать другую базу инструментов из списка, либо отредактировать имеющуюся базу данных.

### База данных инструмента

Редактор библиотеки инструментов позволяет создавать новые базы данных инструментов, редактировать имеющиеся базы, проводить навигацию по отдельным секциям библиотеки, отображать данные базы в двух режимах: в виде таблицы и в расширенном виде. Изменения в текущей записи любой секции

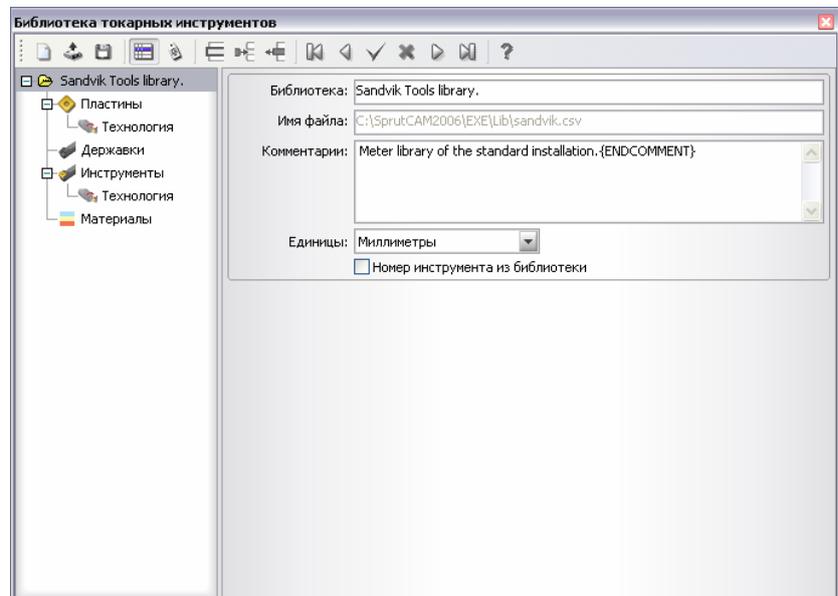
будут сделаны, если будет нажата кнопка . Для отмены

изменений можно использовать . Переключение видов

регулируется кнопками  . Для сохранения изменений в

библиотеке целиком необходимо воспользоваться кнопкой .

### Секция <Заголовок библиотеки>



На данной страничке можно заполнить информацию о текущей библиотеке.

### Секция <Пластины>

Вид в режиме таблицы:

Библиотека токарных инструментов

Sandvik Tools library.

- Пластины
  - Технология
  - Державки
  - Инструменты
    - Технология
  - Материалы

N	ID	NAME	SHAPE	CLEARANCE	TOLERANCE	TYPE	SIZE
1	1	CNMG-12 04 04-WF	C	N	M	G	12
2	2	CNMG-12 04 08-WF	C	N	M	G	12
3	3	WNMG-06 04 04-WF	W	N	M	G	6
4	4	WNMG-06 04 08-WF	W	N	M	G	6
5	5	WNMG-08 04 04-WF	W	N	M	G	8
6	6	WNMG-08 04 08-WF	W	N	M	G	8
7	7	DNMX-15 04 04-WF	D	N	M	X	15
8	8	DNMX-15 06 08-WF	D	N	M	X	15
9	9	TNMX-16 04 08-WF	T	N	M	X	16
10	10	CNMG-12 04 08-WM	C	N	M	G	12
11	11	CNMG-12 04 12-WM	C	N	M	G	12
12	12	WNMG-06 04 08-WM	W	N	M	G	6
13	13	WNMG-06 04 12-WM	W	N	M	G	6
14	14	WNMG-08 04 08-WM	W	N	M	G	8
15	15	WNMG-08 04 12-WM	W	N	M	G	8
16	16	DNMX-15 04 12-WM	D	N	M	X	15
17	17	DNMX-15 04 16-WM	D	N	M	X	15
18	18	DNMX-15 06 12-WM	D	N	M	X	15
19	19	DNMX-15 06 16-WM	D	N	M	X	15
20	20	TNMX-16 04 12-WM	T	N	M	X	16

Вид в расширенном режиме:

Библиотека токарных инструментов

Sandvik Tools library.

- Пластины
  - Технология
  - Державки
  - Инструменты
    - Технология
  - Материалы

Пластина: C (80° Ромбичес)

Задний угол: N (0°)

Тип пластины: G (Со стружкоп)

Код: C N M G - 06 04 08 - WF

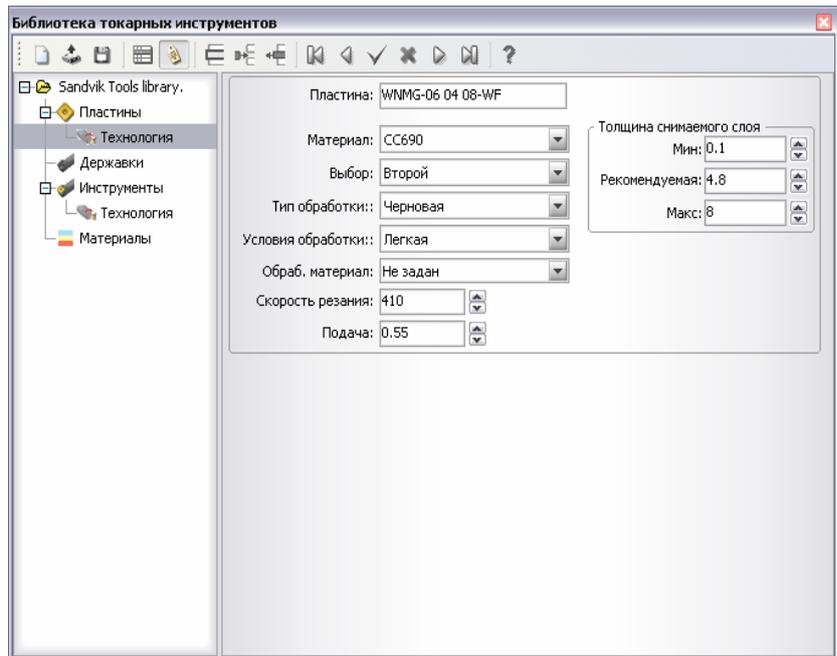
Размер пластины: 6

Толщина: 04

Радиус вершины: 0.8

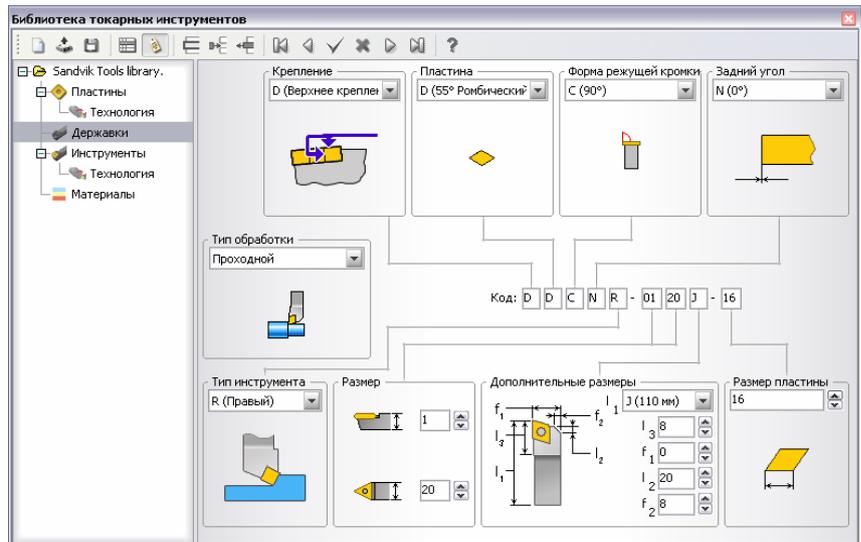
На данной вкладке можно заполнить поля в кодировке пластин по системе ISO, где значения параметров могут быть подставлены из ряда.

**Секция <Технология>**



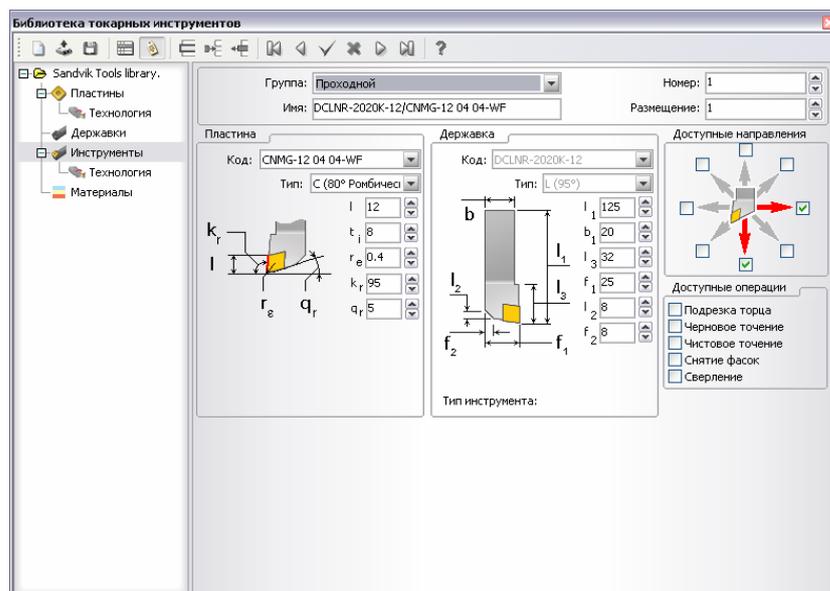
На данной вкладке можно заполнить технологические параметры для пластины. Установить тип обработки, для которой применяется данная пластина, режимы резания этой пластиной материал и выбор.

### Секция <Державки>



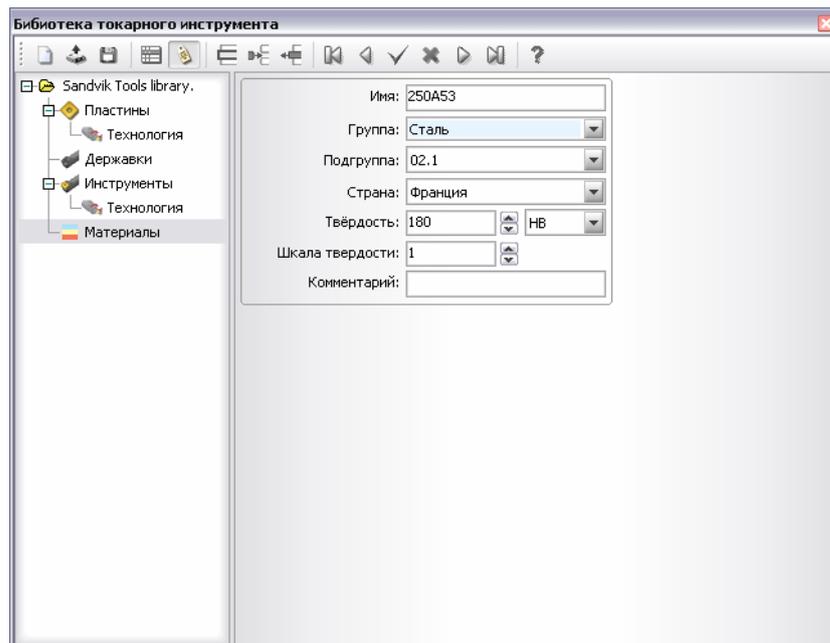
Изменяя значения параметров, можно редактировать код текущей державки, а результат сохранить в базу под уже имеющимся номером.

### Секция <Инструменты>



В данной секции производится редактирование уже собранных инструментов, расстановка доступных направлений перемещений инструментов, согласно которым строится обработка. И доступные операции, для которых может, применен данный инструмент.

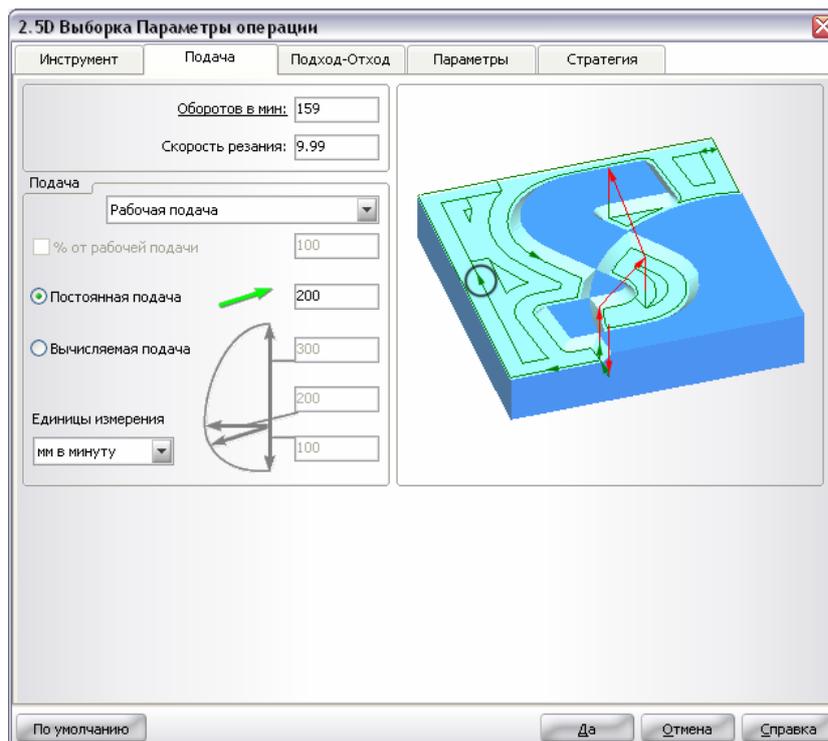
#### Секция <Материалы>



В секцию материалов можно добавить как обрабатываемый материал, так и материал пластин. Все материалы разбиты по группам, а также по странам производителям. Можно дополнить уже имеющуюся запись комментариями.

### 5.3.13 Режимы резания фрезерных операций

Определения режимов резания текущей операции осуществляется на странице **Подача** в окне **Параметров операции**. На странице задаются обороты вращения шпинделя, величина ускоренной подачи и величины подач для различных участков траектории инструмента.



Скорость вращения шпинделя может задаваться либо указанием частоты вращения, либо указанием скорости резания. Определяющая величина выделяется подчеркиванием. Вторая величина пересчитывается исходя из определяющей с учетом диаметра инструмента.

- **Частота вращения.** Задаёт частоту вращения шпинделя в оборотах в минуту. Параметр пересчитывается при изменении скорости резания или диаметра, если до этого была изменена скорость резания.
- **Скорость резания.** Задаёт скорость перемещения инструмента по детали в метрах в минуту или футах в минуту, в зависимости от выбранных единиц измерения. Параметр пересчитывается при изменении скорости вращения или диаметра, если до этого была изменена скорость вращения.

В окне также устанавливаются подачи для различных участков траектории. В зависимости от типа операции, ее траектория может не содержать участки определенных типов, поэтому количество подач в выпадающем списке может меняться.

- **Ускоренная подача** используется в основном при перемещении на безопасной плоскости. Участки траектории, выполняемые на ускоренной подаче, изображаются красным цветом. При переключении на ускоренную подачу формируется команда RAPID промежуточного языка CLDATA. Для многих станков величина ускоренной подачи не используется в управляющей программе, но эта величина всегда используется системой для расчета машинного времени.
- **Рабочая подача** определяет подачу, на которой выполняется рабочий ход. Эта величина является

основной. Все остальные подачи могут задаваться в процентах относительно рабочей.

- **Подача подхода** определяет подачу, на которой выполняется подход к рабочему ходу. По умолчанию, подача подхода равна 50% от рабочей подачи.
- **Подача отхода** определяет подачу, на которой выполняется отход от обрабатываемой поверхности. По умолчанию, подача подхода равна рабочей подачи.
- **Подача перехода** к следующей строчке определяет подачу, на которой выполняется переход. По умолчанию равна 50 % от рабочей подачи.
- **Подача возврата** по обработанному определяет подачу, на которой выполняется возврат инструмента вдоль уже обработанной поверхности. По умолчанию равна 300 % от рабочей подачи.
- **Подача первого прохода** определяет подачу, с которой будет сниматься первый слой с заготовки. Если заготовка имеет корку, то эта подача должна быть выставлена ниже рабочей. По умолчанию равна 50 % от рабочей подачи.
- **Подача чистового прохода** в черновых операциях определяют подачу движения вдоль обрабатываемой поверхности для получения требуемой шероховатости. По умолчанию равна 50 % от рабочей подачи.
- **Единицы измерения.** Подача может задаваться в миллиметрах в минуту или миллиметрах на один оборот шпинделя.

Если метка в поле **<Постоянная подача>** присутствует, то величина подачи задается в соответствующем поле. При этом подача не зависит от направления движения инструмента.

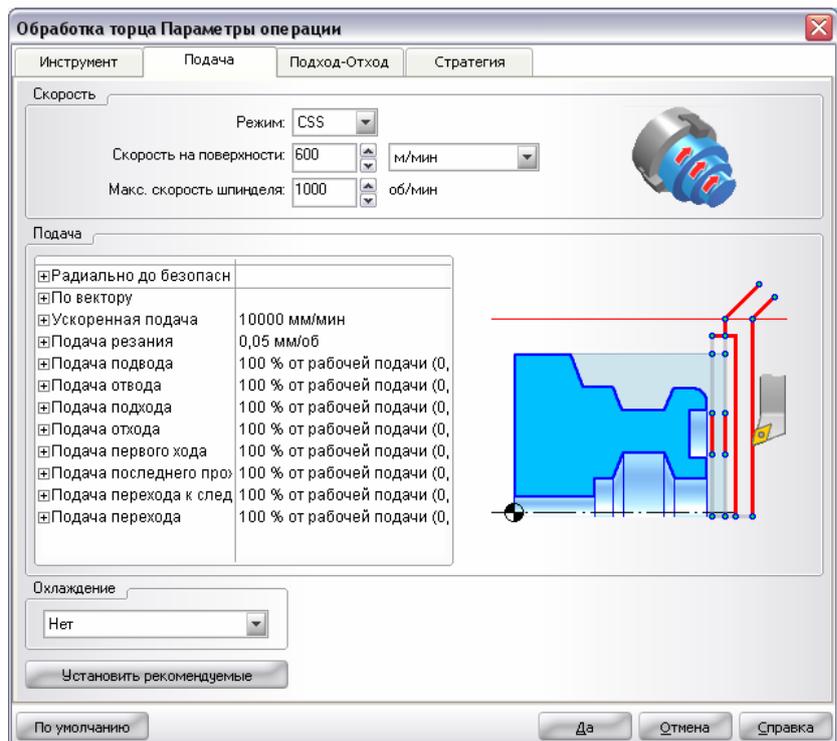
Если присутствует метка в поле **<Вычисляемая подача>**, то подача вычисляется для каждого перехода. Исходными данными для вычисления подачи являются заданные технологом параметры изменяемой рабочей подачи (подача при движении вертикально вверх, горизонтально, вертикально вниз) и определенный системой угол между направлением перехода и вертикалью.

В системе предусмотрена возможность задания величины подачи в процентах от рабочей подачи. Для этого необходимо установить флажок в поле **<% от рабочей подачи>**. При этом тип подачи (**Постоянная / Вычисляемая**) и **Единицы измерения** будут установлены такими же, как и у рабочей подачи, а все числовые значения будут составлять указанный процент от соответствующих значений рабочей подачи.

---

### 5.3.14 Режимы резания токарных операций

Для задания параметров подач текущей токарной операции следует открыть окно **параметров операции** и перейти на страницу **Подача**. Пример окна для операции обработки торца представлен ниже.



### Скорости

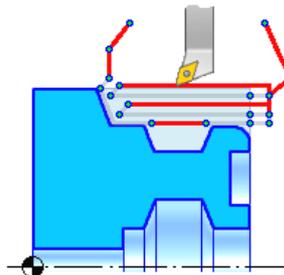
Существует два способа задания частоты вращения шпинделя. Прямое **RPM** и посредством задания постоянства скорости резания **CSS**. В первом случае задаётся скорость вращения шпинделя. Во втором случае, исходя из текущего диаметра детали, стойка ЧПУ рассчитывает текущее значение частоты вращения шпинделя и обрабатывает его. В этом случае конкретная скорость вращения шпинделя не задаётся, ограничивается лишь её максимальное значение.

### Подача

В окне устанавливаются подачи для различных участков траектории. В зависимости от типа операции, ее траектория может не содержать участки определенных типов, поэтому количество подач в списке может меняться.

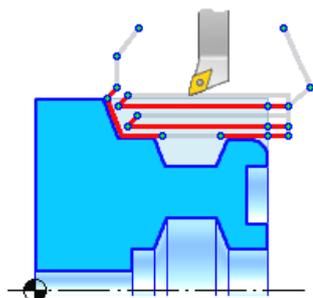
Все типы подач сведены в таблицу представленную ниже.

Все вспомогательные подачи

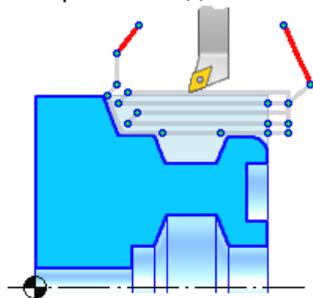


Все рабочие подачи

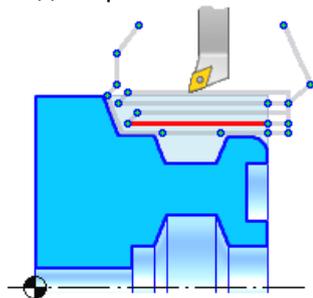
Все подачи, на которых не производится снятие материала заготовки. Используются для перемещения инструмента до и после рабочего хода.



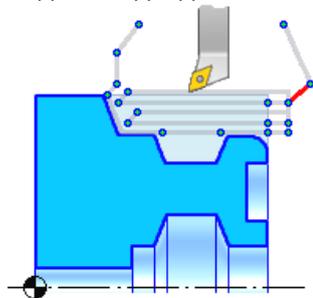
Ускоренная подача



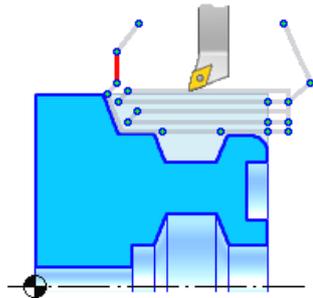
Подача резания



Подача подхода



Подача отвода



Подача подхода

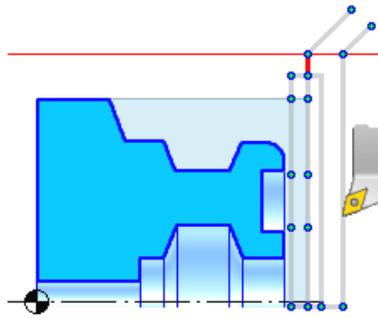
Все подачи, на которых производится снятие материала заготовки.

Используется при перемещении на безопасной плоскости. Участки траектории, выполняемые на ускоренной подаче, изображаются красным цветом. При переключении на ускоренную подачу формируется команда RAPID промежуточного языка CLDATA.

Определяет подачу, на которой выполняется рабочий ход. Эта величина является основной. Все остальные подачи могут задаваться в процентах относительно рабочей.

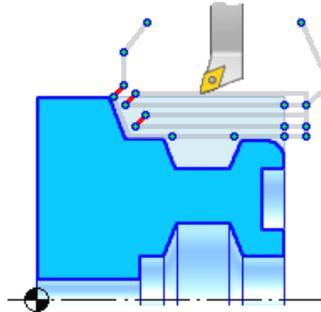
Определяет подачу для подвода инструмента в зону резания, в точку начала подхода первого рабочего хода из **начальной точки**.

Определяет подачу для отвода инструмента из конечной точки отхода последнего рабочего хода в **конечную точку**.



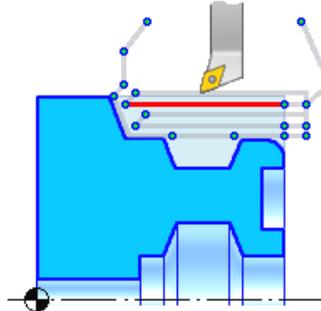
Определяет подачу, на которой выполняется подход к рабочему ходу. По умолчанию подача равна подаче резания.

Подача отхода



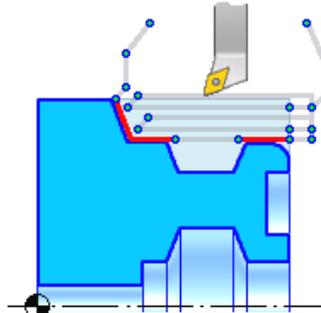
Определяет подачу, на которой выполняется отход от обрабатываемой поверхности после рабочего хода. По умолчанию подача равна подаче резания.

Подача первого хода



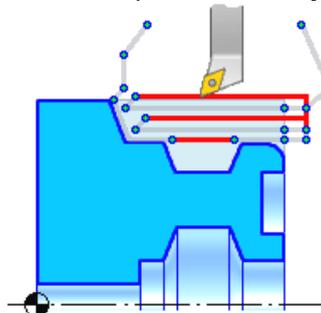
Определяет подачу, с которой будет сниматься первый слой с заготовки. Если заготовка имеет корку, то подача должна быть выставлена меньше рабочей.

Подача последнего хода



В черновых операциях определяют подачу движения вдоль обрабатываемой поверхности для получения требуемой шероховатости.

Подача перехода к следующему слою



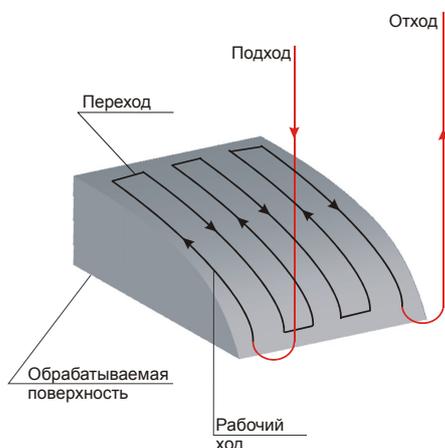
Определяет подачу, на которой выполняется переход к следующему рабочему ходу.

Величины подачи могут быть заданы в следующих единицах

- **мм/мин.** – задаёт подачу в виде линейного перемещения инструмента за одну минуту обработки;
- **мм/Об.** – задаёт подачу в виде линейного перемещения инструмента на один оборот шпинделя;
- **в % от рабочей подачи.** – задаёт подачу в виде процентного отношения к **подаче резания**. **Например:** при 100% подача будет равна **подаче резания**, при 50% подача будет равна половине от подачи резания.

*Примечание:* При изменении подачи резания величины заданные в процентах от неё будут автоматически пересчитаны.

### 5.3.15 Подходы, отходы и врезания фрезерных операций



#### Подходы и отходы

Для обеспечения большей гибкости управления началом и окончанием процесса резания в системе предусмотрены специальные схемы подходов и отходов. Под подходом (отходом) понимается последовательность перемещений инструмента к началу (из конца) рабочего хода. Для них могут задаваться подачи, отличные от подач, на которых выполняется рабочий ход. Подходы добавляются в начало каждого рабочего хода, соответственно отходы добавляются в конец каждого рабочего хода. Если в операции используется коррекция на радиус инструмента, то она включается в начале подхода и выключается в начале отхода.

**Подход** инструмента производится следующим образом:

- Подвод инструмента в точку опускания на высоте безопасной плоскости операции.
- Вертикальное опускание на ускоренной подаче на безопасный уровень или безопасное расстояние до начала подхода (в зависимости от установок). Безопасный уровень задается координатой Z в текущей системе координат. А безопасное расстояние – расстояние до начала заданного подхода.

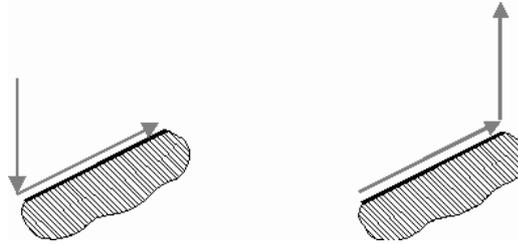
- Вертикальное опускание на рабочей подаче до начала заданного подхода.
- Установленный технологом подход на рабочей подаче к обрабатываемой детали.
- Начало рабочего хода.

**Отход** инструмента осуществляется в порядке:

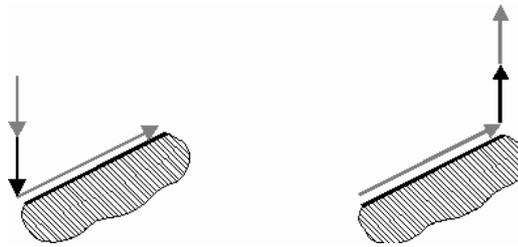
- Конец рабочего хода.
- Отход установленного типа на рабочей подаче.
- Вертикальный подъем инструмента до безопасной плоскости на ускоренной подаче.

В системе реализованы следующие режимы подхода и отхода инструмента:

**Без подхода.** Инструмент перемещается на безопасный уровень или безопасное расстояние, откуда на рабочей подаче переходит к первой точке обработки. Отход - инструмент из последней точки обработки отводится вертикально вверх на ускоренной подаче.



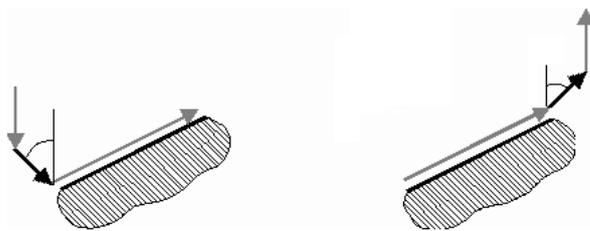
**Вертикальный.** Подход осуществляется по вертикальной прямой непосредственно в первую точку рабочего хода. Отход – по вертикальной прямой из последней точки рабочего хода.



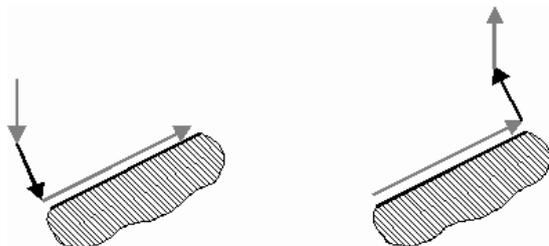
**Горизонтальный.** Подход осуществляется по горизонтальной прямой непосредственно в первую точку рабочего хода. Отход - по горизонтальной прямой из последней точки рабочего хода.



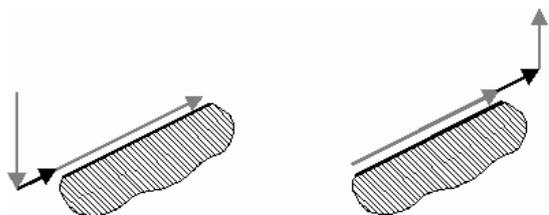
**Под углом к оси.** Подход осуществляется под углом к вертикальной оси в первую точку рабочего хода. Отход - под углом к вертикальной оси из последней точки рабочего хода.



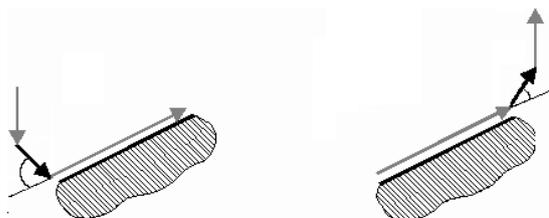
**По нормали.** Подход осуществляется по нормали к поверхности в первой точке рабочего хода, отход - в последней.



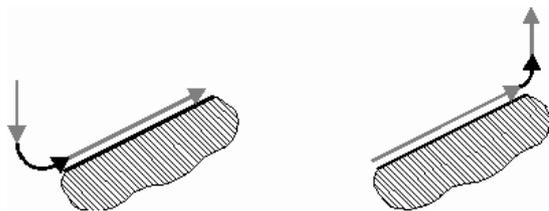
**По касательной.** Подход производится по касательной к кривой рабочего хода инструмента в ее первой точке, а отход – в последней.



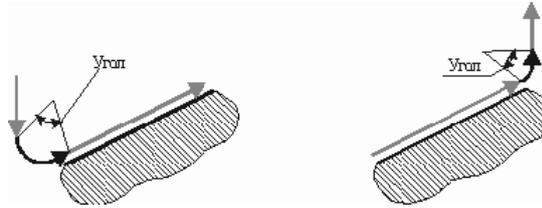
**Под углом к касательной.** Подход производится под углом к касательной к кривой рабочего хода инструмента в ее первой точке, а отход - под углом к касательной к кривой рабочего хода инструмента в последней.



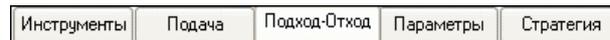
**По дуге.** К первой точке кривой рабочего хода инструмента добавляется дуга окружности заданного радиуса, лежащая в вертикальной плоскости, и имеющая общую касательную с кривой рабочего хода в точке стыковки. Угол дуги вычисляется таким образом, чтобы касательная на втором конце дуги была вертикальна. Опускание инструмента производится к вертикальному концу дуги, затем подход по дуге и рабочий ход. Отход осуществляется аналогичным образом.



**По дуге (углу).** Алгоритм подхода и отхода похож на описанный в предыдущем абзаце, с той лишь разницей, что используется дуга с фиксированным углом.



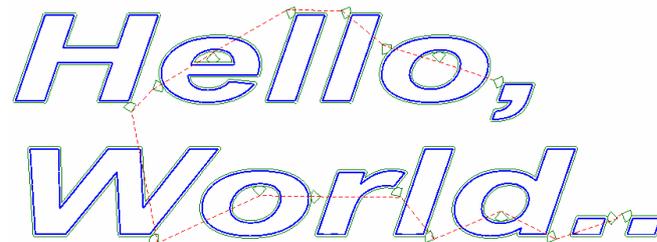
Задание геометрических параметров подходов производится на странице <Подход-Отход>.



Его открытие осуществляется нажатием кнопки <Параметры>. На схематических рисунках красным цветом обозначена траектория инструмента на ускоренной подаче, зеленым – на рабочей подаче. Переключателями типа подхода и отхода устанавливается тип подхода и отхода инструмента для операции. В соответствии с типом подхода/отхода изменяются пояснительные рисунки и поля для установки параметров подхода/отхода.

Переключателем <Безопасный уровень / Безопасное расстояние> устанавливается, каким способом будет задана координата Z, при которой происходит переключение с ускоренной на рабочую подачу. Безопасный уровень задается координатой Z в текущей системе координат. Безопасное расстояние задается высотой относительно начальной точки подхода, установленного типа.

При **обработке 2D кривых** осуществляется автоматический выбор точки подхода. Если точка подхода не указана, то подход осуществляется к внешнему углу или самому длинному отрезку как показано на рисунке.



### Виды врезаний

При невозможности подойти снаружи к обрабатываемому участку система автоматически генерирует врезания для подхода к первой точке рабочего хода. Врезание это участок траектории, который обеспечивает перемещение инструмента по координате Z в теле заготовки. Врезание производится следующим образом:

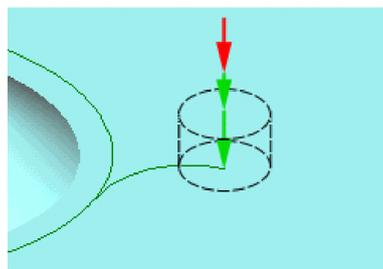
- Подвод инструмента в точку опускания на высоте безопасной плоскости операции.
- Вертикальное опускание на ускоренной подаче до безопасного уровня или до безопасного расстояния до начала врезания (в зависимости от установок). Безопасный уровень - координата Z в текущей системе координат. А безопасное

расстояние - расстояние до начала заданного врезания.

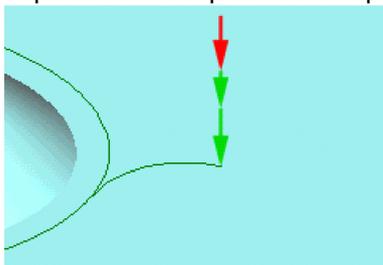
- Вертикальное опускание на подаче подхода до начала заданного врезания.
- Установленное технологом врезание на подаче подхода к точке подхода.
- Начало подхода.

В системе реализованы следующие типы врезаний.

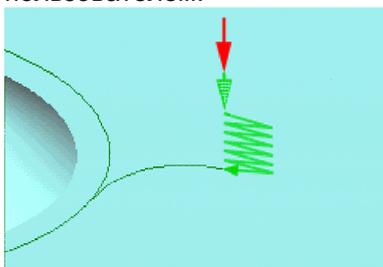
- **Врезание через точку засверливания.** При необходимости сформировать врезание через точку засверливания система ищет подходящее по координатам центра, глубине и диаметру отверстие. Если такое отверстие найдено, то опускание производится в его центре. В противном случае система автоматически генерирует подходящее отверстие и заносит его в список. Пользователь имеет возможность указать отверстия, в которых желательно опускание в окне <Модель>.



- **Осевое врезание.** Осуществляется по вертикальной прямой в первую точку подхода.

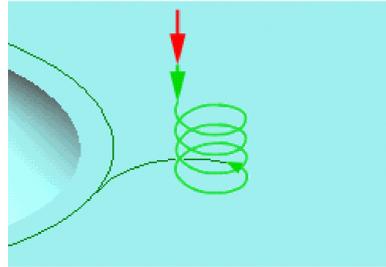


- **Врезание зигзагом.** Инструмент совершает возвратно-поступательное движение вдоль отрезка прямой, сопряженной с первой точкой подхода. Длина отрезка устанавливается пользователем.

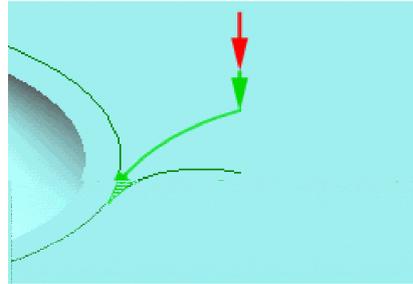


- **Врезание по спирали.** Инструмент совершает круговое движение по окружности, сопряженной в своей последней точке с первой точкой подхода. Радиус окружности устанавливается

пользователем.

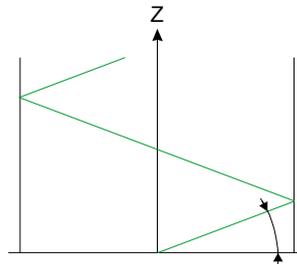


- **Врезание вдоль кривой подхода.** Инструмент подводится к первой точке подхода и движется вдоль кривой подхода. Конец процесса врезания происходит в последней точке подхода.

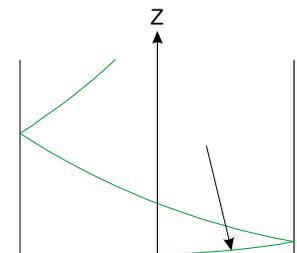


Для трех последних типов врезания (зигзагом, по спирали, вдоль кривой подхода) устанавливается закон движения инструмента по Z. Доступны два вида движения: угловое и радиальное.

- **Угловое.** Скорость вертикального перемещения инструмента всегда постоянна. Параметр задается углом между плоскостью XY и плоскостью вертикального перемещения инструмента.



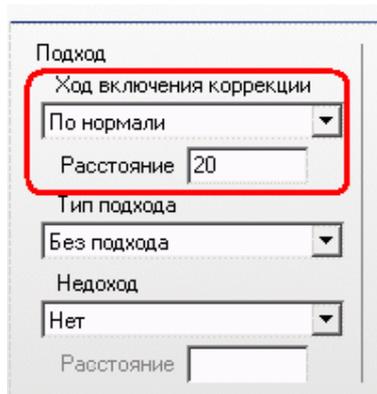
- **Радиальное.** Перемещение инструмента по вертикали происходит по синусоидальному закону, причем скорость изменения высоты в последней точке врезания равна нулю. Параметр задается радиусом дуги, центр которой расположен на оси, параллельной оси Z и исходящей из последней точки врезания.



#### Составные подходы и отходы.

Подход формируется в плоскости обрабатываемого контура. Подход представляет собой часть траектории обработки пристраиваемую к начальной точке обрабатываемого контура. Он

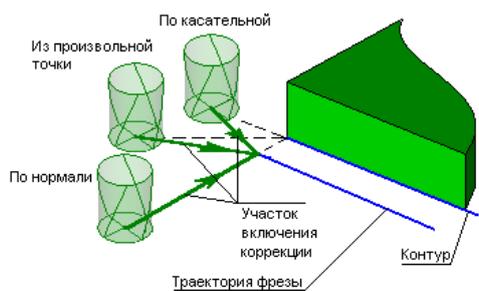
может состоять из трех участков - участка включения коррекции, непосредственно участка самого подхода, а так же участка представляющего собой пристройку к обрабатываемому контуру. Опирируя этими тремя способами можно получить наиболее оптимальную траекторию подхода в каждом конкретном случае. Последовательность участков неизменна, любые из этих элементов можно не включать в траекторию.



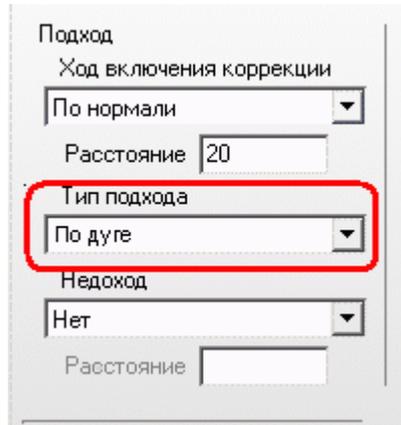
Участок включения коррекции инструмента по радиусу.

Включение и выключение коррекции производится только на линейных перемещениях инструмента. Либо тангенциально (перпендикулярно), либо по нормали (по касательной) к следующему участку траектории, либо из произвольно заданной точки. Непосредственно за участком включения коррекции может находиться участок подхода, либо участок удлинения контура, либо сам контур в зависимости от конкретных условий и решений, принятых технологом. Участку включения коррекции соответствует кадр линейного перемещения в УП, в котором, помимо информации о перемещении, имеются функции G41 или G42 и номер корректора, как правило, D или H в соответствии с требованиями конкретного УЧПУ. Задание этого участка в **SprutCAM** производится в окне Параметров операции на странице Подход-Отход. В поле "Ход включения коррекции" выбирается способ присоединения участка включения коррекции к следующему участку траектории, а в поле "Расстояние" задается длина этого участка (рисунок слева)

Участок включения коррекции формируется системой управления станка, устаревшие стойки формируют простое линейное перемещение, более современные УЧПУ могут формировать траекторию с учетом контроля столкновения фрезы с заготовкой.



На рисунке слева показаны способы формирования участков включения коррекции примыкающих непосредственно к контуру обработки детали, т.е. участки подхода и удлинения контура в этом случае не были активизированы. Пунктиром показаны способы перемещения: по касательной, из произвольной точки, перпендикулярно к контуру. Линии со стрелками это пути перемещения инструмента с учетом отработки величины коррекции установленной оператором станка в корректоре текущего инструмента.

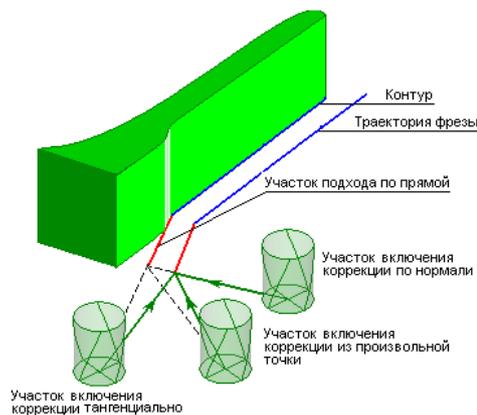
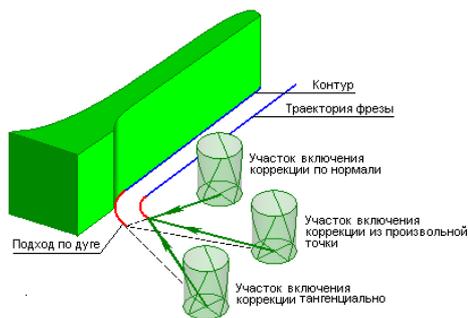


### Подход

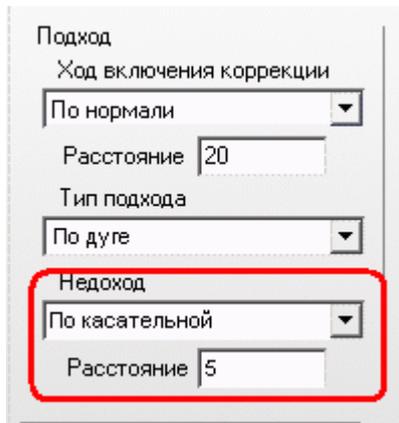
На этом участке, как правило, происходит соприкосновение инструмента с материалом заготовки, поэтому система предлагает использовать все известные на сегодня способы врезания инструмента в материал, а именно тангенциально, по нормали, по дуге, под произвольно заданным углом. Следующим вслед за участком подхода может находиться участок удлинения контура, либо сам контур в зависимости от конкретных условий и решений, принятых технологом. Если Подходу предшествовал участок включения коррекции, тогда Подход обрабатывается станком с учетом величины коррекции. Соответственно если участок включения коррекции не был включен, перемещение инструмента будет осуществляться непосредственно по кривой подхода центром фрезы.

Подход задается в окне Параметров операции на странице Подход-Отход. В поле "Тип подхода" выбирается способ подхода: по дуге, по нормали, по касательной. В полях поясняющего рисунка устанавливаются требуемые геометрические параметры траектории подхода.

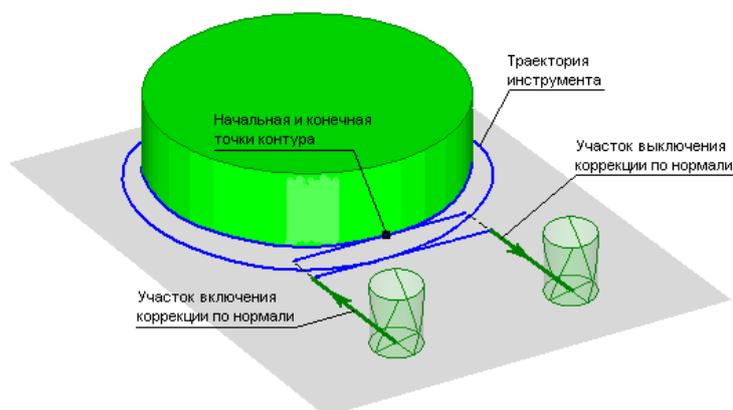
На рисунке показан подход по дуге примыкающий к контуру обработки детали. Фактически участок подхода это часть контура обработки. Вопрос включения или не включения этого участка в общую конструкцию подвода инструмента к детали решается технологом ЧПУ в зависимости от конкретных условий и требований к обрабатываемой детали.



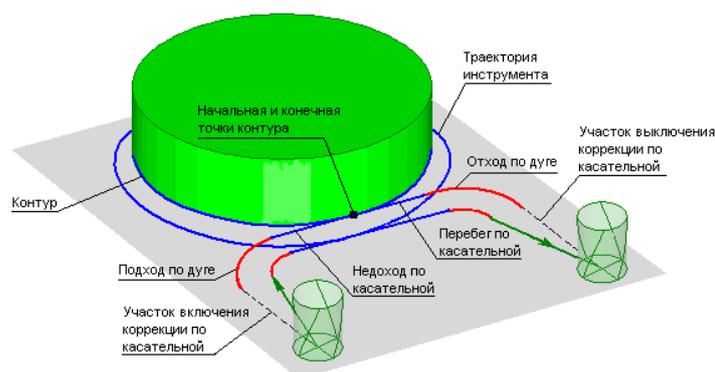
На рисунке показан подход к контуру обработки детали под углом из произвольно заданной точки, с участком включения коррекции, как и в предыдущем примере.



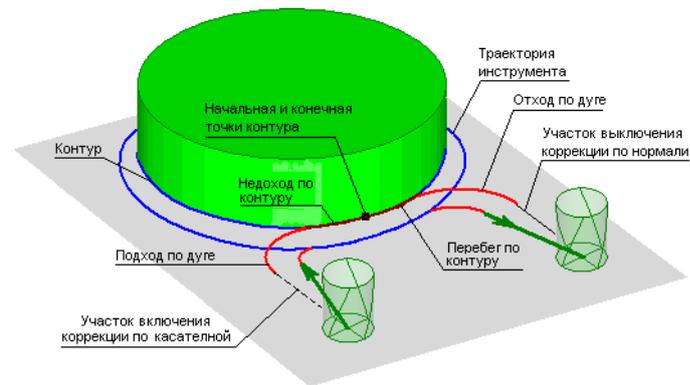
Участок удлинения контура (недоход и перебег). Зачастую возникает необходимость удлинить контур либо в начале, либо в конце, либо и там и там. С этой целью в **SprutCAM** используется дополнительный участок контура. Этот участок называют недоход, если его добавляют в начале контура и перебег если в конце. Как правило, используется при обработке вдоль замкнутых контуров, когда начальная и конечная точки контура совпадают. Обычно в этом случае остается след от фрезы из за неравномерного объема снимаемого материала в момент врезания, а так же эффекта отжима фрезы. Этот участок траектории можно формировать двумя способами - По касательной к начальной и конечной точкам или по контуру. При использовании режима "по касательной" необходимо иметь в виду, что в некоторых случаях касательная может быть направлена внутрь детали, и принять необходимые меры для предотвращения зареза детали. Участки недохода и перебега задаются в окне Параметров операции на странице Подход-Отход. В поле "Тип подхода" выбирается способ подхода: по дуге, по нормали, по касательной.



На рисунке изображена ситуация когда недоход и перебег заданы способом "По касательной", причем подход и отход к контуру не включены т.е. имеется участок включения коррекции по нормали к недоходу, и участок выключения коррекции также по нормали к перебегу



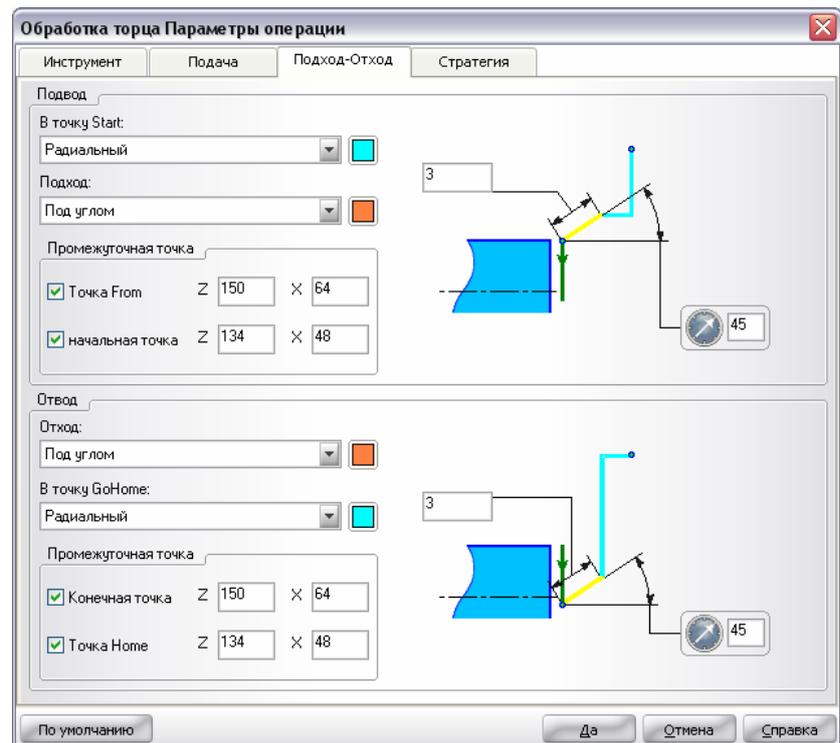
На рисунке изображена та же ситуация только с включенными участками подхода и отхода по дуге



На рисунке показан способ удлинения вдоль контура - участки "Недоход по контуру" "Перебег по контуру"

### 5.3.16 Подходы-отходы токарных операций

Для задания способа подходов/отходов операции следует открыть окно параметров операции и перейти на страницу **Подход-Отход**. Пример окна для операции обработки торца представлен ниже.



#### Отводы-Подводы.

Под подводом понимается последовательность перемещений инструмента к началу подхода из **начальной точки** или **точки From**. Под отводом понимается последовательность перемещений инструмента из конечной точки отхода последнего рабочего хода в **конечную точку** или **точку Home**. Подвод и отвод в операции выполняются один раз.

**Подвод** выполняется следующим образом:

- Перемещение инструмента в начальную точку;
- Перемещение инструмента из текущей позиции в точку From (если она задана);
- Перемещение инструмента через промежуточные точки (если заданы);
- Перемещение инструмента в начало подхода первого рабочего хода через безопасную плоскость или другим способом, в зависимости от настроек.

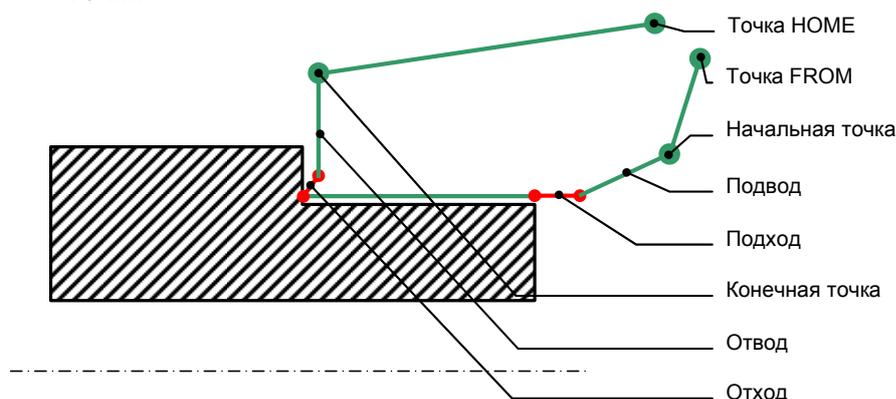
**Отвод** выполняется следующим образом:

- Перемещение инструмента из последней точки отхода последнего рабочего хода через безопасную плоскость или другим способом, в зависимости от настроек;
- Перемещение инструмента через промежуточные точки (если заданы);
- Перемещение инструмента из текущей позиции в точку From (если она задана);
- Перемещение инструмента в конечную точку;

#### Виды подводов

- **По прямой.** Перемещение в заданную точку производится по кратчайшему расстоянию;
- **Радиальный;** Инструмент сначала перемещается перпендикулярно оси вращения до уровня заданной точки, затем вдоль оси в точку;
- **Осевой;** Инструмент сначала перемещается вдоль оси вращения до координаты Z заданной точки, а затем опускается в точку;
- **Через радиальную плоскость безопасности;** Инструмент перемещается в координату Z заданной точки на уровне радиальной безопасной плоскости. Перемещение производится по кратчайшему расстоянию. Затем инструмент перемещается по координате Y в точку.
- **Через осевую плоскость безопасности;** Инструмент перемещается в координату Y заданной точки на уровне осевой плоскости безопасности. Перемещение производится по кратчайшему расстоянию. Затем инструмент перемещается по координате Z в заданную точку.

#### Точки



**Точка FROM.** Определяет исходную позицию инструмента перед началом обработки. Эта опция не вызывает перемещения, а лишь формирует оператор FROM в CLData, который будет началом траектории, но если УП рассчитывается в приращениях, тогда эта точка нужна для расчета первого перемещения. Положение точки в системе координат станка задается в параметрах станка.

**Начальная точка.** Точка, в которую перемещается инструмент перед началом резания. Используется для безопасного подвода инструмента к зоне резания. Перемещение в нее из точки From производится на ускоренной подаче.

**Промежуточные точки** подвода (по мере необходимости). Используются для обеспечения сложной траектории подвода/отвода инструмента к зоне обработки. Задаются отдельно для каждой операции.

**Конечная точка** Точка в которую перемещается инструмент после отхода (если он есть). Она нужна для безопасного подвода инструмента из зоны резания. Точка задается за плоскостью безопасности (если она есть). Перемещение в нее из точки From производится на ускоренной подаче.

**Точка Home.** Окончательная позиция инструмента. В качестве нее часто используется точка FROM. Эта опция формирует оператор GHOME и является последним оператором траектории.

**Точка смены инструмента.** Задается в параметрах станка. В УП может не выводиться, а обрабатываться автоматически по **M6**. Может выводиться конкретно, в виде GOTO или обрабатываться по функции аналогу **G28**. Задание координат точки особенно важно при организации УП в приращениях.

**Начальная и конечная** точки выводятся в траекторию всегда, независимо от состояния переключателя. Если параметр неактивен, то точки рассчитываются автоматически, исходя из условия, что они должны находиться, за радиальной и осевой плоскостями безопасности. Для ручного задания координат точки следует включить параметр, поставив напротив него галочку.

Точки **From** и **Home** выводятся в траекторию, только если они включены.

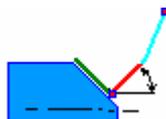
Способ перехода от точки **FROM** в **Начальную точку**, и из **Конечной точки** в точку **FROM** формируется в соответствии с заданием в окне **Подходы/Отходы**

### **Подходы-Отходы**

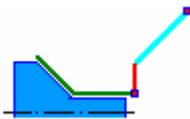
Под **Подходом** (отходом) понимается последовательность перемещений инструмента к началу (из конца) рабочего хода. Подходы добавляются в начало каждого рабочего хода, соответственно отходы добавляются в конец каждого рабочего хода. Если в операции используется коррекция на радиус инструмента, то она включается в начале подхода и выключается в начале отхода.

### **Виды подходов-отходов**

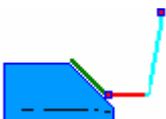
- **Под углом.** Задаётся углом и расстоянием. Инструмент отводится от детали под заданным углом на величину отхода. Угол отсчитывается от оси вращения и против часовой стрелки;



- **Радиальный.** Задаётся расстоянием. Инструмент отводится перпендикулярно оси вращения на величину отхода;

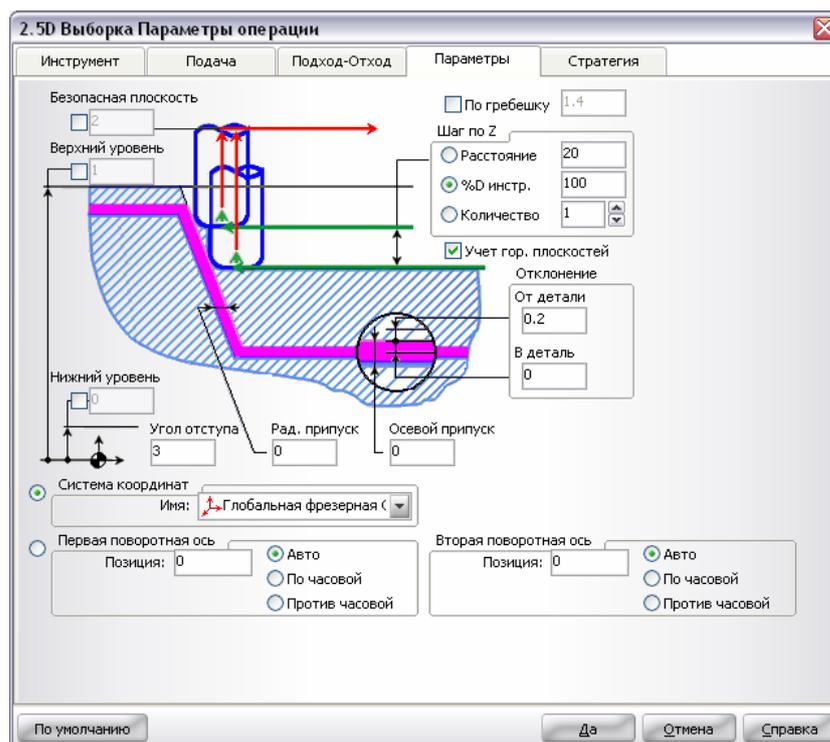


- **Осевой.** Задаётся расстоянием. Инструмент отводится вдоль оси вращения на величину отхода;



### 5.3.17 Задание параметров фрезерной операции

Основные параметры текущей операции задаются на странице Параметры в окне **Параметры операции**.



Ее открытие осуществляется нажатием кнопки [Параметры] в главном окне в режиме технологии.

Это окно имеет несколько закладок:

- **<Инструмент>** открывает страницу настроек параметров инструмента текущей операции.
- **<Подача>** открывает страницу управления подачами на разных этапах движения инструмента. Если в конфигурацию системы включен модуль расчета режимов резания, то

доступ к его функциям осуществляется из окна управления подачами.

- **<Подход-Отход>** открывает страницу задания типов подхода, отхода и врезания к следующему слою.
- **<Параметры>** открывает страницу редактирования точности обработки, припуска, верхнего и нижнего уровней обработки, безопасной плоскости, а также других параметров, отсчитываемых по вертикальной оси.
- **<Стратегия>** открывает страницу определения стратегии обработки. В окне сосредоточены основные отличительные параметры для операций различных типов

Поясняющий рисунок и набор параметров соответствуют установленному типу операции. В зависимости от типа текущей операции количество параметров может меняться. Во все поля, предназначенные для ввода числового значения, может быть введено любое математическое выражение. Для просмотра результата расчета выражения необходимо подвести мышь к указанному полю, результат будет отображен во всплывающей подсказке. На странице Параметры определяются следующие параметры.

- **Система координат операции** определяет положение заготовки и настройку нуля на станке. Все координаты управляющей программы рассчитываются в указанной системе координат. В качестве системы координат операции может быть выбрана любая из ранее созданных. При создании операции в качестве ее системы координат принимается активная система координат.
- **Положение поворотной головки** задается в том случае, если на станке имеется поворотная головка и ее расположение указано в системных установках. В этом случае в начале каждой операции в промежуточный язык CLDATA выдается команда ROTABL на позиционирование поворотной головки. При использовании поворотной головки ее положение должно быть синхронизировано с системой координат операции. При закрытии окна это условие проверяется. Если это не так, то **SprutCAM** пытается подобрать систему координат, подходящую заданному положению поворотной головки. Если подходящая система не найдена, то предлагается создание системы координат, соответствующей указанному положению поворотной головки.
- **Уровни обработки** определяют обрабатываемый диапазон по координате Z. Если напротив поля, определяющего уровень обработки, стоит галочка, то соответствующий уровень берется из поля. В противном случае уровень обработки определяется габаритами обрабатываемой модели.

- **Безопасная плоскость** задает уровень, на котором допустимы ускоренные перемещения режущего инструмента.
- **Отклонения** определяют максимальное отклонение аппроксимированной траектории инструмента от идеальной. По умолчанию точность обработки операции определяется исходя из системных установок (страничка Технология)
- **Припуск** - слой материала, который остается после операции для дальнейшей доработки. По умолчанию для чистовых операций припуск устанавливается равным 0, для черновых – вычисляется по заложенным алгоритмам.
- **Припуск по Z** – определяется только для гравировальной операции и операции выборки области.
- **Боковой угол** - доступен только в гравировальных операциях и определяет боковую поверхность модели. В отличие от угла отступа, этот параметр не учитывается при обработке запрещенных зон.
- **Шаг по Z** доступен во всех черновых операциях и в чистовой послойной операции и соответствует толщине слоя материала, снимаемого за один проход. По умолчанию определяется системой исходя из параметров инструмента операции и габаритов заготовки. Шаг может задаваться в миллиметрах, в процентах от диаметра инструмента или вычисляться с учетом требуемого количества проходов. При задании шага по гребешку, он рассчитывается на каждом слое из условия обеспечения требуемой высоты гребешка.
- **Учет горизонтальных плоскостей.** При включении этой функции производятся дополнительные проходы на тех уровнях, где имеются горизонтальные плоскости.
- **Угол отступа** доступен только в черновой послойной операции и гравировальных операциях. Он определяет минимальный отступ по горизонтали между обрабатываемыми слоями. Применяется для исключения касания цилиндрической частью инструмента большого слоя материала.
- **Чистовой проход с приращением по оси Z** для операций обработки 2D и 3D кривых. Он определяет величину дополнительного припуска для чистового прохода, что позволяет повысить качество обработанной поверхности и уменьшить отжим инструмента.

При нажатии на кнопку **<По умолчанию>** во всех полях устанавливаются значения по умолчанию. При закрытии окна кнопкой **<Да>**, изменения вносятся в операцию, в противном случае параметры операции не изменяются.

### 5.3.18 Задание стратегии обработки фрезерной операции

Задание множества параметров, определяющих стратегию обработки детали, производится на странице **Стратегия** в окне **Параметры операции**. Открытие страницы для редактирования параметров текущей операции производится с помощью кнопки **<Параметры>**. Для большинства операций окно представляет собой множество панелей с полями ввода и поясняющими рисунками. Количество панелей определяется типом текущей операции. В полях предназначенных для ввода числовых параметров может быть задано математическое выражение, например  $'10*\sin(45)'$ . Результат вычисления математического выражения появляется во всплывающей подсказке при наведении мыши на поле ввода.

На странице возможно задание следующих параметров:

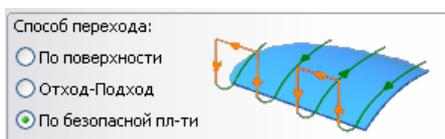
- **Типы фрезерования** задается в операциях практически всех типов, кроме операций обработки кривых. Позволяет учитывать требуемый тип фрезерования (попутное или встречное) в процессе расчета траектории.



- **Шаг обработки** определяет расстояние между соседними строчками в плане для построчных, управляемых и комбинированной операций. Шаг может задаваться абсолютной величиной, в процентах от диаметра инструмента или вычисляться на каждом шаге из условия обеспечения требуемой высоты гребешка.



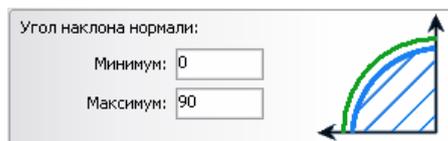
- **Способ перехода** определяет траекторию инструмента при переходе от одной строчки обработки к следующей.



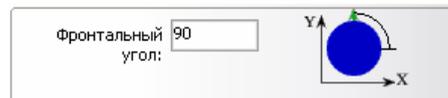
- **Тип обката** определяет необходимость обхода вершин и ребер обрабатываемой модели в чистовых операциях объемной обработки.



- **Предельный угол нормали** в чистовых операциях объемной обработки ограничивает обрабатываемые поверхности в зависимости от их наклона



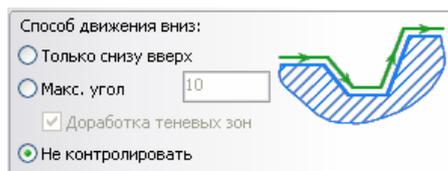
- **Фронтальный угол** в построчной и управляемой чистовых операциях ограничивает обрабатываемые поверхности в зависимости от угла между проекциями на горизонтальную плоскость нормали к поверхности в точке врезания и направления движения инструмента.



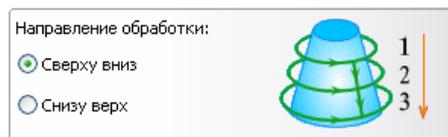
- **Угол** задает направление строчки в построчных операциях



- **Способ движения вниз** определяет стратегию спуска инструмента для построчной и управляемой черновых операций.



- **Направление обработки** при чистовой обработке по слоям задает последовательность обработки: сверху вниз или снизу вверх.



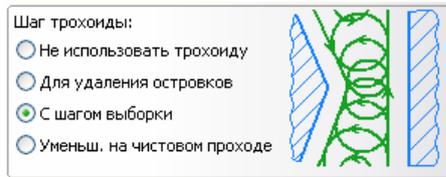
- **Способ обработки** в управляемых операциях задает стратегию формирования рабочих ходов вдоль или поперек направляющих кривых.



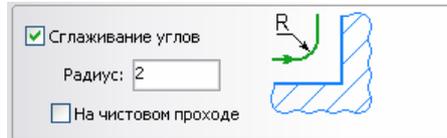
- **Только сверху вниз** в построчной и управляемой чистовых операциях запрещает движение инструмента вниз при движении вдоль рабочего хода.



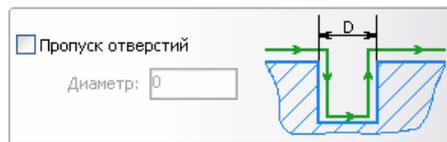
- **Трохоидальная обработка** (обработка по циклоиде) применяется при скоростном фрезеровании обеспечивает плавное изменение сил резания.



- Режим **сглаживать углы** практически во всех операциях обеспечивает скругление траектории при обработке внутренних углов, что снижает вибрации и увеличивает скорость обработки.



- **Пропуск отверстий** в операциях объемной обработки позволяет игнорировать отверстия в обрабатываемой модели размером меньше указанного, оставляя их для дальнейшей обработки.



- **Использовать 3D обработку** позволяет получить трехмерную траекторию инструмента для удаления материала на участках, не доступных для обработки на данном уровне (например, во внутренних углах).



- **Разрешить обратное направление** в операциях обработки кривой допускает движение вдоль кривой в сторону, противоположную указанной пользователем, если это позволяет уменьшить длину холостых ходов.



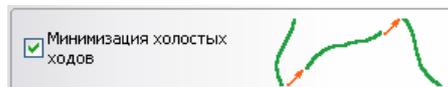
- **Порядок обработки** определяет последовательность обработки в операциях обработки кривой. (по слоям, по колодцам)



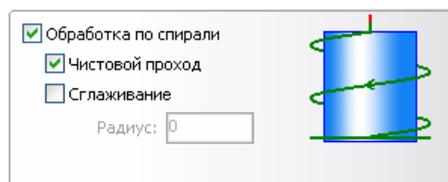
- **Обкат угла** определяет способ обхода наружного угла в операциях обработки кривой.



- **Минимизация холостых ходов.** При включенном режиме движение вдоль заданных кривых производится, таким образом, чтобы суммарная длина холостых ходов была минимальна. В противном случае обработка производится согласно порядку определенному в окне Модель.



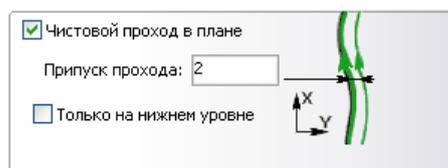
- **Обработка по спирали** позволяет формировать траекторию в виде спирали при обработке 2D кривых.



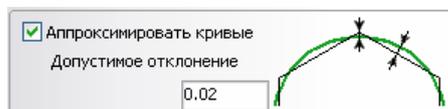
- **Черновые проходы в плане** позволяют повысить качество обработанной поверхности уменьшить нагрузки на инструмент за счет того, что припуск снимается не за один, а за несколько проходов расположенных в плоскости XY.



- **Чистовой проход в плане** позволяет получить более высокое качество поверхности за счет небольшого предварительно оставленного чистового припуска.



- **Аппроксимация кривых** траектория инструмента аппроксимируется дугами.



- **Переход** позволяет выбрать метод перехода при обработке 2D кривых.

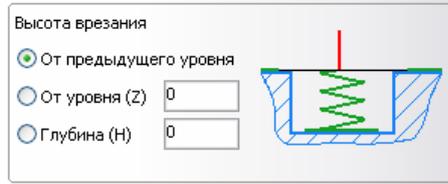


### Стратегии обработки плоских участков по оси Z.

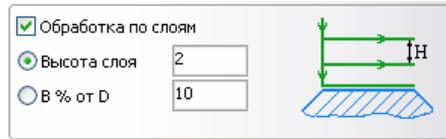
В операциях "обработка горизонтальных участков" и "обработка выступов 2.5D" стратегия снятия слоя материала над

горизонтальной плоскостью определяется в панелях: "Высота врезания", "обработка по слоям", "чистовой проход по Z".

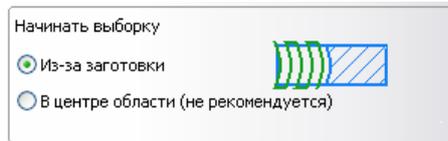
- В панели **Высота врезания** задается высота снимаемого слоя, в частности она определяет значение уровня Z, на котором включится заданный тип врезания.



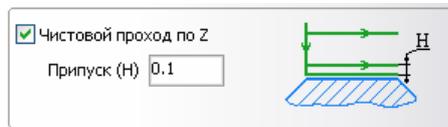
- **Обработка по слоям** применяется для снятия слоя материала за несколько проходов.



- **Начинать выборку** задает стратегию перемещения инструмента в пределах одного слоя



- **Чистовой проход по Z** применяется для задания толщины слоя снимаемого на чистовом проходе.

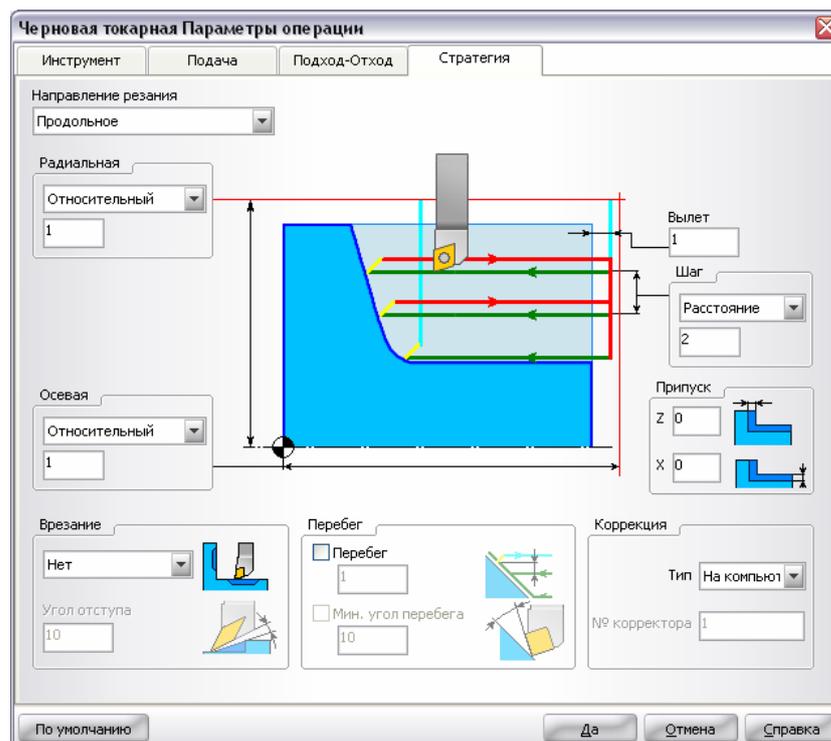


В окне **Параметров операции** на странице **Стратегии** операции обработки отверстий задаются тип цикла обработки отверстия (сверление, расточка, нарезание резьбы и т.п.) и его параметры. Набор параметров зависит от типа цикла. Точки засверливания устанавливаются в окне **<Модель>** или автоматически импортируются из соответствующей черновой операции. Все отверстия операции обрабатываются одним инструментом циклом одного типа. Для обработки отверстий циклами различных типов необходимо создать несколько операций. Порядок обработки отверстий может определяться либо по списку, заданному в окне модель, либо оптимизироваться таким образом, чтобы сумма холостых ходов была минимальной.

### 5.3.19

## Общие стратегии токарных операций

Задание основных стратегий обработки токарных операций производится в окне **параметров операций** на странице **Стратегия**. На рисунке приведен пример окна для черновой токарной операции.



Стратегии представляют собой панели с полями ввода снабжёнными текстовым описанием и поясняющими рисунками.

### Формат управляющей программы



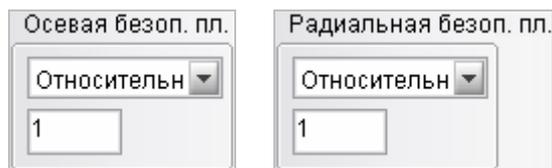
Параметр **<Формат УП>** определяет способ вывода циклов обработки в управляющую программу. Возможны три значения этого параметра: развернутый, одиночный, сгруппированный.

**Развернутый** тип означает, что в управляющую программу не выводятся команды циклов, а вместо них вставляются элементарные команды перемещений, включения подач и т.п., имитирующие работу цикла. Данный метод позволяет в наиболее полной мере реализовать функции и стратегии, заложенный в САМ-системе, однако программа получается состоящей из большего, в сравнении с остальными форматами, количества строк.

Включение **одиночного** типа приводит к появлению в управляющей программе совокупности простых циклов, каждый из которых выполняет один рабочий ход или их некоторое небольшое количество, функционально представляющее одну логически завершенную часть обработки.

**Сгруппированный** тип представляет собой такой способ формирования УП, при котором каждый из циклов, выводимых в программу, является достаточно сложной последовательностью действий, производящих практически полную обработку согласно стратегии рассчитываемой операции. Вся управляющая программа получается состоящей из одного или пары сложных циклов. В этом случае конечный результат обработки в значительной степени зависит от способа реализации выполнения циклов во встроенном программном обеспечении используемого для обработки технологического оборудования.

### Плоскости безопасности токарных операций



Под безопасными плоскостями понимаются плоскости, перемещения, за пределами которых не приводят к столкновению с какими-либо элементами модели, заготовки или оснастки. Для токарных операций предусматривается наличие двух таких плоскостей – радиальной и осевой.

**Осевая плоскость безопасности** всегда перпендикулярна токарной оси вращения Z, радиальная – перпендикулярна второй токарной оси X.

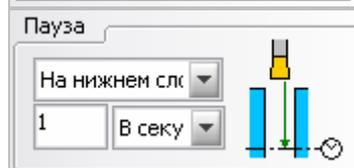
Задать точное расположение той или иной плоскости можно двумя способами – относительным и абсолютным. Относительный способ задания предполагает, что величина, вводимая в текстовое поле, откладывается от предельного уровня модели, заготовки или оснастки в сторону увеличения значений координат соответствующей оси. В случае абсолютного способа – данная величина откладывается от начала глобальной токарной системы координат.

Следует отметить, что величины радиальной и осевой плоскостей безопасности также используются при вычислении **начальной и конечной точек траектории**, в случае если явно не указано расположение этих точек на странице Подход-Отход окна Параметров операции. Они вычисляются в соответствии с условием их расположения за пределами плоскостей безопасности.

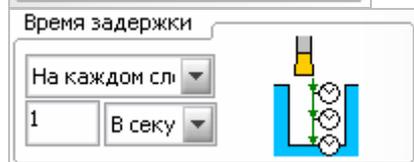
### Функция паузы в токарных операциях



Панель **Паузы** в операции токарного сверления



Панель **Паузы** в отрезной операции



Панель **Паузы** в операции обработки канавок

Необходимость наличия паузы в процессе резания обычно связана с потребностью ломки стружки и ее удаления из зоны обработки. Функция паузы реализована в таких операциях как токарное сверление, отрезная операция и обработка канавок.

В операции сверления данная опция становится доступной только при установленных типах цикла **<Ломка стружки>** или **<Удаление стружки>**, при этом независимо друг от друга выставляются значения паузы на верхнем уровне отверстия и на нижнем уровне. Команда паузы появляется в управляющей программе всякий раз, когда инструмент достигает соответствующего уровня.

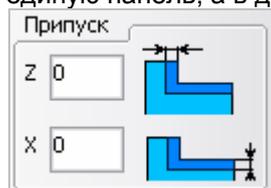
В отрезной операции и обработке канавок существует три режима, управляющие функцией паузы. В режиме **<Выкл.>** команда паузы не выводится в управляющую программу. При установленном режиме **<На нижнем слое>** команда задержки появляется при достижении инструментом дна канавки (обработка канавок), или нижнего уровня обработки (отрезная операция). Режим **<На каждом слое>** становится доступным только в том случае, если производится обработка канавки за несколько слоев (операция обработки канавок) или включен режим ломки или удаления стружки в отрезной операции. В этом режиме команда паузы выводится в управляющую программу при достижении инструментом каждого следующего уровня обработки.

В управляющую программу значения задержки выводятся только в единицах времени (секундах), однако на каждой из панелей существует возможность установить на протяжении какого количества оборотов будет производиться выстой инструмента. В процессе расчета операции все значения, представленные в виде количества оборотов, пересчитываются в единицы времени.

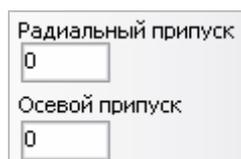
### Раздельный припуск по осям в токарных операциях

Под припуском понимается слой материала, который остается после операции для дальнейшей доработки.

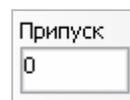
В токарных операциях имеется возможность устанавливать припуски отдельно для осей Z и X. Текстовые поля для редактирования припусков в одних операциях объединены в единую панель, а в других – нет.



Панель припуска для черновой и чистовой токарных операций



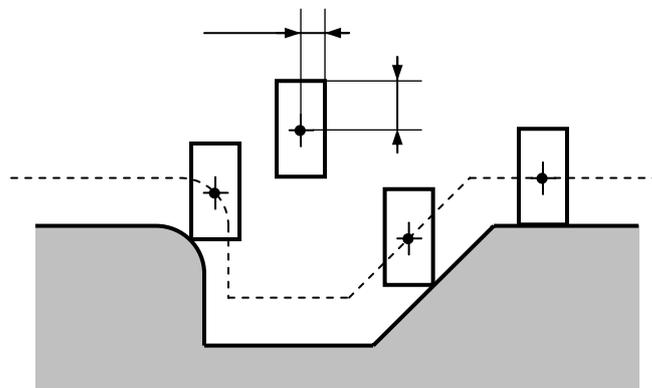
Поля припуска для обработки канавок



Поле осевого припуска операции обработка торца

В указанные поля допускается вводить не только положительные, но и отрицательные значения.

Следует отметить, что, благодаря специфическому способу задания, припуск для наклонных поверхностей будет представлять собой результат наложения величин радиального и осевого припусков.



## 5.3.20 Стратегии операции подрезки торца

Направление резания

Направление резания определяет, в каком направлении будет вестись обработка. Материал может сниматься либо к оси вращения, либо от неё.

#### Черновой проход

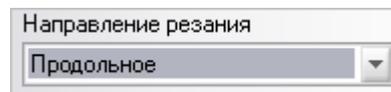
Черновой проход позволяет задавать толщину снимаемого материала отдельно для первого прохода. Уменьшение шага на первом проходе позволит уменьшить нагрузку на инструмент и исключить его поломку.

#### Чистовой проход

Чистовой проход задаёт толщину снимаемого материала и количество проходов с указанным шагом. Уменьшение шага позволит получить более гладкую поверхность после обработки и исключить последующие финишные операции для торцевой поверхности.

### 5.3.21 Стратегии токарной черновой операции

#### Направление резания



Стратегия определяет направление, в котором будет производиться обработка.

Возможны следующие направления обработки:

- Горизонтальные ходы;
- Вертикальные ходы;
- Обработка под углом;

Направление обработки служит для оптимизации траектории обработки для геометрии конкретной детали.

#### Врезание

Определяет поведение инструмента при проходе мимо канавок.

Может принимать следующие значения:

- Нет;
- Горизонтальные;
- Вертикальные;
- Все;

Угол отступа служит для оптимизации процесса резания и задаёт угол отступа от предельного допустимого угла резания инструмента.

#### Перебег

Перебег позволяет получить более качественную поверхность после черновой обработки и исключить гребешки.

Угол перебега служит для оптимизации процесса резания и задаёт угол отступа от предельного допустимого угла резания инструмента, при котором условия резания значительно отклоняются от оптимальных.

#### Шаг обработки черновой операции

Шаг позволяет задавать расстояние между рабочими ходами и их количество.

Предназначен для оптимизации траектории и процесса резания.

Шаг может задаться расстоянием между проходами инструмента или количеством проходов на операцию.

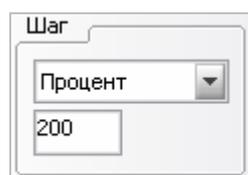
### 5.3.22 Стратегии токарной чистовой операции

#### Шаг обработки чистовой операции

Шаг позволяет задавать расстояние между рабочими ходами и их количество. Режим **Без заготовки** предназначен для чистовой обработки детали без учёта столкновения с заготовкой.

### 5.3.23 Стратегии токарного сверления

#### Шаг для циклов ломки и удаления стружки



На изображенной выше панели задается величина первого шага для циклов ломки и удаления стружки операции токарного сверления. Данный параметр определяет глубину, при достижении которой инструмент совершит выход на уровень **Отход** (для цикла ломки стружки) или **Отвод** (для цикла удаления стружки). Если включено уменьшение, то эта глубина убавляется на величину **<Уменьшение>** для каждого следующего шага.

Значение первого шага может указываться либо в единицах длины, либо в процентах от диаметра инструмента. Кроме того, имеется возможность указания вместо первого шага общего количества шагов. Тогда величина первого шага пересчитывается автоматически по глубине отверстия и уменьшению.

#### Уменьшение



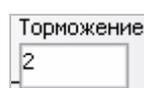
Параметр определяет величину, на которую убавляется глубина каждого последующего шага для циклов ломки или удаления стружки:

$$L_i = L_0 - \Delta \cdot i,$$

где  $\Delta$  – **Уменьшение**,  $i$  – номер итерации (0 для первой итерации),  $L_0$  – **величина первого шага**.

**Примечание:** при включении уменьшения и указании значения, при котором общая глубина отверстия не может быть достигнута, величина первого шага пересчитывается таким образом, чтобы при заданном уменьшении инструмент достиг конечной глубины.

#### Торможение



Параметр доступен только для типов циклов **<Ломка стружки>** и **<Удаление стружки>**. Определяет относительное расстояние – недоход до поверхности, на котором происходит переключение с подачи подхода на подачу резания.

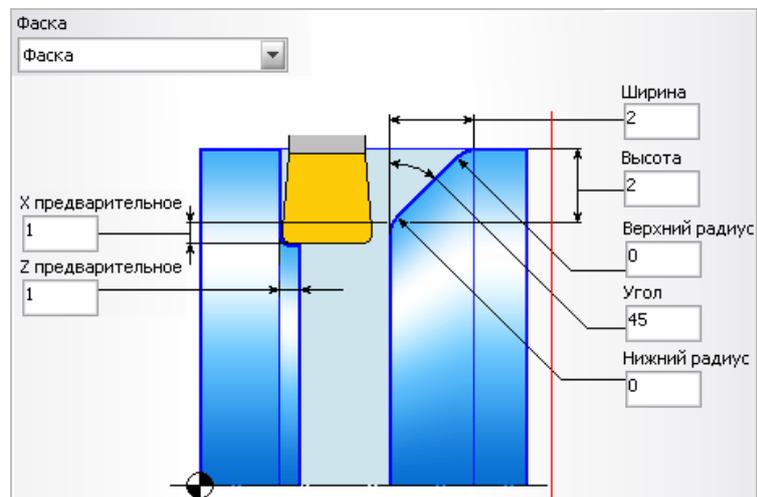
#### Отход

Отход
10

Применяется только для типа цикла **<Ломка стружки>**. Определяет расстояние, на которое отводится инструмент для прерывания процесса образования стружки при выполнении рабочего хода.

## 5.3.24 Стратегии отрезной токарной операции

### Режимы фаски



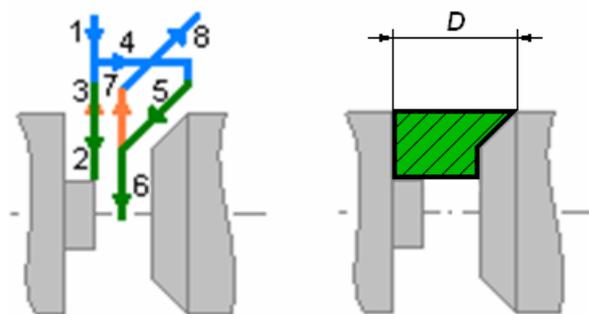
Режим фаски отрезной операции задается в поле **Фаска** и может принимать три значения: **Нет**, **Фаска** и **Скругление**.

В режиме **<Нет>** производится отрезка обработанной части заготовки без формирования на торце каких либо дополнительных элементов.

Если установлен режим **<Фаска>**, то в верхней части торца дополнительно протачивается фаска, параметры которой задаются величинами **Ширина**, **Высота**, **Угол**, **Верхний радиус** и **Нижний радиус**.

При активном режиме **<Скругление>** на верхнем краю торца формируется скругление, радиус которого задается в поле **Верхний радиус**.

В двух последних случаях с целью исключения резания боковой поверхностью резца перед основным проходом производится точение предварительной канавки.



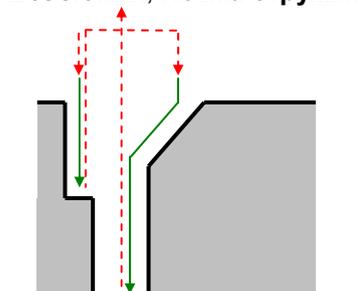
При помощи величин **<Z предварительное>** и **<X предварительное>** можно управлять размерами этой канавки. Если величина предварительной канавки вместе с фаской **D** больше 80% ширины резца, то точение предварительной канавки производится в несколько проходов с шагом 80% ширины резца.

### Ломка стружки

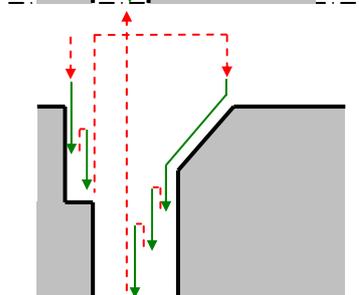


Функция **Ломка стружки** обеспечивает прерывность процесса образования стружки во время резания. Прерывистость обеспечивается за счет прекращения и возобновления резания путем изменения подачи и подъема инструмента на некоторую величину над местом обработки.

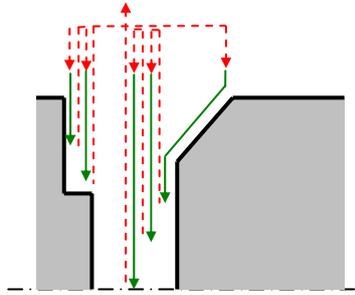
В отрезной операции предусмотрено три режима ломки стружки: **Без ломки**, **Ломка стружки**, **Удаление стружки**.



В режиме **<Без ломки>** функция выключена и каждый вертикальный ход инструмента совершается от самой верхней точки до самой нижней непрерывно.



В режиме **<Ломка стружки>** каждый вертикальный ход инструмента разбивается на несколько. В каждой из точек разбиения инструмент поднимается на величину **<Отскок>**.

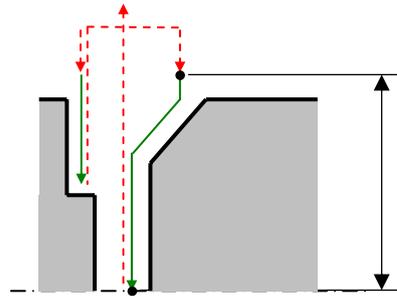


В режиме **<Удаление стружки>** каждый вертикальный ход инструмента разбивается на несколько. В каждой из точек разбиения инструмент поднимается до верхнего уровня обрабатываемого элемента.

Уровень, на который поднимается инструмент в режиме **<Удаление стружки>**, определяется как наивысшая точка заготовки над обрабатываемым элементом плюс максимальная из величин **<Врезание>** и **<Отход>**, задаваемых на страничке **Подход-Отход** окна параметров.

В режимах **<Ломка стружки>** и **<Удаление стружки>** количество дополнительных ходов, на которые разбиваются вертикальные ходы, может определяться либо указанием непосредственно их количества, либо указанием глубины, по достижении которой ход должен прерываться для начала следующего.

**Примечание:** при задании количества вспомогательных ходов непосредственным указанием их числа, при разбиении на части учитывается не длина каждого хода, а расстояние между самой верхней и самой нижней точками всех ходов, относящихся к одному элементу рабочего задания.



**L** – длина, учитываемая при определении количества ходов ломки или удаления стружки.

### 5.3.25 Стратегии операции обработки канавок

#### Тип обработки

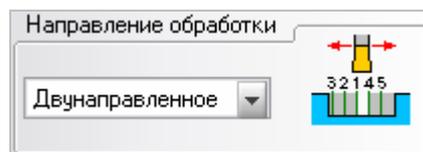
Тип обработки

Черновые и чистовые

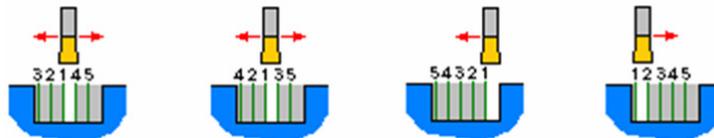
Все черновые сначала

Возможны следующие значения типа обработки: только черновые ходы, только чистовые ходы, черновые и чистовые ходы. Устанавливает должны ли канавки обрабатываться черновыми и чистовыми ходами соответственно. Если установлен тип **<Черновые и чистовые>**, то становится доступным дополнительный флаг **<Все черновые сначала>**. Активизация данного флага приводит к тому, что для всех канавок из списка рабочего задания сначала производится обработка черновыми ходами, а затем в той же последовательности чистовыми ходами. Иначе каждая канавка обрабатывается сразу и черновыми и чистовыми ходами.

#### Направление обработки черновых ходов



Параметр может принимать следующие значения (слева направо): двунаправленное, поочередное, прямое, обратное.



Определяет в какой последовательности будет производиться выборка материала внутри канавки.

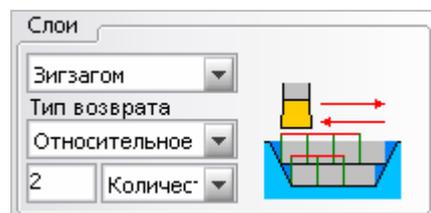
Значения **<прямое>** и **<обратное>** определяют, что ходы инструмента совершаются от одного края канавки к другому. По умолчанию за прямое принято направление справа налево. Обратное направление соответственно является слева направо.

При значении **<Двунаправленное>** обработка начинается из центра канавки и производится сначала до конца направо, затем до конца налево.

При значении **<Поочередное>** обработка начинается из центра канавки, продолжается поочередными ходами в одну и в другую стороны.

**Примечание:** при включении многослойной обработки на направление оказывают влияние параметры **<В одну сторону>** или **<Зигзагом>**. Опция **<Зигзагом>** меняет направление внутри каждого слоя на противоположное относительно предыдущего слоя.

### Многослойная обработка канавок



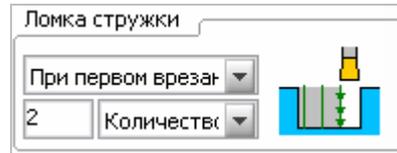
В силу различных причин (глубина канавки, характеристики инструмента) может оказаться невозможным снять весь материал внутри канавки одним слоем обработки. В таких случаях оказывается полезной многослойная обработка, управляемая панелью **Слой**. Первое поле на этой панели активизирует многослойную обработку и одновременно определяет способ обхода – **<в одну сторону>** или **<зигзагом>**. Установка значения **<в одну сторону>** обеспечивает одинаковость направлений обработки всех слоев, в то время как способ **<зигзагом>** противоположность направления обработки каждого следующего слоя относительно предыдущего.

Поле **Тип возврата** может принимать значения **<Относительный>** и **<Абсолютный>** и определяет, на какой уровень осуществлять подъем инструмента при холостых перемещениях между рабочими ходами внутри одной канавки. Относительная высота холостых перемещений определяется параметром **<Безопасное расстояние>**. Тип возврата устанавливает уровень, от которого отсчитывается безопасное расстояние. **Абсолютный** тип означает отсчет безопасного расстояния от самой верхней точки заготовки, находящейся

внутри канавки. **Относительный** тип требует отсчета безопасного расстояния от уровня глубины, достигнутой при обработке предыдущего слоя (для самого верхнего слоя совпадает с абсолютным типом).

Количество слоев, на которые разбивается обработка канавки, может быть задано двумя способами – непосредственным указанием числа слоев, либо установкой глубины одного слоя. В последнем случае количество слоев рассчитывается автоматически по общей глубине канавки.

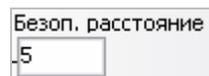
### Ломка стружки



Облегчить процесс удаления стружки из зоны резания при черновой обработке канавки позволяет специальная опция, управляемая панелью **Ломка стружки**. При ее включении каждый черновой рабочий ход будет прерываться несколькими возвращениями на уровень **<Безопасное расстояние>**, в результате чего нарушается непрерывность процесса образования стружки. Кроме активизации данной функции первое поле панели определяет, при каких условиях добавлять дополнительные ходы. Значение **<При первом врезании>** указывает, что ходы ломки стружки будут добавлены только при первом врезании инструмента на каждом новом слое обработки. Установка **<При каждом врезании>** означает появление дополнительных ходов на всех черновых рабочих ходах инструмента.

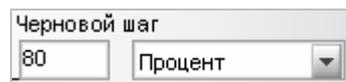
Число ходов ломки стружки может задаваться непосредственно указанием их количества, либо установкой глубины, при достижении которой рабочий ход прерывается подъемом на безопасный уровень.

### Безопасное расстояние



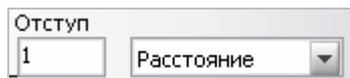
Параметр определяет относительную высоту, на которой совершаются холостые перемещения между рабочими ходами при обработке внутри одной канавки. В общем случае отсчет этой высоты производится от самой верхней точки заготовки, находящейся внутри данной канавки. При многослойной черновой обработке отсчет этого уровня может производиться для каждого слоя отдельно.

### Шаг при черновой обработке



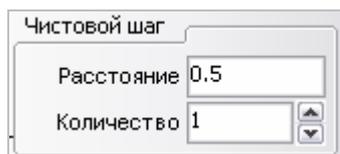
Расстояние между двумя последовательными черновыми проходами определяется величиной **Черновой шаг** и может задаваться в единицах длины, либо в процентах от ширины пластины резца. Также может устанавливаться количество шагов, в этом случае величина шага рассчитывается автоматически по ширине канавки. При любых способах задания величина шага не может превышать ширину пластины канавочного резца.

### Отступ на черновых ходах



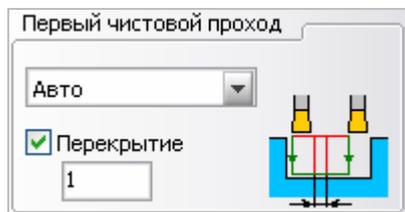
При подъеме инструмента после каждого чернового прохода инструмент, перемещаясь, касается заготовки. Во многих случаях есть возможность избежать соприкосновения путем отвода инструмента в свободную от заготовки сторону. Расстояние, на которое производится отвод инструмента, определяется параметром **<Отвод>**. Это расстояние всегда измеряется перпендикулярно направлению рабочего хода и может задаваться либо в единицах длины, либо в процентах от ширины пластины резца.

### Шаг при чистовой обработке



Чистовые рабочие ходы по возможности повторяют заданный контур канавки, приближая форму заготовки к окончательной. С целью повышения качества готовой поверхности количество таких ходов может указываться больше одного. Каждый последующий ход является эквидистантой к первому ходу. Расстояние между соседними эквидистантами указывается в поле **<Расстояние>**. Следует отметить, что черновые ходы не снимают материала, оставленного для обработки чистовыми ходами. Поэтому параметры, заданные на этой панели, определяют своеобразный припуск на черновую обработку, рассчитываемый по формуле  $Расстояние * (Количество - 1)$ .

### Направление чистовых ходов

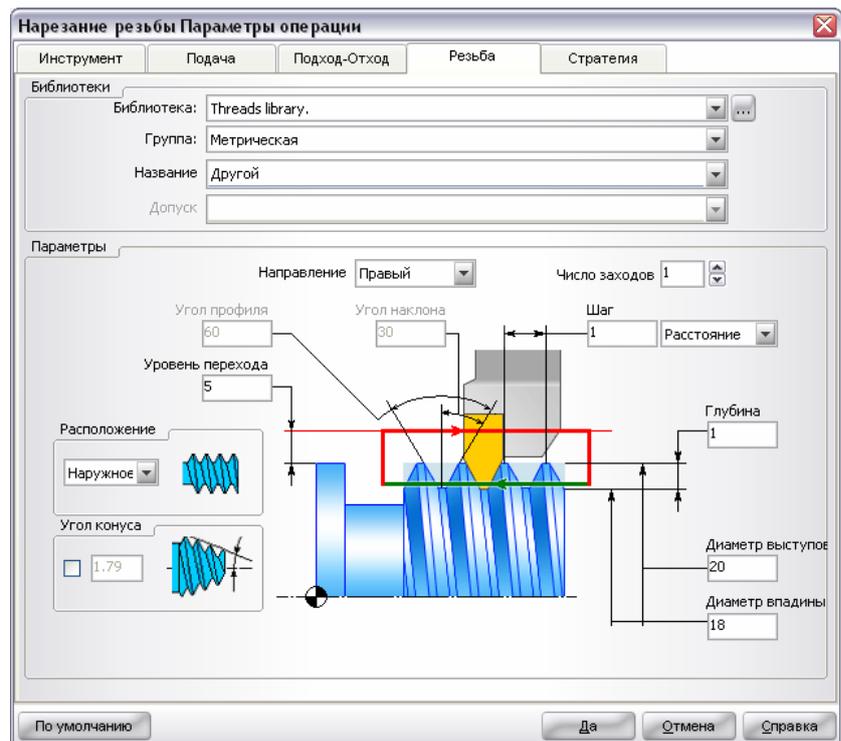


Направление первого чистового прохода может определяться жестко относительно хода часовой стрелки, либо может указываться, что это направление будет вычисляться системой автоматически. Направление последующих ходов определяется из условия минимизации холостых перемещений и, как правило, является обратным направлению предыдущего хода.

Для устранения недоработанных участков на плоском дне используется опция **Перекрытие**. Большинство чистовых ходов представляют собой совокупность двух половинок, каждая из которых заканчивается в нижней точке канавки (если канавка имеет плоское дно, то в середине дна). При включенном перекрытии каждый из этих ходов продолжается на половину величины перекрытия. Таким образом, расстояние между конечными точками двух парных чистовых ходов будет равно величине перекрытия.

## 5.3.26 Стратегии операции нарезания резьбы

### Окно задания геометрических параметров резьбы



Предназначено для задания таких параметров как шаг резьбы, наружный и внутренний диаметры, число заходов и др.

Однако все свойства окна задаются, только если обрабатывается какая-либо специальная резьба. Для нарезания одной из стандартных типов резьб существует возможность выбора ее параметров из библиотеки геометрических параметров резьбы.

В поле **<Библиотека>** указывается название библиотеки резьб. Для открытия окна редактирования библиотеки следует нажать кнопку , в окне могут быть отредактированы параметры существующих резьб или добавлены новые.

Поле **<Группа>** определяет тип резьбы и может принимать такие значения как метрическая, трубная цилиндрическая, трапецеидальная, упорная, круглая, трубная коническая, дюймовая коническая и др.

В выпадающем списке **<Название>** находятся обозначения резьб, которые берутся из базы данных для соответствующего типа резьбы. Выбор одного из этих обозначений приводит к заполнению большинства полей окна значениями для выбранной резьбы из библиотеки.

Величины из полей **<Диаметр выступов>**, **<Диаметр впадин>** и **<Глубина>** являются взаимосвязанными, поэтому редактирование одного из значений приводит к изменению остальных. Независимым базовым параметром, значение которого не пересчитывается, является **диаметр выступов**.

**Шаг резьбы** может быть задан двумя способами. При первом способе значение шага указывается как расстояние между соседними одноименными точками профиля в единицах длины. Во втором случае шаг задается обратной величиной в виде числа витков резьбы, приходящихся на один оборот шпинделя.

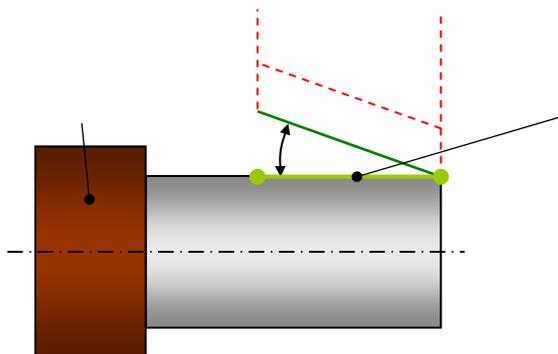
Нарезание многозаходной резьбы производится в том случае, если в поле **<Число заходов>** указывается два или более заходов.

В выпадающем списке напротив надписи **<Направление>** устанавливается направление резьбы – правая или левая.

Следует отметить, что этот параметр вместе с направлением вращения шпинделя определяет, в какую сторону будет перемещаться инструмент, т.е. какая из двух точек, заданных в рабочем задании будет начальной, а какая – конечной.

Величина **<Угол профиля>** задает угол между двумя соседними сторонами профиля впадины, а **<Угол наклона>** определяет наклон одной из этих сторон относительно вертикали. Все угловые величины имеют размерность градусов.

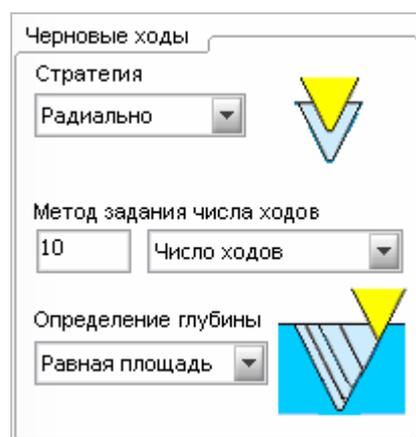
Нарезание конической резьбы осуществляется при включении флага на панели **<Угол конуса>** и задании величины угла. Угол отсчитывается от оси вращения относительно одной из двух точек рабочего задания наиболее удаленной от шпинделя.



Указание является ли резьба наружной или внутренней производится явно на панели **<Расположение>**. Здесь же может быть задан особый тип резьбы, расположенной на торцовой поверхности и представляющей собой спираль Архимеда. В последнем случае все направления, указываемые для обычных резьб относительно оси вращения, будут отсчитываться от направления перпендикулярного оси, а заданные величины диаметров не будут учитываться.

Параметр **<Уровень перехода>**, отсчитываемый от наружного диаметра резьбы, определяет высоту, на которой расположена плоскость вспомогательных перемещений при переходе между рабочими ходами.

### Черновые ходы



Панель **<Черновые ходы>** служит для задания количества проходов, в течение которых будет формироваться профиль резьбы, стратегии врезания инструмента при переходах между слоями, а также метода определения глубин резания.

Обычно для получения качественной поверхности и снижения нагрузки на инструмент резьба нарезается в несколько проходов.

Задать число проходов можно, указав непосредственно их количество, либо указав глубину первого реза. В последнем случае количество ходов рассчитывается автоматически по общей глубине профиля резьбы.

При равенстве глубин резания на разных слоях врезание к следующему слою обычно приводит к уменьшению площади снимаемого инструментом материала и, соответственно, изменению нагрузки на инструмент. Для сохранения постоянства нагрузки, можно производить расчет глубины резания исходя из сохранения площади срезаемого инструментом материала постоянным. Регулируется способ определения глубин резания полем **Определение глубины**, которое может принимать два значения: равная глубина и равная площадь. Таким образом, глубина резания на каждом ходе определяется по формуле приблизительно следующего вида:

$$d_i = d_0 \cdot i^{1/m},$$

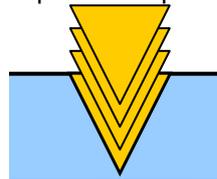
где  $i$  – номер прохода,

$d_i$  – глубина прохода номер  $i$ ,

$d_0$  – глубина первого прохода,

$m=1$  при равномерности глубины, и  $m=2$  при равномерности площади.

Выпадающий список под надписью **Стратегия** определяет способ врезания инструмента при переходе к следующему слою. Возможны следующие типы стратегий: радиально, гранью, переменнo гранями, под углом.



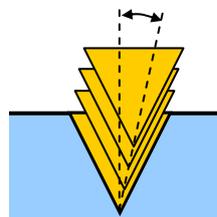
**Радиально.** Направление врезания перпендикулярно оси вращения.



**Гранью.** Врезание производится вдоль одной из боковых граней выступа.



**Переменно гранями.** Врезание производится поочередно вдоль двух боковых граней выступа.



**Под углом.** Устанавливается произвольный угол врезания.

#### Чистовые ходы

Чистовые ходы

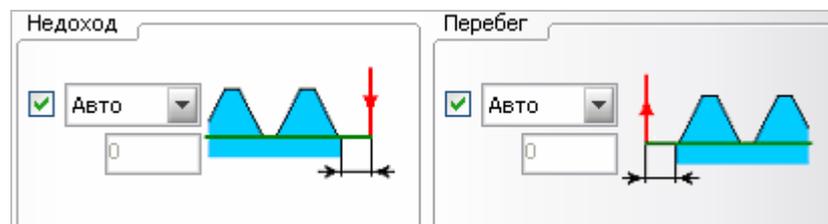
Глубина чистового реза

Число выглаживаний



Чистовые ходы обычно выполняют с целью повышения качества формируемой поверхности. Чистовые ходы в операции нарезания резьбы разделены на два типа: непосредственно чистовой ход и выглаживания. Чистовой ход может включаться и выключаться, но он всегда только один, его глубина задается в соответствующем поле. Выглаживания отличаются от чистового хода тем, что совершаются при нулевой глубине резания и, фактически, повторяют траекторию предшествующего им хода.

### Недоход и перебег



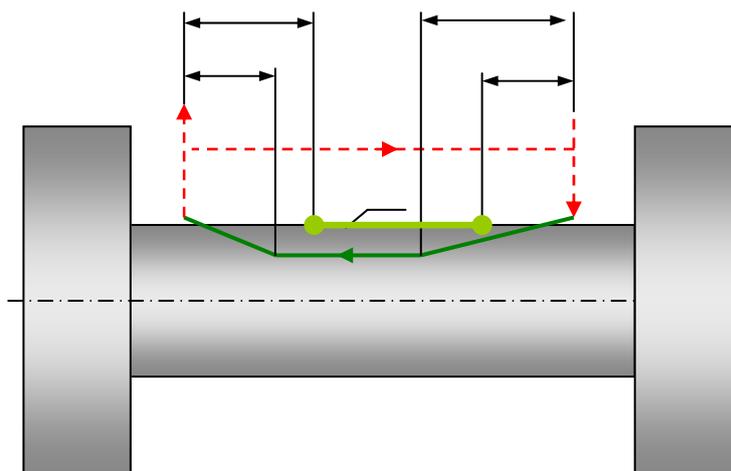
Величины **<Недоход>** и **<Перебег>** представляют собой параметры, обеспечивающие отсутствие контакта инструмента с заготовкой в начальной и конечной точках рабочего хода, что является неотъемлемым условием получения верного профиля и шага резьбы. Величина недохода откладывается от начальной точки рабочего хода в направлении противоположном направлению рабочего хода. Перебег откладывается от конечной точки рабочего хода, удлиняя его. Оба параметра могут рассчитываться автоматически, для этого в выпадающем списке следует выбрать пункт **Авто**. В этом режиме рассчитывается минимальное расстояние, удлинение на которое обеспечит нахождение соответствующей точки вне заготовки.

Также параметры могут задаваться в явном виде в единицах длины или количеством оборотов шпинделя, которое пересчитывается в длину через шаг при расчете операции.

### Врезание и выход



Параметры **<Врезание>** и **<Выход>** обеспечивают корректное начало и окончание винтовой поверхности резьбы в случае, если с соответствующей стороны от резьбы отсутствует канавка под выход режущего инструмента. Врезание добавляется в начале рабочего хода, а выход – в конце. Данные величины откладываются от точек, уже удлиненных на значения **Недоход** и **Перебег**, если они включены. Верхние уровни врезания и выхода расположены на высоте равной высоте рабочего хода плюс глубина резьбы. В полях на панелях указывается расстояние, откладываемое вдоль оси вращения. Оно может быть задано в единицах длины или количеством оборотов шпинделя, которое пересчитывается в длину через шаг при расчете операции.



1 – Перебег, 2 – Врезание, 3 – Выход, 4 – Недоход,  
5 – Рабочее задание

## 5.4 ОПИСАНИЕ БАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

### 5.4.1 Деталь

Деталь – набор геометрических элементов, определяющий зону пространства, которая контролируется на предмет недопущения зарезов. Деталь всегда формируется из поверхностей. Они могут быть либо указаны явно, либо сформированы по законам из кривых. В частности, возможно задать поверхность вращения по образующей кривой или призму по кривой описывающей основание.

Как правило, деталь задается в корневом узле техпроцесса, а все операции используют ее с помощью ссылки типа «деталь предыдущей операции». В некоторых случаях такой механизм может быть изменен, путем указания обрабатываемой детали непосредственно в параметрах операции.

Поверхности детали контролируются в процессе расчета траектории перемещения инструмента. А те поверхности, которые должны быть обработаны, указываются в рабочем задании.

### 5.4.1 Рабочее задание

Рабочее задание определяет те поверхности или части поверхностей, которые должны быть обработаны в текущей операции. В зависимости от типа операции обрабатываемая модель задается различными способами.

**Для операций обработки кривых** (обработка 2D контура, 3D кривой) рабочее задание задается набором кривых или групп, содержащих кривые, а также точками определяющими центры окружностей. Все геометрические объекты других типов игнорируются. Траектория инструмента строится с учетом флага обработки каждой кривой (движение в касании контуром инструмента кривой слева или справа либо осью вращения инструмента вдоль кривой). Дополнительный припуск каждой кривой складывается с припуском операции. При движении в касании контуром инструмента слева или справа инструмент будет всегда находиться на расстоянии припуска от кривой в плане. По сути дела ось вращения инструмента всегда будет находиться на эквидистанте к кривой (разумеется, эквидистанта строится с удалением подрезающих петель). При движении осью инструмента по кривой припуск игнорируется, и контроль на подрезание не производится.

**В гравировальных операциях и выборке области** рабочее задание формируется областью на верхнем уровне обработки с учетом бокового угла операции. Область на верхнем уровне обработки создается из проекций кривых на горизонтальную плоскость, с учетом дополнительного припуска и способа включения в область для каждой кривой или группы, а также порядка вхождения кривых (групп) в результирующую область. Проекция любой кривой может определять гребень, канавку или инверсную кривую, их толщина определяется величиной дополнительного припуска. Кроме того, проекции замкнутых

кривых могут задавать выступ, впадину или инверсную область, также с учетом дополнительного припуска. Объекты по порядку добавляются в результирующую область посредством булевых операций. Таким образом, порядок вхождения объектов существенно влияет на вид результирующей области. Траектория инструмента рассчитывается так, чтобы удалить материал заготовки за пределами модели, образованной областью на верхнем уровне обработки и боковым углом.

**Для большинства операций объемной обработки** рабочее задание задается набором твердых тел, поверхностей и сеточных объектов. Объекты могут присутствовать в любом сочетании и группироваться произвольным образом. При формировании рабочего задания каждому геометрическому объекту или их группе может устанавливаться дополнительный припуск, который будет добавлен к припуску операции. Траектория инструмента строится таким образом, чтобы удалить материал заготовки, лежащий вне рабочего задания, с учетом припусков. То есть, инструмент никогда не заходит в объем, ограниченный твердыми телами, поверхностями, сетками рабочего задания.

Рабочее задание в **управляемых операциях** определяет вид траектории инструмента в плане, а координата  $Z$  вычисляется исходя из условия касания инструментом детали.

Рабочее задание создается из проекций кривых на горизонтальную плоскость, с учетом дополнительного припуска и способа включения в область каждой кривой или группы, а также порядка вхождения кривых (групп) в результирующую область. Проекция любой кривой может определять гребень, канавку или инверсную кривую, их толщина определяется величиной дополнительного припуска. Кроме того, проекции замкнутых кривых могут задавать выступ, впадину или инверсную область, также с учетом дополнительного припуска. Объекты по порядку добавляются в результирующую область посредством булевых операций. Таким образом, порядок вхождения объектов существенно влияет на вид результирующей области. Способ построения траектории внутри заданной области определяется стратегией операции.

Если рабочее задание не определено, то система автоматически создаст направляющую область в виде внешней огибающей проекции детали.

В **токарных операциях** рабочее задание позволяет различными способами выбрать один или несколько сегментов на образующей тела вращения.

---

## 5.4.2 Заготовка

Модель заготовки операции определяет тот объем, который занимает обрабатываемый материал. То есть, задает форму, из которой путем обработки будет получена требуемая деталь.

В черновых операциях производится выборка всего доступного материала заготовки, лежащего вне обрабатываемой модели. В чистовых операциях обрабатываются только участки поверхности детали, лежащие внутри заготовки. Выборки же всего материала в чистовых операциях не производится.

Первоначальная форма заготовки задается в корневом узле дерева техпроцесса. Она может быть сформирована как сумма следующих геометрических элементов:

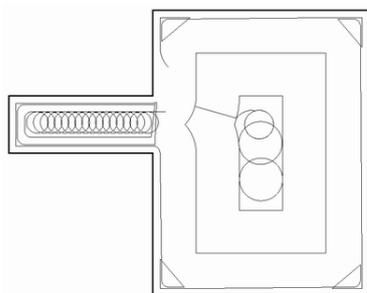
- прямоугольный параллелепипед, описывающий модель детали;

- цилиндр, описывающий модель детали. Ось цилиндра совпадает с осью OX.
- призма, заданная кривыми основания,
- тело вращения, заданное образующими кривыми
- твердое тело, построенное во внешней CAD- системе. Все поверхности, лежащие в папке заготовки обязательно должны ограничивать замкнутый объем пространства.
- поверхностная модель, построенная во внешней CAD- системе, может быть преобразована в тело путем замыкания на горизонтальную плоскость,

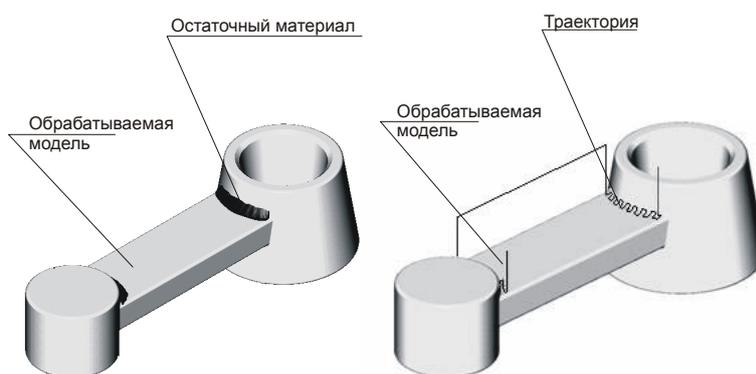
При переходе от операции к операции заготовка меняет свою форму, учитывая материал, удаленный предыдущими операциями. Промежуточное состояние заготовки передается в операцию с помощью элемента «результат предыдущей операции». Таким образом реализуется возможность «доработки остаточного материала». Если необходимо проигнорировать траекторию предыдущей операции, то добавляют элемент «заготовка предыдущей операции».

### 5.4.3 Доработка остаточного материала

Для доработки остаточного материала в качестве заготовки операции должен быть указан элемент «результат предыдущей операции». Все черновые операции используют указанную заготовку для формирования траектории удаляющей весь остаточный материал. Чистовые операции по умолчанию игнорируют состояние заготовки и обрабатывают все указанные поверхности, вне зависимости от остаточного припуска. Для того чтобы не обрабатывать уже обработанные поверхности необходимо установить галочку «учитывать заготовку» и задать величину игнорируемого припуска в окне стратегии.

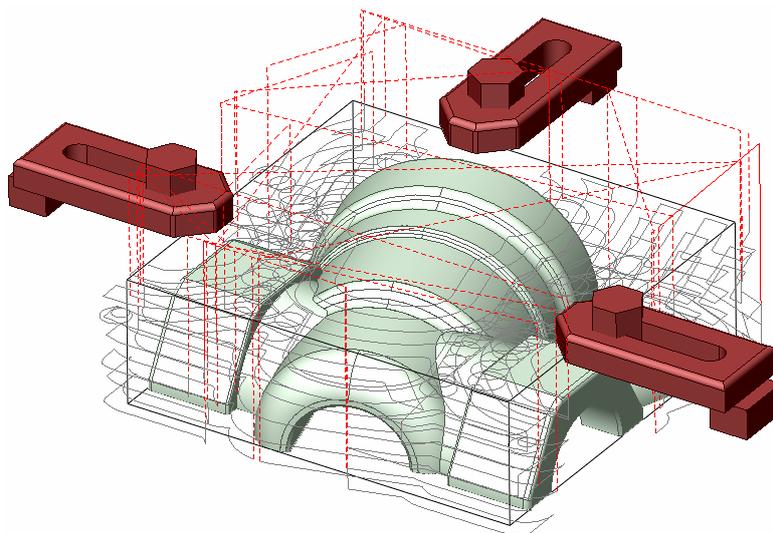


Рекомендуется задавать значение припуска, по крайней мере, не меньшее, чем высота получаемого при обработке гребешка. Также следует учитывать, что если запускается доработка с нулевым припуском и величиной игнорируемого слоя остаточного материала меньшим, чем припуск на предыдущих операциях, то в результате доработки будет обработана вся деталь целиком. Так как слой материала, оставшийся из-за припуска предыдущих операций, превышает заданный максимальный размер игнорируемых недоработок.



#### 5.4.4 Оснастка

**Оснастка** – обычно указываются все фиксирующие приспособления (патрон, тиски, прижимы и т.п.) или запрещённые зоны любого другого характера. При расчёте траектории используется как контролируемая модель, для того, чтобы избежать столкновений или других подобных коллизий. Модель может быть твёрдотельной, поверхностной или построенной на базе кривых. По умолчанию устанавливается ссылка на **Оснастку** предыдущей операции. Если **Оснастка** не задана, то контроль не производится.



Все перемещения инструмента, независимо от типа операции, могут производиться только за пределами оснастки. Чистовые операции могут обрабатывать только те участки обрабатываемой модели, которые находятся вне запрещенной модели. Черновые операции могут выбирать материал только снаружи от запрещенной модели.

**Примечание:** Хотя ограничивающая модель специально не обрабатывается, но вдоль нее могут производиться переходы между рабочими ходами, а также черновыми операциями производится выборка материала находящегося за пределами ограничивающей модели. Поэтому гарантированный зазор между инструментом и реальными ограничивающими объектами следует учитывать либо непосредственно в геометрической модели ограничивающих объектов, либо в значении дополнительного припуска.

---

## 5.4.5 Результат обработки

Результат обработки - материал, оставшийся после обработки начальной **Заготовки** операции. Узел добавлен для возможности визуального контроля остаточного материала и для прозрачности ссылки в **Заготовке** последующей операции на **Результат Обработки** предыдущей. Узел рассчитывается автоматически и его параметры не редактируются. Если траектория операции не посчитана, то в качестве **Результата Обработки** выдаётся неизменённая модель начальной **Заготовки** операции.

---

## 5.4.6 Точки засверливания

В черновой послойной операции и операции выборки области если невозможно подойти снаружи к обрабатываемому участку, то при соответствующих параметрах подход осуществляется через точку засверливания. Все точки засверливания технологического процесса регистрируются в едином списке. В этом списке содержится информация координатах точки, глубине отверстия и диаметре инструмента. Технолог может заносить в список точки и удалять их.

При выборке изолированной области (например, впадина, к которой на текущем уровне нельзя подойти снаружи) система сначала пытается подобрать подходящую по координатам, глубине и диаметру точку захода из списка. Если в списке нет подходящей точки, то автоматически рассчитываются все необходимые параметры, и новая точка заносится в тот же список.

**Примечание:** Если в операции в изолированные области необходимо опускаться в строго определенных точках, то следует внести все параметры этих точек в список, а затем рассчитать операцию.

Точки из единого списка могут быть указаны в качестве параметров для операции обработки отверстия.

Если в единый список точек засверливания добавлены точки, лежащие за пределами заготовки, то в черновой послойной операции и операции выборки области они будут восприниматься как рекомендуемые точки опускания инструмента вне заготовки. Если к выбираемому участку можно подойти снаружи, то сначала ищется точка опускания из единого списка (координаты, глубина на которую можно опускаться, максимальное расстояние до выбираемой области, которое соответствует диаметру). Если таких точек окажется несколько, то выбирается ближайшая. В случае если точек не найдено, тогда опускание производится в произвольной точке.

---

## 5.4.7 Инструмент

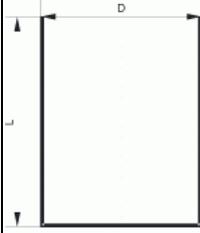
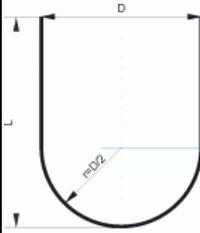
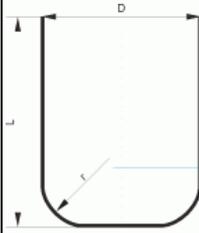
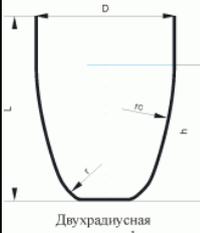
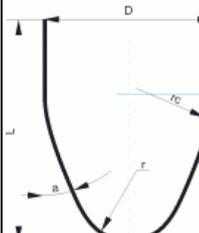
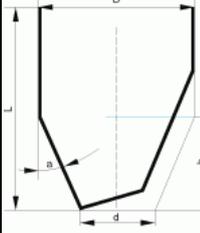
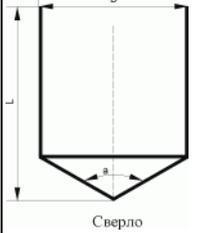
Расчет траектории производится на настроечную точку инструмента. Параметры инструментов устанавливаются в окне Параметров операции на странице "Инструмент" или в окне инспектора свойств операций.

Фрезерный инструмент

Расчет траектории обработки во фрезерных операциях производится для концевых фрез различных типов. Типы фрез различаются формой фасонной части и параметрами для ее

описания. Поддерживаемые типы фрез с перечнем их геометрических параметров перечислены в таблице:

**Таблица:** Поддерживаемые типы фрез.

Цилиндрическая фреза: длина, диаметр;	Сферическая фреза: длина, диаметр;	Тороидальная фреза: длина, диаметр, радиус скругления;
 <p>Цилиндрическая фреза</p>	 <p>Сферическая фреза</p>	 <p>Тороидальная фреза</p>
Двухрадиусная фреза: длина, диаметр, радиус скругления у цилиндрической части, радиус скругления вершины;	Двухрадиусная ограниченная фреза: длина, диаметр, радиус скругления у цилиндрической части, радиус скругления у вершины, высота;	Коническая фреза: длина, диаметр, радиус скругления у цилиндрической части, радиус скругления вершины, угол;
 <p>Двухрадиусная фреза</p>	 <p>Двухрадиусная ограниченная фреза</p>	 <p>Коническая фреза</p>
Коническая ограниченная фреза: длина, диаметр, радиус скругления у цилиндрической части, радиус скругления у вершины, угол, высота;	Гравер: длина, диаметр, угол, высота, диаметр вершины;	Сверло: длина, диаметр, угол заточки;
 <p>Коническая ограниченная фреза</p>	 <p>Гравер</p>	 <p>Сверло</p>

Кроме параметров, описывающих форму фрезы, для инструмента устанавливаются:

- единицы задания линейных размеров (миллиметры или дюймы);
- направление вращения (правое или левое);
- количество зубьев;
- материал;
- стойкость (в часах);

Управляющая программа может рассчитываться для конечной и центральной настроечной точки инструмента. Под конечной настроечной точкой подразумевается точка на оси вращения инструмента с координатой Z равной самой нижней режущей

точке инструмента. Центральная настроечная точка – точка на оси инструмента с координатой Z равной уровню верхней границы фасонной части инструмента (или уровню нижней границы цилиндрической части).

#### Токарный инструмент

Весь список инструментов используемых для токарной обработки можно разделить на 2 категории: резцы и осевой инструмент. Каждую категорию можно разделить на группы в зависимости от операции.

Группы токарных резцов:

- Группа расточных инструментов
- Группа проходных инструментов
- Группа внешних резьбонарезных инструментов
- Группа внутренних резьбонарезных инструментов
- Группа канавочных инструментов
- Группа внутренних канавочных инструментов
- Группа торцевых канавочных инструментов

Группы токарного осевого инструмента:

- Группа фрез
- Группа сверел
- Группа центровочных сверел
- Группа метчиков
- Группа расточек
- Группа центровок
- Группа зенковок

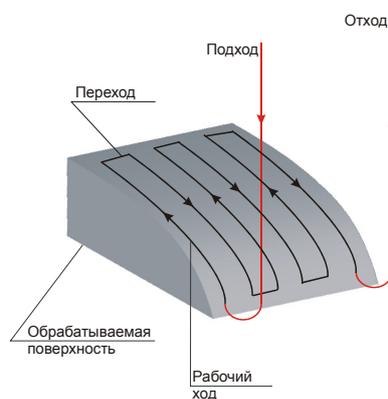
Инструмент состоит из двух частей: пластина и державка, которые должны сочетаться друг с другом. Для того, чтобы задать державку произвольной формы для выбранной группы необходимо выбрать тип **<Не задан>**. С такой державкой будут совместимы пластины любого типа данной группы. С пластиной произвольной формы будет совместима лишь произвольная державка.

Кроме задания геометрических параметров инструмента, возможно настроить:

- расположение шпинделя (левый, правый)
- направление вращения шпинделя (по часовой, против часовой)
- расположение настроечной точки инструмента
- ориентацию инструмента (радиальное, осевое, под углом)
- расположение суппорта (верхний, нижний)

---

### 5.4.8 Участки траектории инструмента



### Подход

Под подходом понимается последовательность перемещений инструмента, обеспечивающая его плавный подвод к первой точке рабочего хода. Подход всегда принадлежит воображаемой поверхности, содержащей рабочий ход. В послойных операциях подходы производятся в горизонтальных плоскостях. В построчных – в вертикальных. В управляемых – в вертикальных математических цилиндрах, заданных кривыми запроса и т.п.

Набор доступных способов подхода зависит от типа операции. Способ подхода задается в окне Параметров операции на странице Подход-Отход.

### Отход

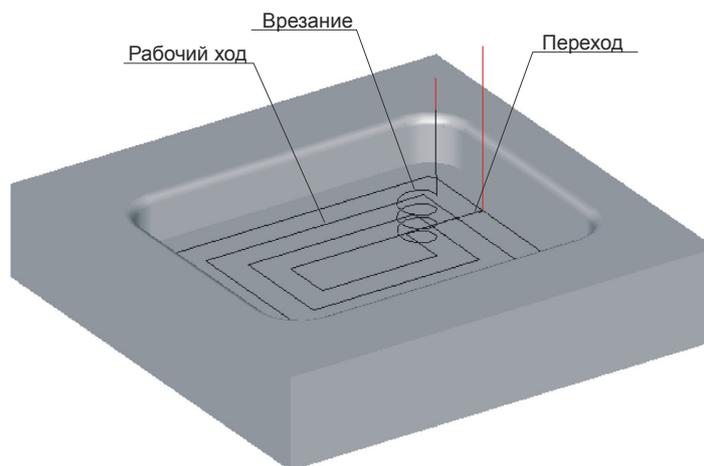
Под отходом понимается последовательность перемещений инструмента, обеспечивающая его плавный отвод от последней точки рабочего хода. Отход, также как и подход, всегда принадлежит воображаемой поверхности, содержащей рабочий ход. В послойных операциях отходы осуществляются в горизонтальных плоскостях. В построчных – в вертикальных. В управляемых – в вертикальных математических цилиндрах, заданных кривыми запроса, и т.п.

Набор доступных способов отхода зависит от типа операции. Способ отхода задается в окне Параметров операции на странице Подход-Отход.

### Врезание

Под врезанием обычно понимается последовательность перемещений инструмента в теле заготовки, обеспечивающая его опускание с одного уровня обработки на другой. Врезание заданного типа производится в послойной черновой операции и в выборке области к участку обработки, к которому невозможно подойти снаружи от заготовки.

Тип врезания может задаваться для операций с послойной выборкой (послойная черновая и выборка области). В остальных операциях врезание особыми способами не производится. Способ врезания задается в окне **Параметров операции** на странице **Подход-Отход**.



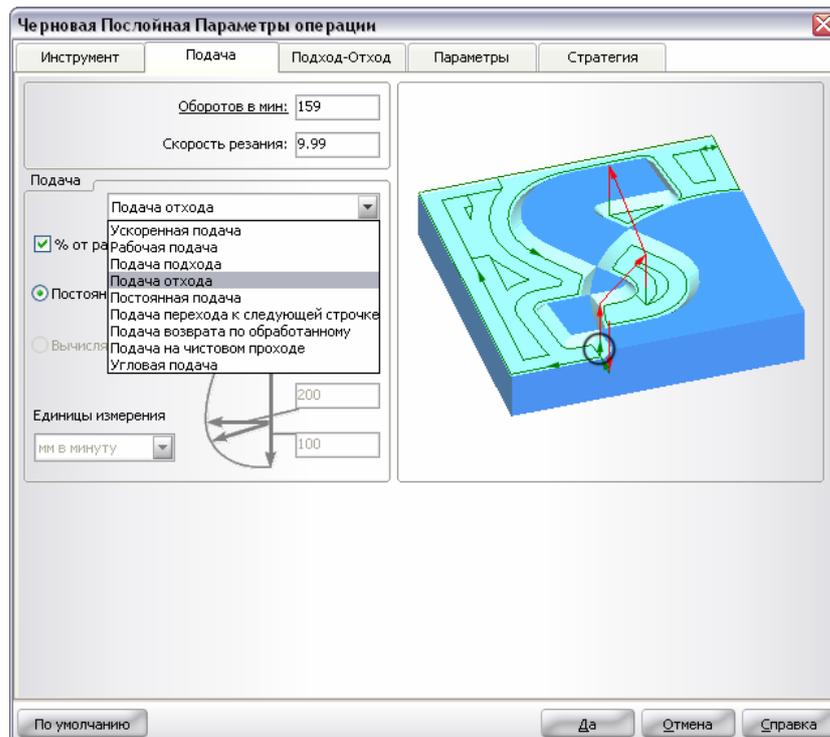
### Рабочий ход

Под рабочим ходом понимается элементарный участок траектории инструмента при обработке поверхности детали. Для построчных операций под рабочим ходом понимается одна строчка. Для послойных – элементарный горизонтальный участок траектории и т. п.

### Переход

Под переходом понимается элементарный участок траектории между рабочими ходами. Для построчных операций это будет межстрочный переход. Для послойных - межслойный. Переход в зависимости от выбранного способа обработки может производиться либо в касании с деталью, либо через безопасную плоскость, либо на расстоянии необходимом для отхода и подхода. Переход может содержать в себе не более одного фрагмента подхода и отхода.

## 5.4.9 Типы подач



В технологических операциях устанавливаются значения подач для каждого типа хода инструмента. Количество и набор

задаваемых подач зависит от типа операции, так как устанавливаются подачи лишь для тех типов ходов, которые могут присутствовать в траектории инструмента этой операции. Имеется возможность задавать следующие типы подач:

- **Ускоренная подача** – подача, на которой производятся все ускоренные перемещения инструмента (позиционирование). Значение используется для вычисления времени обработки на станке, а также при формировании УП для стоек ЧПУ, у которых необходимо задавать величину ускоренной подачи. При формировании УП для стоек, у которых скорость позиционирования зависит только от скорости приводов станка, значение ускоренной подачи игнорируется.
- **Рабочая подача** – подача, на которой производятся основные рабочие ходы операции. В черновых операциях производится выборка материала. В чистовых – обработка поверхности детали.
- **Подача подхода** – подача, на которой осуществляется подход к началу рабочего хода.
- **Подача отхода** – подача, на которой осуществляется отход после выполнения рабочего хода.
- **Подача врезания к следующему слою** – на этой подаче осуществляется врезание к более низкому слою выборки в черновой послойной операции и операции выборки области.
- **Подача перехода к следующей строчке** – подача, на которой производится переход вдоль обрабатываемой поверхности к следующему рабочему ходу.
- **Подача возврата по обработанному** – подача, на которой осуществляется возврат к предыдущему рабочему ходу, по траектории ранее выполненного перехода.
- **Подача чистового прохода** – подача, на которой производятся рабочие ходы вдоль поверхности детали в черновых операциях. Целесообразно использовать при необходимости получения поверхности высокого качества после черновой операции.
- **Подача первого прохода** – подача первой от поверхности заготовки строчки выборки в черновых операциях. Рекомендуется задавать, например, при различной обрабатываемости поверхности и сердцевины заготовки.

Значение подачи может быть либо постоянным, либо вычисляемым, в зависимости от угла наклона каждого элементарного участка траектории. При задании вычисляемой подачи определяющими являются значение подачи и коэффициенты при движении вниз, по горизонтали, вверх. Реальное значение подачи при движении вниз, по горизонтали или вверх будет равным произведению соответствующего поправочного коэффициента на значение подачи. При промежуточных значениях угла наклона элементарного участка траектории реальное значение подачи будет вычисляться пропорционально заданным граничным значениям. Например, при значениях подачи вверх равном 300, по горизонтали – 200, вниз – 100, реальное значение подачи на участке с движением фрезы вверх под углом  $45^\circ$  будет равно 250. Использование вычисляемой подачи позволяет сократить время обработки за счет более гибкого управления режимами резания.

Если в используемой конфигурации **SprutCAM** присутствует модуль расчета режимов резания, то значение подачи может быть вычислено автоматически, исходя из материала заготовки, инструмента и параметров операции. При использовании

вычисляемой подачи реальные значения подачи при движении вверх, по горизонтали и вниз вычисляются путем умножения полученного значения подачи на соответствующие коэффициенты.

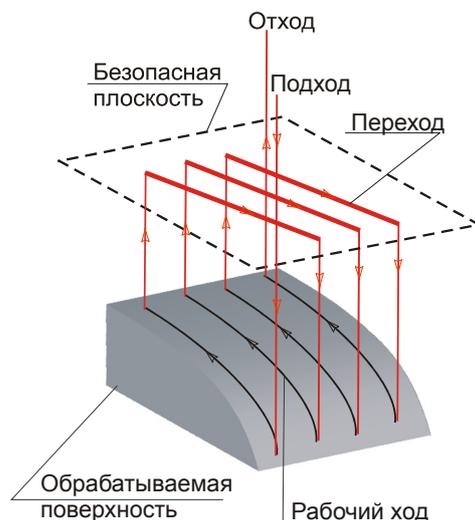
**Ускоренная подача** может быть задана только постоянным значением. **Рабочая подача** может быть постоянной или переменной; ее реальное значение может быть задано вручную либо вычислено автоматически модулем расчета режимов резания. Все остальные подачи задаются либо аналогичным способом, либо в процентах от рабочей подачи. При задании в процентах от рабочей подачи тип подачи будет установлен такой же, как и у рабочей. Числовые значения будут составлять указанное количество процентов от соответствующих значений рабочей подачи. Например, при установке подачи подхода равной 50 % от рабочей, подход будет производиться при значениях подач в два раза меньших, чем на основных рабочих ходах.

### 5.4.10 Безопасная плоскость

Под безопасной плоскостью понимается горизонтальная плоскость, расположенная на таком уровне, чтобы любые перемещения инструмента выше этой плоскости не приводили к столкновению инструмента с обрабатываемой деталью или какой-либо технологической оснасткой. Все горизонтальные перемещения на ускоренной подаче производятся в безопасной плоскости.

**Уровень безопасной плоскости** должен быть выше верхнего уровня обработки. Рекомендуется задавать уровень безопасной плоскости выше, чем самая верхняя точка обрабатываемой детали, заготовки или технологической оснастки.

Уровень безопасной плоскости задается в окне установки параметров.



### 5.4.11 Верхний и нижний уровни обработки

Верхний и нижний уровни обработки определяют обрабатываемый диапазон по оси Z. Будут обработаны участки поверхности детали лежащие между верхним и нижним уровнями.

Если заготовка или ограничивающая модель заданы областями, лежащими в основании призмы, считается, что этот закон действует на все уровни обработки, то есть между нижним и верхним уровнями обработки.

Верхний уровень обработки не может быть ниже нижнего.

Верхний и нижний уровни обработки задаются в окне установки параметров.



### 5.4.12 Точность

Точность обработки задается в системе максимальными отклонениями аппроксимированной траектории инструмента от идеальной.

Отклонение от детали определяет максимально допустимое отклонение инструмента от поверхности обрабатываемой детали (в сторону инструмента).

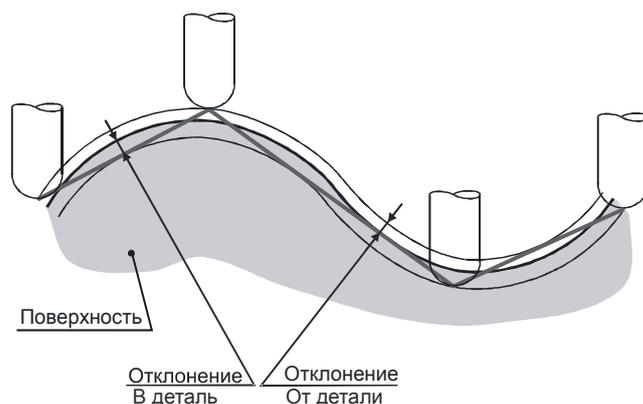
Отклонение в деталь, определяет максимально допустимое врезание инструмента внутрь обрабатываемой детали (от инструмента).

Для отклонения от детали положительным считается направление от поверхности детали (в сторону инструмента), а для отклонения в деталь – внутрь детали (от инструмента). Таким образом, точность обработки равна сумме отклонений от детали и в деталь. Следует учесть, что повышение точности (уменьшение суммы отклонений) ведет к повышению длительности расчетов и увеличению размера управляющей программы. Сумма отклонений обязательно должна быть больше нуля, так как иначе невозможно построение аппроксимированной траектории.

В большинстве случаев удобнее задавать отклонение в деталь равным нулю, а от детали – равным требуемой точности обработки. При таких параметрах минимальная толщина слоя остаточного материала будет равна установленному припуску. Если же отклонение в деталь не равно нулю, то минимальная толщина слоя остаточного материала будет меньше заданного припуска на величину отклонения в деталь.

**Примечание:** Рекомендуется вводить неотрицательные значения отклонений, а слой снимаемого/оставляемого материала устанавливать при помощи припуска.

Максимальные отклонения задаются в окне установки параметров.



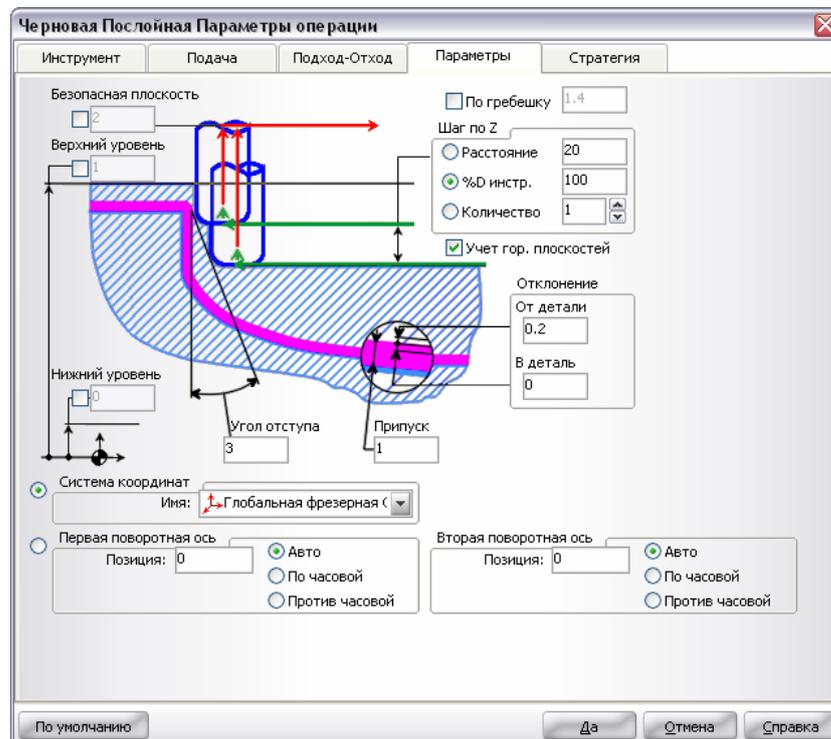
### 5.4.13 Припуск

**Припуск** – слой материала от поверхности детали, который необходимо оставить после операции для дальнейшей доработки.

Положительный припуск задает толщину слоя оставляемого материала. Отрицательный – дополнительно снимаемого.

В действительности, минимальная толщина остаточного материала строго равна припуску только при нулевом значении отклонения в деталь. В остальных же случаях минимальная толщина слоя меньше заданного припуска на величину отклонения в деталь.

Припуск устанавливается в окне установки параметров.



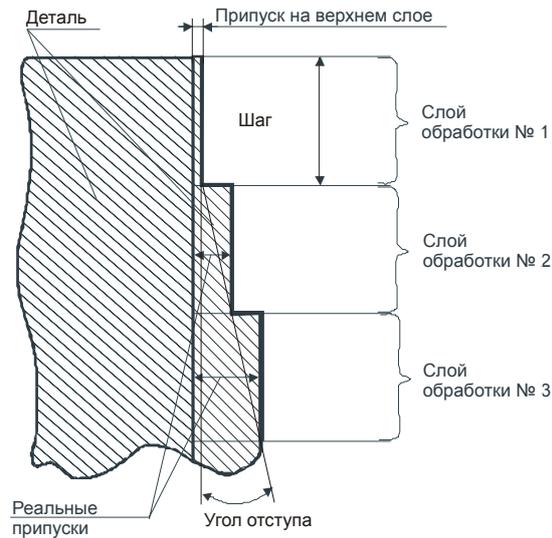
### 5.4.14 Угол отступа

При обработке высоких вертикальных стенок иногда возникает необходимость исключить контакт инструмента с уже обработанной частью. Для этого в операциях, которые производят выборку по слоям, имеется возможность задания угла

отступа. При обработке вертикальной (или близкой к вертикальной) поверхности реальный припуск будет увеличиваться на каждом последующем слое обработки так, как показано на рисунке. Угол отступа учитывается на всех стенках, близких к вертикальным, то есть не только вблизи обрабатываемой модели, но и вблизи ограничивающей.

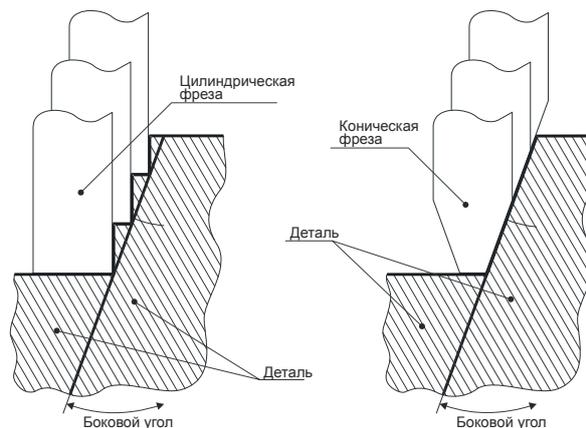
Значение бокового угла не может быть отрицательным, а также большим или равным  $90^\circ$ . Установка слишком большого угла отступа приводит к тому, что на нижних слоях остается большой слой недоработанного материала.

Значение угла отступа задается в окне установки параметров.



### 5.4.15 Боковой угол

Боковой угол определяет наклон боковой поверхности обрабатываемой модели в гравировальной операции и операции выборки области. Обычно при чистовой обработке для формирования боковой поверхности выбирается коническая фреза или гравёр с углом конической части равным боковому углу модели.



Если боковой угол равен нулю, то обрабатываемая модель будет представлять собой призму с основанием заданной областью на верхнем уровне обработки. Если он отличен от нуля, то к области на верхнем уровне пристыковывается линейчатая боковая поверхность с углом между образующей и вертикалью равным боковому углу.

Величина бокового угла должна быть больше или равна нулю и меньше 90°.

Боковой угол устанавливается в окне установки параметров.

---

### 5.4.16 Шаг обработки

Шаг обработки определяет расстояние между двумя соседними рабочими ходами инструмента. В зависимости от типа операции, шаг задается в вертикальном и/или в горизонтальном направлении. В черновых операциях, как правило, задаются и вертикальный, и горизонтальный шаги. В чистовых послойных – шаг в вертикальном направлении. В построчных и управляемых – в горизонтальном. Именно величина шага определяет высоту гребешка остаточного материала между двумя соседними проходами.

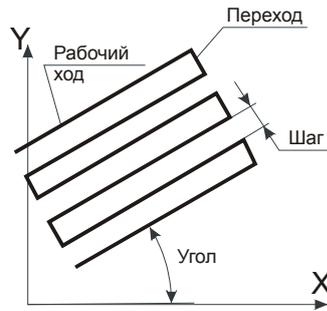
Для удобства величина шага может быть задана несколькими способами.

- **Действительным значением шага.** Значение задается абсолютным значением и никак не меняется при корректировке других параметров.
- **В процентах от диаметра фрезы.** Действительное значение шага составляет указанное количество процентов от диаметра инструмента и, соответственно, меняется при смене фрезы.
- **Количеством проходов.** Весь диапазон обработки делится на указанное количество равных частей. Действительное значение шага изменяется при корректировке диапазона обработки. То есть величина шага в вертикальном направлении изменяется при изменении верхнего и нижнего уровней обработки.
- **По гребешку.** Шаг между соседними проходами инструмента не постоянный, он зависит от геометрических параметров инструмента и формы поверхности обрабатываемой детали. Величина шага выбирается таким образом, чтобы высота гребешка остаточного материала между соседними рабочими ходами не превышала заданную. При выборе шага по высоте гребешка в вертикальном направлении необходимо дополнительно задать максимальный шаг, а в горизонтальном – минимальный. В случае если вычисленная величина шага будет выходить за указанные пределы, то будет использоваться его предельное значение.

Все перечисленные способы задают одну и ту же величину. При изменении значения для вычисления реального шага автоматически пересчитываются и все значения для задания такого же шага другими способами. Это позволяет, например, сразу оценить действительную величину шага, при его задании в процентах от диаметра инструмента.

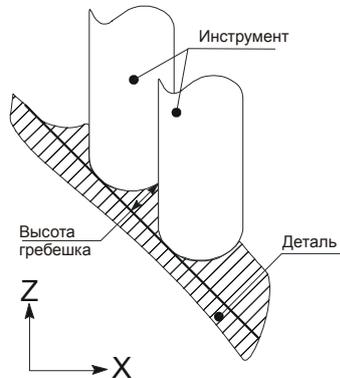
Независимо от способа задания действительная величина шага обязательно должна быть больше нуля.

Шаг в вертикальном направлении задается в окне установки параметров, а в горизонтальном – в окне стратегии.



### 5.4.17 Выбор шага по высоте гребешка

При обработке поверхностей, радиус кривизны которых не совпадает с радиусом кривизны инструмента, между соседними проходами образуется гребешок остаточного материала. Его высота зависит от формы поверхности обрабатываемой детали, типа и размеров инструмента, а также расстояния между соседними проходами фрезы.



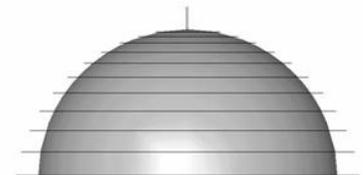
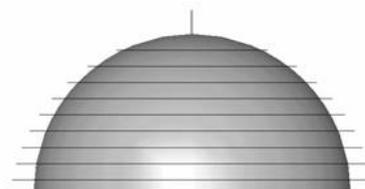
В операциях можно задавать шаг по максимальной высоте гребешка. При этом расстояние между соседними ходами инструмента будет автоматически выбираться таким образом, чтобы высота гребешка не превышала заданной.

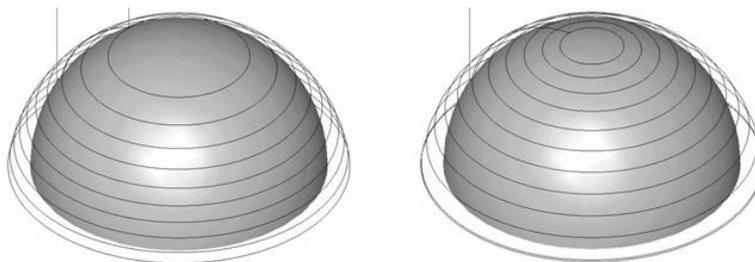
Величина шага вычисляется на каждом рабочем ходе одного запроса, исходя из условия обеспечения необходимой величины гребешка в наихудшем случае. Таким образом, наличие даже небольшого участка, требующего уменьшения величины шага, приведет к генерации нового запроса на небольшом расстоянии.

Величина шага в вертикальном направлении будет уменьшаться на поверхностях, близких к горизонтальным, и увеличиваться на почти вертикальных. А на вертикальных поверхностях величина шага стремится к бесконечности. Для того чтобы избежать слишком больших шагов, при задании шага в вертикальном направлении по высоте гребешка необходимо задать максимальную величину шага. Если вычисленная величина будет превышать максимальную, то будет выбрано максимально допустимое значение шага.

Обработка с постоянным шагом

Шаг выбирается по высоте гребешка





Величина шага в горизонтальном направлении увеличивается на пологих поверхностях и уменьшается на крутых. Чтобы избежать слишком частых запросов на участках близких к вертикальным, необходимо задать минимальную величину шага. Если вычисленный шаг меньше минимального, то выбирается минимально допустимый.

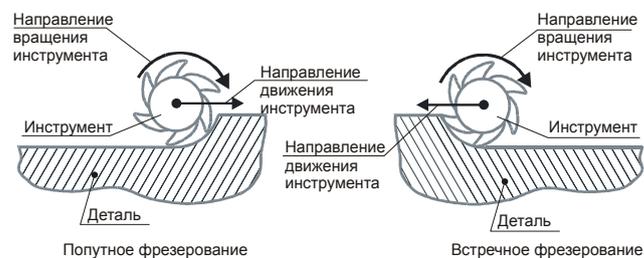
**Максимальная высота гребешка** может задаваться только положительным значением. Не целесообразно выбирать высоту гребешка меньше точности обработки.

**Величина гребешка** при шаге в вертикальном направлении задается в окне установки параметров, а в горизонтальном – в окне стратегии.

### 5.4.18 Типы фрезерования

В системе имеется возможность генерации траектории инструмента предпочтительно с попутным или встречным типом фрезерования.

Если тип фрезерования не важен, то рекомендуется установить режим без учета типа фрезерования. Такой режим позволяет значительно сократить количество холостых переходов, а, следовательно, уменьшить время обработки детали на станке.



Тип фрезерования устанавливается в окне стратегии.

### 5.4.19 Способ перехода

**Переход инструмента** это перемещение инструмента между обрабатываемыми контурами. Не следует путать с технологическим термином **Переход**.

Если деталь обрабатывается одним инструментом, а траектория обработки представляет собой перемещение инструмента вдоль нескольких контуров, тогда возникает необходимость формирования технологических условий перехода от контура к контуру.

В операциях объемной обработки переходы с одного рабочего хода на другой осуществляются следующими способами:

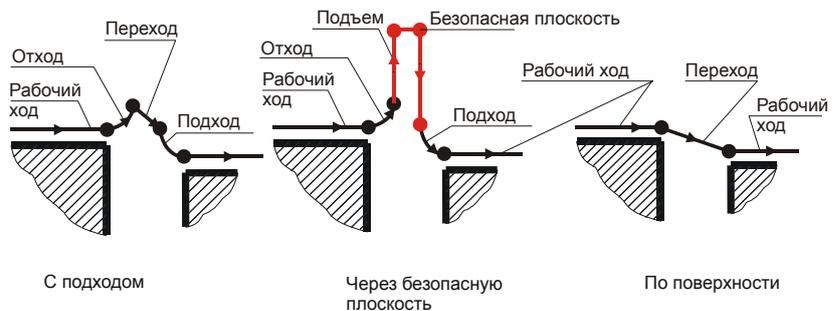
- **Переход по поверхности.** Переход инструмента осуществляется без отрыва от обрабатываемой модели. При небольшом расстоянии между точками конца и начала

соседних рабочих ходов для выполнения перехода такого типа требуется наименьшее время.

- **Переход с отходом-подходом.** В конечной точке рабочего хода осуществляется отход согласно заданному способу, потом переход на рабочей подаче к первой точке следующего подхода, затем подход к согласно заданному способу к первой точке следующего рабочего хода. Такой переход занимает больше времени, но переход осуществляется без касания обрабатываемой поверхности.
- **Переход через безопасную плоскость.** В конечной точке рабочего хода осуществляется отход согласно заданному способу. Затем подъем на ускоренной подаче до безопасной плоскости. Переход на ускоренной подаче в безопасной плоскости. Затем опускание инструмента и подход согласно заданному способу подхода.

Так как способы перехода по поверхности и с отходом-подходом являются оптимальными лишь при небольшой длине перехода, то при необходимости осуществления перехода большой протяженности, независимо от установленного типа перехода, автоматически генерируется переход через безопасную плоскость.

Способ перехода задается в окне **Параметров операции** на странице **Стратегия**.



В операциях обработки кривой **SprutCAM** предоставляет пользователю следующие способы формирования переходов:

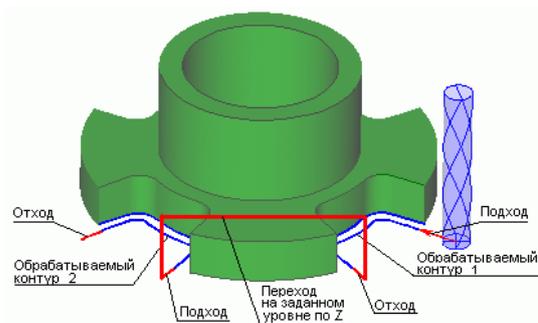
- По безопасной плоскости;
- Вокруг заготовки;
- Вокруг заготовки и на заданной высоте Z;

#### По безопасной плоскости

Этот способ наиболее часто применяем, но он не оптимален с точки зрения трудоемкости обработки. Уровень безопасной плоскости задается в окне **Параметров операции** на странице **Параметры**. Переход осуществляется, как правило, на ускоренном перемещении (G0)

#### Переход инструмента вокруг заготовки и на заданной высоте Z

Если в окне **Параметров операции** на странице **Стратегия** обработки не включать режим **Минимизация холостых ходов**, тогда порядок обработки контуров будет определяться порядком расположения контуров в списке окна **Модель**. Для определения последовательности обработки контуров с учетом оптимизации по критериям минимальной длины холостых перемещений следует в окне **Параметров операции** на странице **Стратегия** обработки включить режим **Минимизация холостых ходов**.



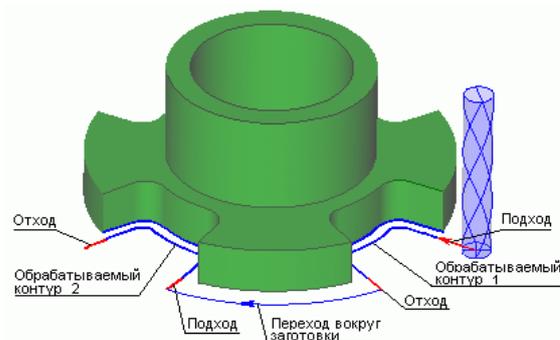
**SprutCAM** в режиме 2D обработка позволяет работать как с использованием, так и без использования заготовки. Если заготовка не используется, тогда переходы между рабочими контурами осуществляются либо по плоскости безопасности, либо на заданном уровне по Z.

Использование заготовки обеспечивает более безопасный режим работы, так как система автоматически формирует траекторию перехода с учетом контроля от столкновения инструмента с заготовкой, так же в этом случае **SprutCAM** предоставляет технологу более широкие возможности для создания оптимальной траектории обработки.

Заготовка задается в окне **Модель**. Подробное описание создания заготовки находится в Руководстве пользователя **SprutCAM**.

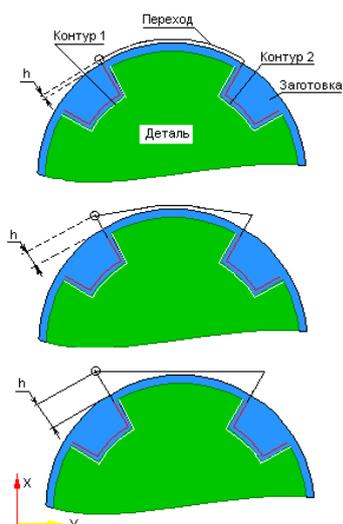
#### По кратчайшему пути вокруг заготовки.

Траектория будет сформирована по кратчайшему пути вокруг профиля заготовки на уровне расположения рабочих контуров. Для задания подачи следует в окне **Параметров операции** на странице **Подачи** выбрать режим **Подача перехода к следующей строчке** и в поле задания значения подачи установить требуемую величину. Заготовка должна быть задана в обязательном порядке.



Траектория перехода зависит от формы заготовки и формируется в виде огибающей кривой вокруг встречающихся участков заготовки. На форму кривой перехода так же влияет расстояние от заготовки до точек отхода и подхода к контурам.

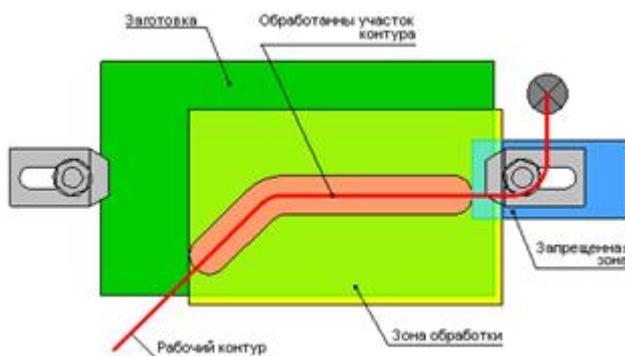
Пример изменения траектории в зависимости от значения этой величины (h) приведен на рисунке. Траектория может изменять свой вид от прямой линии до кривой повторяющей форму заготовки как показано на рисунке. Вогнутые участки заготовки проходятся по кратчайшей кривой, выпуклые - по огибающей.

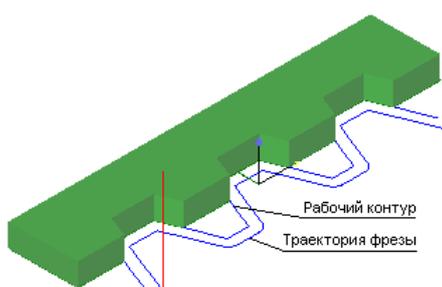


Кривая перехода строится практически в касание с боковой поверхностью фрезы профиля заготовки, поэтому на практике, при задании заготовки, в окне Модель необходимо установить дополнительный припуск на заготовку.

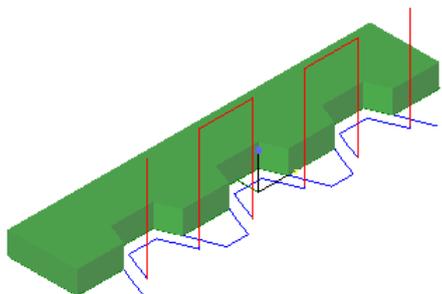
Для получения необходимого вида кривой перехода следует применять различные значения  $h$  для точек подхода и отхода, а так же изменять профиль заготовки.

Следует особо рассмотреть случай, когда контур имеет участки, выступающие за площадь заготовки. В **SprutCAM** существует правило - если задана заготовка, траектория обработки формируется только в пределах заготовки. Если к тому же заданы зоны обработки и запрещенные зоны, то траектория формируется в пределах площади заготовки, внутри имеющих зон обработки и снаружи запрещенных зон (см. рисунок). Все это накладывает определенные условия на формирование траекторий переходов.

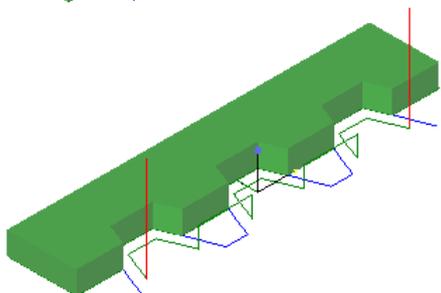




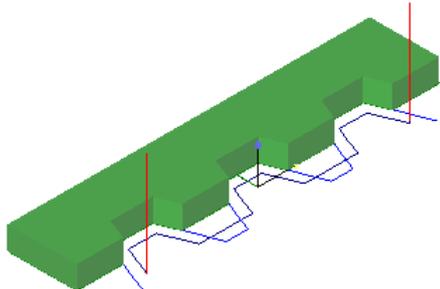
На верхнем рисунке траектория сформирована без учета заготовки. Использован Участок включения и выключения коррекции по касательной. Как видно из рисунка траектория сформирована эквидистантно к рабочему контуру.



Задана заготовка (брусек). Траектория сформирована уже с учетом заготовки, т.е. в площади заготовки. За пределами заготовки обработка не производится. К каждому участку добавлены участки включения и выключения коррекции. Переход фрезы с участка на участок осуществляется по плоскости безопасности.



Параметры операции те же что и у предыдущей, разница в переходах. В данном случае использован переход на заданном уровне.



В этой операции использован переход вокруг заготовки. Следует отметить, что кадр включения и отключения коррекции автоматически пристыковывается к соответствующим участкам рабочего контура

## 5.4.20 Тип обката

В чистовых операциях при обработке поверхности детали можно выделить следующие участки траектории:

- участок обработки формообразующих поверхностей;
- участок обката ребер между этими поверхностями;
- участок обхода ограничивающей модели.

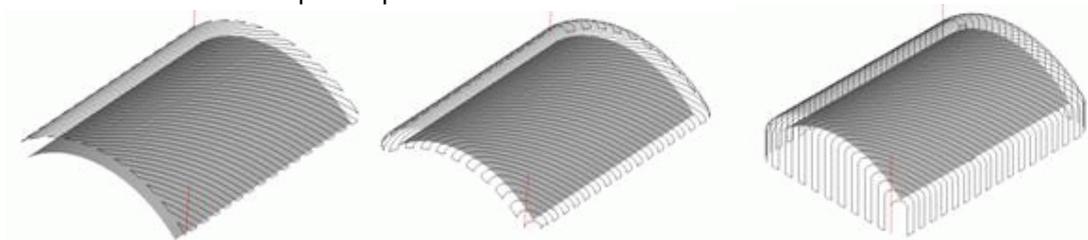


Достаточно часто (например, при обработке с нулевым припуском) ребра между соседними поверхностями формируются при обработке самих поверхностей и не требуют дополнительной

обработки. В этом случае для получения требуемой модели в результирующую траекторию достаточно включить только участки обработки формообразующих поверхностей. За счет исключения ненужных участков сокращается протяженность результирующей траектории и, как следствие, сокращается время обработки детали на станке. Такой способ формирования траектории инструмента включается указанием типа обката только поверхности.

В режиме с обкатом ребер результирующая траектория состоит из участков обработки формообразующих поверхностей и участков обката ребер. Режим целесообразно использовать, например, для скругления ребер при обработке модели с положительным припуском.

При использовании режима с обходом ограничений в результирующую траекторию обязательно попадают участки обработки и обката не только формообразующих поверхностей, но и ограничивающей модели. Кроме того, в построчных и управляемых операциях добавляются все вертикальные участки траектории.



Обкат только поверхности

С обкатом ребер

С обходом ограничений

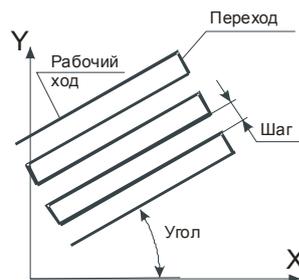
**Тип обката** задается в окне задания параметров операции на странице стратегии.

#### 5.4.21 Угол рабочих ходов в построчных операциях

В построчных операциях рабочие ходы инструмента лежат в параллельных вертикальных плоскостях. Ориентация этих плоскостей в пространстве задается углом рабочих ходов. Угол задается в градусах и отсчитывается от оси X в горизонтальной плоскости против часовой стрелки.

От значения угла также зависит и порядок, в котором будут объединяться рабочие ходы. Например, при угле рабочих ходов равном  $90^\circ$  при объединении приоритетным будет считаться очередность ходов в сторону возрастания координаты X, а при  $270^\circ$  - её убывания.

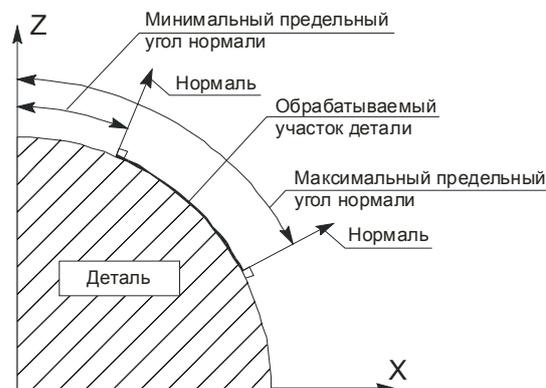
Угол рабочих ходов для построчных операций задается на странице стратегии.



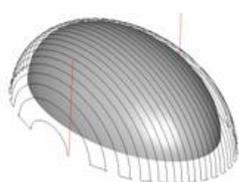
## 5.4.22 Предельный угол наклона нормали

В системе возможна избирательная обработка участков поверхности детали, в зависимости от угла между нормалью к поверхности и вертикальной осью Z. Обрабатываемый диапазон задается с помощью минимального и максимального углов наклона, как показано на рисунке.

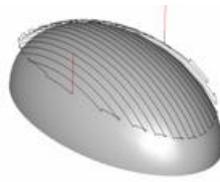
Предельные значения угла наклона нормали могут задаваться от 0° (горизонтальный участок, нормаль вертикальна) до 90° (вертикальный участок, нормаль горизонтальна).



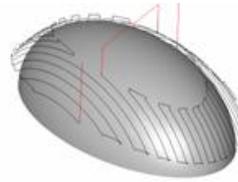
Известно, что построчный метод обработки оптимален при фрезеровании поверхностей близких к горизонтальным, а послойная обработка дает хороший результат при обработке поверхностей близких к вертикальным. Использование предельных углов наклона нормали позволяет горизонтальные участки поверхностей обработать построчно, а вертикальные – послойно.



без ограничений



ограничение от 0 до 45



ограничение от 30 до 60

Пример траектории обработки, полученной при совместном использовании построчной и послойной чистовых операций, показан на рисунке.

Построчная операция обрабатывает участки поверхностей с наклоном в диапазоне от 0 до 45 градусов, а послойная с наклоном в диапазоне от 45 до 90. Такие параметры устанавливаются по умолчанию в комплексной чистовой операции.



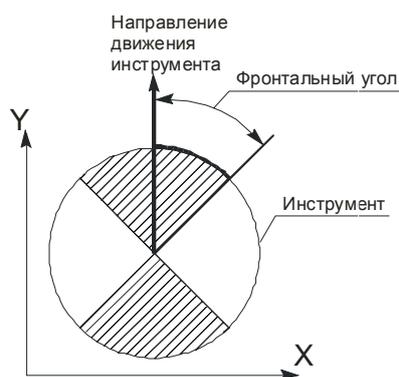
Предельные углы наклона нормали могут также использоваться для фрезерования горизонтальных участков цилиндрическим инструментом или для обработки конической фрезой участков поверхностей с наклоном, равным боковому углу инструмента.

Предельный угол нормали для чистовых операций задается в окне задания параметров операции на странице стратегии.

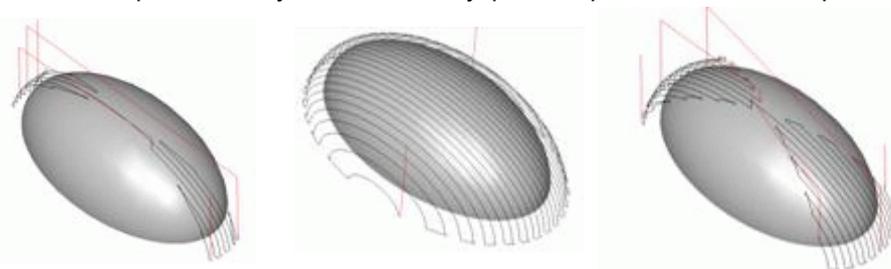
### 5.4.23 Фронтальный угол

Высота гребешка между соседними рабочими ходами при построчной обработке наклонных поверхностей сильно зависит от угла между нормалью к поверхности и направлением движения инструмента. В подавляющем большинстве случаев, чем меньше угол между проекциями на горизонтальную плоскость нормали к поверхности и направления движения, тем меньше высота гребешка.

Для получения оптимальной траектории в чистовых построчных и управляемых операциях возможно введение ограничения по фронтальному углу. Фронтальный угол – это угол между проекциями на горизонтальную плоскость направления движения инструмента и нормали к поверхности в точке резания.

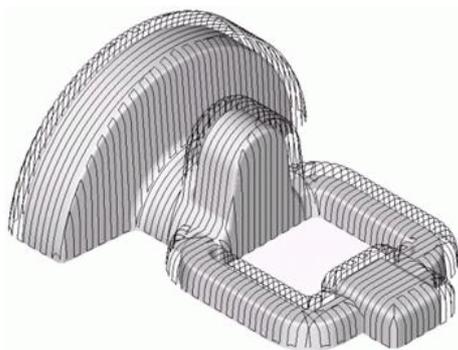


На рисунке изображена сферическая фреза - вид сверху. Участок рабочего хода будет включен в результирующую траекторию в том случае, если угол между проекциями на горизонтальную плоскость направления движения фрезы и вектора нормали к поверхности в точке контакта будет меньше заданного. Для сферического инструмента будет также справедливо утверждение: участок строчки будет включен в результирующую траекторию, в том случае если точка касания инструмента с поверхностью будет лежать внутри заштрихованного сектора.



фронтальный угол = 90° фронтальный угол = 45° фронтальный угол = 15°

Результат обработки двумя взаимно-перпендикулярными построчными операциями с фронтальным углом 45° градусов изображен на рисунке.

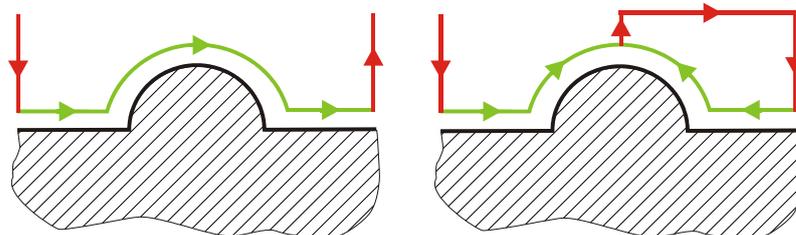


Фронтальный угол может быть в пределах от  $0^\circ$  (обрабатывать только перпендикулярные направлению движения участки) до  $90^\circ$  (без ограничения). Для пары построчных операций со взаимно перпендикулярными запросами оптимальным будет значение фронтального угла  $45^\circ$ .

Фронтальный угол для чистовых построчных и управляемых операций устанавливается в окне задания параметров операции на странице **Стратегии**.

#### 5.4.24 Обработка только снизу вверх

В случае, если в чистовой построчной или управляемой операциях движение инструмента вниз на рабочей подаче нежелательно, рекомендуется использовать режим обработки только снизу вверх.



Разрешено движение вниз

Строго снизу вверх

Если этот режим включен, то при достижении верхней точки рабочего хода, инструмент по безопасной плоскости перемещается в начало следующего хода, откуда движение снова идет только вверх.

По умолчанию режим выключен.

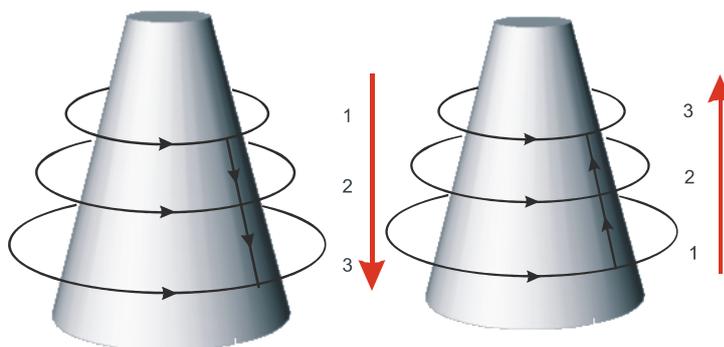
Режим обработки только снизу вверх для чистовой построчной операции устанавливается в окне задания параметров операции на странице **Стратегии**.

#### 5.4.25 Направление обработки

В чистовой послойной и комбинированной операциях имеется возможность задания приоритетного направления объединения рабочих ходов в результирующую траекторию. Направление обработки может быть сверху вниз или снизу вверх.

Для моделей, в которых есть участки поверхности близкие к вертикальным рекомендуется обработка сверху вниз. Обработку снизу вверх бывает целесообразно применять на деталях с пологими формообразующими поверхностями.

Направление обработки задается в окне задания параметров операции на странице **Стратегии**.



### 5.4.26 Способы обработки в управляемых операциях

В управляемых операциях вид траектории инструмента в плане задается направляющей областью, которая формируется из указанных направляющих кривых. Координата Z вычисляется исходя из условия касания инструментом обрабатываемой модели.

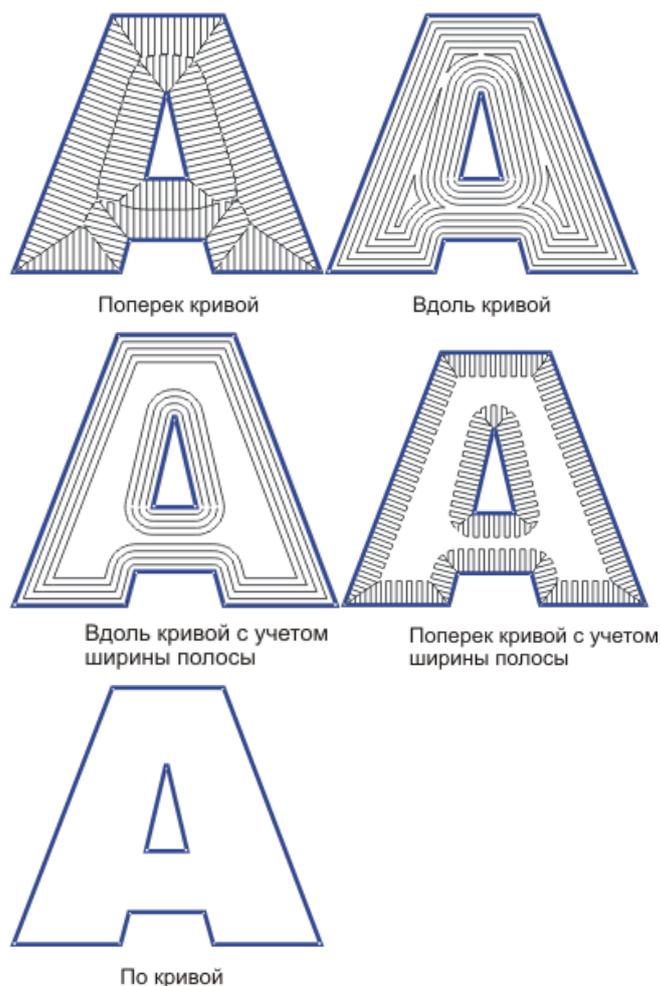
Проекции рабочих ходов инструмента на горизонтальную плоскость обязательно находятся внутри направляющей области. Способ формирования этих проекций может быть задан одним из следующих способов:

- **По границам направляющей области** – производится только один проход вдоль границ области. То есть, производится обработка детали таким образом, чтобы ось инструмента всегда находилась на одной из кривых, ограничивающих направляющую область.
- **Вдоль границ направляющей области** – первый проход осуществляется по границам области, а все последующие – по эквидистантам в горизонтальной плоскости к предыдущему запросу. Другими словами, при построении рабочих ходов ось инструмента проходит по семейству кривых, эквидистантных к границам области. Шаг между соседними эквидистантами равен установленному шагу обработки.
- **Поперек границ направляющей области** – горизонтальная проекция каждой строчки представляет собой отрезок, начинающийся на границе направляющей области, перпендикулярный ей в этой точке. Длина этого отрезка выбирается такой, чтобы один и тот же участок не обрабатывался дважды, а направление ходов в каждой точке внутри области задавалось ближайшей к ней точкой на границе.

Количество эквидистантных ходов при способе обработки вдоль границ направляющей области и длина ходов при обработке поперек границ, в общем случае ограничиваются формой и размерами направляющей области. Рабочие ходы строятся до тех пор, пока вся деталь, входящая в направляющую область не будет обработана.

Если включить режим обработки полосы указанной ширины, то обрабатываться заданным способом (вдоль или поперек) будет только полоса вдоль границ направляющей области. То есть, количество эквидистантных или длина прямолинейных ходов будут дополнительно ограничены шириной обрабатываемой полосы.

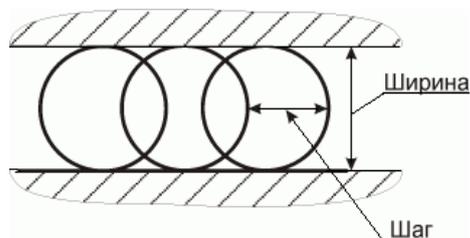
Вид траектории в плане при различных комбинациях параметров:



Способ обработки для управляемых операций задается в окне задания параметров операции на странице Стратегии.

### 5.4.27 Трохоидальная обработка (обработка по циклоиде)

Трохоидальная обработка формируется в системе путем формирования в определенных точках траектории дополнительных проходов вдоль замкнутых окружностей. Такой способ позволяет значительно сократить длину управляющей программы по сравнению с классической циклоидой и одновременно обеспечивает плавное изменение сил резания.



Ширина и шаг трохойды зависят от выбранного режима. В системе реализованы 4 режима:

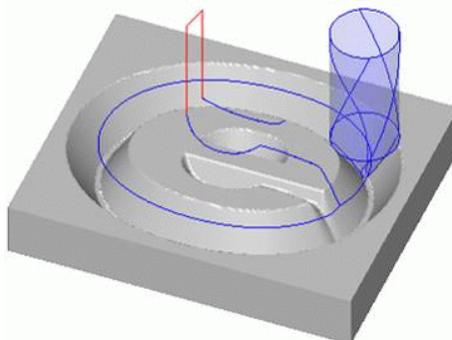
- **Не использовать трохойду.** В этом режиме дополнительные окружности не будут формироваться ни при каких условиях.

**Внимание:** в том случае если шаг выборки больше половины диаметра инструмента или задан радиус скругления, то могут образовываться островки не удаленного материала. Необходим обязательный визуальный контроль траектории в режиме "моделирование".

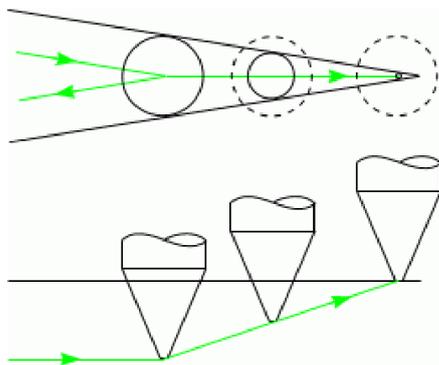
- **Только для удаления островков.** Режим обеспечивает формирование минимального количества дополнительных окружностей. Диаметр окружностей выбирается минимальным и достаточным для удаления материала. Шаг трохойды принимается равным диаметру инструмента.
- **Трохоида с шагом выборки.** Режим обеспечивает наиболее равномерную нагрузку на инструмент. Радиусы дополнительных окружностей не могут быть меньше заданного радиуса скругления. Шаг трохойды гарантированно меньше или равен шагу выборки. Данный режим рекомендуется для использования в условиях высокоскоростной обработки.
- **С уменьшением шага на чистовом проходе.** Трохоида формируется аналогично третьему режиму, но для обеспечения режимов резания на чистовом проходе, шаг трохойды на чистовом проходе принимается равным шагу чистового прохода.

#### 5.4.28 Трехмерная доработка

Трехмерная доработка углов предназначена для выборки остаточного материала в углах, а также в других местах, где это невозможно сделать инструментом с заданными геометрическими параметрами на текущем уровне обработки. Если инструмент имеет фасонную часть, диаметр которой постепенно уменьшается к конечной точке, то при увеличении координаты Z инструмента возможна обработка более "узких" участков.



Траектория инструмента при трехмерной доработке угла представляет собой такую кривую, при движении вдоль которой, инструмент касается задающего контура модели одновременно в нескольких точках. Координата Z инструмента определяется исходя из геометрии инструмента и расстояния до контура модели в каждой точке.



Использование функции 3D-доработки углов позволяет формировать острые внутренние углы на обрабатываемой модели и обработать области небольшой ширины одним трехмерным проходом инструмента.

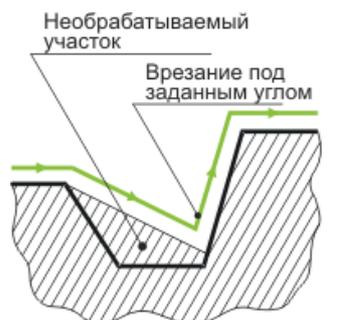
Функция 3D-доработки углов для гравировальной операции и операции выборки области включается в окне задания параметров операции на странице Стратегии.

### 5.4.29 Способы движения вниз в черновых построчных операциях

В черновых построчных и управляемых операциях можно ограничить перемещение инструмента вниз. Такие ограничения особенно актуальны, если инструмент из-за особенностей режущей части или по причине плохой обрабатываемости заготовки может врезаться в материал лишь под ограниченным углом.

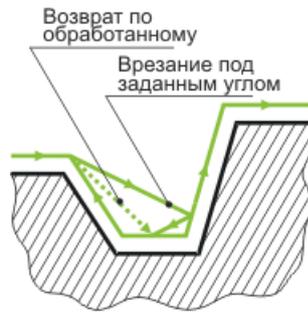
Может быть наложен один из типов ограничений:

- **Обработка строго снизу-вверх.** Движение инструмента внутри обрабатываемого материала вниз полностью исключается. Материал, оставшийся во впадинах, не дорабатывается. Такой способ целесообразно применять на выпуклых деталях. Деталь, имеющая впадины или карманы требует последующей доработки.



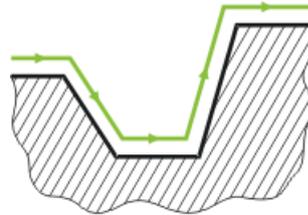
Контроль угла врезания без доработки теневых зон

- **С заданным максимальным углом врезания** без доработки теневых зон. При необходимости инструмент может двигаться вниз, но только под углом не больше заданного. Материал, оставшийся во впадинах, также не дорабатывается. Следовательно, для деталей с крутыми стенками впадин требуется доработка. Максимальный угол врезания должен устанавливаться в пределах от 0° (аналогично обработке строго снизу-вверх) до 90° (то же самое, что и без контроля).



Контроль угла врезания  
с доработкой теневых зон

- **С заданным максимальным углом врезания** с доработкой теневых зон. Инструмент так же, как и в предыдущем случае, может врезаться в материал заготовки под углом не больше заданного, но дополнительно производится доработка оставшегося во впадинах материала. Доработка производится возвратно-поступательными движениями вдоль запроса с одновременным врезанием под заданным углом. В результате фрезерования с указанным ограничением обработанная деталь получается такая же, как и при обработке без контроля движения вниз. Максимальный угол движения вниз должен быть обязательно больше нуля.



Разрешено движение вниз

- **Без контроля движения вниз.** Направление движения инструмента не контролируется. Обработанная деталь содержит недоработки, обусловленные только геометрией инструмента.



Обработка только  
снизу вверх

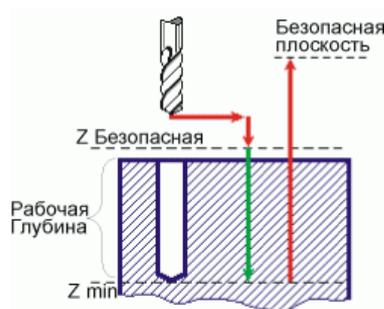
Способ движения вниз для черновых построчных и управляемых операций задается в окне задания параметров операции на странице Стратегии.

### 5.4.30 Циклы обработки отверстий

Циклы обработки для операции обработки отверстий задается в окне задания параметров операции на странице Стратегии.

#### Простое сверление (G81)

Производится сверление отверстия с ускоренным подходом на безопасное расстояние и последующим выходом на безопасную плоскость.

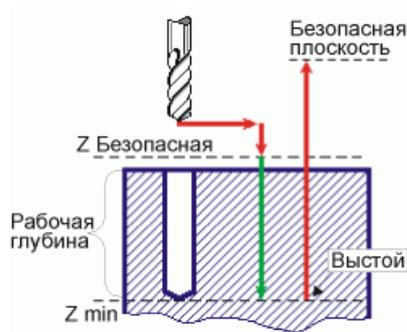


Цикл сверления типа G81 включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход инструмента на расстояние Z min.
- Ускоренный возврат инструмента до безопасной плоскости.

### Сверление с задержкой (G82)

Производится сверление отверстия с подходом на безопасное расстояние, выдержкой паузы при достижении уровня Z min при включенном шпинделе с последующим выходом на безопасную плоскость. Длительность паузы задается в секундах в поле Задержка (сек).



Цикл сверления типа G82 включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход инструмента на расстояние Z min.
- Выход инструмента.
- Ускоренный возврат инструмента до безопасной плоскости.

### Глубокое сверление

Производится подход инструмента на безопасное расстояние и последующее циклическое сверление с учетом заданных численных значений глубины захода Z1 и величины отхода Zi, которые задаются в полях Глубина захода (Z1) и Величина отхода (Zi).



Цикл включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход на глубину захода (Z1).
- Ускоренный возврат инструмента до Z безопасной.
- Ускоренный ход на расстояние  $Z1 - Zi$ .
- Рабочий ход на расстояние  $Z1 + Zi$ .
- Ускоренный возврат инструмента до Z безопасной.
- Ускоренный ход на расстояние  $2 \cdot Z1 - Zi$ .
- Рабочий ход на расстояние  $Z1 + Zi$ .
- Ускоренный возврат инструмента до Z безопасной.
- Повторение шагов 7-9 до полной глубины отверстия.
- Ускоренный возврат инструмента до безопасной плоскости.

### Сверление с ломкой стружки

Производится подход инструмента на безопасное расстояние и последующее циклическое сверление с учетом заданных численных значений глубины захода Z1, величины отхода Zi и задержки, которые задаются в полях Глубина захода (Z1), Величина отхода (Zi) и Задержка (сек).

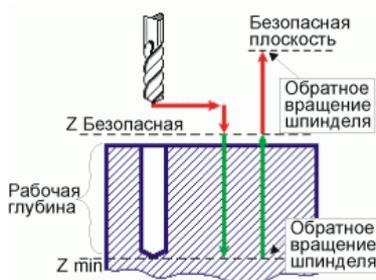


Цикл включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход на глубину захода (Z1).
- Отвод на величину отхода (Zi) и выстой.
- Рабочий ход на расстояние  $Z1 + Zi$ .
- Отвод на величину Zi и выстой.
- Рабочий ход на расстояние  $Z1 + Zi$ .
- Отвод на величину Zi и выстой.
- Повторение шагов 6-7 до полной глубины отверстия.
- Ускоренный возврат инструмента до безопасной плоскости.

### Нарезание резьбы (G84)

Производится подход инструмента на безопасное расстояние, нарезание резьбы с последующим подъемом на рабочем ходу при обратном вращении шпинделя.



Цикл сверления типа G84 включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход инструмента на расстояние Z min.
- Реверс шпинделя и возврат на рабочем ходу до безопасной плоскости.
- Восстановление первоначального направления и частоты вращения шпинделя.

#### Расточка тип 5 (G85)

Производится подход инструмента на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с остановкой шпинделя на минимальном уровне и выход на рабочем ходу на безопасный уровень.



Цикл сверления типа G85 включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход инструмента на расстояние Z min.
- Останов шпинделя.
- Возврат на рабочем ходу до безопасной плоскости.
- Восстановление первоначального направления и частоты вращения шпинделя.

#### Расточка тип 6 (G86)

Производится подход инструмента на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с остановкой шпинделя на минимальном уровне и выход на ускоренном ходу на безопасный уровень.



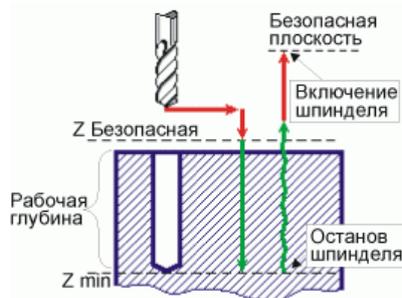
Цикл сверления типа G86 включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход инструмента на расстояние Z min.
- Останов шпинделя.
- Ускоренный возврат инструмента до безопасной плоскости.
- Восстановление первоначального направления и частоты вращения шпинделя.

#### Расточка тип 7 (G87)

Производится подход инструмента на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с остановкой шпинделя на

минимальном уровне с отводом вручную до безопасной плоскости.



Цикл сверления типа G87 включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход инструмента на расстояние Z min.
- Останов шпинделя.
- Отвод вручную до безопасной плоскости.
- Восстановление первоначального направления и частоты вращения шпинделя.

#### Расточка тип 8 (G88)

Производится подход инструмента на безопасное расстояние, расточка на рабочем ходу с выстоем и последующей остановкой шпинделя на минимальном уровне с отводом вручную до безопасной плоскости.

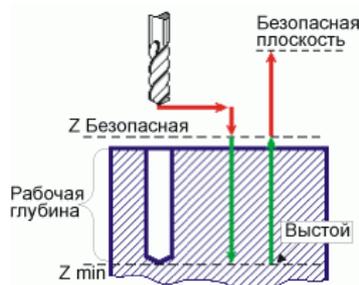


Цикл сверления типа G88 включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход инструмента на расстояние Z min.
- Выстой.
- Останов шпинделя.
- Отвод вручную до безопасной плоскости.
- Восстановление первоначального направления и частоты вращения шпинделя.

#### Расточка тип 9 (G89)

Производится подход инструмента на безопасное расстояние. Расточка на рабочем ходу с выстоем и последующей отводом на рабочем ходу до безопасной плоскости.

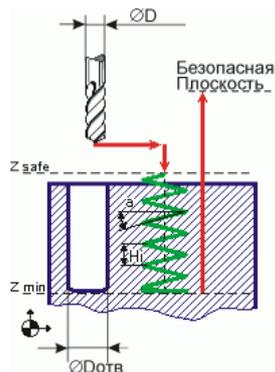


Цикл сверления типа G89 включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Рабочий ход инструмента на расстояние Z min.
- Выстой.
- Возврат на рабочем ходу до безопасной плоскости.

### Обработка отверстия по спирали

Метод предназначен для обработки круглых отверстий, диаметр которых больше диаметра инструмента. Обработка отверстий производится спиралевидными ходами инструмента (движение оси вращения по окружности одновременно с равномерным опусканием инструмента). Диаметр спирали выбирается в соответствии с заданным диаметром отверстия и размером инструмента.

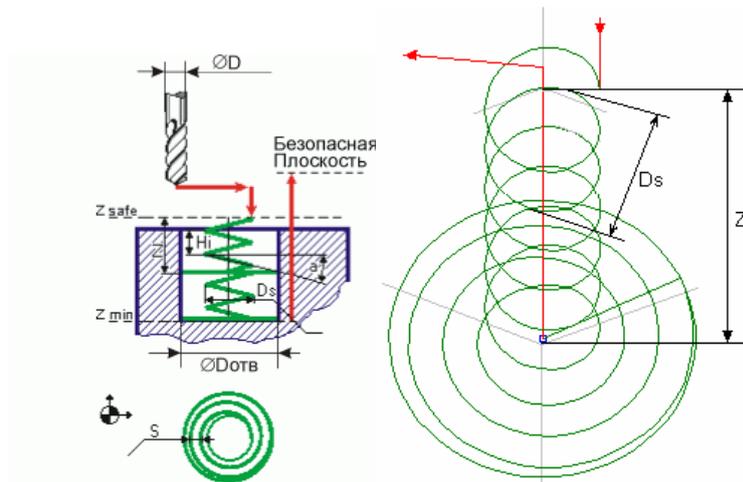


Обработка по спирали включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до Z безопасной.
- Спиралевидный рабочий ход инструмента до глубины Z min. Диаметр спирали равен разности между диаметром отверстия и диаметром инструмента, а скорость опускания инструмента определяется углом врезания  $\langle a \rangle$  или шагом спирали  $H_i$ .
- Проход по окружности на нижнем уровне. Диаметр окружности равен диаметру спирали.
- Отход к центру отверстия.
- Подъем на ускоренной подаче до безопасной плоскости.

### Выборка круглого колодца

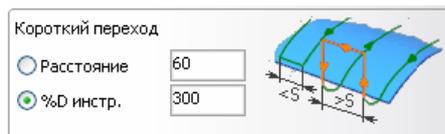
Метод предназначен для обработки круглых отверстий, диаметр которых на много больше диаметра инструмента. Выборка материала из отверстий производится слоями. Инструмент врезается по спирали к каждому слою, а затем расширяет отверстие до требуемого диаметра движением по спирали Архимеда с чистовым проходом фрезы по окружности. Траектория инструмента по спирали будет осуществляться при помощи круговой аппроксимации



Выборка круглого колодца включает в себя:

- Ускоренный подвод инструмента до  $Z$  безопасной.
- Врезание по спирали на глубину захода  $Z_I$ . Диаметр спирали  $D_s$  задается в процентах от диаметра инструмента, а скорость опускания инструмента определяется углом врезания  $\langle a \rangle$  или шагом спирали  $H_i$ .
- Движение по спирали Архимеда на этом уровне с шагом  $\langle S \rangle$  до выхода оси вращения инструмента на окружность с диаметром равным разности между диаметром отверстия и диаметром инструмента.
- Чистовой проход по окружности указанного диаметра без изменения уровня.
- Повторение шагов 2-4 до достижения требуемой глубины отверстия, с переходом к точке начала следующего врезания без изменения уровня.
- Отход к центру отверстия.
- Подъем на ускоренной подаче до безопасной плоскости.

### 5.4.31 Короткий переход



Параметр «короткий переход» определяет способ построения перехода при соединении рабочих ходов. В том случае если соединяемые точки траектории находятся на расстоянии больше указанной величины, то переход выполняется через безопасную плоскость. В противном случае переход выполняется по кратчайшему расстоянию.

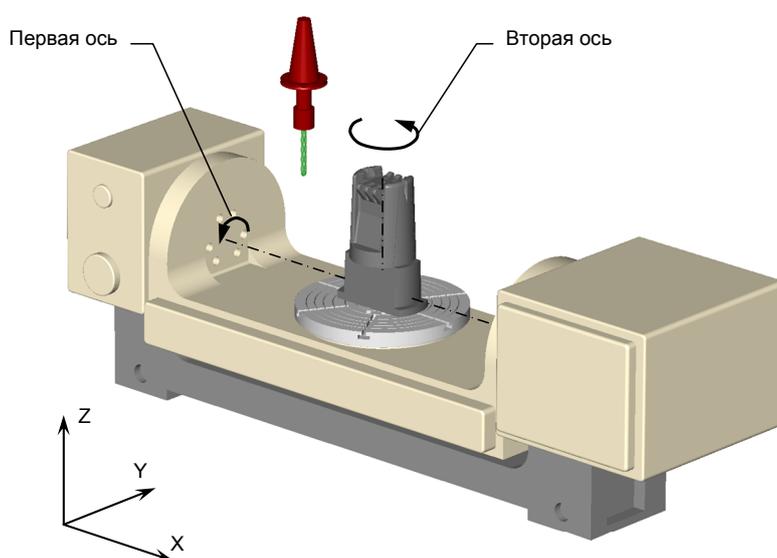
### 5.4.32 Поворотная ось

В системе имеется возможность индексной четырёх и пяти координатной обработки (3+1 и 3+2). То есть, в начале операции поворотные оси устанавливаются в требуемое положение и производится трёх координатная обработка.

Описание наличия и расположения поворотных осей производится в параметрах технологического процесса (корневого узла дерева техпроцесса). В зависимости от конфигурации станка поворотные оси могут быть недоступны

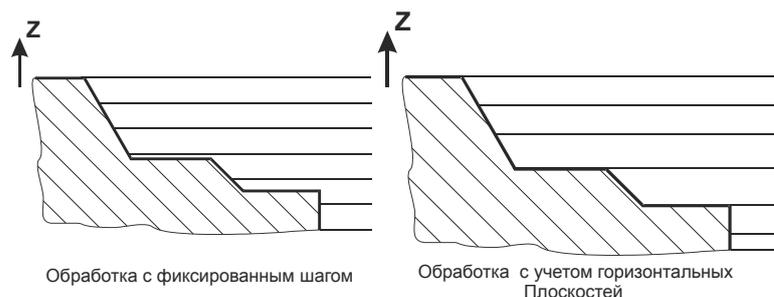
(трёх координатный станок), доступна только одна поворотная ось (четырёх координатный станок) или обе поворотные оси (пяти координатный станок). Расположение и направление поворотных осей указывается в системе координат станка. При задании параметров для пяти координатных станков считается, что первая ось вращает стол относительно неподвижной станины, а вторая управляет патроном, установленном на этом столе. Параметры второй поворотной оси задаются при нулевом положении первой.

Положение поворотных осей для каждой из технологических операций задаётся в окне параметров. Для каждого нового положения поворотных головок автоматически создаётся соответствующая локальная система координат. Возможно так же предварительное создание локальных систем координат по углам поворота вокруг заданных осей. Выбор положения заданием локальной системы координат доступен в окне параметров операции.



### 5.4.33 Учет горизонтальных плоскостей

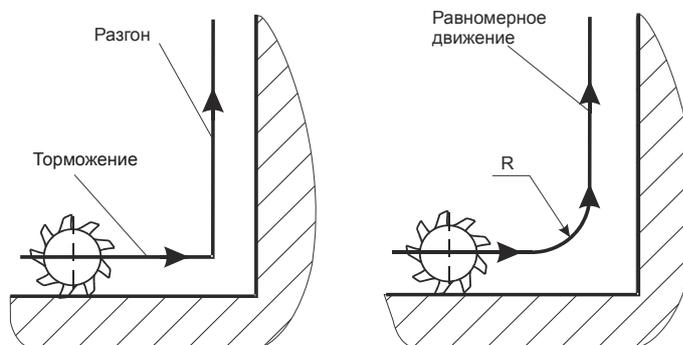
При включении этой функции производятся дополнительные проходы инструмента на тех уровнях, где имеются горизонтальные плоскости. Это позволяет исключить необходимость дополнительной обработки этих поверхностей. Функция доступна в послойной чистовой, послойной черновой и комбинированной операциях.



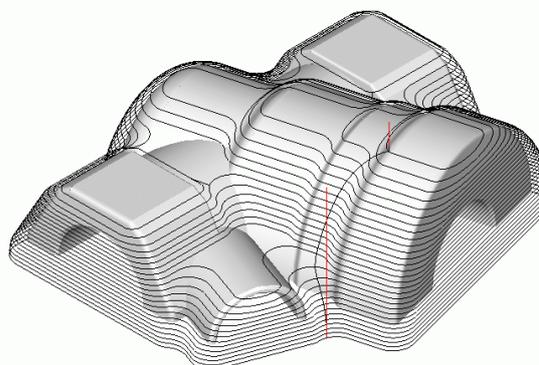
В послойной обработке уровни прохода инструмента определяются величиной шага, задающего толщину снимаемого материала. При включении функции учета горизонтальных

плоскостей, шаг становится переменным. Если на обрабатываемом слое имеются горизонтальные плоскости, то величина выполняемого шага корректируется таким образом, чтобы инструмент прошел вдоль имеющихся плоскостей. Уровень следующего прохода рассчитывается от последнего уровня с учетом заданного шага.

#### 5.4.34 Сглаживание углов



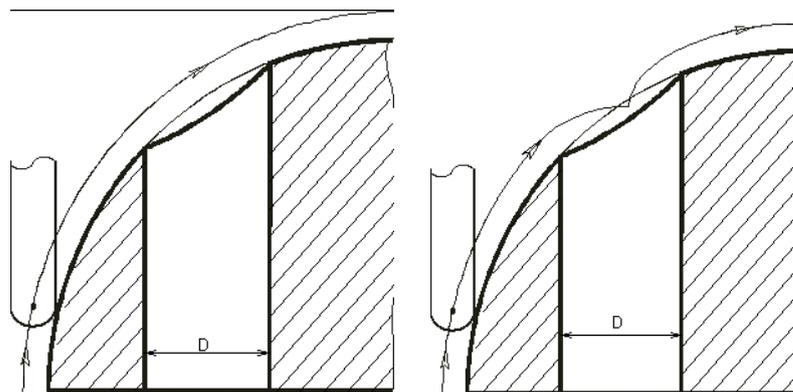
При резке смене направления движения инструмента станок выполняет торможение перед разворотом, а затем заново выполняется разгон. Указанный факт приводит к вибрациям, быстрому износу инструмента и станка. Проблема может быть решена, если траектория не будет иметь изломов или их количество будет минимальным. Для этого в системе имеется функция скругления траектории заданным радиусом при обработке внутренних углов модели.



Пример обработки со скруглением углов.

#### 5.4.35 Пропуск отверстий

Очень часто геометрическая модель изделия имеет отверстия, обработка которых была произведена ранее или предполагается на следующих этапах. В этом случае при обработке поверхности, на которой имеется отверстие, оно может быть проигнорировано. Игнорируемые отверстия могут быть любой формы (не обязательно круглые). Задаваемый размер определяет диаметр диска, который может полностью накрыть отверстие. В пределах отверстия движение инструмента будет осуществляться на продолжении ограничивающей его поверхности.



### 5.4.36 Способы обката наружного угла



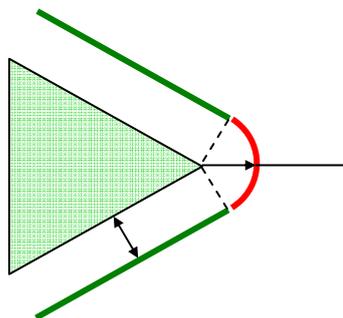
В **SprutCAM** имеется два типа обката внешних углов контура:

- по дуге;
- по касательной.

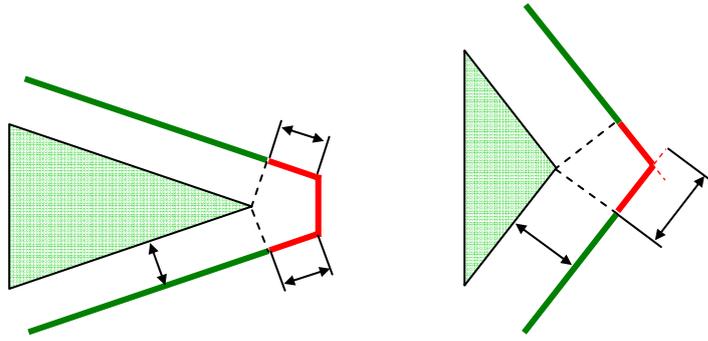
Обкат угла возможен только в режиме вывода траектории эквидистантной заданному контуру. Выбор способа обката производится в окне **Параметров** операции на странице **Стратегия** на панели **Тип обката угла** выбором режима **<По дуге>** или **<По касательной>**.



При обкате по дуге в угол траектории вписывается дуга, радиус которой равен величине эквидистанты.

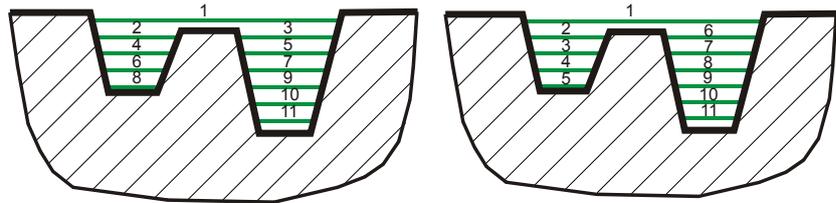


В режиме **<По касательной>** в направлении касательных к обкатываемым участкам кривой достраиваются отрезки на величину эквидистанты. Если вновь построенные участки не пересекаются между собой, то между ними достраивается соединяющий отрезок. Если же вновь построенные участки пересекаются, то каждый из этих отрезков обрезается до точки пересечения.



### 5.4.37 Порядок обработки (по слоям или колодцам)

При обработке нескольких контуров в несколько проходов по уровню Z допустимы две последовательности обработки. При обработке по слоям после выполнения первого прохода по первому контуру производится переход к выполнению второго прохода по следующему контуру. Переход к выполнению второго прохода производится после того, как были обработаны все контура. При обработке по колодцам вначале выполняются все проходы вдоль первого контура, затем все проходы вдоль второго контура и т. д.

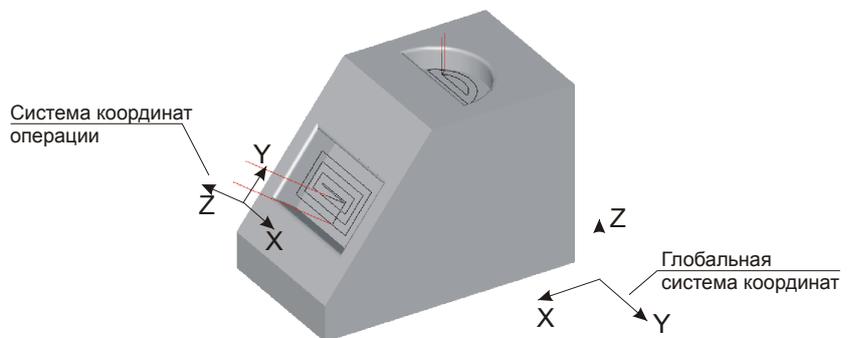


По колодцам

По слоям

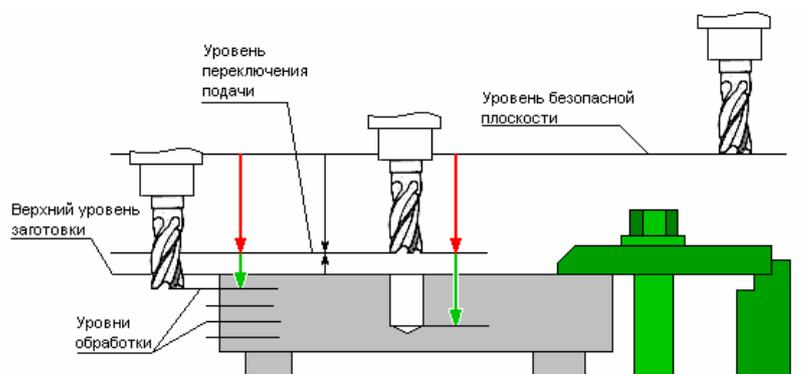
### 5.4.38 Система координат операции

В системе имеется возможность для программирования обработки с нескольких установов. Все операции одного установка должны иметь одинаковую систему координат. Система координат операции определяет систему координат заготовки и устанавливается в окне **Параметров операции** на странице **Параметры**. В качестве системы координат операции может быть выбрана любая из ранее созданных в программе систем координат.



### 5.4.39 Врезание инструмента.

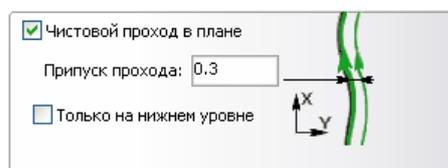
Врезание инструмента представляет собой перемещение инструмента с уровня плоскости перехода инструмента по оси Z до верхнего уровня обработки детали, который задается в окне задания параметров. Если уровень плоскости перехода совпадает с верхним уровнем обработки детали, например, при переходе вокруг заготовки, врезание отсутствует. Врезание состоит из двух частей - перемещение на ускоренной подаче и перемещение на рабочей подаче. При необходимости можно использовать только один режим - когда врезание осуществляется только на ускоренной подаче, либо когда только на рабочей подаче. Врезание должно быть организовано либо за площадь заготовки, либо в предварительно просверленное отверстие. Параметры врезания задаются в окне Параметров операции на странице Подход. Заданные параметры действуют в пределах всей операции не зависимо от того, сколько контуров обрабатывается в операции.



Уровень переключения подачи можно задавать двумя способами - как абсолютное значение в текущей системе координат (точно так же как задание безопасной плоскости, а так же верхнего и нижнего уровня заготовки), либо как расстояние от верхнего уровня заготовки. Задание осуществляется в окне **Параметров операции** на странице **Подход-Отход**.

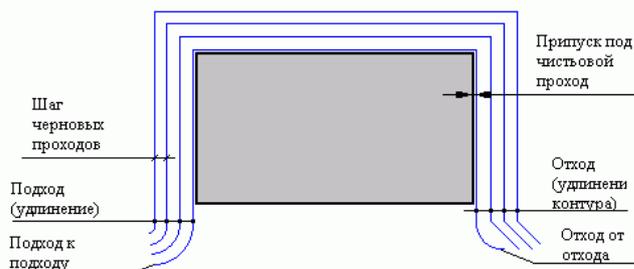
### 5.4.40 Задание чистового прохода в плоскости XY.

Чистовой проход для замкнутых и разомкнутых кривых в операциях 2D обработки настраивается в закладке Стратегия.



При включении этой опции на детали будет оставлен дополнительный небольшой припуск, который будет снят последним чистовым проходом. Это позволяет получить более высокое качество готовой поверхности.

Величина припуска может быть задана как абсолютная величина или в процентах от диаметра фрезы.

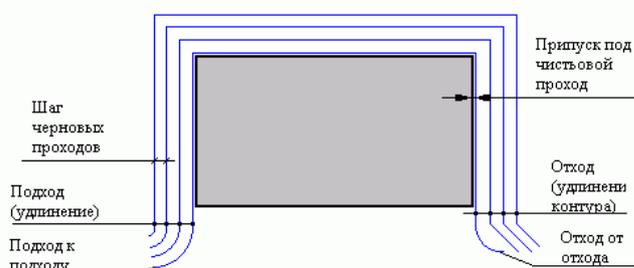


#### 5.4.41 Задание черного прохода в плоскости XY.

Черновой проход для замкнутых и разомкнутых кривых в операциях **2D** обработки настраивается в окне **Параметров операции** на странице **Стратегия**.

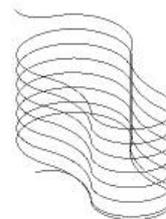
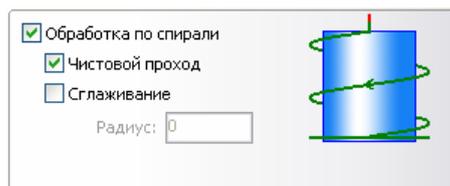


При включении этой опции припуск с детали будет сниматься не максимально возможный, а строго соответствующий заданным параметрам. Величина припуска может быть задана как абсолютная величина или в процентах от диаметра фрезы.



#### 5.4.42 Обработка по спирали.

При обработке 2D кривых существует возможность получения траектории в виде спирали с проекцией на плоскость XY совпадающей с кривой. Таким образом, в управляющую программу может быть сформирован кадр вида  $G2/G3X:Y:Z:R:$ . На нижнем уровне обработки может быть задан чистовой проход вдоль всей кривой. А так же может быть назначена величина сглаживания для сопряжения спирали и чистового прохода на нижнем уровне. Сглаживание определяется величиной радиуса.



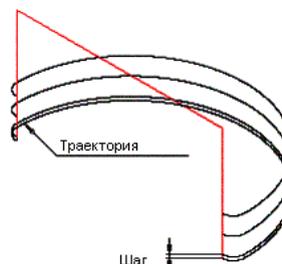
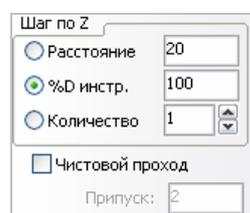
**Количество витков** спирали зависит от установленных параметров системы. В случае если отключить обработку по спирали, система сгенерирует траекторию с горизонтальным движением инструмента так же в соответствии с установленными параметрами системы.

При установленном флажке **"чистовой проход"** будет сгенерирован горизонтальный участок траектории для обработки дна.

При включенном режиме **"сглаживание"** переход инструмента в горизонтальную плоскость осуществляется без излома по дуге с заданным радиусом. Эта функция особенно необходима в условиях высокоскоростной обработки.

#### 5.4.43 Чистовой проход по оси Z.

В операциях 2D,2.5D обработки, имеется возможность включения чистового прохода в плоскости параллельной плоскости XY на нижнем уровне, который задается в параметрах операции. Предыдущие проходы автоматически распределяются равномерно по оси Z.



#### 5.4.44 Использовать 3D обработку



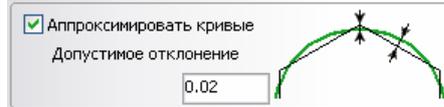
Позволяет получать трехмерную траекторию инструмента для удаления материала на участках, не доступных для обработки на данном уровне (например, во внутренних углах).

#### 5.4.45 Разрешить обратное направление



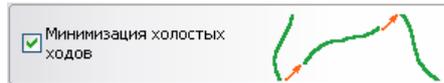
В операциях обработки кривой допускает движение вдоль кривой в сторону, противоположную указанной пользователем, если это позволяет уменьшить длину холостых ходов.

### 5.4.46 Аппроксимация кривых



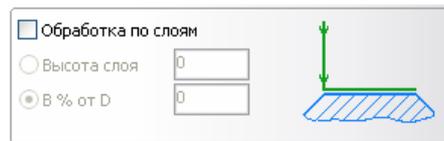
В траекторию инструмента добавляются дуги. Если в окне настроек опция **Добавлять дуги** в траекторию отключена, то дуги в траекторию добавлены не будут.

### 5.4.47 Минимизация холостых ходов



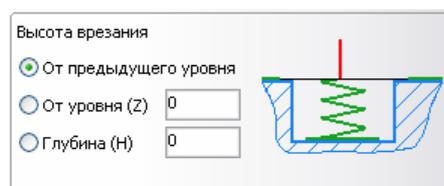
При включенном режиме движение вдоль заданных кривых производится, таким образом, чтобы суммарная длина холостых ходов была минимальна. В противном случае обработка производится согласно порядку определенному в окне **Модель**.

### 5.4.48 Обработка по слоям



Слой материала может быть удален за несколько проходов. Для этого необходимо включить режим **Обработка по слоям**. Количество проходов определяется высотой слоя, заданной в панели **Высота врезания** и шагом по оси **Z**. **Шаг по оси Z** может быть задан абсолютным значением или в процентах от диаметра инструмента.

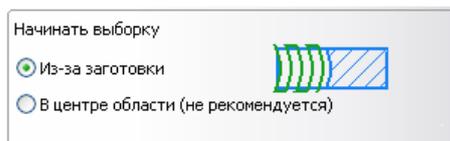
### 5.4.49 Высота врезания



На панели **Высота врезания** задается высота снимаемого слоя, в частности она определяет значение уровня **Z**, на котором включится заданный тип врезания.

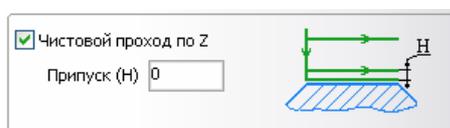
- **От предыдущего уровня** - Врезание включится сразу же при движении вниз к следующему уровню
- **От уровня Z** - схема врезания всегда будет включаться при движении вниз от заданного уровня.
- **Глубина H** - схема врезания включится на расстоянии **H** от обрабатываемой плоскости.

### 5.4.50 Начинать выборку



Стратегия перемещения инструмента в пределах одного слоя, определяется в панели **Начинать выборку**. Если начинать выборку **В центре области**, то длина траектории в плоскости будет меньше, нежели если начинать выборку **Из-за заготовки**. Но в этом случае инструмент будет опускаться в материал заготовки даже в том случае, если можно опуститься за заготовкой. Как следствие машинное время может значительно возрасти за счет применения схемы врезания.

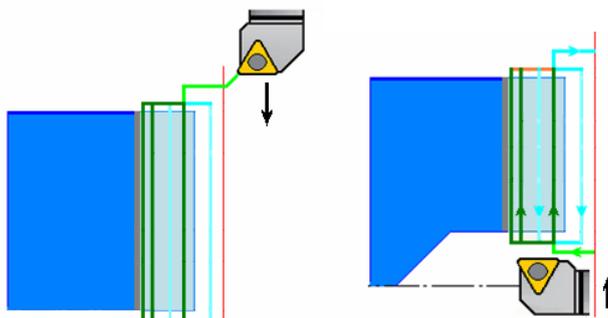
### 5.4.51 Чистовой проход по Z



Для задания толщины слоя снимаемого на чистовом проходе, необходимо включить опцию **Чистовой проход по Z** и ввести **припуск** на чистовой проход.

### 5.4.52 Направление резания

Направление резания определяет в каком направлении будет вестись обработка. Материал может сниматься либо к оси вращения либо от неё.



К оси

От оси

При использовании инструмента для наружного точения следует использовать **обработку к оси** вращения. **Обработку от оси** следует применять при использовании инструмента для внутреннего точения. При обработке от оси следует убедиться, что в заготовке есть центральное отверстие достаточного диаметра для захода инструмента.

### 5.4.53 Черновой проход

Черновой проход

Шаг  
1

Заготовки могут отличаться размерами от расчётных значений, на них может быть окалина и различные искажения геометрии. В этом случае первый проход является самым тяжелым с точки зрения условий резания и нагрузок на инструмент. Для оптимизации процесса резания и уменьшения нагрузок целесообразно использовать стратегию черного прохода.

**Черновой проход** позволяет задавать толщину снимаемого материала отдельно для первого прохода. Уменьшение шага на первом проходе позволит уменьшить нагрузку на инструмент и исключить его поломку.

### 5.4.54 Чистовой проход

Чистовой проход

Шаг  
1

Количество  
1

Для повышения качества торцевой поверхности после обработки следует использовать стратегию чистовых проходов.

**Чистовой проход** задаёт толщину снимаемого материала и количество проходов с указанным шагом. Уменьшение шага позволит получить более гладкую поверхность после обработки и исключить последующие финишные операции для торцевой поверхности.

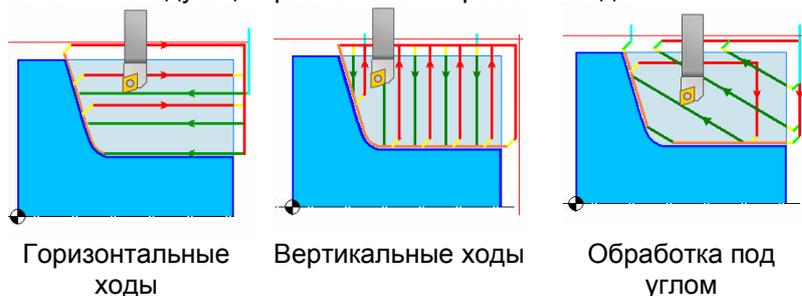
### 5.4.55 Направление резания

Направление резания

Продольное

Стратегия определяет расположение рабочих ходов, при котором будет производиться обработка.

Возможны следующие расположения рабочих ходов:

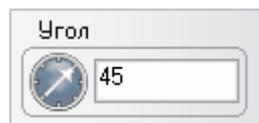


Направление обработки служит для оптимизации траектории обработки для геометрии конкретной детали.

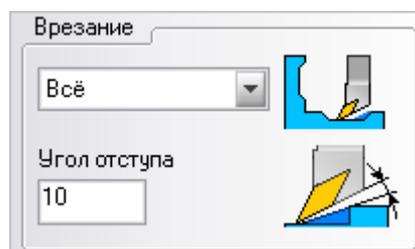
**Горизонтальные ходы** оптимальны при обработке длинных валов, длина которых значительно превышает величину диаметра.

**Вертикальные ходы** следует использовать, если диаметр заготовки равен длине заготовки или больше её и разница между диаметром заготовки и модели одного порядка с длиной обработки.

**Обработку под углом** целесообразно применять для конусных деталей. В случае обработки под углом следует задать угол, под которым будут расположены рабочие ходы. Угол задаётся от оси вращения.



## 5.4.56 Врезание



Определяет поведение инструмента при проходе мимо канавок.

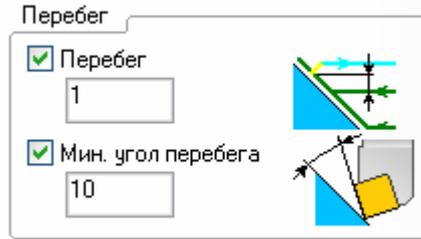
Может принимать следующие значения:

Нет		инструмент не будет опускаться в канавки
Горизонтальные		инструмент будет опускаться в горизонтальные канавки
Вертикальные		инструмент будет опускаться в вертикальные канавки
Все		инструмент будет опускаться во все канавки

При наличии на модели неглубоких и широких канавок, которые могут быть обработаны проходным инструментом, рекомендуется устанавливать режим опускания во **все канавки** в этом случае они будут обработаны в текущей операции. Если геометрия инструмента не позволяет полностью обработать канавку, или канавки будут в последствии обработаны отдельной операцией, рекомендуется устанавливать режим игнорирования канавок.

Угол отступа служит для оптимизации процесса резания и задаёт угол отступа от предельного допустимого угла резания инструмента.

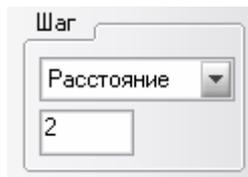
### 5.4.57 Перебег



**Перебег** позволяет получить более качественную поверхность после черновой обработки и исключить гребешки. Величина перебега задаёт расстояние в направлении перпендикулярном рабочим ходам, которое надо пройти инструменту вдоль модели после рабочего хода и перед ним.

**Угол перебега** служит для оптимизации процесса резания и задаёт угол отступа от предельного допустимого угла резания инструмента, при котором условия резания значительно отклоняются от оптимальных.

### 5.4.58 Шаг обработки черновой токарной операции



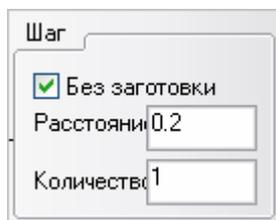
**Шаг** позволяет задавать расстояние между рабочими ходами и их количество.

Предназначен для оптимизации траектории и процесса резания.

Уменьшение величины шага ведёт к облегчению режимов резания и увеличению времени обработки и длины траектории. Увеличение шага ведёт к утяжелению режимов резания, уменьшению времени обработки и длины траектории.

Шаг может задаться расстоянием между проходами инструмента или количеством проходов на операцию.

### 5.4.59 Шаг обработки чистовой токарной операции

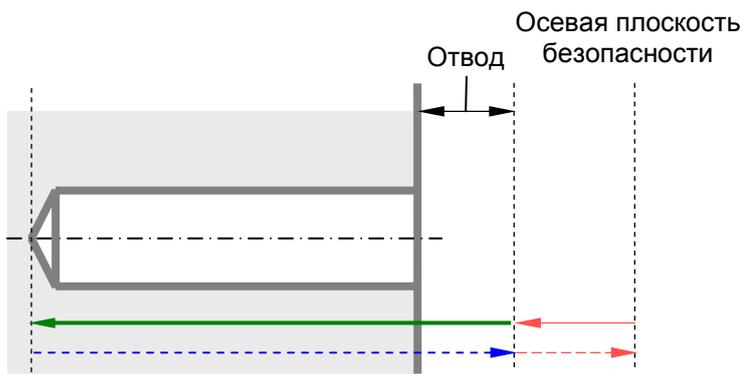


**Шаг** позволяет задавать расстояние между рабочими ходами и их количество. Режим **Без заготовки** предназначен для чистовой обработки детали без учёта столкновения с заготовкой. В этом режиме количество рабочих проходов и шаг между ними зависит только от параметров заданных в окне стратегии.

**Примечание:** При использовании режима **Без заготовки** заготовка операции полностью игнорируется и контроль столкновений инструмента с ней при расчёте операции не производится.

## 5.4.60 Типы циклов операции токарного сверления

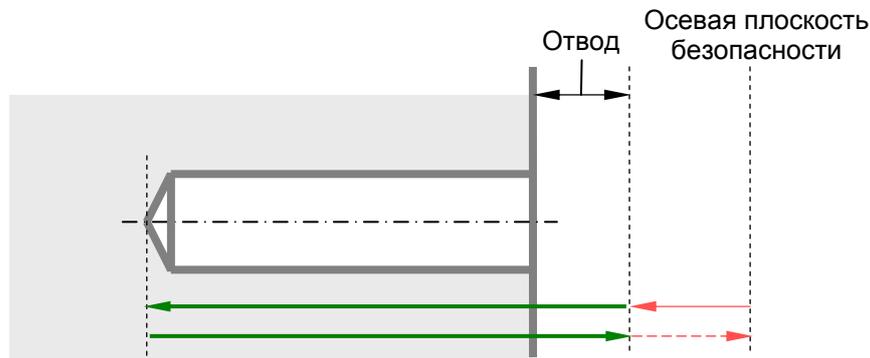
Простое сверление



Цикл простого сверления включает в себя:

1. Ускоренный подвод инструмента до уровня осевой плоскости безопасности.
2. Подвод инструмента до уровня **Отвод**.
3. Рабочий ход до нижнего уровня отверстия.
4. Отход на уровень **Отвод**.
5. Отвод до уровня осевой плоскости безопасности.
6. Ускоренный возврат в конечную точку.

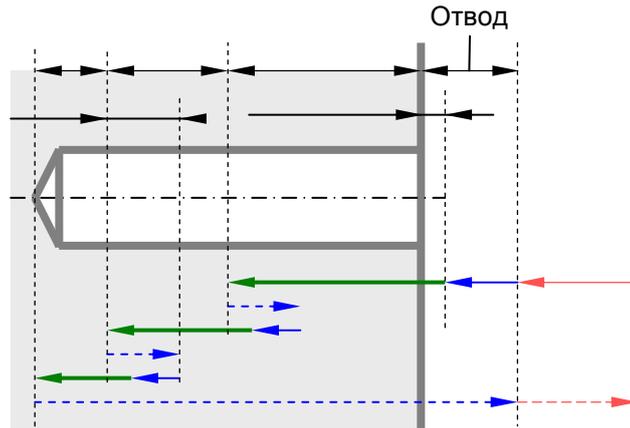
Нарезание резьбы



Цикл нарезания резьбы включает в себя:

1. Ускоренный подвод инструмента до уровня осевой плоскости безопасности.
2. Подвод инструмента до уровня **Отвод**.
3. Рабочий ход до нижнего уровня отверстия.
4. Реверс шпинделя и возврат на рабочем ходу на уровень **Отвод**.
5. Отвод до уровня осевой плоскости безопасности.
6. Ускоренный возврат в конечную точку.

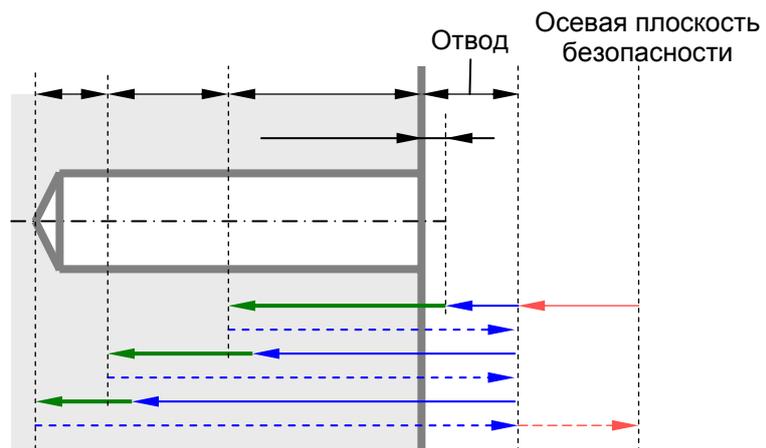
Сверление с ломкой стружки



Цикл сверления с ломкой стружки включает в себя:

1. Ускоренный подвод инструмента до уровня осевой плоскости безопасности.
2. Подвод инструмента до уровня **Отвод**.
3. Подход на глубину, достигнутую на предыдущей итерации (для нулевой итерации совпадает с верхним уровнем отверстия) плюс **Торможение**.
4. Выстой на величину **Задержка вверх**.
5. Рабочий ход на глубину  $L_i = L_0 - \Delta \cdot i$ , где  $\Delta$  – **Уменьшение**,  $i$  – номер итерации,  $L_0$  – **величина первого шага**.
6. Выстой на величину **Задержка внизу**.
7. Повторение шагов 3 – 6 до достижения полной глубины отверстия.
8. Отход на уровень **Отвод**.
9. Отвод до уровня осевой плоскости безопасности.
10. Ускоренный возврат в конечную точку.

#### Сверление с удалением стружки



Цикл сверления с удалением стружки включает в себя:

1. Ускоренный подвод инструмента до уровня осевой плоскости безопасности.
2. Подвод инструмента до уровня **Отвод**.
3. Подход на глубину, достигнутую на предыдущей итерации (для нулевой итерации совпадает с верхним уровнем отверстия) плюс **Торможение**.

4. Выстой на величину **Задержка вверху**.
5. Рабочий ход на глубину  $L_i = L_0 - \Delta \cdot i$ , где  $\Delta$  – **Уменьшение**,  $i$  – номер итерации,  $L_0$  – **величина первого шага**.
6. Выстой на величину **Задержка внизу**.
7. Отход на уровень **Отвод**.
8. Повторение шагов 3 – 7 до достижения полной глубины отверстия.
9. Отвод до уровня осевой плоскости безопасности.
10. Ускоренный возврат в конечную точку.

Указанные здесь параметры циклов редактируются на страничке Стратегия окна параметров операции токарного сверления.

Для случаев циклов с ломкой и удалением стружки величины **<задержка вверху>** и **<задержка внизу>** управляются панелью **Пауза**. Они могут задаваться как в единицах времени (секундах), так и в количестве оборотов шпинделя. Параметр **величина первого шага**  $L_0$  соответствует панели с названием **Шаг**.

Параметр **Уменьшение**  $\Delta$  можно отредактировать на соответствующей панели странички Стратегия.

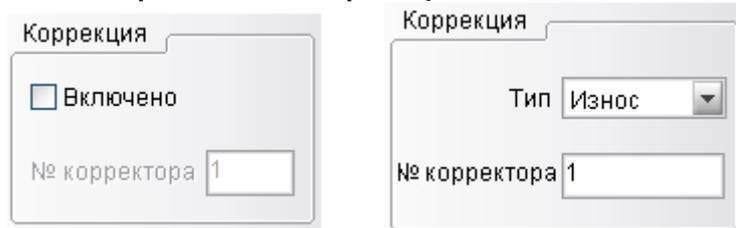
Для редактирования остальных параметров используются одноименные поля.

**Примечание:** Существует возможность не выводить команды циклов в управляющую программу, а разворачивать их в элементарные команды перемещения инструмента и переключения подачи и т.п. То, каким образом циклы выводятся в управляющую программу, указывается **Форматом УП**, в окне **Параметров операции** на странице **Стратегия**.

#### 5.4.61 Коррекция инструмента в токарных операциях

В большинстве токарных операций имеется возможность выводить в управляющую программу команды коррекции инструмента. При этом в разных операциях используются разные виды коррекции. В операции токарного сверления используется только **коррекция на длину** осевого инструмента. Во всех остальных токарных операциях, кроме нарезания резьбы, применяется только **коррекция на радиус** резца.

Панель включения коррекции всех операций расположена на станции **Стратегия** окна **Параметров**.

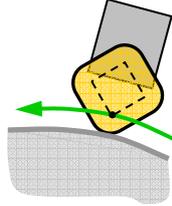


Панель коррекции на длину      Панель коррекции на радиус

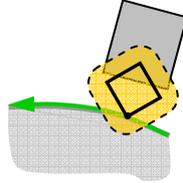
Для включения **коррекции на длину** достаточно выставить соответствующий флаг на панели и задать номер корректора, который будет выводиться в управляющую программу. Величина коррекции никаким образом не устанавливается и не учитывается.

**Коррекция на радиус** резца имеет больше опций для настройки.

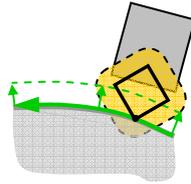
Существует 5 различных типов или способов учета коррекции на радиус токарного резца:



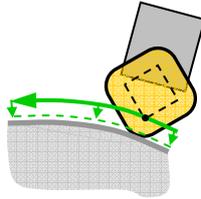
**Компьютер.** В данном случае САМ-система сама рассчитывает траекторию с учетом размеров выбранного инструмента. В управляющую программу команды включения и выключения коррекции не выводятся, что не позволяет оператору станка влиять на коррекцию. Этот тип устанавливается по умолчанию.



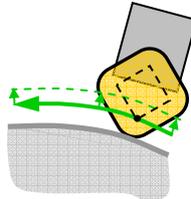
**Выключена.** Расчет траектории производится без учета радиуса кончика резца, команды включения и выключения коррекции в управляющую программу не выводятся.



**Стойка ЧПУ.** Как и в случае **<Выключена>** расчет траектории производится без учета радиуса кончика резца, но в управляющую программу выводятся команды включения и выключения коррекции соответствующего знака, что позволяет оператору станка управлять коррекцией в пределах радиуса кончика инструмента.



**Износ.** Расчет производится с учетом всех размеров резца, как и при использовании опции **<Компьютер>**, но в управляющей программе появляются команды включения и выключения коррекции со знаком, противоположным тому, который принят за обычный. Это позволяет оператору компенсировать износ инструмента, указывая величину коррекции на стойке как разницу между заданным размером инструмента и размером переточенного инструмента.



**Обратный износ.** Аналогично типу **<Износ>**, но знак коррекции противоположный.

Для последних трех типов дополнительно следует указать номер корректора, который будет выводиться в командах включения и выключения коррекции.



## 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ

### 6.1 НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Система имеет встроенные средства многокоординатного токарно-фрезерного моделирования обработки. Подсистема моделирования обеспечивает получение точных и достоверных геометрических моделей получаемых при токарном точении, резбонарезании, сверлении, а так же при многокоординатной фрезерной обработке. Что, в свою очередь, даёт возможность получать реалистичное изображение обработанных деталей.



Переход в режим моделирования осуществляется нажатием на закладку «Моделирование» и позволяет:

- визуально контролировать процесс резания;
- наглядно оценить качество обработки и выявить возможные недочеты;
- сравнить обработанную деталь с исходной моделью
- выявлять и помечать проблемные фрагменты траектории по различным критериям;
- редактировать автоматически рассчитанную траекторию для приведения ее в соответствие с требованиями пользователя;
- оптимизировать подачи;

При моделировании фрезерных операций отображается объемная модель обрабатываемой детали. Качество получаемой модели не меняется при изменении направления оси инструмента. Применяемые методы хорошо подходят для моделирования многокоординатной обработки.

При моделировании токарной обработки обрабатываемая деталь отображается как тело вращения вне зависимости от того, какая форма была у начальной заготовки. Сделано так для достижения эффекта вращения обрабатываемой детали. Если после токарных операций идёт фрезерная, то для фрезерной операции будет опять отображаться реальная форма детали.

## 6.2 ТРАЕКТОРИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА

### 6.2.1 Структура траектории перемещения инструмента



В режиме моделирования обеспечивается доступ к траектории перемещения инструмента (CLDATA) каждой операции технологического процесса. Если операция рассчитана, то результат расчета представляется в виде последовательности технологических команд CLDATA. Технологические команды CLDATA представляют собой не линейный список, а иерархическую структуру, организованную в соответствии с особенностями каждого типа операции. Например, траектория построчной черновой операции состоит из горизонтальных слоев. Каждый слой, в свою очередь, состоит из строчек. Строчка уже содержит в себе элементарные команды типа GOTO и т. д. Таким образом, сложная траектория, выглядящая на экране как неразборчивый клубок линий, может быть рассмотрена по логическим частям, проанализирована и, если необходимо, отредактирована.

## 6.2.2 Список основных технологических команд CLDATA

В таблице перечислены команды CLDATA генерируемые системой **SprutCAM**. Полный список команд описан в части 3 руководства «Генератор постпроцессоров».

Слово	Значение
CIRCLE	Движение по дуге окружности
COEFF	Коэффициенты сплайн-кривой
COMMENT	Комментарий
COOLNT	Включение/выключение охлаждения
CUTCOM	Коррекция инструмента на длину и радиус
CYCLE	Циклы обработки отверстий
DELAY	Задержка
FEDRAT	Подача
FINI	Конечная запись
GOTO	Перемещение инструмента по прямой
LOADTL	Загрузка инструмента
MOVNRB	Начало сплайнового участка траектории
PARTNO	Номер заготовки
PLANE	Рабочая плоскость (XY/YZ/ZX)
PPFUN	Постпроцессорная функция
RAPID	Быстрый ход
ROTABL	Поворот стола
SPINDL	Шпиндель
THREAD	Один проход нарезания резьбы
Header	Группа элементарных команд в начале операции
Tail	Группа элементарных команд в конце операции
Level	Группа элементарных команд, внутри которой перемещение инструмента осуществляется на одном фиксированном уровне Z
String	Группа, логически объединяющая элементарные команды в одну строчку
Block	Группа элементарных команд, содержащая логический фрагмент траектории инструмента
Offset	Группа элементарных команд, содержащая перемещения на одном расстоянии от обрабатываемой поверхности

## 6.2.3 Выбор технологических команд с помощью графического окна.

Все технологические команды могут быть разделены на две большие группы: команды вызывающие и не вызывающие перемещение инструмента. К первой группе относятся такие команды как GOTO, CIRCLE. Все остальные команды относятся ко второй группе. В том случае если включен режим

визуализации траектории (кнопка  на панели управления видимостью нажата), каждой команде перемещения на экране будет соответствовать фрагмент кривой. Все команды перемещения образуют траекторию перемещения инструмента операции.

Активный (выбранный) узел и все его содержимое отображается на экране, если включена визуализация траектории. При смене активного узла соответствующим образом изменяется и изображение траектории инструмента в графическом окне.

Для перехода в режим выбора требуемого фрагмента траектории

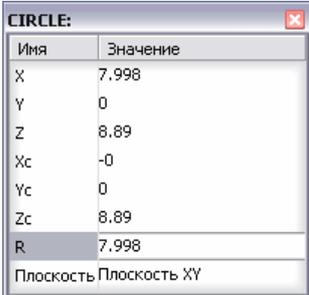
необходимо нажать кнопку . При движении мыши по графическому окну будут подсвечиваться объекты внутри текущей группы. Для перехода в начало подсвеченного фрагмента достаточно нажать на нем левую кнопку мыши. Траектория вне выбранного узла отображается полупрозрачно, не подсвечивается и не может быть выбрана. Для перехода на базовый (родительский относительно выбранного) узел дерева траектории, следует сделать двойной щелчок левой кнопкой мыши в поле графического окна.

## 6.2.4 Функции редактирования траектории

Последовательность технологических команд может быть отредактирована пользователем. При перерасчете операции внесенные изменения не сохраняются.

Выбранный узел дерева траектории может быть удален, скопирован или вырезан в буфер обмена с помощью стандартных клавиш:

- **Del** – удалить выбранный узел дерева команд
- **Ctrl+X** – вырезать выбранную команду в буфер обмена
- **Ctrl+C** – скопировать выбранную команду в буфер обмена
- **Ctrl+V** – вставить команду из буфера обмена перед выбранной командой



Имя	Значение
X	7.998
Y	0
Z	8.89
Xc	-0
Yc	0
Zc	8.89
R	7.998

Плоскость Плоскость XY

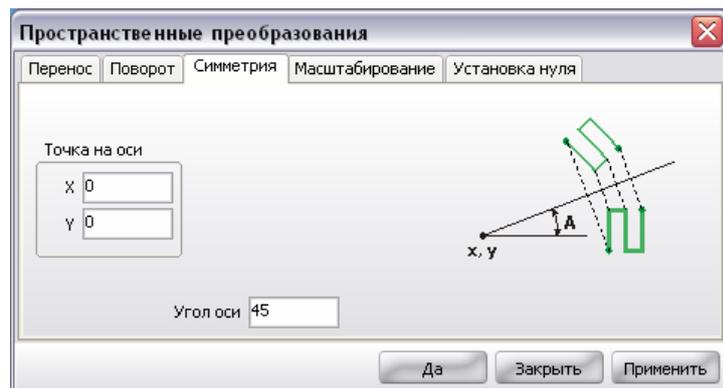
Окно редактирования параметров текущей команды открывается по двойному щелчку мышью на команде, либо через пункт «**редактировать**» во всплывающем меню.

Заголовок окна определяется названием редактируемого узла, ниже идет список параметров выбранной команды. Окно не является модальным, т.е. его не нужно закрывать для редактирования параметров другого узла.

## 6.2.5 Пространственные преобразования траектории

Траектория операции может быть трансформирована целиком. Для этого необходимо нажать правую кнопку мыши на нужной операции и в открывшемся меню выбрать пункт

«Преобразование траектории». Задание параметров в открывшемся окне полностью аналогично преобразованию геометрической модели и описано в руководстве.



Тип преобразования определяется в окне выбранной закладкой:

- **Перенос** позволяет перенести траекторию инструмента в произвольном направлении;
- **Поворот** позволяет повернуть траекторию относительно заданной точки на любой угол;
- **Симметрия** позволяет симметрично отобразить траекторию относительно произвольной вертикальной плоскости
- **Масштабирование** позволяет отмасштабировать траекторию инструмента, причем коэффициенты масштабирования могут быть различны по всем осям.
- **Установка нуля** позволяет перенести траекторию, используя ее габаритные размеры.

## 6.3 УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Режим моделирования обработки позволяет получить изображение обрабатываемой детали в процессе обработки, визуально проконтролировать качество обработки, проанализировать наличие остаточного материала и зарезов.

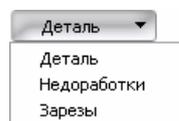
При первом входе в режим моделирования, автоматически создается модель заготовки для обработки. При повторном входе обрабатываемая деталь не изменяется. То есть, результаты моделирования сохраняются, и эмуляция обработки может быть продолжена.

Начальная заготовка для моделирования инициализируется по заданной заготовке в корневом узле техпроцесса. Моделирование процесса обработки модифицирует форму этой заготовки.

При нажатии на одну из кнопок  будет учитываться начальная заготовка операции и результат её обработки. Поэтому деталь может отличаться от полученной при пошаговом моделировании с самого начала в случае, если при проектировании процесса обработки была разорвана цепочка передачи промежуточной заготовки от операции к операции. (В одной или нескольких операциях была переопределена заготовка: удалена ссылка на результат предыдущей операции или добавлены новые объекты.)

**Примечание:** Зачастую при открытии проектов предыдущих версий цепочка передачи заготовки между операциями не может быть восстановлена или начальная заготовка может быть не определена. В этом случае моделирование обработки может выглядеть не всегда корректно. Зачастую к правильному результату приводит следующая последовательность действий: сделать активной первую операцию, нажать кнопку  для инициализации заготовки на начало операции, а затем выполнить плавное моделирование обработки.

Для сброса результатов моделирования достаточно нажать кнопку . При этом заготовка будет заново проинициализирована в соответствии с параметрами, заданными в корневом узле технологического процесса.



Обрабатываемая модель может показываться следующими способами:

- **Деталь** – показывается сама обрабатываемая модель, изображение максимально похоже на деталь, обрабатываемую на станке. Этот способ устанавливается по умолчанию и является наиболее часто используемым.
- **Недоработка** – визуализируется только недоработанный материал, превышающий по толщине слоя значение в поле Недоработка более окна Параметров моделирования. Способ полезно использовать для оценки мест размещения и

количества оставшегося материала, а также для оценки толщины слоя недоработанного материала.

- **Зарезы** – показываются только зоны зарезов детали. Зарезы образуются, например, в местах обработки с отрицательным припуском.

*Примечание: Режимы показа зарезов и недоработок доступны только при моделировании токарных операций.*

### 6.3.1 Управление движением инструмента

Процесс моделирования может быть запущен одной из кнопок в следующем списке. Последние три кнопки запускают быстрое моделирование, т.е. экран будет обновлен один раз по окончании процесса формирования модели. Остальные кнопки запускают пошаговое моделирование, т.е. графический экран будет обновляться многократно в зависимости от заданного способа движения инструмента.

 - моделирование в обратном направлении. Процесс останавливается при достижении начала техпроцесса;

 - моделирование в обратном направлении на один шаг назад;

 - останавливает процесс моделирования;

 - моделирование выбранного узла. Процесс останавливается при переходе на следующий узел в дереве траектории;

 - пошаговое моделирование от выбранного узла до конца техпроцесса. Перерисовка экрана происходит многократно в зависимости от заданного способа движения инструмента;

 - быстрое моделирование выбранной операции (узла траектории). Отрабатывают все технологические команды внутри выбранного узла. Процесс моделирования останавливается при достижении следующей операции (узла). Прорисовка выполняется один раз по завершению процесса моделирования;

 - быстрое моделирование до текущей операции. Отрабатывают все технологические команды от начала техпроцесса и до выбранного узла траектории или операции. Прорисовка выполняется один раз по завершению процесса моделирования;

*Примечание: Если нет необходимости моделировать весь процесс обработки, а надо детально просмотреть лишь отдельную операцию, то удобнее всего сделать активной интересующую операцию (или узел её траектории) и нажать на кнопку  для инициализации заготовки на начало выделенного узла. Затем можно использовать обычные функции для пошагового или плавного моделирования.*

 - запускает быстрое моделирование всего техпроцесса. Вне зависимости от выбранного узла отрабатывают все команды технологического процесса. Прорисовка выполняется один раз по завершению процесса моделирования.

Способ движения инструмента задается с помощью переключателя .

- **Плавно** (кнопка нажата). Инструмент будет двигаться плавно, с постоянной скоростью. В этом режиме возможна регулировка визуальной скорости

движения инструмента при помощи соответствующего движка. Крайнее левое положение движка соответствует наименьшей скорости движения, крайнее правое – наибольшей.

- **По кадрам** (кнопка отжата). Инструмент будет двигаться от кадра к кадру программы, с отрисовкой только в промежуточных точках.

### 6.3.2 Анализ ошибок в процессе моделирования

Каждый узел дерева траектории имеет статус. Статус узла отображается иконкой:

-  - операция выключена. Она не будет моделироваться, и не будет выводиться в управляющую программу;
-  - операция не рассчитана (не имеет траектории);
-  - операция рассчитана (имеет траекторию);
-  - операция рассчитана и отмоделирована без ошибок;
-  - в процессе моделирования операции были обнаружены ошибки (внутри операции имеются команды CLData помеченные красным восклицательным знаком)
-  - технологическая команда CLData выключена. Она не моделируется, и не будет выводиться в управляющую программу.
-  - технологическая команда CLData не моделировалась
-  - технологическая команда CLData моделировалась без ошибок
-  - в процессе моделирования технологической команды CLDATA была обнаружена ошибка.
-  - технологическая команда перемещения является холостым ходом. В процессе моделирования было установлено, что при отработке команды перемещения не производится снятие материала заготовки.

В процессе моделирования анализируется влияние технологической команды на заготовку и команде выставляется соответствующий статус.

Контролируются следующие типы ошибок траектории:

- Не допускается резание материала заготовки на ускоренной подаче. В случае если ход перемещения выполняется на ускоренной подаче и происходит резание, то ход помечается как ошибочный.
- Не допускается столкновение державки (шпинделя) с заготовкой. В случае если в процессе перемещения было обнаружено столкновение державки (шпинделя) с заготовкой, то ход помечается как ошибочный.
- В процессе моделирования анализируется коррекция на радиус инструмента. Величина коррекции задается в окне Параметры на страничке Инструмент для каждой операции. Если коррекция на радиус не может быть отработана для текущей команды CLData, то ход помечается как ошибочный.

- Врезание в материал под углом, превышающий предельный угол врезания для используемого инструмента.

Характер произошедшей в узле ошибки описан во всплывающей подсказке, которая возникает после небольшой задержки при наведении указателя мыши на ошибочный узел.

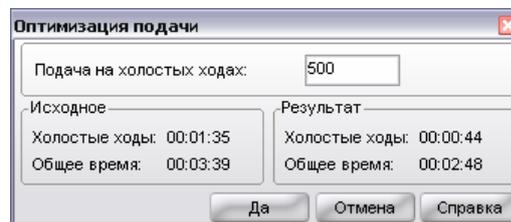
Кнопка  определяет поведение системы при обнаружении ошибки. Если кнопка нажата, то при обнаружении ошибки процесс моделирования останавливается. При отжатой кнопке ошибочный узел помечается, а процесс моделирования продолжается. В дальнейшей работе быстрый поиск помеченных узлов может осуществляться из контекстного меню или по кратчайшим клавишам:

- следующая ошибка (Ctrl+N) – переход к следующей ошибке;
- предыдущая ошибка (Ctrl+P) – переход к предыдущей ошибке.

Для того, чтобы сбросить статус отдельного узла дерева, необходимо открыть контекстное меню узла, щелкнув правой кнопкой мыши на нем, и выбрать соответствующую команду.

### 6.3.3 Оптимизация подач

После выполнения моделирования можно изменить подачу для всех команд перемещения, помеченных как холостой ход. Для этого нужно выбрать операцию и вызвать пункт «оптимизация подач» из контекстного меню.

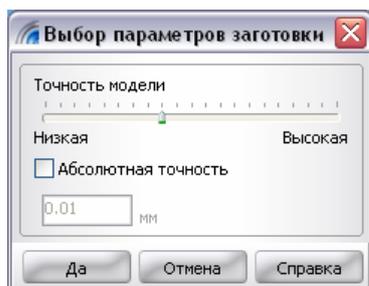


В левой части окна показывается общее машинное время выбранной операции и время, которое затрачивается на перемещение по холостым ходам. В правой части окна показывается машинное время, которое получится после замены подачи холостых ходов на указанную величину. При нажатии на кнопку «Да», последовательность технологических команд выбранной операции будет изменена. В нее будут вставлены новые команды «FEDRAT», обеспечивающие переключение подачи перед холостым ходом.

**Примечание:** В том случае если в траектории операции нет холостых ходов, то оптимизация подач не приведет к изменению машинного времени. Не имеет смысла устанавливать подачу холостых ходов меньше чем рабочая подача операции, поскольку это приведет к увеличению машинного времени.

### 6.3.4 Задание параметров заготовки

Окно редактирования параметров моделирования открывается нажатием кнопки  в окне моделирования обработки.



Точность моделирования может задаваться либо с помощью движка, в пределах от **Низкой** до **Высокой**, либо в абсолютных величинах, если отмечен флажок **Абсолютная точность**. Выбранная точность влияет на инструмент, заготовку и траекторию. Чем ниже значение точности, тем быстрее осуществляется моделирование, но качество получаемой модели снижается. По умолчанию используется относительная точность, задаваемая с помощью движка. В этом случае конкретные значения абсолютной точности для инструмента, заготовки и траектории выбираются автоматически, в зависимости от их габаритов. Это гарантирует получение хорошего результата для большинства заготовок и траекторий. Однако есть возможность и задать единое абсолютное значение точности, чтобы обеспечить надежный результат в сложных случаях.

Точность может изменяться пользователем динамически в ходе моделирования. Так что, наиболее интересные участки траектории могут моделироваться с более высокими точностями.

**Примечание:** Не рекомендуется задавать высокую точность детали на недостаточно мощных компьютерах.

## 7 МАСТЕР ДОПОЛНЕНИЙ SPRUTCAM®

Мастер дополнений **SprutCAM** предназначен для установки и удаления различных дополнений, а также для настройки их параметров. Дополнения обычно предназначены для расширения возможностей **SprutCAM** а также для интеграции с другими приложениями. (Например, для передачи и ассоциированного обновления геометрической модели из моделлера / CAD-системы).

Дополнения (расширения) - это внешние библиотеки (DLL или LIB), различные макросы или VBA/JS-скрипты, COM-объекты и пр. Они могут обеспечивать возможность обмена данными с другими приложениями, использование различных модулей приложений (например, модулей импорта для возможности расширения импортируемых форматов файлов), добавление пунктов меню или кнопок в интерфейсные окна приложений (например, открытия **SprutCAM** и передачи / обновления геометрической модели) и т.п.

Для установки дополнения необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Выбрать нужное дополнение в верхнем списке.
2. Нажать кнопку **<Установить>**.
3. Отредактировать параметры (при необходимости).
4. Нажать кнопку **<Применить>** для сохранения внесённых изменений (если параметры были изменены).
5. Нажать кнопку **<Заккрыть>** если требуется завершить работу **Мастера дополнений**.

Для удаления дополнения следует:

1. Выбрать нужное дополнение в верхнем списке.
2. Нажать кнопку **<Удалить>**.
3. Нажать кнопку **<Заккрыть>** если требуется завершить работу **Мастера дополнений**.

При выборе дополнения в верхнем списке вся дополнительная информация об этом дополнении отображается на панели **Свойства**. Обычно это имя и версия приложения, с которым работает дополнение, описание предоставляемых возможностей, прочая информация. Список редактируемых параметров дополнения и средства для их редактирования также располагаются на панели **Свойства**.

Если выбранное дополнение установлено, то при помощи флажка Включено его можно временно отключить/включить с сохранением изменённых ранее свойств (при нажатии последовательно кнопок **<Удалить>** и **<Установить>** все произведенные ранее изменения будут утеряны и дополнение будет установлено со свойствами по умолчанию).

Поле **Расширения** появляется на экране в случае, если выбранное в списке дополнение производит работы с файлами, имеющими определённые расширения (например, импорт/экспорт). Список расширений имен файлов может быть изменён в поле **Расширения**, в соответствии с используемой конфигурацией приложения или желаемыми настройками. После

этих изменений дополнение будет импортировать или экспортировать файлы с расширениями из нового списка.

Кнопка **<По умолчанию>** выставляет все свойства выбранного дополнения по умолчанию. Например, если расширения имен файлов были изменены, то нажатие кнопки **<По умолчанию>** вернёт их изначальный набор.

Кнопка **<Применить>** сохраняет изменения свойств выбранного дополнения.

Кнопка **<Установить>** / **<Удалить>** Выбранное дополнение устанавливается (регистрируется) и далее становится доступным для редактирования свойств, либо наоборот - удаляется (отрегистрируется).

Кнопка **<Заккрыть>** закрывает **Мастер дополнений**. При этом если были внесены изменения, то при закрытии будет задан вопрос: *Выйти с сохранением / Выйти без сохранения / Отменить выход*.

Кнопка **<Обновить>** обновляет список дополнений и все данные о дополнениях. При этом несохраненные изменения будут утеряны.

Кнопка **<Помощь>** вызывает справочную систему.

**Примечание:** В некоторых случаях при изменении свойств дополнения потребуется перезагрузить приложения, которые они обслуживают. Например, при установке дополнения '**SprutCAM toolbar для SolidWorks**' потребуется перезагрузить **SolidWorks**.

**Примечание:** Дополнения **SprutCAM** должны находиться в папке *Addins* (или во вложенных папках). Мастер дополнений проверяет все вложенные папки и автоматически заносит все доступные дополнения в список. То есть, любые новые дополнения, полученные от службы технической поддержки или из какого-либо другого источника достаточно скопировать в папку **AddIn** (находится в папке, в которую установлен **SprutCAM**). После этого можно запустить **Мастер дополнений** и установить желаемые дополнения.