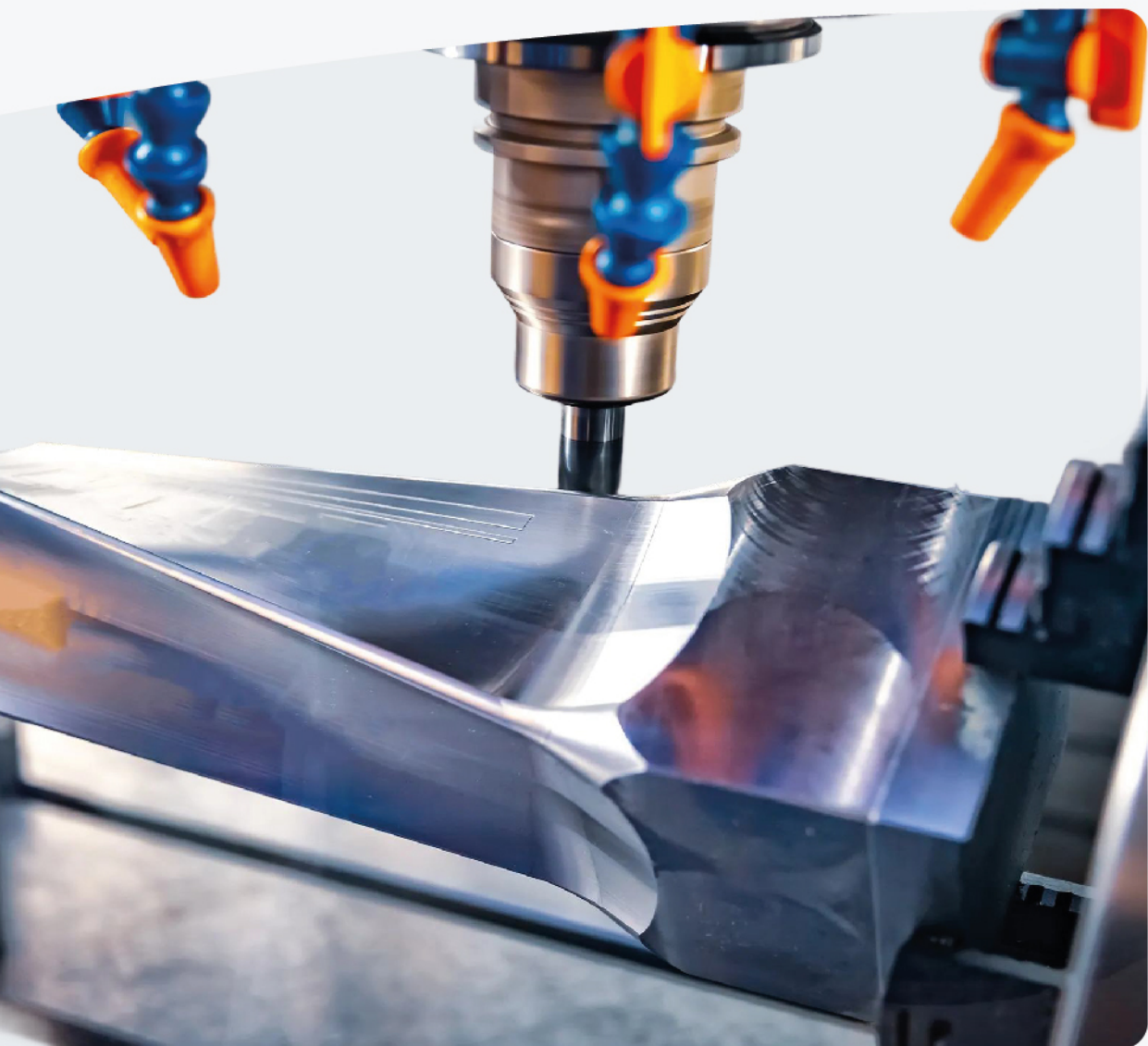




ОСНОВЫ СПРУТКАМ

Ведмидь П.А.

2026



Ведмидь П.А.

ОСНОВЫ СПРУТКАМ

2026 г

УДК 621.9-114:004.9

ББК 303.064

В26

Ведмидь, Павел.

В26 Основы СПРУТКАМ / Павел Ведмидь. — Казань :

ИД «МедДоК», 2026. — 220 с.

ISBN 978-5-908126-14-4

Книга представляет собой практическое руководство по программированию обработки на станках с ЧПУ в системе СПРУТКАМ. В ней большое внимание уделяется порядку освоения информации. Материал каждой последующей главы базируется на материале, рассмотренном в предыдущих главах. В книге подчеркивается идеология системы, согласно которой проектирование технологических переходов ведется сразу с учетом кинематики и 3D модели станка и оснастки, что позволяет предотвратить аварийные ситуации в виде столкновений и зарезов.

Рассмотрен функционал CAD и CAM модулей, в том числе: возможность создания и редактирования 2D и 3D моделей с применением параметрического проектирования, фрезерная и сверлильная обработка призматических деталей, пятиосевая непрерывная и позиционная обработка, токарная и токарно-фрезерная обработка, включая обработку на автоматах продольного точения. Рассмотрены вопросы настройки системы для повышения удобства работы.

Книга будет полезна технологам-программистам станков с ЧПУ, студентам и преподавателям ВУЗов и колледжей. Она использует готовые проекты обработки, при изложении был принят во внимание новый функционал программы. Все модели и проекты, рассмотренные в книге, вы сможете найти и скачать на корпоративном сайте компании СПРУТ-Технология.



УДК 621.9-114:004.9

ББК 303.064

ISBN 978-5-908126-14-4

© ООО «Издательский дом «МедДоК», 2026

Предисловие

Особенность технологического развития России проявляется в двух ключевых тенденциях. Во-первых, большинство предприятий переходят на использование станков с ЧПУ и роботизированных ячеек, что приводит к существенному изменению в процессах технологической подготовки. И с каждым годом рост темпов развития и появления новых инженерных задач делают внедрение цифровых технологий в виде САМ-систем необходимым элементом современного производства. Во-вторых, в условиях необходимости в технологическом суверенитете требуется отечественное программное обеспечение.

CAD/CAM-система СПРУТКАМ соответствует обеим обозначенным тенденциям. Это программное обеспечение компании «СПРУТ-Технология». Программисты, дизайнеры и инженеры, знающие производство изнутри, постоянно развивают систему как в части интерфейса, так и в области функциональных возможностей. Благодаря этому СПРУТКАМ занимает лидирующие позиции среди промышленных программных решений. И всё больше производственных предприятий, учебных заведений и индивидуальных предпринимателей выбирают СПРУТКАМ для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ и промышленных роботов. При этом дефицит квалифицированных кадров в промышленности повышает необходимость быстрого освоения системы. И многие специалисты стремятся начать изучение самостоятельно, чтобы позже трудоустроиться; однако они сталкиваются с недостатком краткой, структурированной и доступной информации, которая могла бы служить вводным курсом и одновременно раскрывать идеологию и основные возможности СПРУТКАМ. Практика показывает, что получив общее представление о системе на начальном этапе, это значительно упрощает дальнейшее повышение квалификации. За все время работы у компании «СПРУТ-Технология», а это более 35-ти лет, помимо документации в виде руководства пользователя, не выпускалось отдельных материалов таких, как этот труд. Сегодня есть ощущение, что совсем скоро произойдут существенные изменения в привычном рабочем процессе у инженера-технолога, и поэтому именно сейчас это идеальное время для выхода книги с подробным описанием основ и базовых принципов работы в нашей программе. Автор в книге не просто описал какие-то параметры, а в первую очередь справился с задачей поэтапно познакомить на доступных примерах наших пользователей с логикой основных технологических операций и основными решениями, которые мы закладывали, чтобы максимально оптимизировать рутинную часть в работе технолога. Содержание книги организовано таким образом, что пользователь может использовать её как настольное руководство, чтобы сформировать базовые навыки, необходимые для дальнейшего самостоятельного углубленного изучения системы. Печатный формат обеспечивает дополнительное

удобство, позволяя следовать инструкциям и одновременно выполнять действия в программе, контролируя результат на экране монитора, без необходимости переключаться между окнами и приложениями.

Этот фундаментальный труд, который проделал автор, будет полезен всем, кто сталкивается с задачами по программированию станков с ЧПУ, как начинающим, так и опытным пользователям. Широкий обзор возможностей CAD/CAM-системы СПРУТКАМ позволяет читателю обнаружить функциональность, которая ранее могла оставаться вне его внимания. Кроме того, в издании представлены наиболее эффективные методы задания параметров операций, что делает материал ценным для специалистов с практическим опытом. Они могут найти новые подходы и решения при подготовке управляющих программ.

Особенно книга будет полезна преподавателям учебных заведений в области автоматизации и подготовки машиностроительных производств. Книга поможет разработать методические пособия и лабораторные работы для студентов, чтобы эффективно подготовить их к реальному производству на заводах.

Мы рассчитываем, что книга будет полезна инженерам-технологам и операторам-программистам станков с ЧПУ и станет вкладом в повышение вашей профессиональной компетенции, чтобы и дальше обеспечивать качественный рост промышленной индустрии.

Компания «СПРУТ-Технология» выражает благодарность автору за проделанную работу и рассчитывает на её продолжение – как в подготовке второго издания с дополнениями и обновлениями, так и в создании новой книги с расширенным описанием возможностей CAD/CAM-системы СПРУТКАМ, ориентированной на опытных пользователей.

Компания «СПРУТ-Технология»

Введение

СПРУТКАМ (ранее SprutCAM) – полнофункциональная САМ-система, предназначенная для разработки управляющих программ для обработки деталей практически на любых станках с ЧПУ и промышленных роботах. Разработка системы ведется с 1987 года. Это полностью отечественное решение.

Важными отличительными особенностями системы являются:

- Развитые средства импорта и преобразования геометрической модели;
- Расчет траектории сразу с учетом кинематики станка, его 3D модели, а также 3D модели технологической оснастки, с полным контролем столкновений узлов станка, детали, элементов оснастки;
- Расчет траектории с учетом состояния заготовки после предыдущих операций;
- Расширенный набор функций управления параметрами технологических операций;
- Реалистичное моделирование обработки, в т.ч. в кодах управляющей программы;
- Простота в освоении и использовании.

СПРУТКАМ имеет значительный САД функционал, включая встроенную среду двумерных параметрических построений для создания и редактирования 2D-элементов, а также ряд функций по вспомогательному построению геометрии на основе 3D модели.

В книге большое внимание уделяется порядку освоения материала. Как правило, сложные виды обработки включают и простые операции. Поэтому материал в книге изложен от простого к сложному.

В главе 1 рассмотрена идеология системы, показаны основы работы на примере готового проекта. В этой же главе рассмотрены все этапы разработки управляющих программ на примере одной операции, включая пост-процессирование и вывод карты наладки (Отчета).

Главы 2-7 посвящены 3-осевой обработке.

В главе 2 речь в основном идет о наиболее применяемой в СПРУТКАМе Черновой послойной операции, которая используется для черновой обработки деталей различного типа. В операции используются много параметров, которые встретятся позже и в других операциях. Удобно начать знакомство с операциями именно с нее. Также рассмотрена операция обработки торцев и функции ограничения области обработки.

Чистовых операций в СПРУТКАМ много, потому они рассматриваются не все сразу. В главе 3 начинается рассмотрение 3D чистовых операций. Рассмотрены операции: Обработка горизонтальных участков, Чистовая построочная, 3D смещение, а также Карандашная доработка углов. Дано отличие в подходах к обработке наклонных и ненаклонных участков модели. Рассмотрены операции Чистовая послойная и Чистовая комплексная.

В главе 4 рассмотрены операции сверления и другие операции по обработке отверстий, в том числе фрезерование отверстий и резьбофрезерование.

Глава 5 посвящена операциям, использующим плоские кривые (2D обработке). Здесь же рассмотрена среда 2D построений, которая активно используется именно для такой обработки. Рассмотрена операция 2D контур. Рассмотрены функции коррекции инструмента. 2D обработка показана и для случая, когда 3D модели нет. Здесь же рассмотрена гравировка плоского текста.

Глава 6 посвящена высокоскоростной обработке (BCO), причем BCO трактуется шире, чем просто адаптивная стратегия резания. Поэтому здесь дан набор параметров ранее рассмотренных операций, который полезен для BCO (это и скругление углов и переходов, спиральное врезание, трохoidalные движения и др.). Здесь же рассмотрена плунжерная обработка и чистовые операции, использующие морфинг при формировании проходов, в т.ч. операция Морфинг между 2-мя кривыми.

Глава 7 завершает рассмотрение 3-осевой обработки. Здесь рассмотрены операции подчистки углов, обработки фасок, операция 6D контур (в варианте для 3-осевой обработки), обработка фасонным инструментом и обработка поднутрений на модели дисковым инструментом.

Глава 8 посвящена 5-осевой позиционной (3+2 осевой) обработке. Т.к. здесь используются все ранее рассмотренные операции, то дана только специфика такого вида обработки. В этой же главе рассмотрена операция FBM фрезерования, реализующая автоматическое распознавание и обработку сложных отверстий, в т.ч. произвольной ориентации.

В главе 9 глубже рассмотрен режим моделирования обработки (основы были даны еще в главе 1), полезный для сложных видов обработки, прежде всего 5-осевой и токарно-фрезерной. Рассмотрен и режим работы на основе CLDATA и на основе кода управляющей программы.

Глава 10 посвящена токарной обработке.

Токарно-фрезерная обработка разделена на 2 части в зависимости от сложности используемых станков.

В главе 11 рассмотрена работа приводным инструментом в токарно-фрезерных проектах, перехват заготовки в контршпиндель, токарные операции на фрезерных станках. Здесь же рассмотрен процесс замены станка в существующем проекте.

Глава 12 посвящена 4-осевой ротационной обработке. Здесь же рассмотрен пример обработки с использованием цилиндрической интерполяции.

Глава 13 посвящена 5-осевой непрерывной обработке. При этом 4-осевая непрерывная обработка рассматривается как частный случай 5-осевой, если имеется ограничение станка на использование 5-й оси. Большое внимание уделено ориентации инструмента. Отдельный параграф посвящен обработке турбинных лопаток. Рассмотрены некоторые вспомогательные построения, полезные в 5-осевой обработке. Здесь же рассмотрена операция обработки боком фрезы – 5D Стенки.

Глава 14 посвящена специальным операциям обработки импеллеров и моноколес.

Глава 15 посвящена операциям измерения на станке, которые могут служить основой для создания различных вариантов адаптивной обработки.

В главе 16 рассмотрена многоканальная обработка на токарно-фрезерных станках, имеющих фрезерный шпиндель, и обработка на автоматах продольного точения с упором на синхронизацию работы каналов.

В главе 17 рассматриваются методы настройки СПРУТКАМ для повышения эффективности работы. Это использование библиотек, шаблонов проекта, экспертного режима для задания дополнительных параметров операций и др. Рассмотрение ориентировано на технологов-программистов, т.е. ограничено методами без использования программирования.

Из-за ограничения объема книги темы программирования роботов для обработки и поддержки аддитивных технологий обработки на станках даны кратко на примерах готовых проектов. Этому посвящена глава 18.

Отметим, что книга не ставит задачей описание всех параметров операций (для этого имеется справочное руководство). В книге подчеркивается использование того или иного параметра для достижения конкретного результата.

Глава 1. Первые шаги

Программирование обработки на станках с ЧПУ начнем с 3-осевого фрезерования. Другие виды обработки рассмотрим, опираясь на полученные здесь знания.

В книге будем рассматривать работу СПРУТКАМ версии 18.

Идеология СПРУТКАМ и главное окно

Идеологию работы с системой рассмотрим на уже готовом проекте

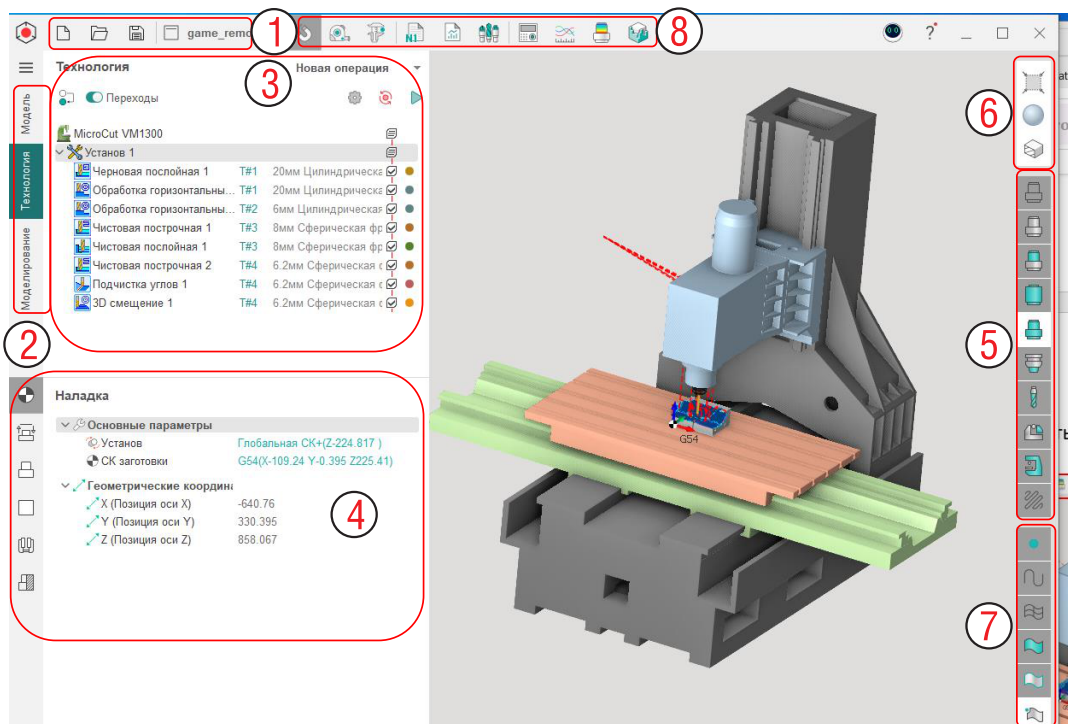


Рис. 1-1. Интерфейс СПРУТКАМ.

Запустите СПРУТКАМ. Для знакомства с интерфейсом откроем уже готовый проект. Откройте проект (файл) `game_remote.stcp`.

Окно СПРУТКАМ после открытия проекта будет выглядеть как на рис. 1.1.

1. Панель 1 содержит иконки создания, открытия, сохранения проекта, а также отображает имя открытого проекта.

2. Панель 2 отображает 3 основных режима работы с проектом: модель, технология, моделирование. В данном случае активна вкладка Технология (та вкладка, которая была активной на момент сохранения проекта).

3. Навигатор объектов технологии (вид навигатора зависит от активной вкладки панели 2).

4. Детальная информация об объектах, выбранных на панели 3.

5. Панель управления видимостью объектов (станок, инструмент, деталь, заготовка и т.д.).

6. Панель управления видом.

7. Фильтр выбора объектов для привязки при создании новых объектов.

8. Панель инструментов приложения (измерения, библиотеки и дополнительные инструменты).

В графическом окне отображается станок, деталь, нулевая точка детали, траектория выбранной операции обработки.

Режим работы **Модель** рассмотрим позже.

В режиме **Технология** верхним уровнем иерархии объектов является станок, т.е. программирование осуществляется с учетом возможностей станка. От выбранного станка зависит набор и настройки операций, расположение инструментов и ряд других ключевых факторов. Далее обычно задаётся **Установ**.

Установ – это специальная группа операций по обработке детали в определенном положении. Если нужна обработка для другого положения детали, то нужно создать еще один установ с нужным расположением детали. Новый установ содержит все те же детали, что и предыдущий установ.

Внутри установа задается исходная заготовка, применяемая оснастка и формируется процесс обработки детали как последовательность технологических операций. Список доступных операций зависит от заданного станка, т.е. для фрезерного станка токарные операции не показываются.

При создании новой технологической операции система автоматически устанавливает многие технологические параметры, что заметно ускоряет программирование. В системе по умолчанию считается, что каждая следующая операция учитывает снятый предыдущими операциями материал.

Режим **Моделирования** предназначен для эмуляции процесса обработки, спроектированного в режиме **Технология**. Кроме реалистичного отображе-

ния процесса обработки производится контроль на столкновение инструмента и оправки с деталью и оснасткой и контроль на превышение пределов осей станка.

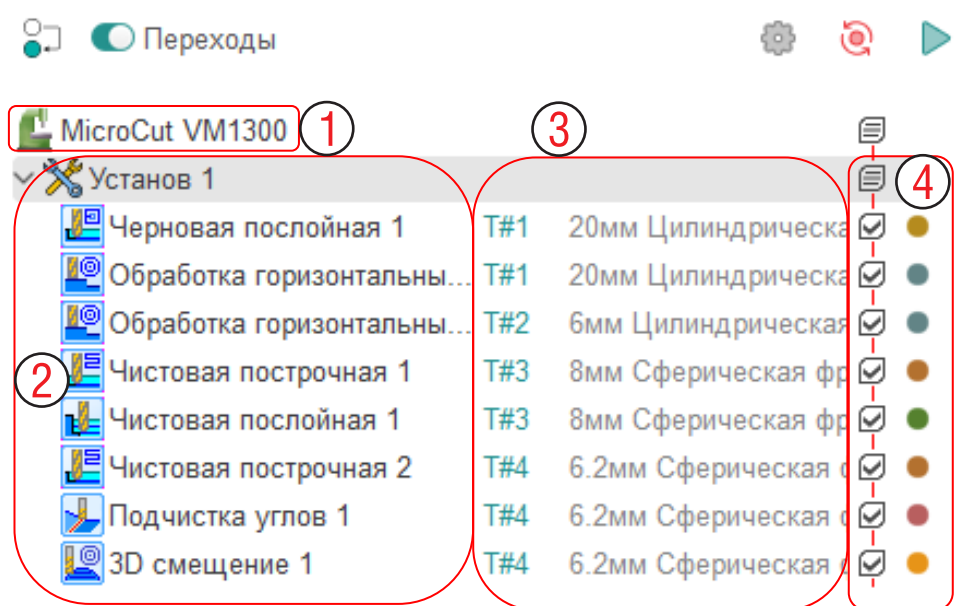


Рис. 1-2. Операции обработки проекта game_remote.

Кратко рассмотрим операции проекта (рис. 1-2). Здесь мы видим, что проект создан для станка MicroCut VM1300 (1); в проекте имеется 1 установ, содержащий 8 операций разного типа (2); они выполняются четырьмя инструментами и видим параметры этих инструментов (3). Все операции сгенерированы и не содержат ошибок (символ птички) и видим цвет, которым будет показываться траектория для каждой операции (4).

Перейдите в режим моделирования (через панель 2 рис. 1-1). Вкладка моделирования должна выглядеть так (рис. 1-3). В графическом окне должна быть показана заготовка (если это не так, то надо проверить видимость результата обработки в панели справа). Для управления на данном этапе нам нужны кнопки Пуск (1), сброс (2), регулировка скорости моделирования обработки (3). Станок для начала выключен (чтобы крупнее видеть заготовку).

Заметим, что настройки видимости работают независимо для режима Технология и Моделирование.

Нажмите Пуск. В графическом окне будет выполняться имитация съема материала. После первой операции имитация обработки остановится. Надо снова нажать на Пуск. Результат после всех операций показан на рис. 1-4.

Включите отображение станка (1), нажмите Сброс и повторите моделирование обработки со станком.

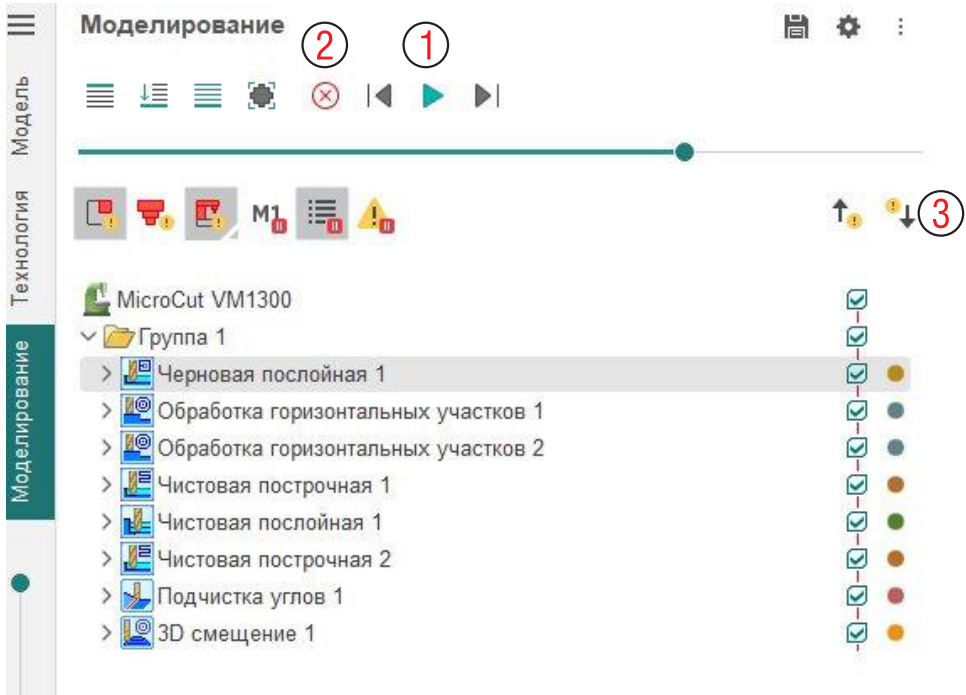


Рис. 1-3. Моделирование обработки.

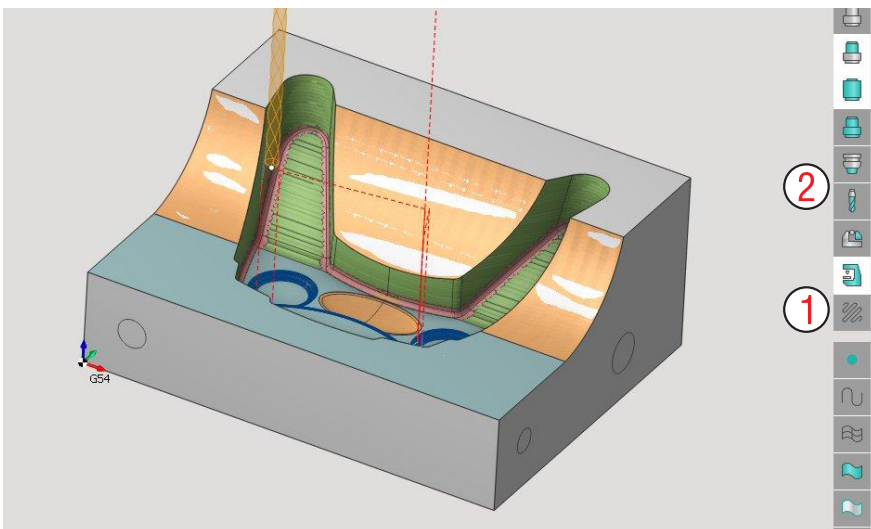


Рис. 1-4. Результат моделирования обработки.

Иногда полезно видеть перемещение инструмента по траектории. Для этого надо отключить видимость результата обработки (2) и повторить моделирование.

При нажатии на кнопку Стоп моделирование остановится; в окне моделирования можно видеть, на каком движении произошла остановка (рис. 1-5).

Заметим, что здесь мы видим команды языка CLDATA (это режим моделирования по умолчанию).

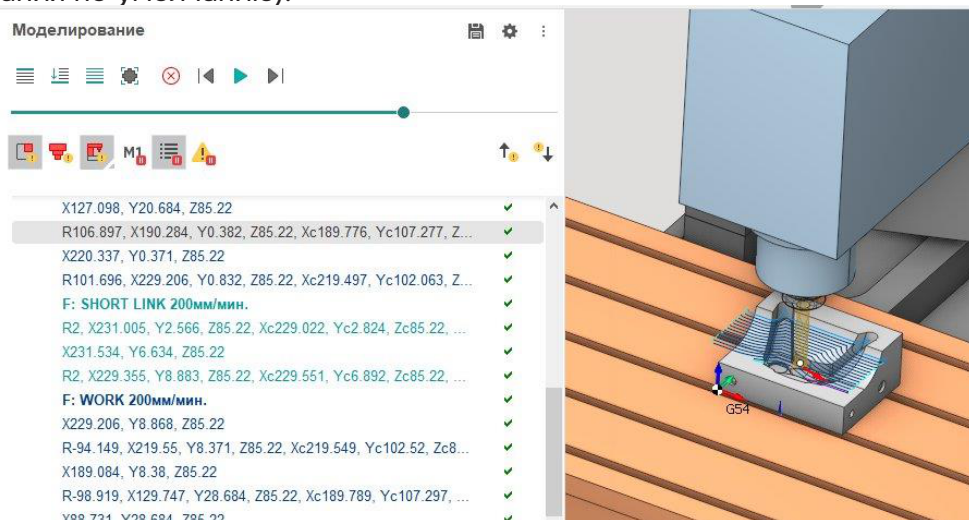


Рис. 1-5. Остановка моделирования (видно движение в формате CLDATA).

Вернитесь в режим Технология.

Траектории проверены, можно их передавать на станок. Для этого выполним постпроцессирование. Для этого в верхней части экрана (рис. 1-6) есть команда Постпроцессор (1), там же есть команда Отчеты для создания карт наладок (2).



Рис. 1-6. Расположение команд Постпроцессор и Отчет в интерфейсе.

До этапа постпроцессирования траектории не зависят от конкретного станка. Для того чтобы траектория была отработана станком, она должна быть **Постпроцессирована** (или преобразована в формат конкретного станка). Именно на этом этапе получается управляющая программа (УП); причем одна УП может включать несколько траекторий, созданных различными операциями. Однако постпроцессор неправильно рассматривать как простой конвертор; он может выполнять дополнительные проверки, вычисления; может анализировать некоторые условия и в зависимости от этого модифицировать выводимую информацию.

Нажмите на иконку Постпроцессор. В новом диалоговом окне (рис. 1-7) надо выбрать постпроцессор (в нашем случае Fanuv 30i – 1), выбрать операции (все или выборочно – 2) и нажать на кнопку Пуск (3). После окончания процесса в окне 4 появится текст УП; также будет записан файл с именем,

указанным в поле (5).

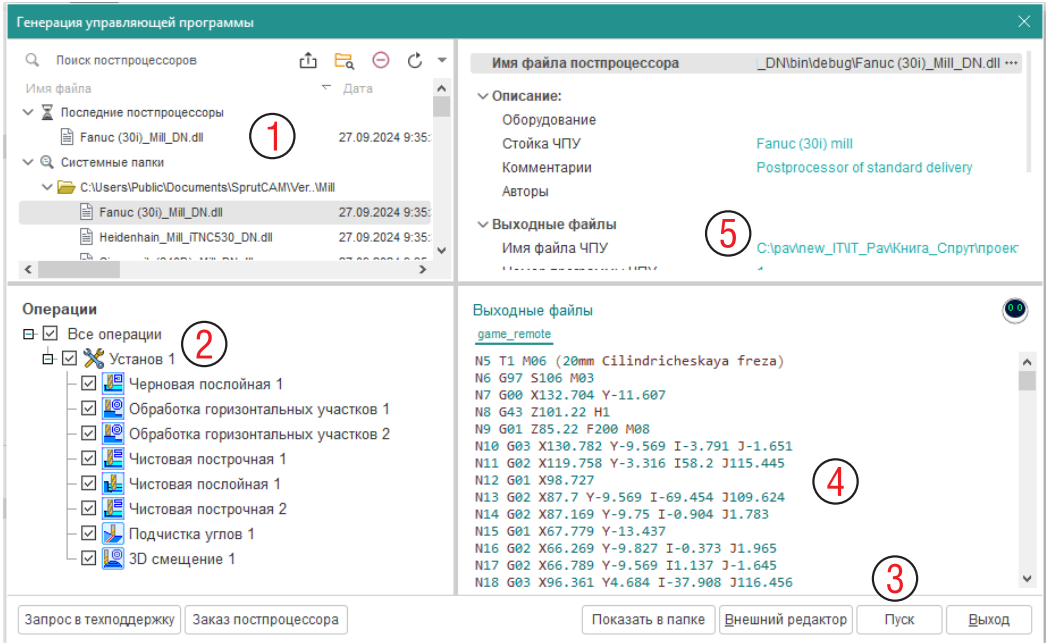


Рис. 1-7. Диалоговое окно постпроцессирования.

Закройте окно и нажмите кнопку Отчет (2 на рис. 1-6).

Вместе с управляющей программой в цех обычно передается карта наладки. В САМ-системах обычно используются документы (отчеты), содержащие список операций с параметрами, список инструмента, а также данные о проекте, дате и др.

В новом диалоговом окне (рис. 1-8) выберите шаблон отчета, как показано, и нажмите Создать.

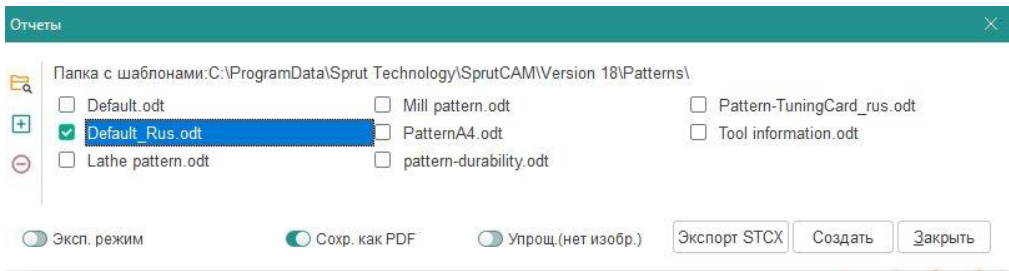
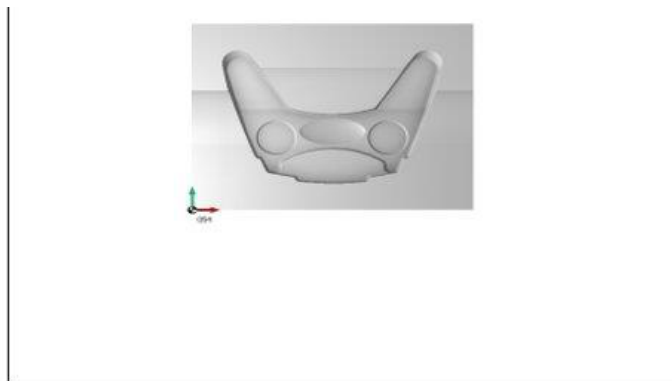


Рис. 1-8. Диалоговое окно задания шаблона отчета.

В результате будет создан отчет. Эти фрагменты показаны на рис. 1-9 и 1-10.



Список операций

N	Название операции	Тип	N Инстр.	Имя УП	Время чч:мм:сс	Комментарий
1	Установ 1	Установ			07:01:48	
1	Черновая послойная 1	Черновая послойная	1		02:26:16	Вылет=160;
1	Обработка горизонтальных участков 1	Чистовая обработка горизонтальных участков	1		00:09:14	Вылет=160;
1	Обработка горизонтальных участков 2	Чистовая обработка горизонтальных участков	2		00:12:18	Вылет=160;
1	Чистовая построчная 1	Построчная	3		02:23:05	Вылет=160;

Рис. 1-9. Пример отчета (скриншот и список операций).

Список операций

N	Название операции	Тип	N Инстр.	Имя УП	Время чч:мм:сс	Комментарий
1	Установ 1	Установ			07:01:48	
1	Черновая послойная 1	Черновая послойная	1		02:26:16	Вылет=160;
1	Обработка горизонтальных участков 1	Чистовая обработка горизонтальных участков	1		00:09:14	Вылет=160;
1	Обработка горизонтальных участков 2	Чистовая обработка горизонтальных участков	2		00:12:18	Вылет=160;
1	Чистовая построчная 1	Построчная	3		02:23:05	Вылет=160;

Рис. 1-10. Пример отчета (список инструментов).

На этом работа с первым примером окончена.

В следующем параграфе создадим новый САМ-проект с чистого листа, используя описанные выше принципы.

Создание нового проекта

Создадим новый проект. Станок будем использовать тот же.

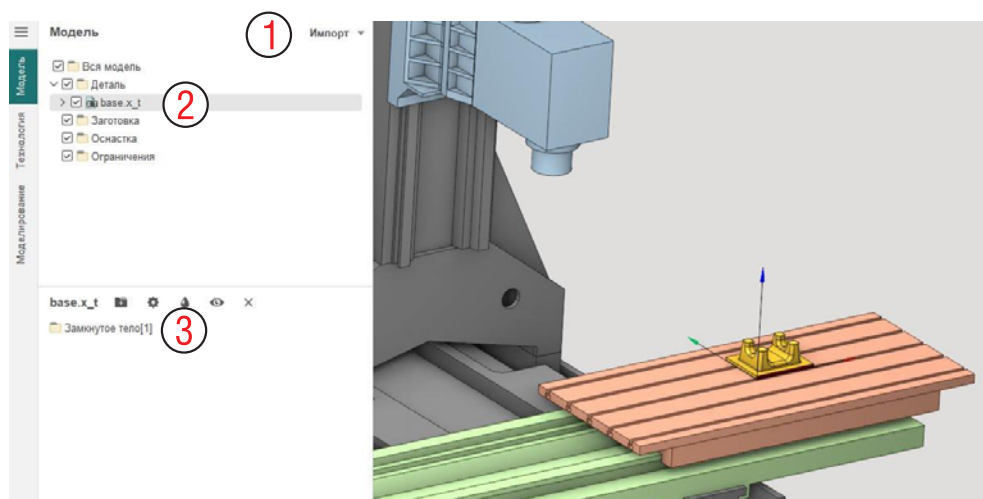
Основными этапами создания проекта являются:

1. импортировать или создать модель;
2. задать станок, начальную заготовку и оснастку;
3. создать последовательность технологических операций; назначить их параметры и рассчитать;
4. выполнить верификацию (проверку) операций;
5. сгенерировать управляющую программу и карту наладки.

Импорт модели

Выполните – Новый проект. Далее в режиме Модель нажмите Импорт (1) в верхней части экрана и выберите файл base.x_t. 3D модель будет импортирована в группу Деталь. СПРУТКАМ в дальнейшем будет рассматривать ее как объект Деталь. Для нее и создадим проект обработки.

Включите отображение станка. Деталь оказалась на столе станка (рис. 1-11). В навигаторе станка отобразилось ее имя (2); в нижней части навига-



тора видно, что модель прочиталась как замкнутое тело (3).

Рис. 1-11. Положение детали на столе станка для примера base.

Позиционирование детали и нулевая точка

В общем случае ее надо перепозиционировать. Для примера переместим ее по оси X на 150 мм влево.

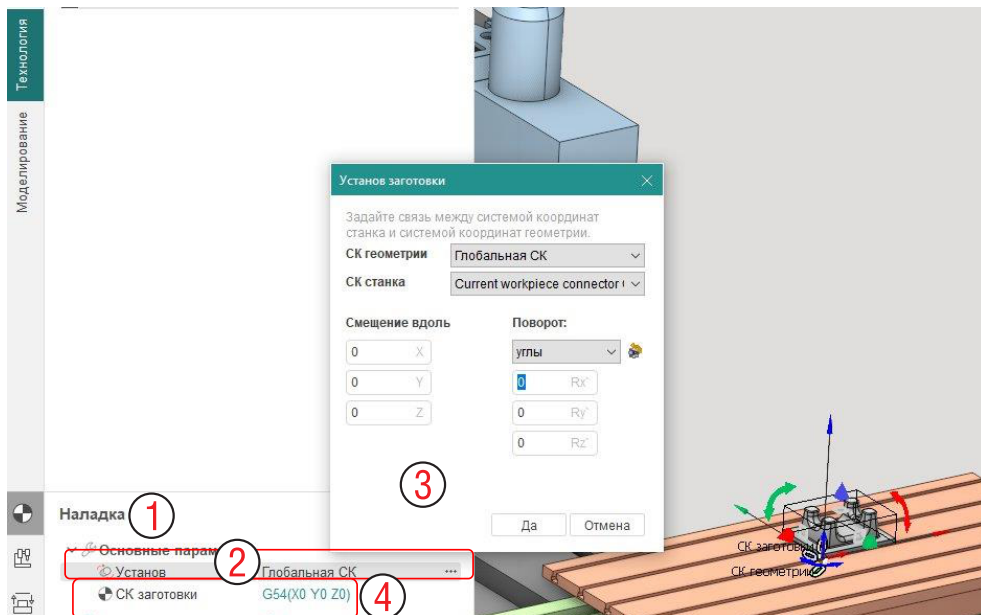


Рис. 1-12. Установ заготовки с использованием интерактивных маркеров.

Для этого перейдите в режим Технология и на вкладке Наладка (1, рис. 1-12) нажмите на параметр Установ, чтобы справа появились три точки (2). Нажмите на них – появится новое диалоговое окно (3), где можно задать значения для перемещений по осям и поворотов вокруг их. В графическом окне появятся изображения маркеров, которыми можно перепозиционировать деталь динамически.

Переместите деталь на 150 мм влево и нажмите ОК.

Также в графическом окне видна Нулевая точка детали с именем G54. В данном случае ее положение нас устраивает; если нет, то можно изменить параметр СК заготовки (4) на вкладке наладки.

Анализ геометрии

Существует еще один необязательный этап – **Анализ геометрии**. На этом шаге вы исследуете модель. Самый простой – измерения. Можно измерить габаритные размеры, величину радиуса, высоту бобышки или ширину паза. Этот этап помогает нам в правильном назначении геометрии инструмента, в выборе станка, при обосновании расположения системы координат станка и т. д.



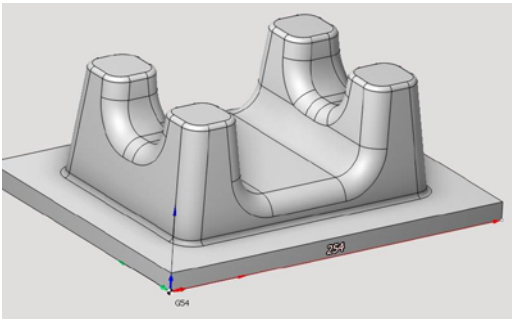
Рис. 1-13. Расположение команд измерения в интерфейсе.

Для измерения есть 2 иконки в верхней части экрана (рис. 1-13):

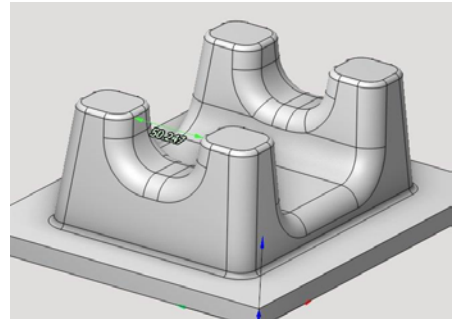
- 1 – расстояние между точками,
- 2- измерение геометрических объектов.

При измерении точек важно, чтобы работала привязка к объектам геометрии (для этого убедитесь, что включена кнопка «Умные привязки», также проверьте разрешенные привязки в панели справа).

Выполните измерение длины детали. Как видим, длина составляет 254 мм (рис. 1.14а). Это значение поможет нам выбрать станок, на котором возможна обработка. Нам выбранный станок устраивает.



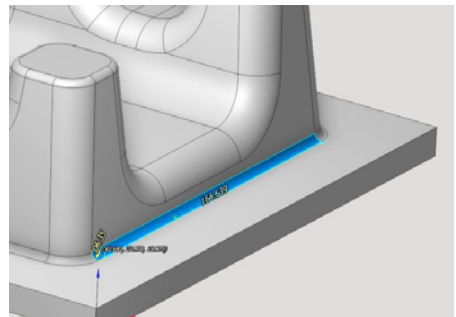
а)



б)

Еще один размер нам поможет выбрать диаметр инструмента.

На рис. 1.14б показано расстояние между бобышками 50 мм. Как увидим в дальнейшем, лучше выбрать диаметр инструмента равным примерно половине этого расстояния. Также измерим радиус скругления (рис. 1.14с), он влияет на выбор геометрии инструмента. СПРУТКАМ по умолчанию показывает диаметр 6.35 мм, т. е. радиус равен 3.175 мм. Таким образом наметим инструмент диаметром 20 мм и радиусом скругления 3 мм (сам инструмент создадим позже).



в)

Рис. 1-14. Измерения помогают в принятии технологических решений (здесь для выбора инструмента).

Создание операции обработки

Все готово к созданию операции обработки. Первой создадим операцию черновой обработки.

В режиме Технологии нажмите кнопку Новая операция в верхней части навигатора. Новое диалоговое окно появится (рис. 1-15). Выберите Черновая послынная (1), можно изменить имя операции (2, но пока оставим без изменения) и нажмите Создать (3).

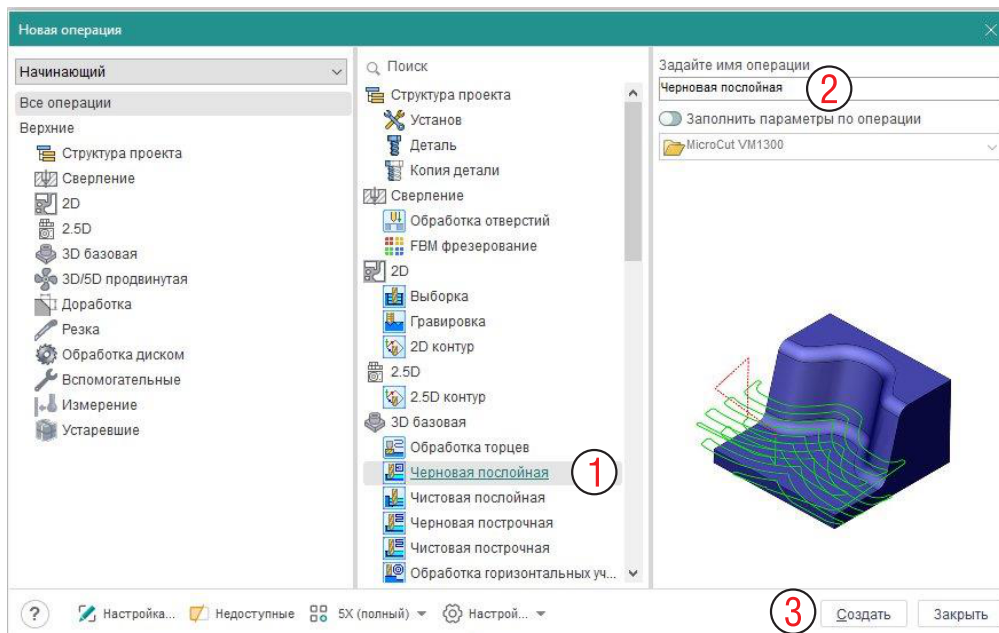


Рис. 1-15. Операция Черновая послынная в диалоговом окне Новая операция.

СПРУТКАМ подобрал инструмент – это цилиндрическая фреза диаметром 32 мм. Это видно в навигаторе технологии, также он отображен в графическом окне. Можно оставить и этот инструмент, но явно надо изменить его длину.

Перейдите на вкладку Инструмент (1) и задайте длину 80 мм (рис. 1-16). Чтобы изменения вступили в силу, надо нажать на зеленую птичку.

Также сразу добавим оправку (Т.К. СПРУТКАМ уже при расчете траектории выполняет ряд проверок). Задайте оправку как на рис. 1-16а. Снова надо нажать на зеленую птичку.

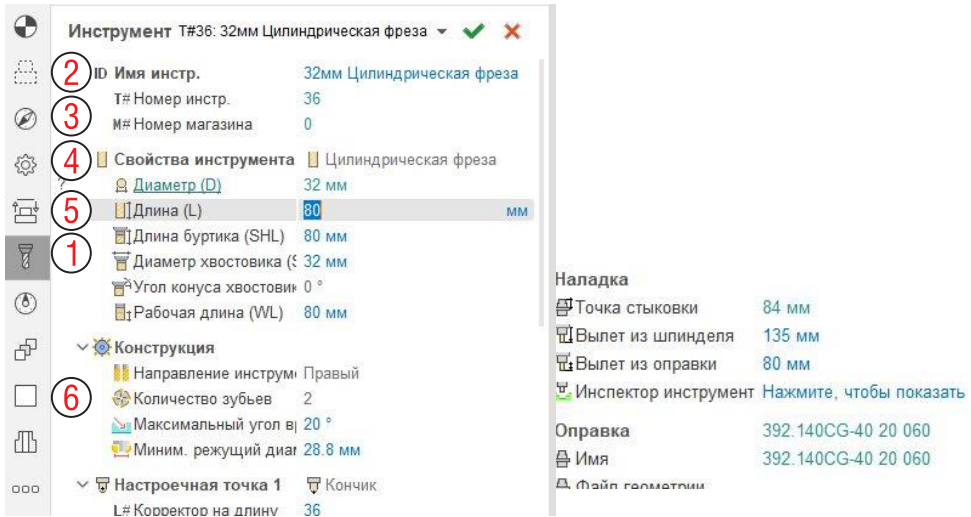


Рис. 1-16. Параметры инструмента на вкладке Инструмент.

В дальнейшем нам понадобятся и другие вкладки (сейчас их настройки используются по умолчанию):

1. Инструмент
2. Рабочее задание
3. Стратегия
4. Параметры
5. Переходы
6. Заготовка

Нажмите кнопку Пуск для расчета траектории.

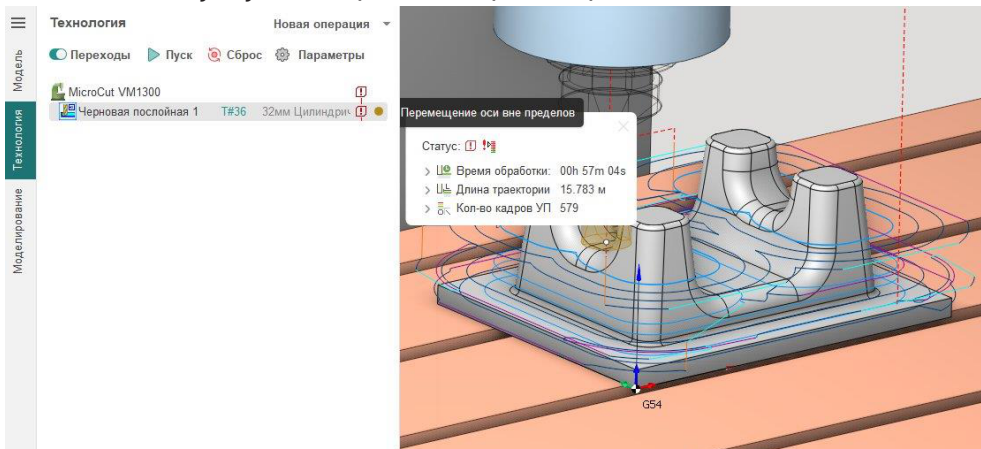


Рис. 1-17. Статус операции при возникновении проблем.

Траектория создана, но статус рядом с названием (в виде восклицательного знака) показывает, что есть проблемы (рис. 1-17). Нажмите на него, в новом диалоговом окне еще нажмите на значок конкретной проблемы – мы увидим сообщение «Перемещение оси вне пределов».

Можно сразу исправить, но для иллюстрации общего подхода выполним проверку траектории в режиме моделирования.

Проверка траектории

Перейдите в режим моделирования. Убедитесь, что включено отображение станка и результата обработки. Нажмите Пуск, результат показан на рис. 1-18.

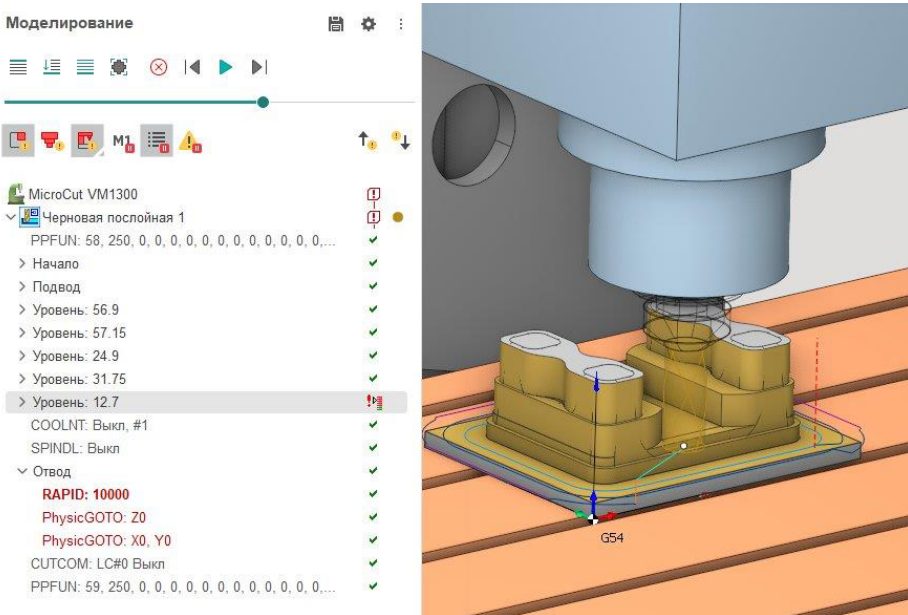


Рис. 1-18. Результат моделирования обработки.

Здесь проблему можно детализировать. В навигаторе моделирования видно (значок проблемного статуса в этой строке), что проблема проявилась при обработке нижнего уровня (уровня 12.7 мм). Делаем вывод, что надо либо поднять деталь над столом, либо увеличить длину инструмента. Также видно, что ступеньки оставшегося

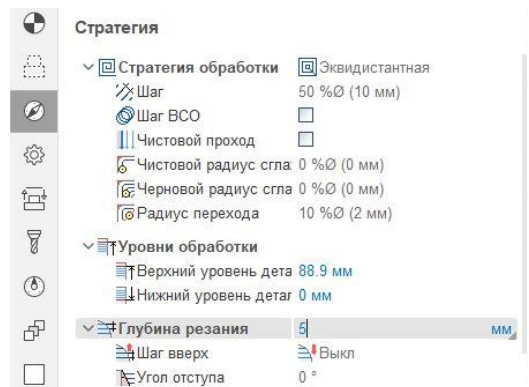


Рис. 1-19. Изменение глубины резания на вкладке Стратегия.

материала слишком большие – уменьшим шаг проходов между уровнями. Также зададим диаметр инструмента 20 мм, как предполагалось ранее.

Редактирование операции

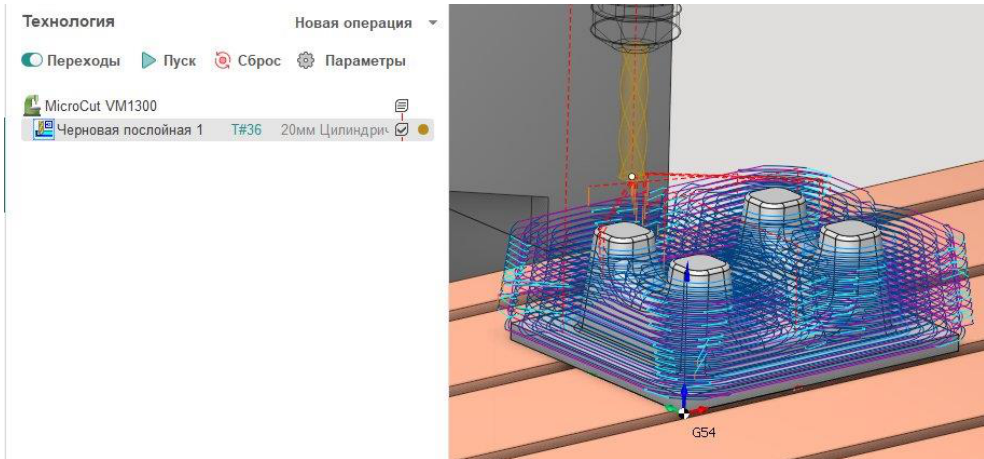


Рис. 1-20. Результат моделирования обработки после редактирования.

Перейдите в режим Технология. На вкладке Инструмент измените диаметр инструмента на 20 мм, длину – на 100 мм. Глубину резания меняем на вкладке Стратегия на 5 мм (рис. 1-19).

Нажмите Пуск. Результат показан на рис. 1-20. Теперь статус операции показывает, что проблем нет.

На данном этапе не рассматриваются другие параметры черновой послойной операции. Это рассмотрим в следующей главе.

Снова выполните проверку операции в режиме моделирования.

Выполните постпроцессирование для создания файла УП.

Сохраните проект под именем base, он нам понадобится позднее.

В следующей главе подробнее рассмотрим настройки этой операции.

Глава 2. Черновые операции

Черновая послойная обработка – подробности

Операция **Черновая послойная** служит для удаления большого объема материала. Операция удаляет материал плоскими уровнями, перпендикулярными фиксированной оси инструмента, т.е. это 2.5-осевая операция.

Может использоваться и как чистовая.

Операция имеет очень много параметров, их освоение лучше выполнить поэтапно. Многие параметры в дальнейшем встретятся и в других типах операций.

Начнем с вкладки **Стратегия**.

Стратегия обработки

Первый параметр – стратегия обработки, он определяет закон движения инструмента в уровнях.

Продолжаем работать с примером base предыдущей главы. В учебных целях оставим только 1 уровень.

Выполните команду Сброс для нашей операции. Далее в контекстном меню операции выполните команду Дублировать – будет создана копия операции.

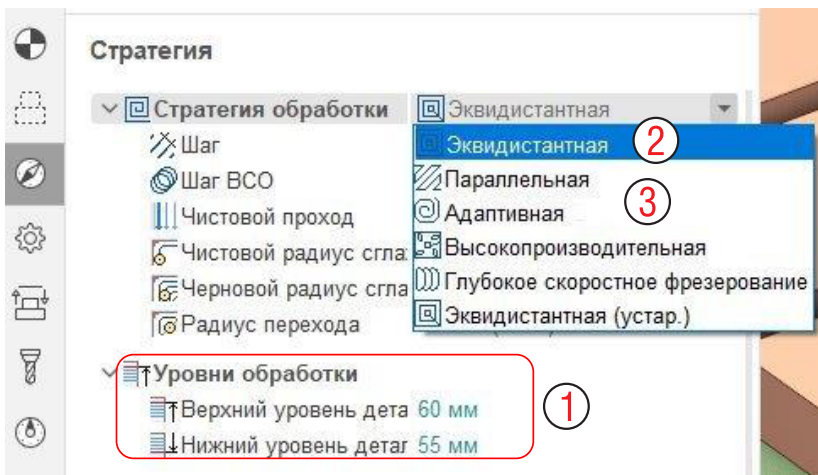


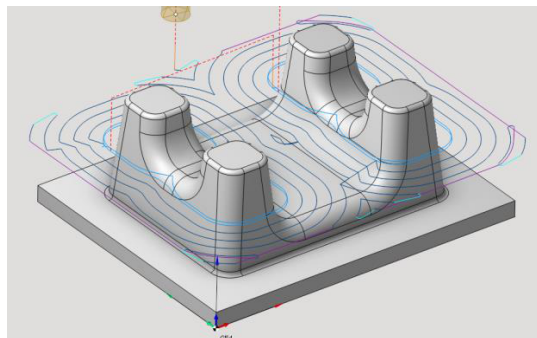
Рис. 2-1. Уровни обработки для получения одного уровня.

В копии задайте уровни обработки, как показано (1 на рис. 2-1) и выполните расчет траектории. По умолчанию используется эквидистантная стратегия (2), рассмотрим другие варианты (3).

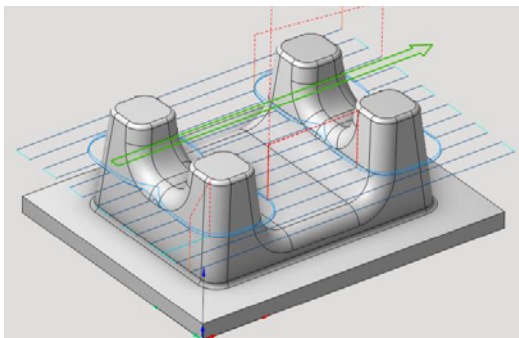
Попробуйте поочередно разные варианты стратегии. Копию операции делать не нужно, СПРУТКАМ отменяет расчет траектории при изменении параметров (в т.ч. стратегии). Проверяйте варианты с имитацией съема материала в режиме моделирования.

Для удобства они сведены в таблицу (рис. 2.2). **Эквидистантная** – это эквидистантная обработка с заданным шагом между проходами. Это наиболее часто используемый шаблон для открытых областей резания, то есть областей, где возможен подход инструмента сбоку. **Параллельная** – это обработка строчками вдоль заданного направления (обычно вдоль оси X или Y, хотя возможно задание и произвольного направления). На некоторых станках (в основном устаревших) такая траектория выполняется быстрее, чем эквидистантная. Также отметим, что для некоторого типа деталей такой шаблон лучше подходит. Однако в такой траектории не соблюдается направление резания, что для многих материалов нежелательно. Поэтому в таблице отдельно показан вариант **Параллельная (попутное фрезерование)**.

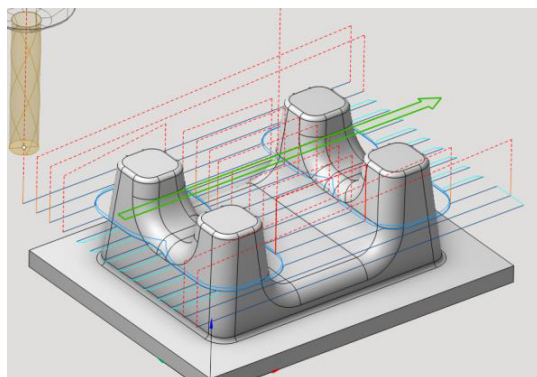
Высокопроизводительная стратегия используется, если равномерная нагрузка на инструмент не требуется и допустим шаг обработки более 50% от диаметра инструмента.



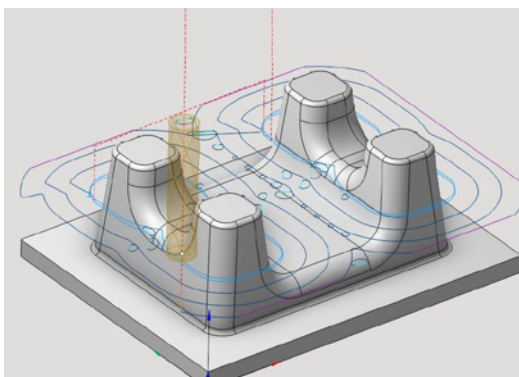
Эквидистантная



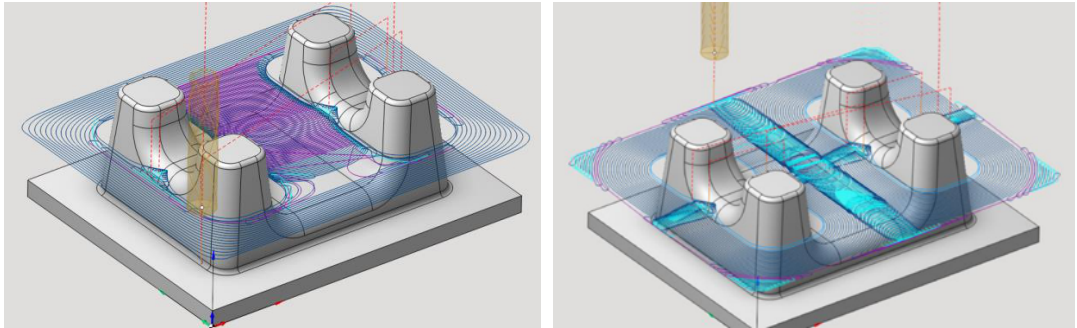
Параллельная



Параллельная (попутное фрезерование)



Высокопроизводительная



Адаптивная

Глубокое скоростное фрезерование

Рис. 2-2. Стратегии в операции Черновая послойная

Две следующие стратегии созданы для поддержки высокоскоростной обработки.

Адаптивная используется для удаления материала на высокой подаче с использованием максимально возможной для инструмента глубины фрезерования при небольшом шаге выборки (5%-30% от диаметра инструмента). **Глубокое скоростное фрезерование** похоже на эквидистантную обработку, но использует малый шаг между проходами и устраняет проходы полным диаметром инструмента путем введения спиральных трохоидальных проходов.

Все эти стратегии имеют еще много параметров, первым упомянут **Шаг** проходов. Он по умолчанию задается в процентах от диаметра инструмента, что удобно при смене инструмента в операции.

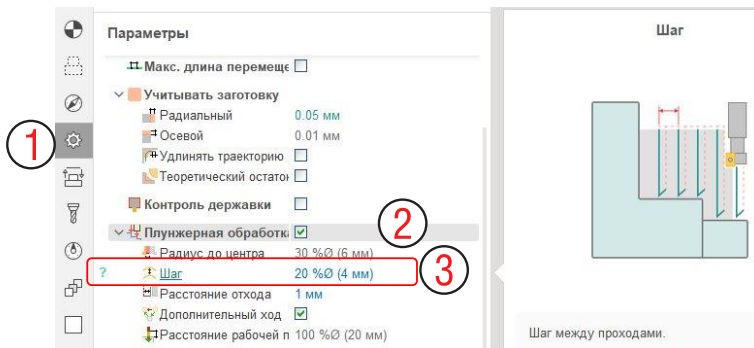


Рис. 2-3. Включение параметра Плунжерная обработка.

В СПРУТКАМ есть и **Плунжерная** траектория, она реализуется как дополнительный параметр в основных стратегиях. Для этого на вкладке **Параметры** (1 на рис. 2-3) надо активировать параметр **Плунжерная обработка** (2). На рис. 2-4 дан вариант такой траектории для эквидистантной стратегии. Погружные проходы рассчитываются на основе основной стратегии.

Назначение параметров в операции описывает всплывающая подсказка.

Чтобы ее увидеть, надо навести указатель мыши на знак вопроса перед параметром (3 на рис. 2-3). Для примера, на рис. 2-3 показана подсказка для шага погружений.

Теперь вернемся к уровням и к первой операции. По умолчанию в ней они определяются по всей высоте модели, в нашем случае от 0 до 88.9 мм (1). При рассмотрении Черновой послойной операции важно отметить возможность формирования дополнительных уровней для плоских участков модели.

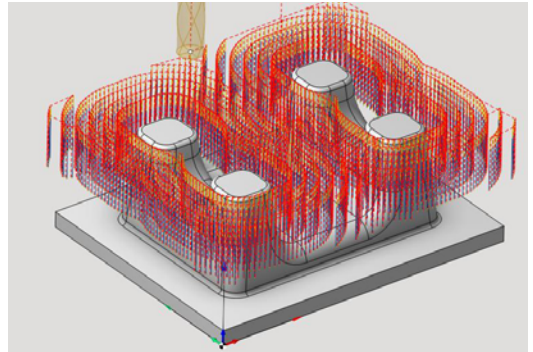


Рис. 2-4. Траектория плунжерной обработки.

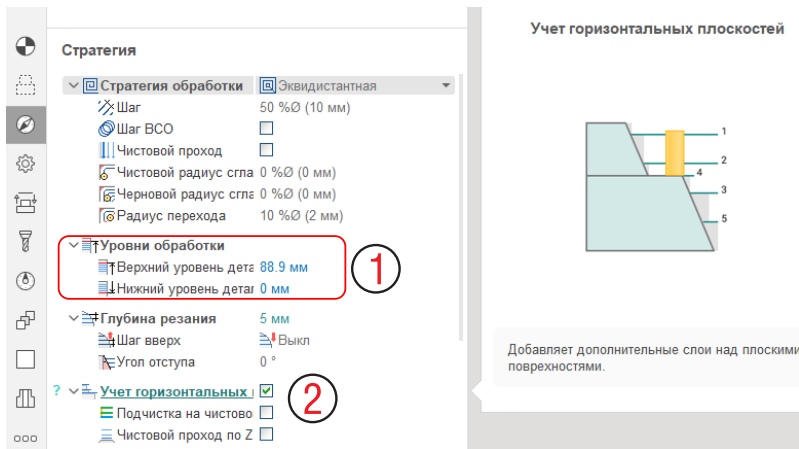


Рис. 2-5. Учет горизонтальных участков при назначении уровней обработки.

Выберите первую операцию и убедитесь, что параметр Учет горизонтальных (2 на рис. 2-5) включен. Активируйте подсказку, чтобы понять порядок перехода между уровнями. Плоский участок (на рисунке это номер 4) вы-

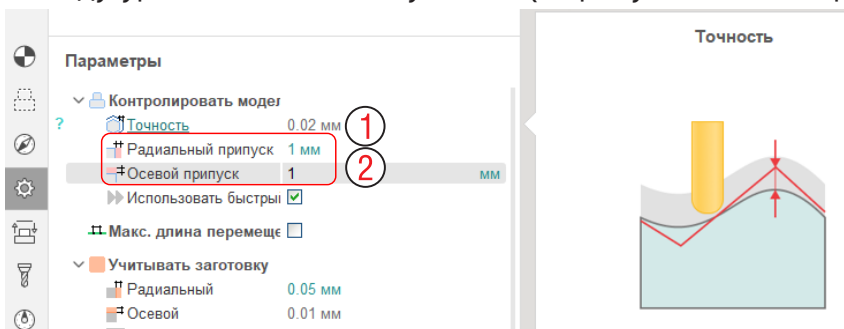


Рис. 2-6. Параметры Точность и Припуск.

полняется после обработки полного уровня, расположенного ниже.

Важными параметрами операции является Точность (1 на рис. 2-6) и Припуск (2). Т.к. мы рассматриваем черновую операцию, то надо задать припуск на последующую обработку. Не стоит задавать слишком большую точность, т.к. это увеличивает время расчета и размер управляющей программы. Оставим ее по умолчанию равной 0.02 мм.

Задайте и радиальный, и осевой припуск равным 1 мм и пересчитайте операцию.

Результат показан на рис. 2-7.

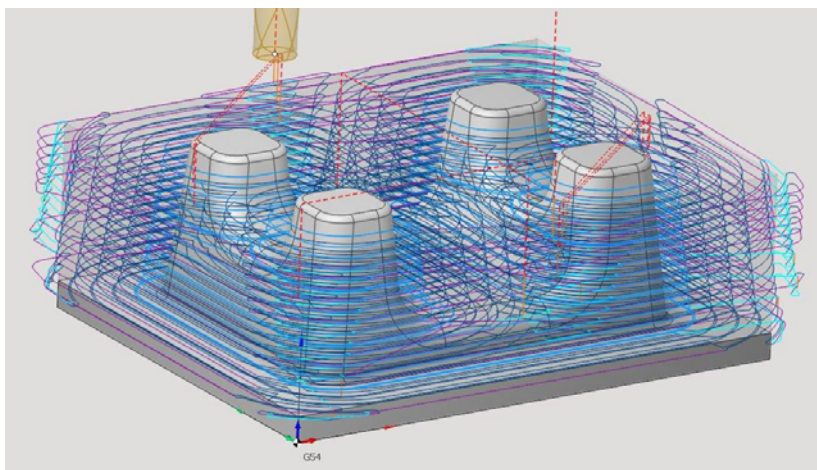


Рис. 2-7. Траектория Черновой послойной операции с эквидистантной стратегией.

Теперь рассмотрим вкладку **Переходы**.

Переходы

Движениями резания являются движения, когда инструмент контактирует с деталью, они рассчитываются согласно выбранной стратегии. Вкладка Переходы задает движения между проходами резания. К ним относятся врезание, подвод, отвод, переход и некоторые другие типы движений. Они должны обеспечивать безопасные или более эффективные перемещения между движениями резания. На самом деле резание на этих движениях тоже есть, данная классификация отражает контакт с теоретической моделью. Т.к. реальная заготовка может отличаться от теоретической, то и контакт возможен еще на врезании.

Подвод/отвод определяет движение от точки смены инструмента к первой точке траектории. В СПРУТКАМ это движение определяют правила (1 на рис. 2-8). В данном случае задано, что сначала надо перемещаться по координатам XY, а потом по Z при подводе, и наоборот – при отводе. Для 3-осевого фрезерования это правильно. При перемещениях между областями резания

используется высота безопасности (2). Сейчас задано 10 мм от детали.

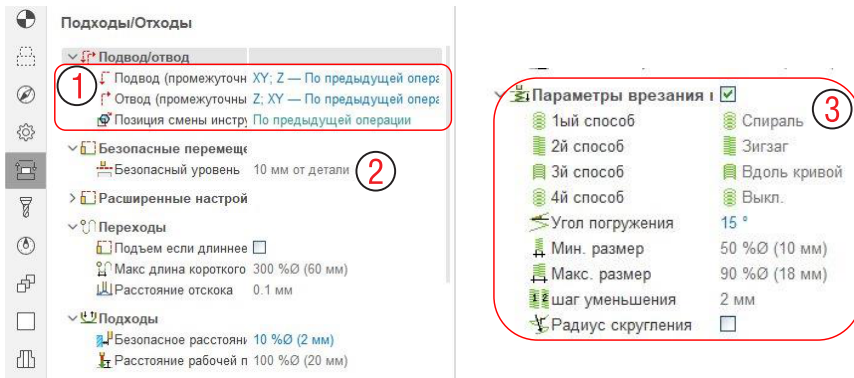


Рис. 2-8. Подходы, отходы, врезания в операции.

Некоторые типы инструментов накладывают ограничения на врезание (3). Например, для ряда концевых фрез недопустимо вертикальное врезание в материал и должно использоваться наклонное врезание или погружение в предварительно просверленное отверстие.

Рассмотрим наиболее употребляемые типы врезания, кроме линейного, применяемого для закрытых областей обработки (рис. 2-9).

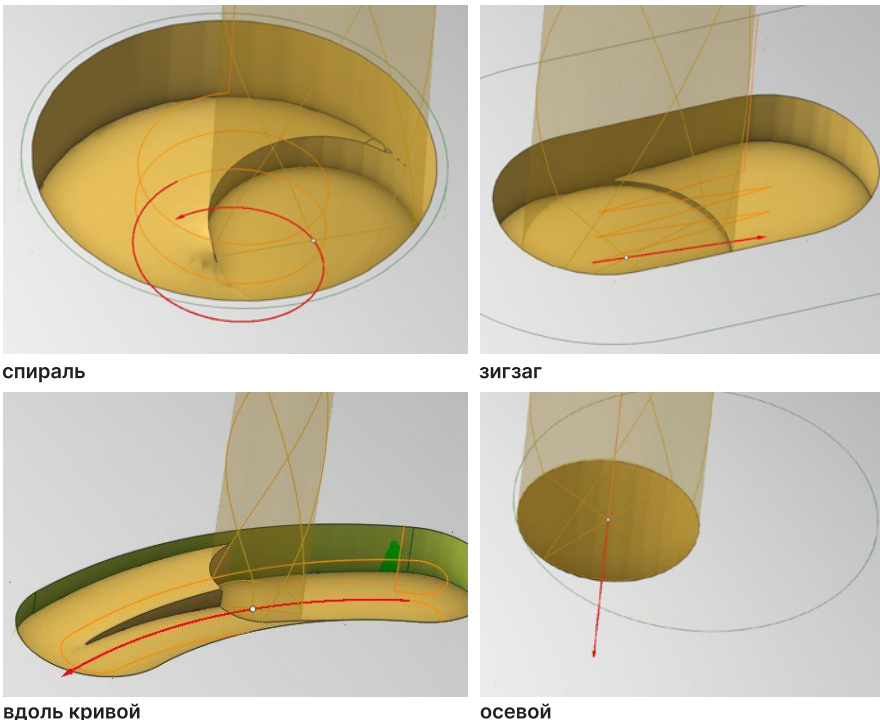


Рис. 2-9. Типы врезания

Осевой или погружение вертикально часто используется для шпоночных фрез, а также для других инструментов при опускании в предварительно просверленное отверстие. Как альтернатива, возможно наклонное врезание (по спирали, зигзаг или вдоль кривой).

Разберем еще **Переходы** и **Ускоренные движения**. Переход – это движение, соединяющее отвод предыдущего рабочего хода и врезание текущего рабочего хода. Не всегда такое движение можно выполнять по прямой, так как такое движение может вызывать столкновение инструмента с обрабатываемой деталью или элементами оснастки.

Использование **Высоты безопасности** для задания переходов безопасно, но ведет к увеличению времени обработки за счет необязательных подъемов и опусканий. Поэтому гибкое задание переходов чрезвычайно важно для оптимизации траекторий.

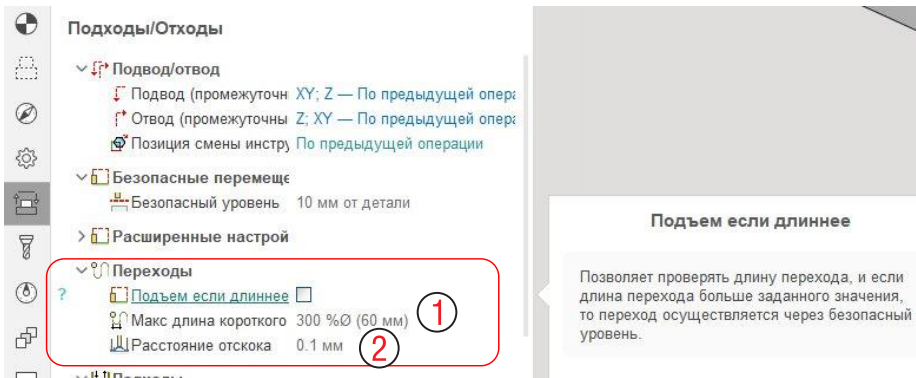


Рис. 2-10. Переходы в операции.

Параметры переходов показаны на рис. 2-10. Переходы делятся на короткие и длинные; настройки на рис. 2-10 таковы, что параметр **Макс длина короткого (1)** задан как 300% от диаметра инструмента. Переходы, длиннее этого порога, идут через высоту безопасности, короче – на расстоянии от-

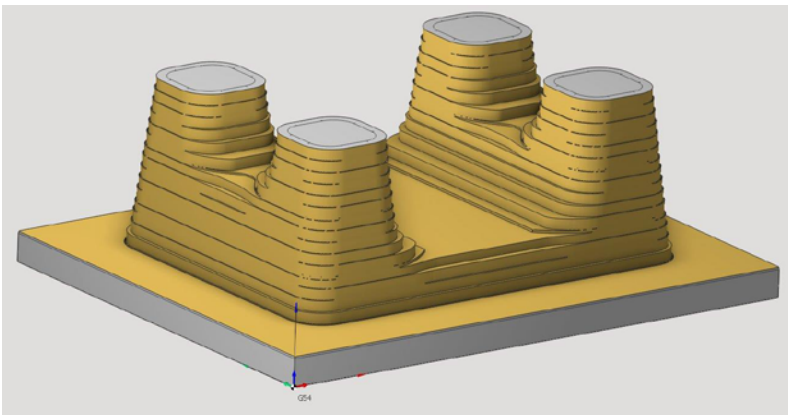


Рис. 2-11. Результат моделирования обработки.

скока (2) над обработанной областью.

Поэкспериментируйте с различными типами вспомогательных перемещений на нашей операции.

Выполните моделирование обработки. Результат показан на рис. 2-11.

Для принятия решения о дальнейшей обработке выполним сравнение результата обработки с моделью.

Нажмите на кнопку **Сравнение результата обработки** (1 на рис. 2-12).

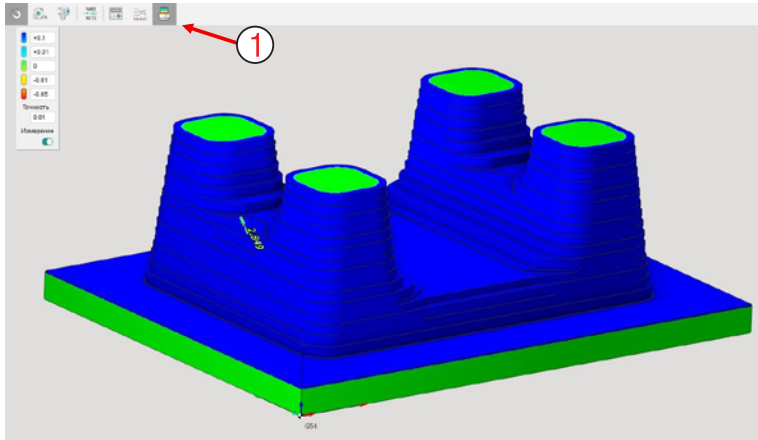


Рис. 2-12. Сравнение результата обработки с моделью детали.

Разную толщину остаточного материала система окрашивает разным цветом. Кроме этого, можно мышью указать любую точку модели, и система покажет толщину остаточного материала как размер.

Выполните измерение примерно там, где на рис. 2-12 показан размер.

Как можно убедиться, толщина материала около 3 мм и нам необходима черновая доработка меньшим инструментом.

Черновая доработка

Создайте новую операцию Черновая послойная. В ней задайте торoidalную фрезу диаметром 10 мм и радиусом кромки 1 мм. Припуск на чистовую задайте 1 мм. Шаг между уровнями задайте в 2 раза меньше, чем в первой операции.

С такими настройками операция будет резать только остаточные гребешки.

Рассчитайте операцию. Выполните **Сравнение результата обработки**, чтобы убедиться, что толщина остаточного материала стала меньше.

Режимы обработки

Для задания режимов обработки служит вкладка (1 на рис. 2-13).

В операциях фрезерования должны быть заданы частота вращения шпинделя (2) и подача (3). Для разных движений в траектории возможно неза-

висимо задавать подачи. По умолчанию, она задана как 100% от рабочей подачи (4).

Некоторые параметры диалогового окна связаны между собой формулами. Например, можно задать скорость резания, при этом частота вращения будет рассчитана автоматически. То же касается подачи на зуб и минутной подачи. Для доступа к этому функционалу служит Калькулятор скоростей и подач (5).

Для других операций настройки параметров могут отличаться. Их мы разберем при рассмотрении этих операций.

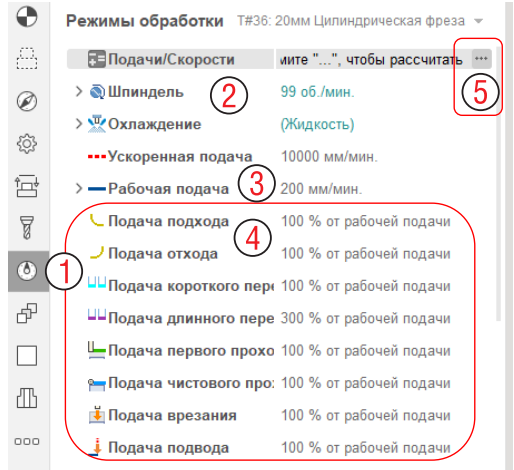


Рис. 2-13. Задание режимов обработки.

Операция – Обработка торцевов

В системе СПРУТКАМ есть специальная операция – Обработка торцевов, которая обрабатывает плоский уровень по верху детали (даже если верх детали не плоский). Операция относится к черновым, т.к. уровень обработки растягивается до размеров заготовки.

Создайте новую операцию Обработка торцевов, но перед расчетом переместите ее на первое место. Здесь ничего указывать не надо.

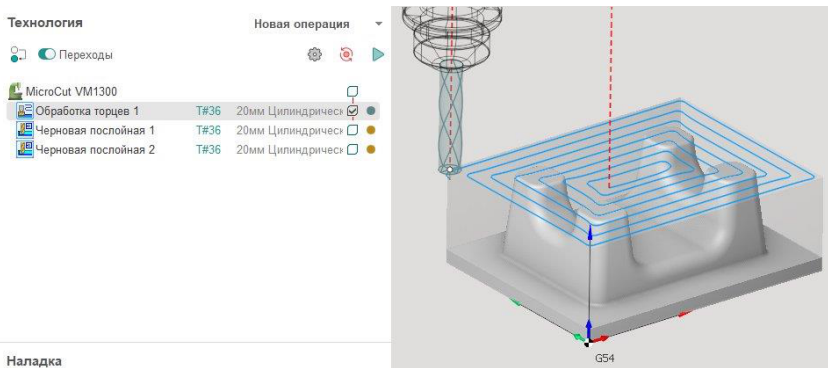


Рис. 2-14. Траектория операции Обработка торцевов.

Рассчитайте операцию (рис. 2-14).

Стратегия резания здесь по умолчанию Спираль (1 на рис. 2-15), включено сглаживание углов (2). А также тип фрезерования установлен в значение Попутное (3).

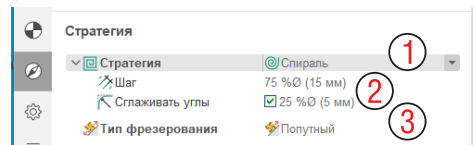


Рис. 2-15. Параметры стратегии операции Обработка торцевов.

Большинство параметров здесь аналогичны предыдущей операции. Т.к. мы изменили первую операцию проекта, все последующие операции требуют пересчета.

Ограничения области обработки

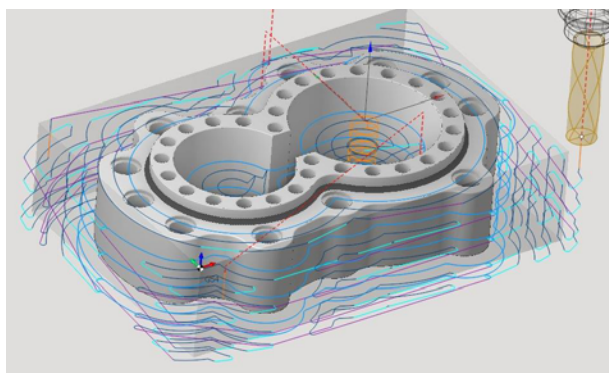


Рис. 2-16. Траектория черновой обработки.

Часто обработку надо выполнить не для всей детали, а для некоторой области обработки. Или наоборот, надо исключить проходы в определенной области.

Откройте проект `Restrict_zone`.

В этом проекте создана одна операция Черновая послойная (рис. 2-16). Создадим обработку только для внутренней области.

Дублируйте операцию. Сбросьте расчет для первой операции.

В копии операции перейдите на вкладку **Рабочее задание**. Выберите внутренние поверхности, как показано на рис. 2-16; и нажмите на иконку **Рабочая зона** (1), выбранные грани отобразятся списком (2).

Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 2-17.

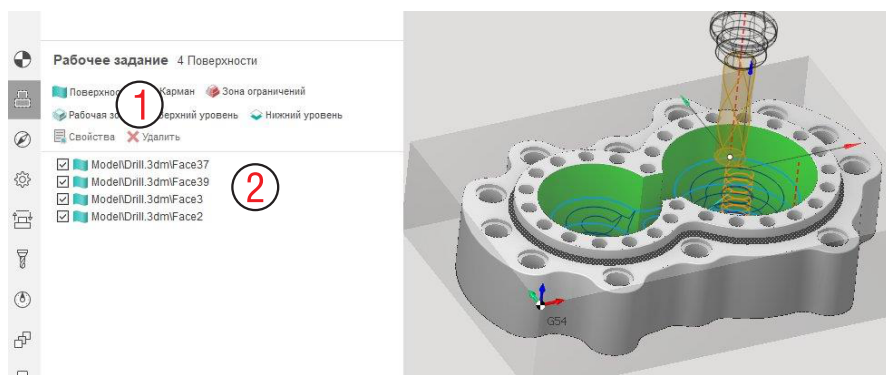


Рис. 2-17. Траектория черновой обработки для заданной рабочей зоны.

Снова дублируйте операцию. Сбросьте расчет для предыдущей операции. В копии операции перейдите на вкладку Рабочее задание. Удалите прежнее рабочее задание. Выберите внутренние поверхности, как показано на рис. 2-18; и нажмите на иконку Зона ограничений (1), выбранные грани отобразятся как группа ограничений (2).

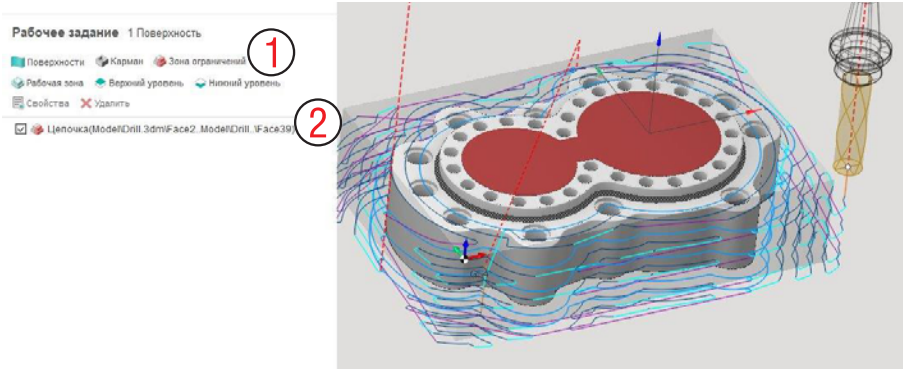


Рис. 2-18. Траектория черновой обработки с использованием зоны ограничений.

Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 2-18.

Рабочие зоны могут быть замкнутыми (как рассмотрено выше) и открытыми. Для их задания можно использовать кривые, цепочки ребер детали и цепочки вертикальных поверхностей. В отличие от зоны обработки зона ограничений – всегда замкнутая. Если выбраны незамкнутые элементы, то система пытается их закрыть или растянуть до края заготовки.

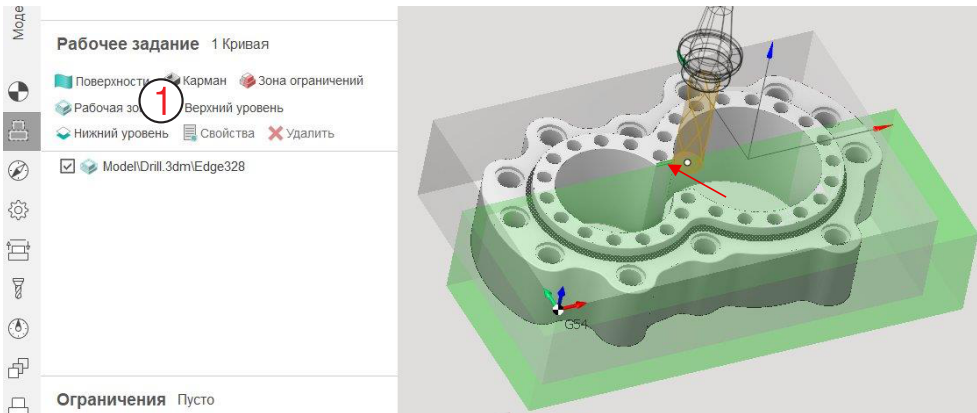


Рис. 2-19. Использование открытой рабочей зоны.

Рассмотрим задание рабочей зоны одним ребром.

Снова дублируйте операцию. Сбросьте расчет для предыдущей операции. В копии операции перейдите на вкладку Рабочее задание. Удалите прежнее рабочее задание. Укажите ребро, показанное стрелкой на рис. 2-19, и

нажмите иконку Рабочая зона (1).
Рабочая зона отобразится на модели.

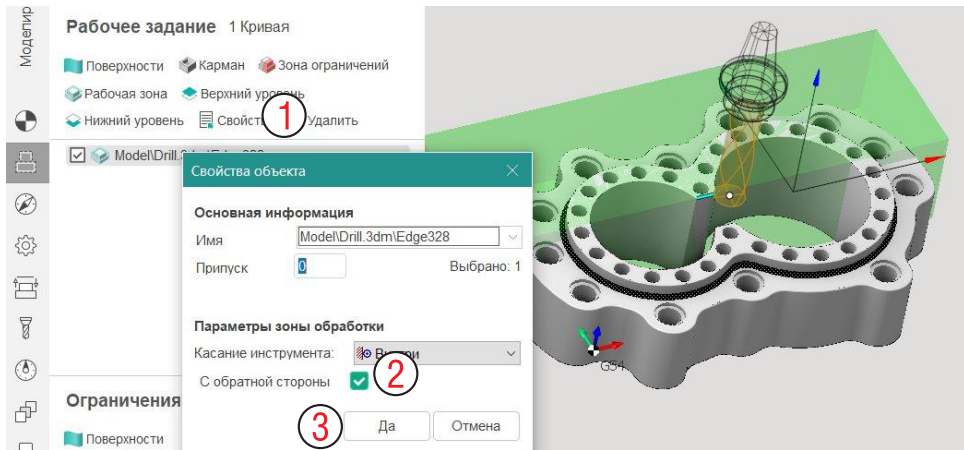


Рис. 2-20. Инвертирование рабочей зоны из меню Свойства объекта.

Если требуется другая сторона, то в списке рабочих зон надо ее выбрать и нажать Свойства (1 на рис. 2-20). В появившемся диалоговом окне включить параметр С обратной стороны (2). После нажатия Да (3), новая рабочая зона отобразится на модели.

Рассчитайте операцию.

Глава 3. Чистовые 3D операции

Мы рассмотрим только некоторые операции. Различать будем обработку плоских и неплоских граней, а также наклонных и пологих граней.

Обработка горизонтальных участков

Создадим новый проект и в нем будем использовать другой станок.

Импортируйте модель `plita.stp`.

Станок СПРУТКАМ предлагает такой же, как в предыдущем проекте. Изменим его.

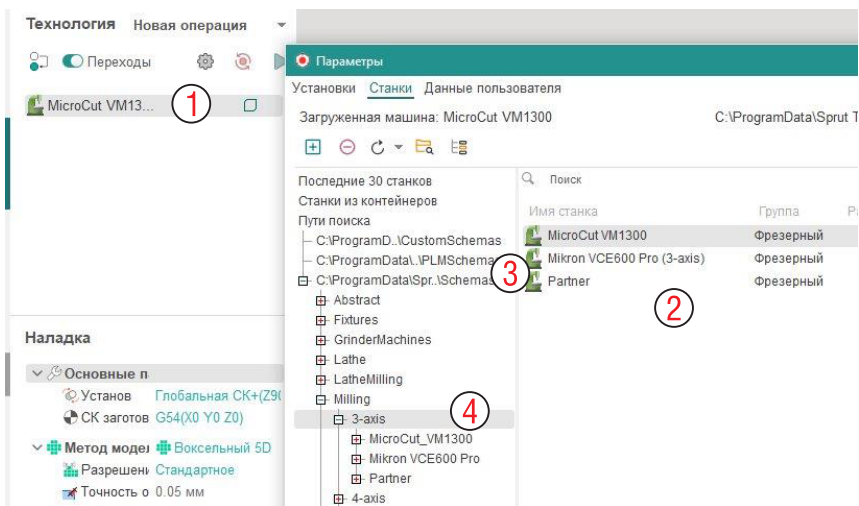


Рис. 3-1. Диалоговое окно выбора станка.

В режиме **Технология** дважды щелкните по имени станка (1 на рис. 3-1) и в появившемся диалоговом окне выберите станок Partner. СПРУТКАМ помнит последние 30 станков и покажет их в списке (2). Если этот станок в списке отсутствует, то надо в группе Пути поиска (3) раскрыть список станков из стандартной поставки, далее Milling (фрезерные) – 3-axis (3-осевые) (4). Нажмите Да для подтверждения выбора.

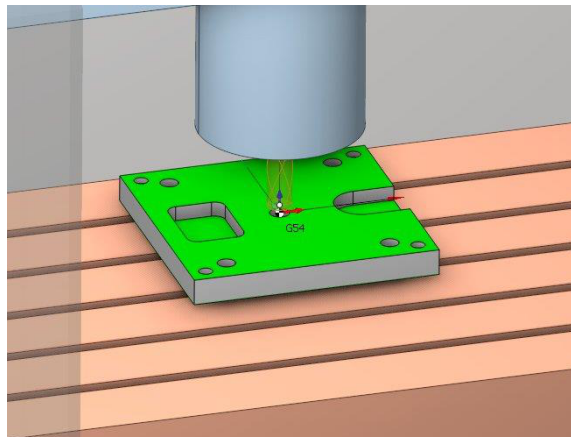


Рис. 3-2. Автоматический выбор плоских участков модели.

Переместите деталь по оси Z так, чтобы она оказалась на некотором расстоянии над столом станка.

Создайте новую операцию **Обработка горизонтальных участков**.

СПРУТКАМ предлагает для обработки 3 плоские грани (рис. 3-2); но в пазу и кармане еще не выполнена черновая обработка, потому нам надо обработать только верхнюю грань. Также система сама предложила инструмент диаметром 30 мм. Оставим пока его.

Также надо задать заготовку, т.к. по умолчанию СПРУТКАМ использует брусок по габаритам модели и сверху нет припуска.

На вкладке Заготовка (1 на рис. 3-3) задайте тип Прimitives (2), в новом диалоговом окне задайте Брусок (3) и припуск по +Z равным 1 (4). Нажмите Добавить (5).

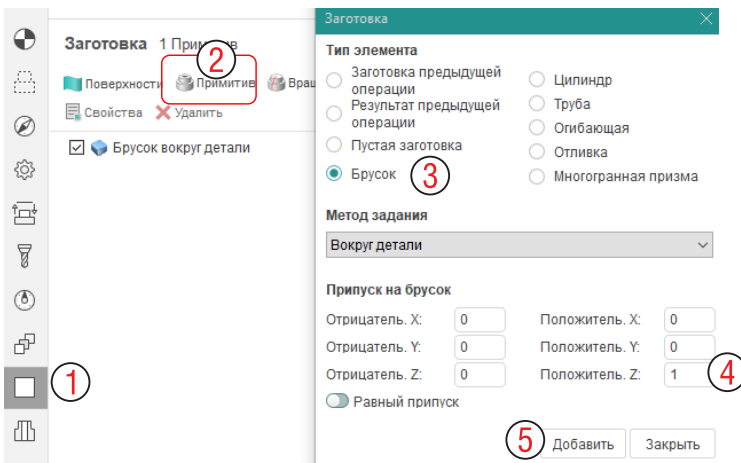


Рис. 3-3. Диалоговое окно задания заготовки.

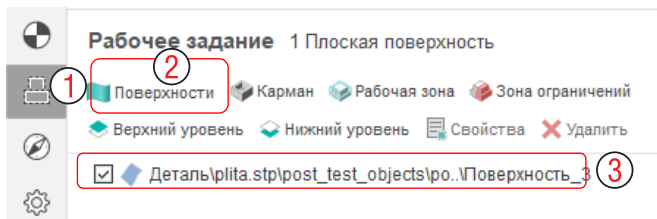


Рис. 3-4. Задание поверхности на вкладке Рабочее задание.

Если мы хотим задать для обработки не всю модель, а отдельные грани, то надо использовать вкладку **Рабочее задание**.

На вкладке Рабочее задание (1 на рис. 3-4) удалите объект Деталь текущей операции (он был создан системой автоматически), выберите верхнюю грань и нажмите кнопку Поверхности (2).

В рабочем задании появится ссылка на поверхность 3 нашей модели (3). Нажмите Пуск для создания траектории.

Траектория создана и показана на рис. 3-5. При этом использовались параметры по умолчанию.

Выполните моделирование обработки.

Разберем наиболее востребованные параметры этой операции.

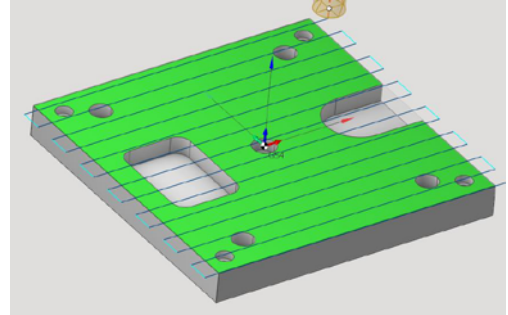


Рис. 3-5. Траектория обработки плоской грани.

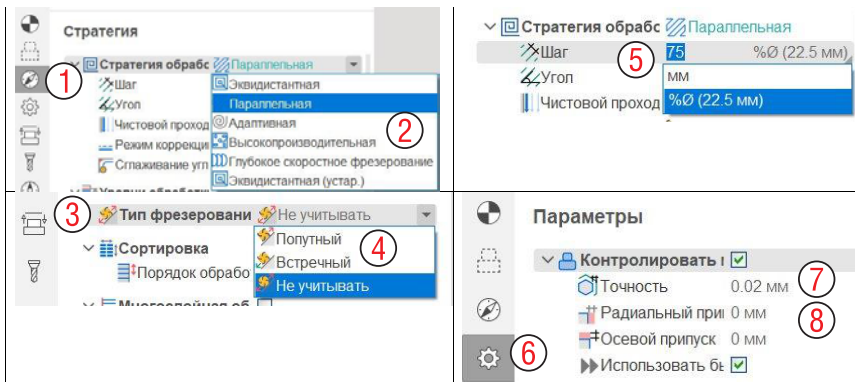


Рис. 3-6. Параметры операции Обработка горизонтальных участков.

На вкладке **Стратегия** (1 на рис. 3-6) видно, что используется стратегия обработки **Параллельная**. Другие возможные стратегии (2) показаны на рис. 3-6. Большинство из них нам уже знакомы по операции Черновая послойная. Как можно видеть, обработка осуществляется строчками проходами в разные стороны. Это потому, что **параметр Тип фрезерования** (3) установлен в значение **Не учитывать**. Обычно это подходит для мягких материалов. Но чаще используется **Попутное** или **Встречное** фрезерование (4). **Шаг** между проходами (5) может задаваться в процентах от диаметра инструмента или явно в миллиметрах.

На вкладке **Параметры** (6) тоже есть настройки. Здесь упомянем **Точность** (7), **Радиальный** и **Осевой припуск** (8). В нашем случае Припуск равен 0, т.к. это чистовая операция.

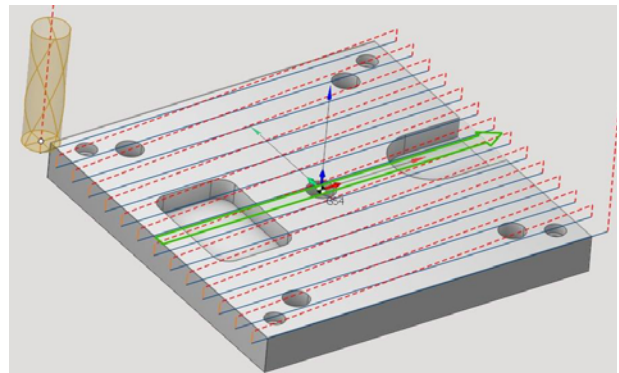


Рис. 3-7. Параллельная стратегия с соблюдением направления резания.

Задайте тип фрезерования Попутное и рассчитайте операцию. В этом случае резание осуществляется в одну сторону (рис. 3-7).

Переходы между рабочими ходами осуществляются на высоте безопасности. Ее значение можно увидеть на вкладке Подходы/Отходы (1 на рис. 3-8), параметр Безопасный уровень (2). В нашем случае задано 10 мм от детали.

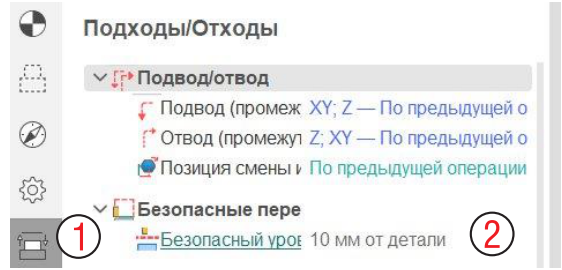


Рис. 3-8. Рабочее задание для обработки паза и кармана.

Далее создадим уже знакомую нам операцию Черновая послойная.

Создайте операцию Черновая послойная; в рабочем задании укажите только 2 грани, как на рис. 3-9. Также задайте припуск 1 мм на последующую чистовую обработку паза и кармана. Рассчитайте операцию.

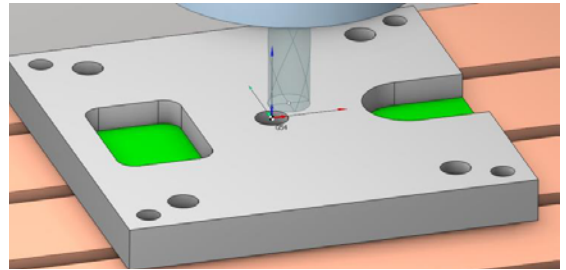


Рис. 3-9. Задание уровня безопасности для переходов.

Результат показан на рис. 3-10. Обратите внимание, что для паза (открытая область) система применила подход сбоку (1), а для кармана (закрытая область) – спиральное погружение (2).

Выполните моделирование обработки.

Создайте новую операцию **Обработка горизонтальных участков** для чистовой обработки паза и кармана.

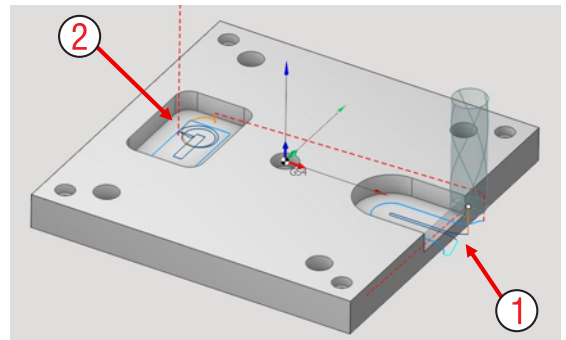


Рис. 3-10. Траектория обработки паза и кармана.

Система снова предложит 3 поверхности; но т.к. на верхней грани припуска не осталось, то можно согласиться – обработаны будут только грани, где есть припуск.

Чистовые операции созданы, но инструмент оказался слишком большой для обработки кармана. Создадим новый инструмент только для последней операции. Но перед этим необходимо измерить радиус скругления стенок в кармане. Сделайте это самостоятельно. Желательно использовать инструмент чуть меньшего размера.

Создайте цилиндрический инструмент диаметром 20 мм. Для этого на-

жмите на кнопку (1 на рис. 3-11), новое диалоговое окно показывает библиотеку инструментов, отдельно выделяются инструменты проекта. Как можно видеть, пока у нас 1 инструмент (2).

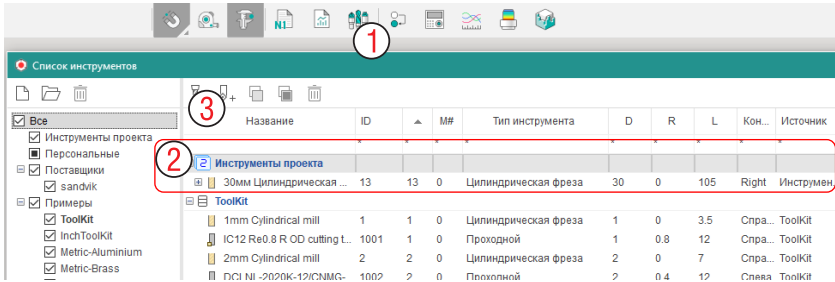


Рис. 3-11. Диалоговое окно Список инструментов.

Нажмите на иконку нового инструмента (3) и задайте диаметр 20 мм. Инструмент в проекте появился, но к операции не применен.

Для применения в операции надо в режиме **Технология** на вкладке **Инструмент** (рис. 3-12) нажать на имя и выбрать из списка (1). В нижней части окна нажать **Выбрать инструмент для операции**. Можно было и редактировать существующий инструмент, система предложит 2 варианта: либо изменить инструмент во всех операциях, где он используется, либо создать новый. Нам надо создать новый.

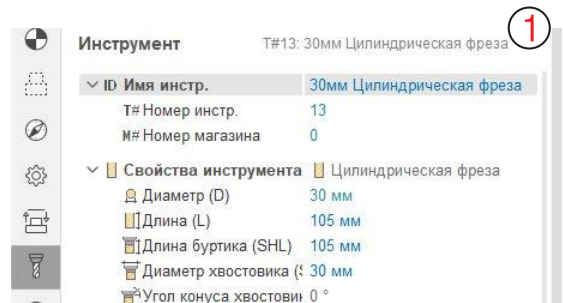


Рис. 3-12. Смена инструмента в операции через вкладку Инструмент.

Выберите только для последней операции новый инструмент, рассчитайте траекторию и выполните моделирование обработки для всех трех операций.

Сохраните проект, по умолчанию его имя совпадает с именем модели. Этот проект будем использовать снова при изучении операций обработки отверстий.

В нашем примере верхний торец детали был плоский и мы использовали операцию **Обработка плоских граней**. Однако можно было применить операцию **Обработка торцев**. В данном случае результат должен быть одинаков, но возможны другие умолчания для этой операции.

Сбросьте расчет первой операции и вместо нее создайте новую операцию **Обработка торцев**.

Результат показан на рис. 3-13.

Стратегия резания здесь по умолчанию Спираль (1 на рис. 3-14), включено сглаживание углов (2). А также тип фрезерования установлен в значение Попутное (3).

Большинство параметров здесь аналогичны предыдущей операции.

Т.к. мы изменили первую операцию проекта, все последующие операции требуют пересчета.

Выполните пересчет операций и моделирование обработки. Старую операцию обработки верхней грани можно не удалять (но оставить не рассчитанной). Это удобный механизм для альтернативных операций в проекте (возможно позже эта операция снова будет в приоритете).

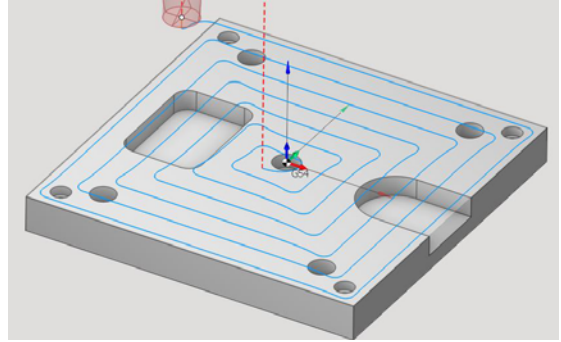


Рис. 3-13. Траектория операции Обработка торцев.

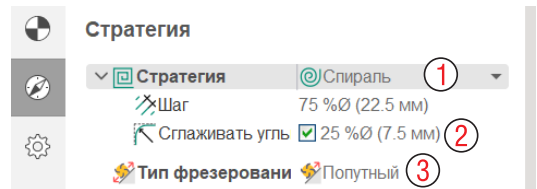


Рис. 3-14. Параметры стратегии в операции Обработка торцев.

Операции – Чистовая построочная и 3D смещение

Здесь разберем обработку неплоских граней.

Для неплоских граней самым важным параметром является шаг между проходами, т.к. он влияет на остаточные гребешки, а значит и на качество поверхности.

Откройте проект surf_mill.

В этом проекте уже созданы 2 операции для предварительной обработки. Создайте новую операцию Чистовая построочная.

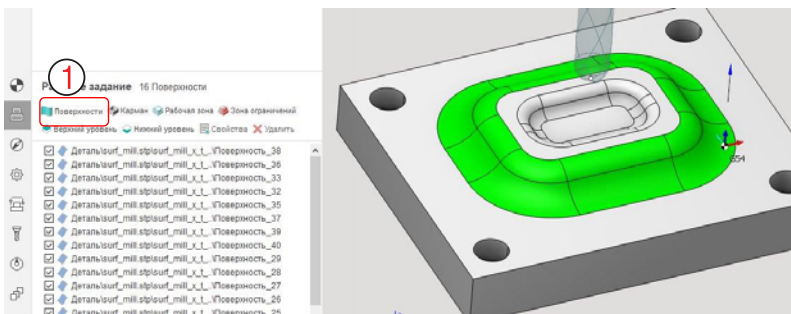


Рис. 3-15. Рабочее задание для обработки неплоских граней.

Выберите грани, как показано на рис. 3-15, и в рабочем задании нажмите на иконку поверхности (1). Рассчитайте траекторию.

Выполните моделирование обработки. Должно быть как на рис. 3-16.

Снова посмотрим на параметры по умолчанию. На вкладке Стратегия (1 на рис. 3-17) можно увидеть параметр Шаг (2) и Угол (направление проходов (3)). Также возможно задание шага по высоте гребешка (параметр Гребешок (4)). Еще один важный параметр – Сортировка – Проходы только снизу вверх (5). На рис. 3-17 показан рисунок – подсказка из системы. Его включают для инструментов, которые не могут работать на погружение.

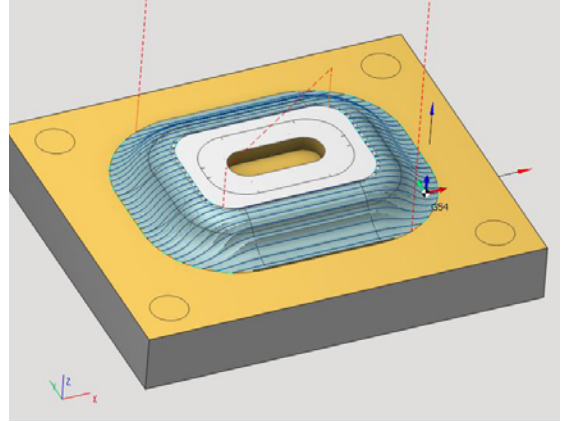


Рис. 3-16. Моделирование операции обработки неплоских граней.

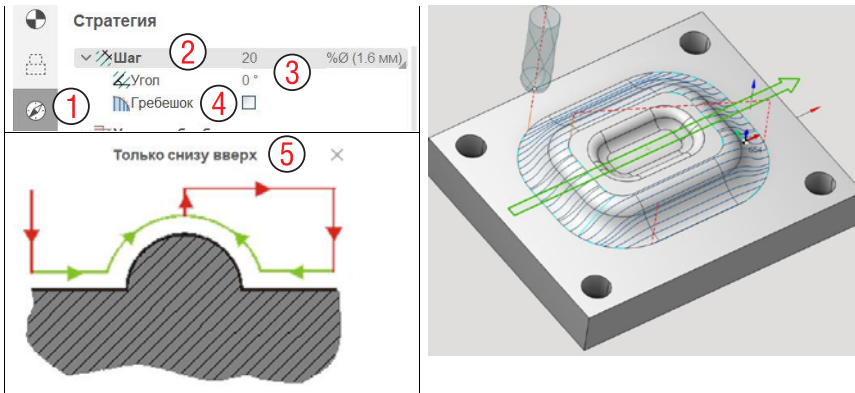


Рис. 3-17. Параметры стратегии операции Чистовая построчная.

Попробуйте изменить описанные здесь параметры операции. Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

Для примера на рис. 3-18 показана траектория с включенным параметром Гребешок. При этом используется переменный шаг для обеспечения заданного качества поверхности.

Другие параметры рассмотрим позже.

Для данной области обработки есть более подходящая операция – **3D смещение**.

Нажмите Сброс для операции Черновая построчная для отмены расчета траектории.

Создайте новую операцию **3D смещение**. В рабочем задании заново ука-

жете обрабатываемые грани (те же, что в предыдущей операции). Рассчитайте траекторию.

Результат показан на рис. 3-19. Обработка здесь может выполняться эквидистантными проходами относительно границ выбранной области. Но в данном случае включен параметр **Спираль** (1 на рис. 3-20), что минимизирует подъемы инструмента. Также часто полезен параметр **Направление обработки** (2), в данном случае он установлен в значение **Снаружи внутрь**. Параметр **Начинать с Дна** (3) в данном случае дает тот же результат, что и направление обработки, но в общем случае это разные параметры.

Выполните моделирование обработки.

Самостоятельно обработайте карман. Для него используйте инструмент меньшего размера. Для плоской грани создайте отдельную операцию.

Далее рассмотрим другие чистовые операции.

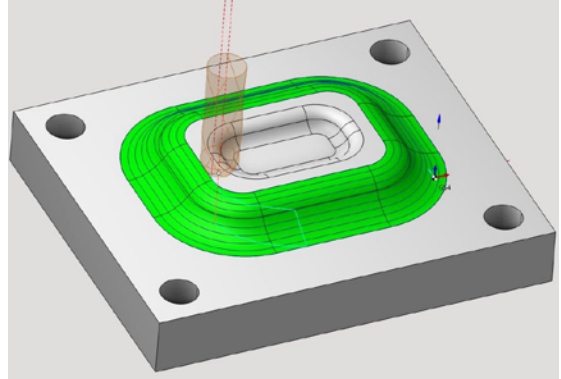


Рис. 3-18. Траектория, где шаг проходов задан высотой гребешка.

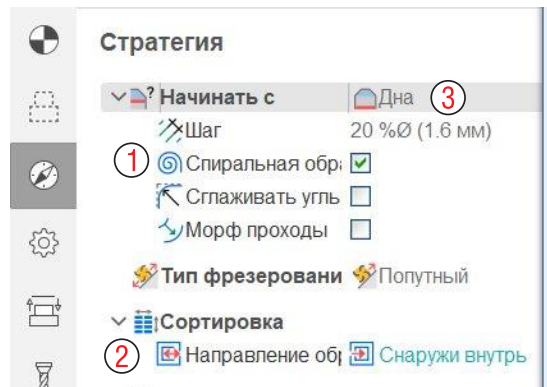


Рис. 3-19. Траектория операции 3D смещение.

Обработка наклонных и ненаклонных участков

В предыдущем примере неплоские участки были достаточно пологие (или ненаклонные). Если модель имеет наклонные участки, то к ним обычно применяется **Чистовая послойная** операция.

Откройте проект core_new2.

Модель представляет собой пуансон. В проекте уже созданы 2 операции (черновая и обработка плоского участка). Рассмотрим чистовые операции, которые

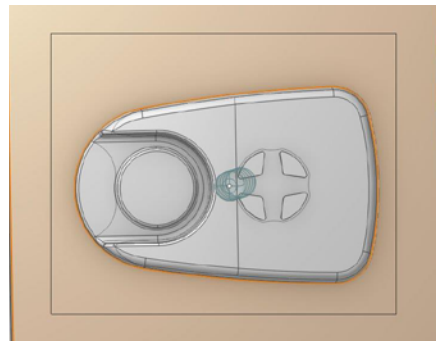


Рис. 3-20. Параметры стратегии операции 3D смещение.

можно использовать для этого примера.

Создайте новую операцию **Чистовая послойная**.

Теперь надо задать **Рабочее задание**. Если невыбранных граней должно быть меньше, чем выбранных, то лучше начать с выбора рамкой (рис. 3-21).

На вкладке **Рабочее задание** нажмите параметр **Поверхности** (1 на рис. 3-22). Все выбранные грани будут указаны в списке (2). Выберите снова ненужные грани и нажмите **Удалить** (3). Они будут удалены из списка. Должно быть как на рис. 3-22. Задайте тороидальную фрезу диаметром 12 мм с радиусом кромки 3 мм.

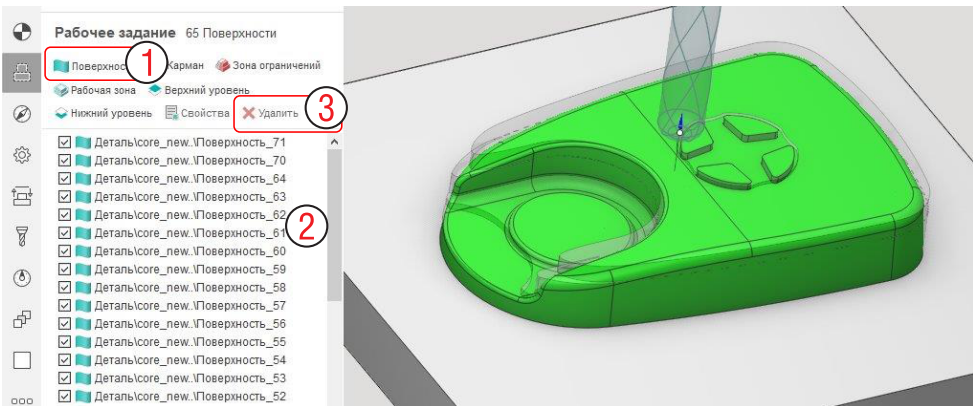


Рис. 3-21. Выбор поверхностей рамкой.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

Должно быть как на рис. 3-23. Как можно видеть, наклонные грани обработаны с приемлемым качеством (в книге мы используем увеличенный шаг для наглядности). В принципе к пологим участкам модели можно применить Чистовую построчную

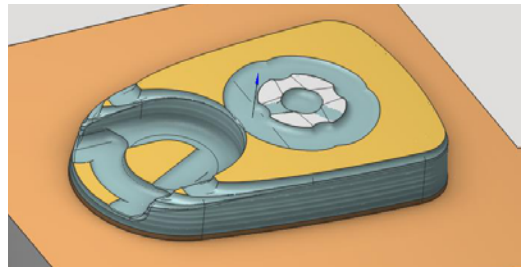


Рис. 3-22. Список поверхностей рабочего задания.

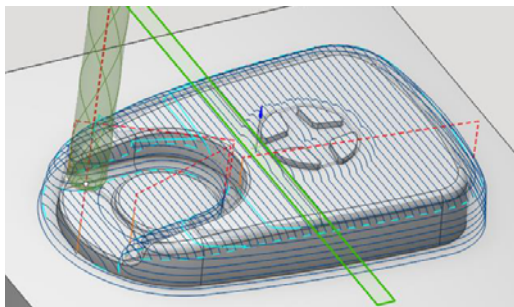


Рис. 3-23. Результат моделирования обработки.

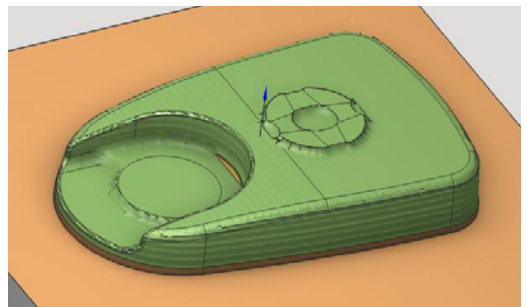


Рис. 3-24. Траектория чистовой комплексной операции.

операцию, которую мы уже знаем. Но в СПРУТКАМ есть операция, которая комбинирует обработку таких участков. Это **Чистовая комплексная**.

Сбросьте расчет Чистовой послойной операции и создайте новую операцию – Чистовая комплексная.

В Рабочем задании снова выберите поверхности как на рис. 3-22. Рассчитайте операцию.

Должно быть как на рис. 3-24. На рисунке видно, что для наклонных участков используется послойная обработка, а для пологих – построчная. Результат моделирования обработки показан на рис. 3-25.

Основной параметр, который определяет разбиение, показан на рис. 3-26 с графической подсказкой. Это угол разбиения (1) и здесь он равен 45 градусам. Чтобы увидеть подсказку, надо нажать на знак вопроса перед именем параметра (2).

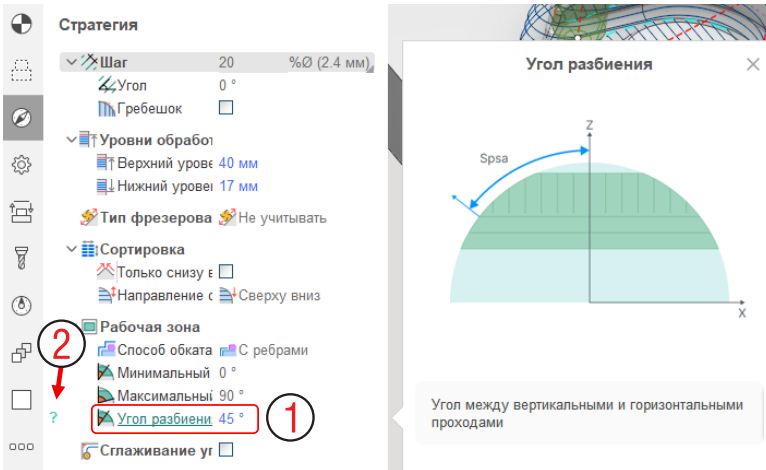


Рис. 3-25. Результат моделирования чистовой комплексной операции.

Еще на этом примере покажем Карандашную доработку углов.

Карандашная операция

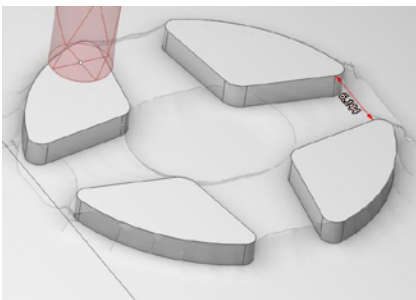


Рис. 3-26. Параметр Угол разбиения с контекстной подсказкой.

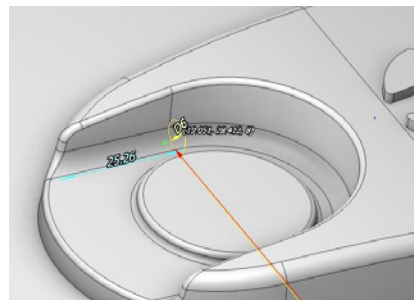


Рис. 3-27. Измерения для принятия технологических решений.

Перед тем как создавать карандашную операцию, выполним измерения, которые помогут с выбором инструмента.

Выполните измерения, показанные на рис. 3-27.

Для доработки нам понадобится концевая фреза диаметром 5 мм (с запасом) и сферическая фреза диаметром 6 мм.

Карандашная операция ищет вогнутые углы, которые определяются как след точек двойного контакта (т.е. инструмент в таких точках контактирует и с нижней поверхностью, и со стенкой).

Создайте новую операцию Карандашная. Рабочее задание укажите как на рис. 3-28 как обрабатываемые поверхности. Инструмент – концевая фреза диаметром 5 мм. Рассчитайте операцию, результат показан на рис. 3-29.

Создайте новую операцию **Карандашная**. Рабочее задание укажите как на рис. 3-30 как обрабатываемые поверхности. Инструмент – сферическая фреза диаметром 6 мм. Рассчитайте операцию, результат показан на рис. 3-31.

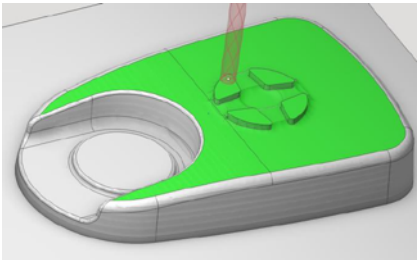


Рис. 3-28. Рабочее задание операции Карандашная.

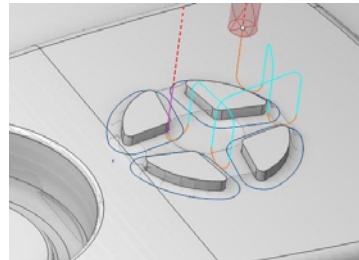


Рис. 3-29. Траектория операции Карандашная.

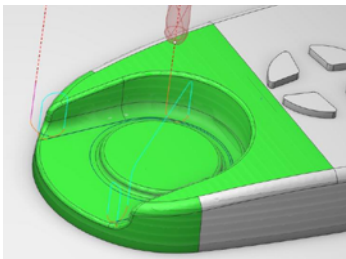


Рис. 3-30. Рабочее задание второй операции Карандашная.

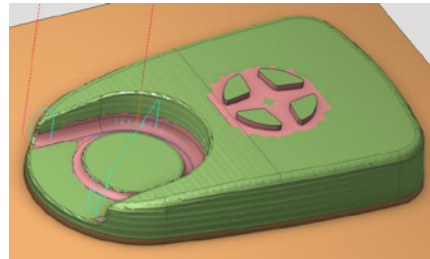


Рис. 3-31. Результат моделирования второй операции Карандашная.

Основной параметр, определяющий точки двойного контакта, показан на рис. 3-32. Это Угол двойного контакта (1). Также упомянем Стратегию, в данном случае Один проход (2), возможна и многопроходная обработка. Таким образом, траектория строится на участках, где угол двойного контакта меньше заданного.

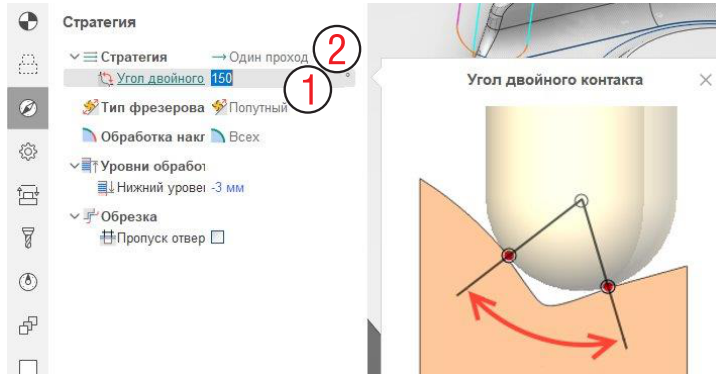


Рис. 3-32. Параметр Угол двойного контакта с контекстной подсказкой.

В главе 7 мы вернемся к рассмотрению чистовых операций, а пока переходим к новой главе.

Глава 4. Обработка отверстий

В этой главе рассмотрим как осевые операции, такие как сверление, растачивание, развертывание, нарезание резьбы метчиком и др., так и операции фрезерования отверстий и резьбофрезерования.

В осевых операциях инструмент позиционируется по оси отверстия, углубляется в деталь и выводится из отверстия. В программе обработки для таких операций обычно используются станочные циклы. Операции отличаются друг от друга типом цикла и набором параметров в нем.

Осевые операции

Рассмотрение операции Обработка отверстий начнем со сверления. Откройте проект plita.

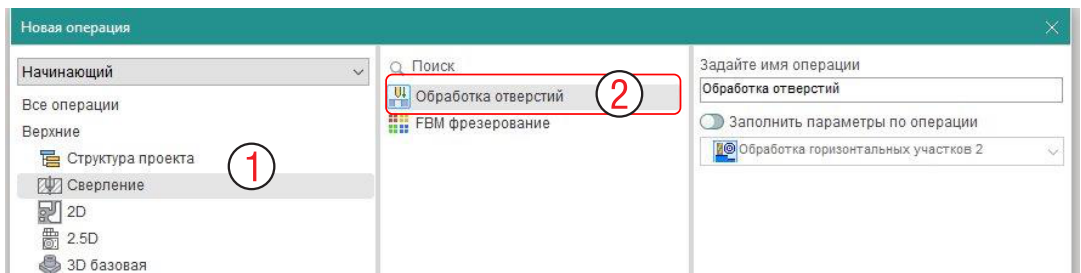


Рис. 4-1. Операция Обработка отверстий в окне Новая операция.

Создайте новую операцию Обработка отверстий (рис. 4-1).

В графическом окне дважды щелкните по грани одного из больших отверстий. Будут выбраны все одинаковые отверстия. В рабочем задании нажмите на иконку Центр (1), в списке появятся 4 отверстия (рис. 4-2).



Рис. 4-2. Рабочее задание операции.

Проверьте диаметр созданного автоматически инструмента. Если он отличается от диаметра отверстий – измените его. Нажмите Пуск для соз-

дания операции. Должно получиться как на рис 4-3.

Выполните моделирование обработки.

Выполним постпроцессирование операции, чтобы проиллюстрировать вывод циклов.

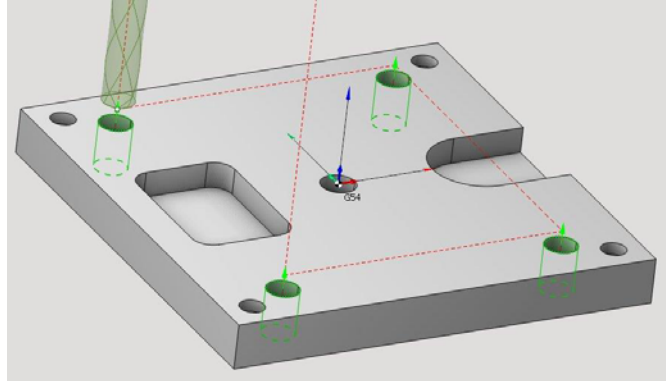


Рис. 4-3. Траектория сверления 4-х отверстий.

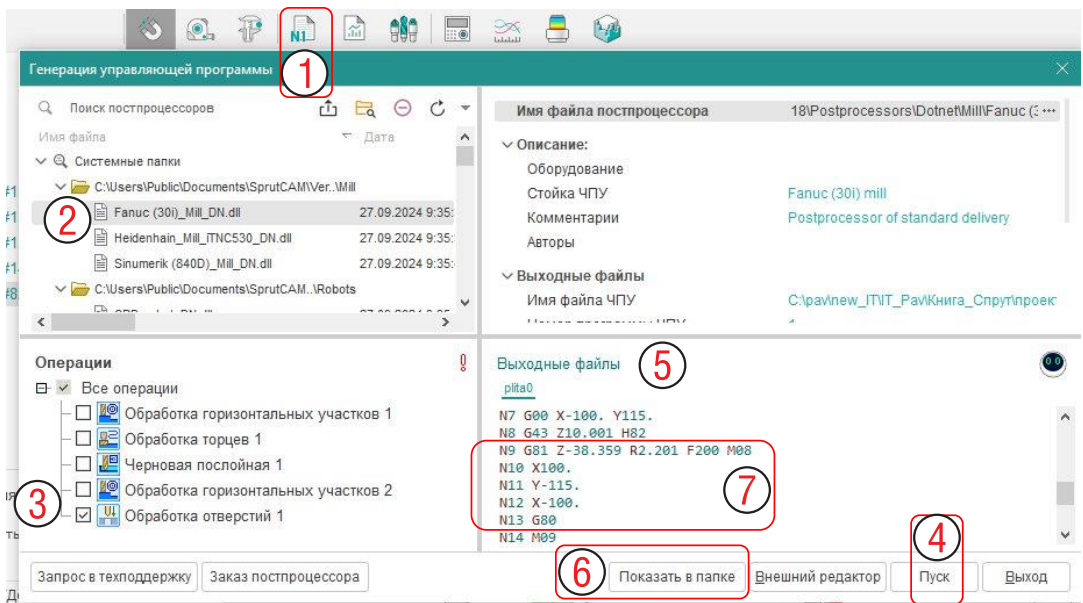


Рис. 4-4. Постпроцессирование операции обработка отверстий.

Для этого нажмите на иконку Постпроцессор (1 на рис. 4-4), в появившемся диалоговом окне выберите постпроцессор для системы ЧПУ Fanuc (2). В окне операции снимите птички со всех операций, кроме сверления (3), и нажмите кнопку Пуск (4).

С некоторой задержкой результат появится в окне Выходные файлы (5) и будет записан в файл. Доступ к файлу можно получить по кнопке Показать в папке (6). По умолчанию СПРУТКАМ создает новую папку в той же папке, откуда открыт проект. Она должна быть доступна для записи.

Наша текущая операция выполнена с использованием цикла стандартного сверления (цикла G81) для систем ЧПУ Fanuc (7).

Рассмотрим основные параметры этой операции. Наиболее важный – это **Стратегия – Тип цикла** (рис. 4-5).

Наиболее востребованные типы циклов:

1. Простое сверление (G81);
2. Сверление с выстоем (G82);
3. Глубокое с удалением стружки (G83);
4. Глубокое с ломкой стружки (G73);
5. Нарезание резьбы метчиком (G84);
6. Расточка 5-9 (G85-G89);
7. По спирали (резьбофрезерование);
8. Выборка отверстия).

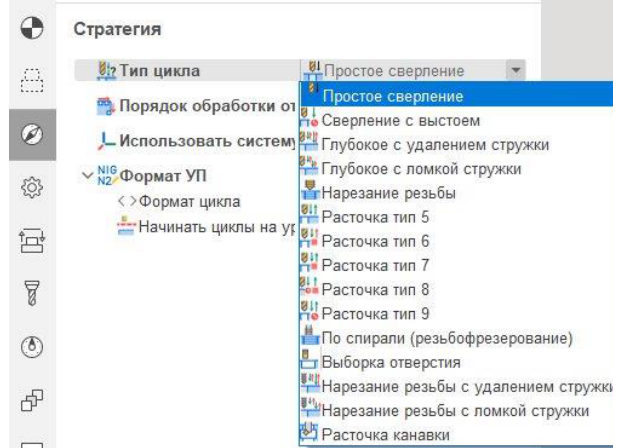


Рис. 4-5. Типы цикла операции обработки отверстий.

Операции 1-6 фактически представляют собой одну и ту же операцию с различными установками глубины сверления или типом и параметрами цикла.

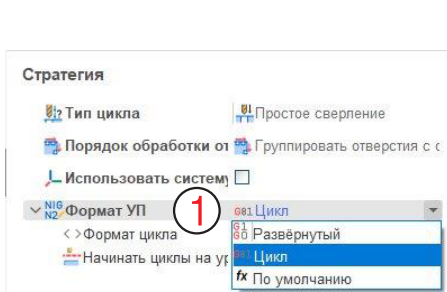


Рис. 4-6. Параметр Формат УП в вкладке Стратегия.

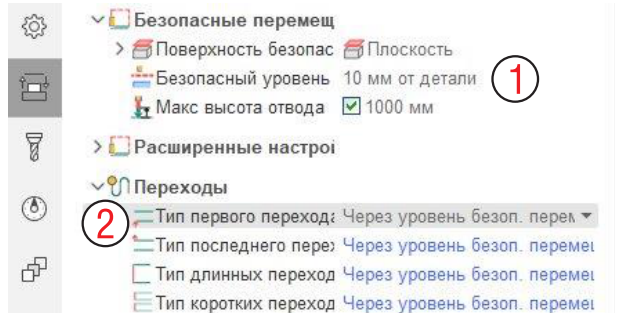


Рис. 4-7. Задание поверхности безопасности в операции.

Параметр **Стратегия – Формат УП** (рис. 4-6) задает способ вывода траектории сверления: либо **Цикл** (чаще всего), либо **Развернутый**, т.е. отдельными движениями. Отметим еще параметры на вкладке Подходы/Отходы (рис. 4-7): Поверхность безопасности, который задан как 10 мм от детали (1), и Переходы с установкой Уровень безопасности (2). Для 3-осевого станка они чаще и используются. Другие настройки разберем в главе о позиционной 3+2 обработке.

Улучшим технологию сверления. Для этого перед сверлением отверстий диаметром 22 мм введем операцию центрования. Лучше это сделать дублированием, чтобы заново не выбирать отверстия.

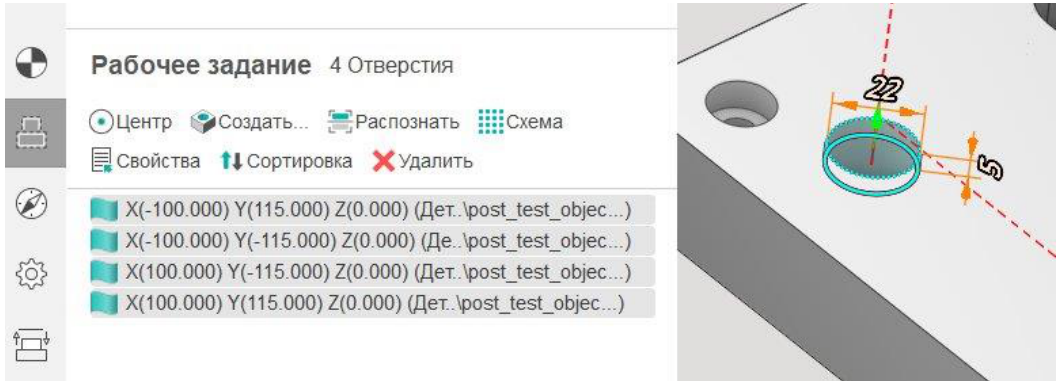


Рис. 4-8. Редактирование отверстий в рабочем задании.

Из контекстного меню операции выполните команду Дублировать. Будет создана копия операции. В первой операции измените диаметр инструмента на 10 мм.

Также надо изменить глубину отверстий. Для этого в Рабочем задании выберите все отверстия. В графическом окне появятся размеры, измените глубину на 5 мм (рис. 4-8).

Рассчитайте обе операции. Выполните моделирование обработки.

Создайте новую операцию сверления. В Рабочем задании щелкните по одному из отверстий диаметром 9 мм.

Будут выбраны все 4 отверстия. Но верх отверстия надо переопределить, т.к. первую ступеньку 2-х ступенчатого отверстия мы сделаем позже.

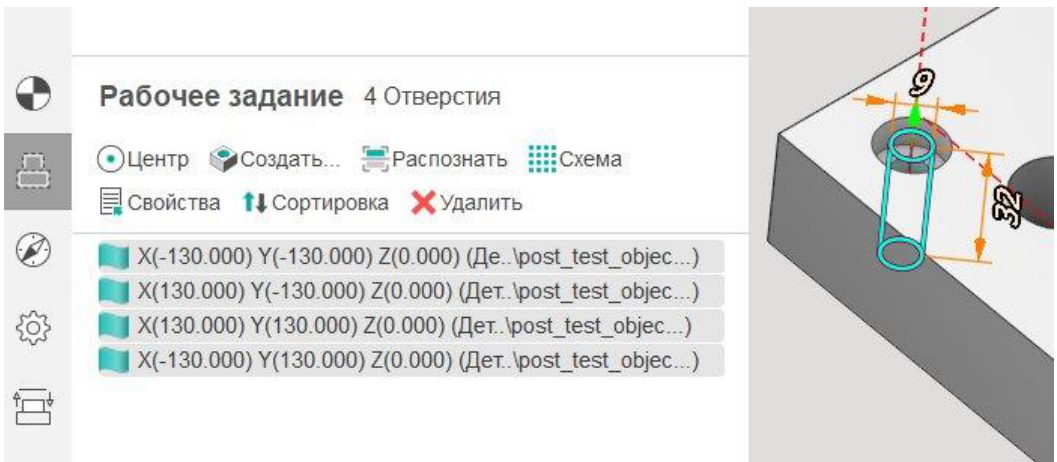


Рис. 4-9. Редактирование начала отверстия.

Задайте размеры как на рис. 4-9 и генерируйте операцию.

Первую ступеньку 2-х ступенчатого отверстия мы сделаем фрезерованием.

Фрезерование отверстий

Фрезерование отверстий позволяет уменьшить потребность в мерном инструменте, что особенно актуально для больших отверстий. Одной операцией фрезерования отверстий можно обрабатывать отверстия разного диаметра и глубины.

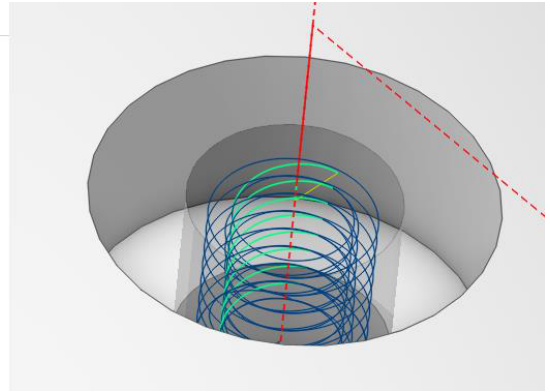
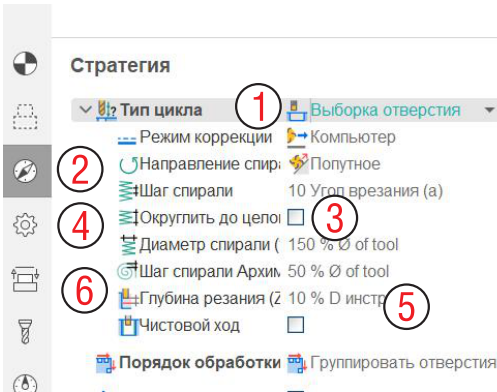


Рис. 4-10. Параметры фрезерования отверстий.

Создайте новую операцию обработки отверстий. В Рабочем задании щелкните по одному из отверстий диаметром 17 мм. Будут выбраны все 4 отверстия.

Задайте инструмент – концевую фрезу диаметром 10 мм.

На вкладке Стратегия измените Тип цикла на Выборка отверстия (1 на рис. 4-10).

С этим типом цикла будут доступны следующие параметры: Шаг спирали (2), Округлить до целого (3), диаметр спирали (4), Шаг спирали Архимеда (5), Глубина резания (6). Для всех параметров доступны пояснения при нажатии на знак вопроса перед именем цикла. На рис. 4-11 для примера показана подсказка для Типа цикла.

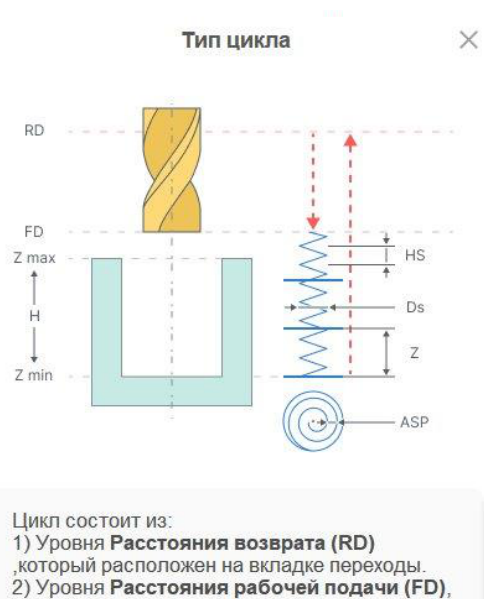


Рис. 4-11. Подсказка СПРУТКАМ для типов цикла.

Оставим все по умолчанию, рассчитайте операцию.

В данном случае можно использовать и операцию резьбофрезерования.

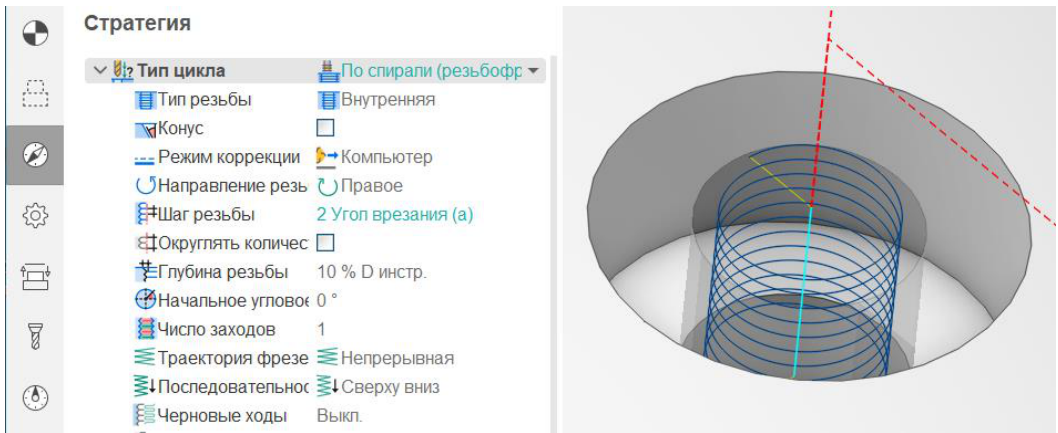


Рис. 4-12. Использование резьбофрезерования для гладких отверстий

Выполните дублирование операции. Отмените расчет в операции-оригинале. В копии измените Тип цикла на По спирали (рис. 4-12). Здесь показан другой набор параметров (оставим их без описания). Рассчитайте операцию.

Это более простой вариант и его можно применять, если для обработки достаточно одинарной спирали.

Резьбофрезерование

Резьбофрезерование выполняется специальными резьбофрезами. Операция позволяет не использовать мерный инструмент (например, метчик) для обработки отверстий.

Откройте проект Thread milling0.

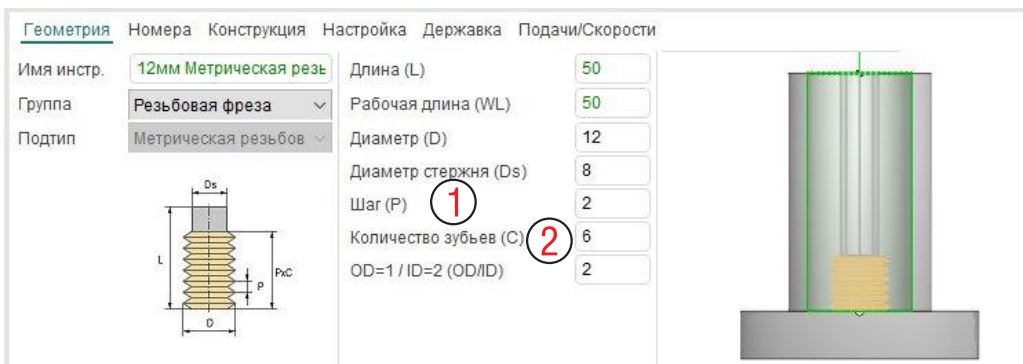


Рис. 4-13. Параметры резьбофрезы.

В этом проекте уже есть 2 операции. Нам необходимо добавить операции резьбофрезерования для внутренней резьбы M24x2 и наружной резь-

бы М30х2. Также в проекте есть резьбофреза, ее параметры показаны на рис. 4-13. Шаг (1) должен совпадать с шагом резьбы. Количество зубьев (2) специально задано не равным 1, чтобы проиллюстрировать возможность нарезания нескольких витков за и оборот инструмента.

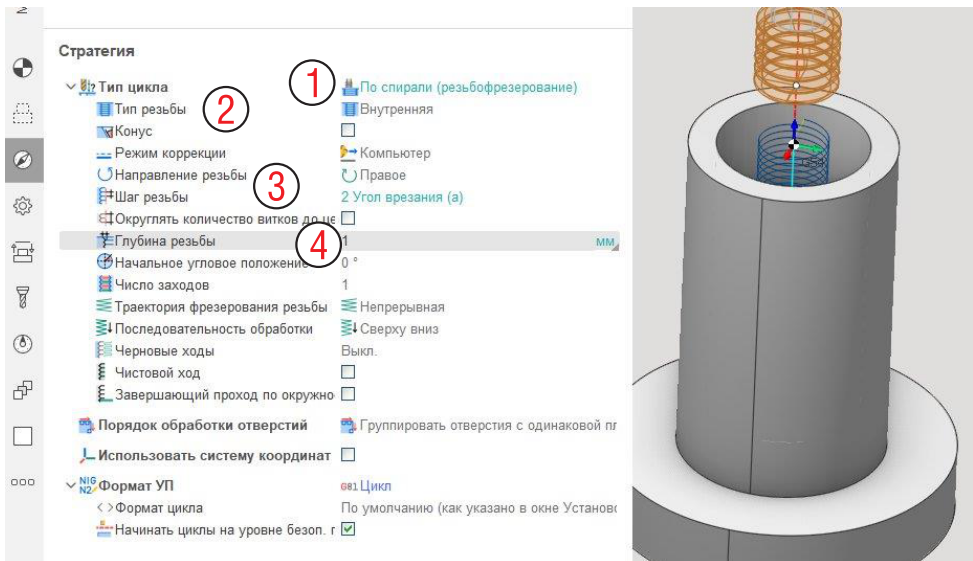


Рис. 4-14. Параметры резьбофрезерования отверстий.

Создайте новую операцию обработки отверстий. Лучше сразу задать имя Резьба.

В операции измените инструмент на резьбофрезу.

На вкладке **Рабочее задание** задайте внутреннее отверстие; длину отверстия лучше изменить с 50 мм на 48 мм (на 1 виток резьбы), чтобы инструмент не доходил до дна отверстия.

На вкладке **Стратегия** задайте **Тип цикла – По спирали (Резьбофрезерование)** (1 на рис. 4-14), при этом изменится набор доступных параметров цикла.

Задайте **Тип резьбы – Внутренняя** (2), **Шаг резьбы** (3) равным 2 мм, **Глубина резьбы** (4) – 1 мм (чтобы получить внешний диаметр резьбы 24 мм).

Рассчитайте операцию, результат также показан на рис. 4-14. В этом случае траектория – это непрерывная спираль.

Для получения траектории как на рис. 4-15 измените следующие параметры (на этом рисунке был изменен и тип отображения модели на Проволочный):

Траектория фрезерования резьбы (5) с параметра **Непрерывная** на параметр **С переходом вдоль оси**. При этом параметр **Рабочая длина инструмента** (6) 500% от шага резьбы обеспечит нам формирование 5 витков за 1 оборот.

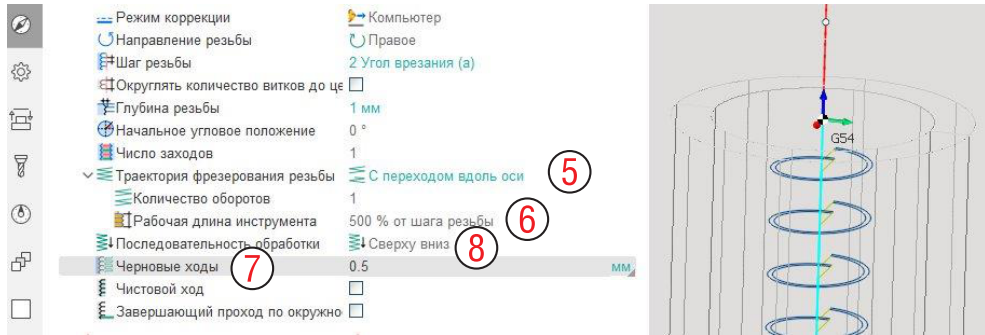


Рис. 4-15. Параметры резьбофрезерования для многозубой резьбофрезы.

Черновые ходы (7) зададим как 0.5 мм, т.е. 1 мм будем снимать за 2 прохода.

Параметр **Последовательность обработки (8)** задан как **Сверху вниз**, второе его значение – **Снизу вверх** (часто технология нарезания резьбы требует именно эту опцию).

Рассчитайте операцию.

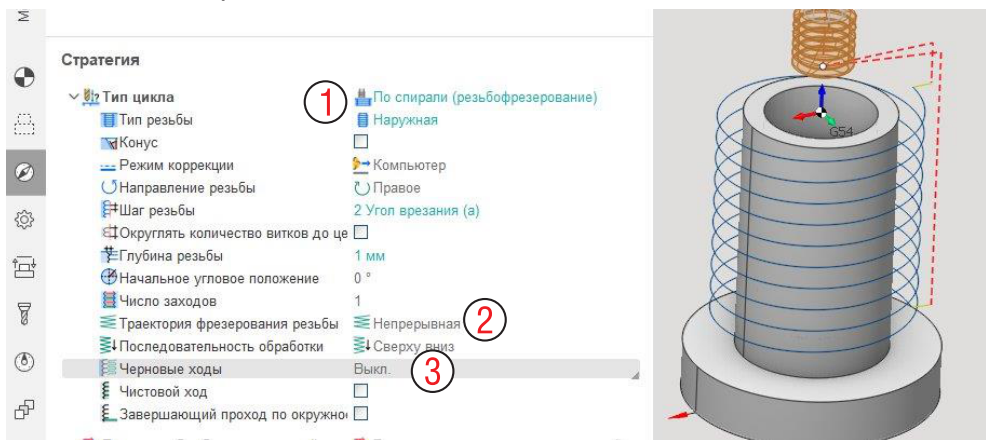


Рис. 4-16. Фрезерование внешней резьбы.

Операция резьбофрезерования позволяет получать и наружные резьбы.

Дублируйте операцию, чтобы в ней редактировать меньше параметров. На ее основе создадим операцию обработки внешней резьбы.

Задайте **Тип резьбы – Внешняя (1 на рис. 4-16)**.

Верните параметр Траектория фрезерования резьбы (2) в значение Непрерывная.

Отмените черновые ходы (3).

На вкладке **Рабочее задание** удалите существующее задание, задайте наружную поверхность цилиндра, длину отверстия (задание будет выглядеть как отверстие) также измените с 50 мм на 48 мм.

Рассчитайте операцию. Результат также показан на рис. 4-16.

Глава 5. 2D обработка и моделирование призматических деталей

Операция 2D контур предназначена для обработки горизонтальных контуров или участков детали, заданных на основе горизонтальных контуров. Обычно эта операция используется тогда, когда нет 3D модели, или операции на основе твердых тел не дают нужного результата.

Для задания контуров могут использоваться как проволочные объекты (линии, дуги, кривые), так и грани твердого тела. Центр инструмента может проходить вдоль контура, либо касаться его справа или слева (для замкнутых контуров – внутри или снаружи).

Также операция используется, если требуется работа с коррекцией радиуса инструмента.

Операция 2D контур

Откройте проект 2д эскиз0.

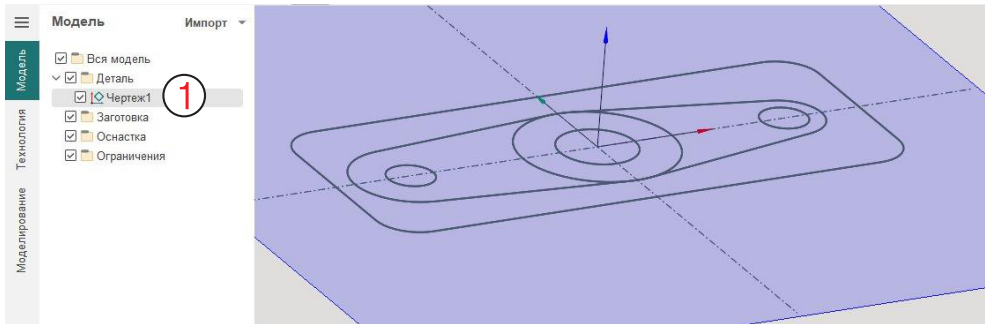


Рис. 5-1. 2D геометрия как чертеж.

В нем 2D геометрия задана как чертеж (1 на рис. 5-1).

Создайте новую операцию **2D контур**. В Рабочем задании укажите контур как на рис. 5-2 и нажмите на иконку **Кривая** (1).

Контур подсветится и на нем появятся специальные маркеры (2). Голубая стрелка – это направление обхода контура, зеленая стрелка – сторона обработки, желтый круг – точка подхода инструмента к контуру, желтый ромбик – управление врезанием и отводом инструмента от контура.

Рассчитайте операцию.

Инструмент перемещается центром по кривой. Мы хотим обойти контур снаружи. Для этого необходимо включить параметр R компенсация и, при необходимости, изменить направление зеленой стрелки. Это можно сделать, если на контуре нажать правую кнопку мыши и в появившемся окошке нажать кнопку Вкл/Выкл R компенсация (1 на рис. 5-3). Либо нажать на зна-

чок (2) в окне рабочего задания.

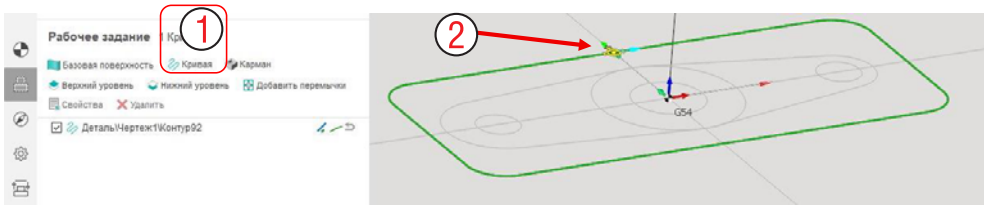


Рис. 5-2. Рабочее задание по 2D геометрии операции 2D контур.

Включите параметр R компенсация.

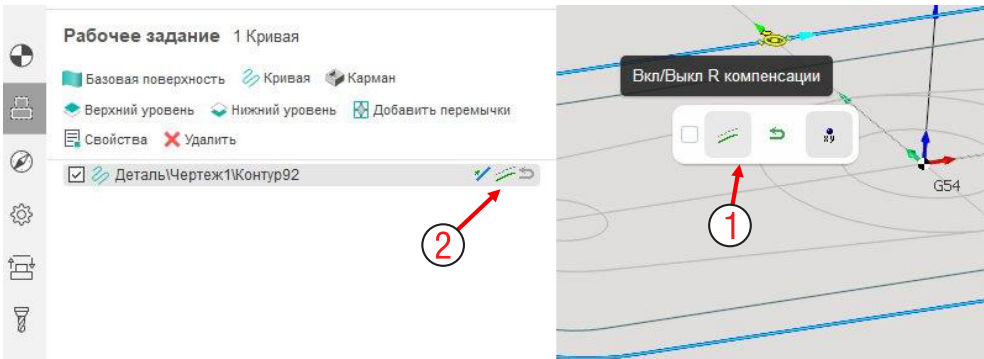


Рис. 5-3. Использование параметра R компенсация.

Контур, заданный в рабочем задании, сместится на величину радиуса инструмента в направлении зеленой стрелки.

Рассчитайте операцию.

Точку подхода инструмента к контуру можно изменить просто перемещением желтого маркера.

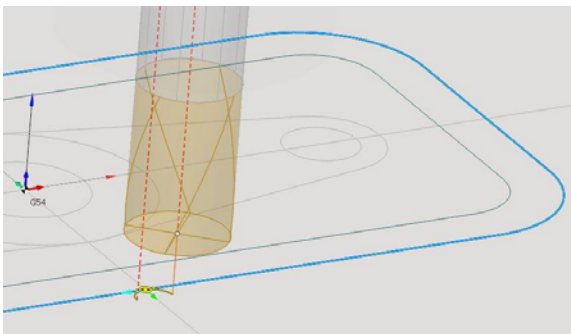


Рис. 5-4. Изменение подходов/отходов маркерами.

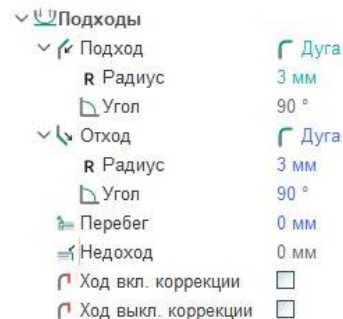


Рис. 5-5. Изменение подходов/отходов из меню.

Переместите точку подхода инструмента к контуру как на рис 5-4. Также добавьте движения подхода и отхода путем захвата и перемещения желто-

го ромбика.

Подходы и отходы можно задать и явно на вкладке **Подходы/Отходы** (рис. 5-5).

Рассчитайте операцию (иногда надо сбросить расчет и после этого рассчитать).

Проход можно выполнить на другом уровне по Z (не там, где задан контур). Проходов может быть несколько. Для этого на вкладке Стратегия надо задать верхний и нижний уровни детали (1 на рис. 5-6) и глубину резания (2).

Дублируйте операцию. В новой операции задайте установки как на рис. 5-6. В результате расчета траектория будет содержать 2 прохода.

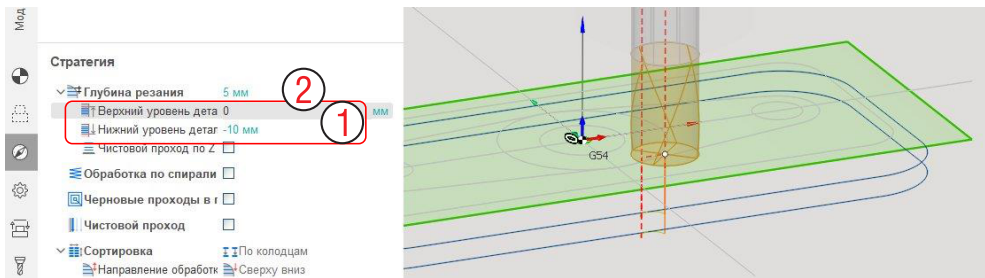


Рис. 5-6. Уровни обработки операции 2D контур.

Также напомним о параметрах **Точность** и **Припуск**, которые находятся на вкладке **Параметры** и влияют на расчет. Это дано без рисунка, т.к. это похоже на уже изученные операции.

Продолжим работать с этим примером в следующем параграфе.

Коррекция радиуса инструмента

Коррекции на радиус инструмента активно используется в 2D обработке. Это позволяет применять инструмент другого диаметра без изменения управляющей программы, либо использовать коррекцию для получения точных размеров путем повторных проходов. Возможно сделать запрограммированный в управляющей программе контур детали независимым от диаметра используемого инструмента. В такие траектории обычно добавляют специальные отрезки – ходы включения и выключения коррекции.

Вернемся к операции, содержащей 1 контур (рис. 5-4).

Рассмотрим работу с коррекцией на радиус инструмента. Эти настройки находятся на вкладке **Стратегия** – **Вывод**. Возможны 4 вари-

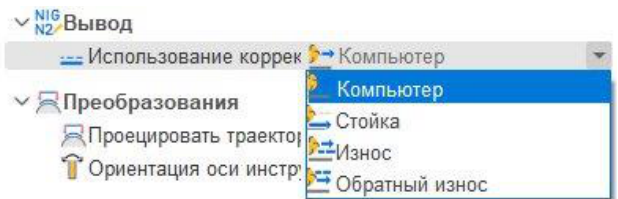


Рис. 5-7. Типы коррекции инструмента на радиус.

анта (рис. 5-7):

Компьютер – коррекция не включается; реально работает тот же инструмент, который использовался при расчете операции;

Стойка – в УП выводится обрабатываемый контур и можно использовать инструмент любого размера (на самом деле не любого, а меньшего размера). При этом в траекторию добавляются дополнительные движения в безопасном месте, где и происходит применение устройством ЧПУ размера коррекции (рис. 5-8);

Износ – в УП выводится контур, смещенный на расчетный радиус инструмента, но добавляются дополнительные движения и команды включения и отключения коррекции (рис. 5-9);

Обратный износ – аналогично предыдущему, но с противоположным знаком.

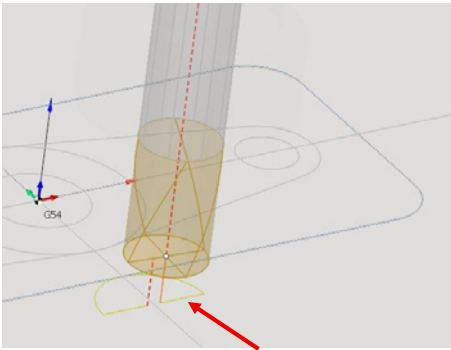


Рис. 5-8. Добавление дополнительных движений при коррекции Стойкой.

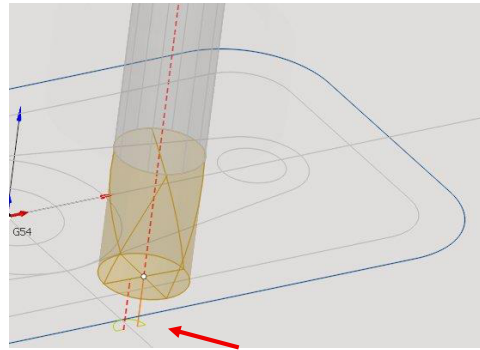


Рис. 5-9. Траектория при коррекции Износ.

Добавьте в операцию 2D контур 1 команды коррекции с опцией **Стойка** и **Износ**. Выполните моделирование обработки, чтобы понять, как инструмент движется по контуру.

Рассмотрим еще обработку не всего контура, а его отдельных сегментов.

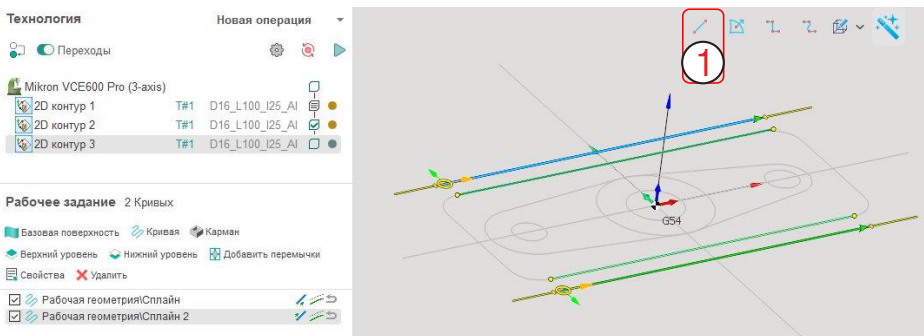


Рис. 5-10. Вспомогательные построения для операции 2D контур.

Создайте новую операцию **2D контур**.

В рабочем задании постройте 2 прямые с привязкой к контуру с помощью команды **Линии** (1 на рис. 5-10).

Выберите их и нажмите на иконку **Кривая**. Включите **R компенсацию**, зеленые стрелки должны быть как на рис. Также добавьте движения подхода и отхода путем захвата и перемещения желтого ромбика.

Расстояние между этими кривыми равно 60 мм (проверьте это самостоятельно). Предположим, что нам надо получить размер 59.92 мм. У нас 3 пути:

1. Перестроить контур с учетом допусков (здесь не рассматриваем),
2. Задать припуски в операции (в данном случае -0.04 на сторону),
3. Припуски не задавать, но включить коррекцию на износ (тогда данное смещение можно задать в УЧПУ с помощью корректора).

Попробуйте здесь вариант 2 и 3. Рассчитайте операцию.

Обработка тел на основе контуров

В этом параграфе рассмотрим применение операции 2D контур на 3D модели.

Откройте проект Part1.

Создайте операцию **2D контур**. В рабочем задании дважды щелкните по внешнему контуру модели (показан стрелкой) и нажмите на иконку **Кривая** (1).

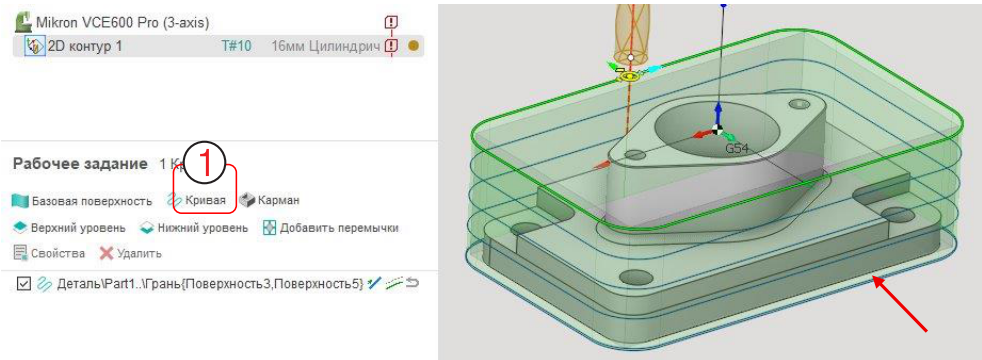


Рис. 5-11. Рабочее задание по 3D геометрии операции 2D контур.

Рассчитайте операцию (рис. 5-11).

В данном случае операция ведет себя более интеллектуально. Автоматически включится R компенсация в нужную сторону, будут добавлены проходы по всей высоте заготовки на основе заданной по умолчанию глубины резания (100% от диаметра инструмента).

Если требуется проход на определенном уровне, то в рабочем задании помимо кривой указываем один и тот же верхний и нижний уровень. Такой вариант показан на рис. 5-12.

Создайте такую операцию.

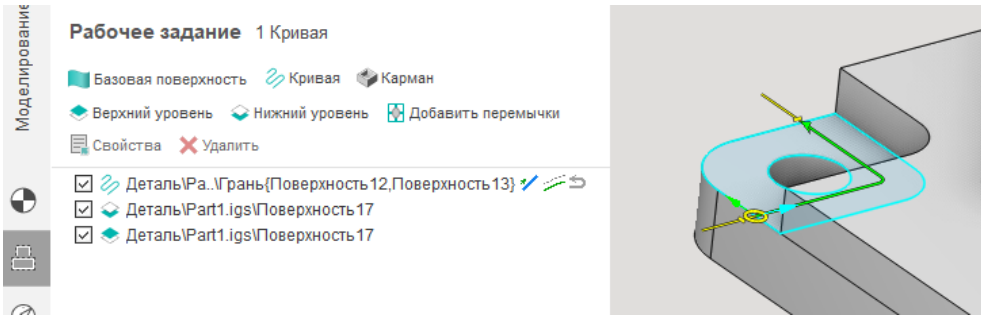


Рис. 5-12. Рабочее задание для одного уровня обработки.

Покажем еще вариант рабочего задания с использованием дополнительной кривой (в данном случае, прямой).

Дублируйте операцию. В рабочем задании удалите кривую и создайте новую линию с привязкой к модели, используя иконку Линии (1 на рис. 5-13). Задайте ее как новую кривую. Верхний и нижний уровни используются прежние. Проконтролируйте учет R компенсации.

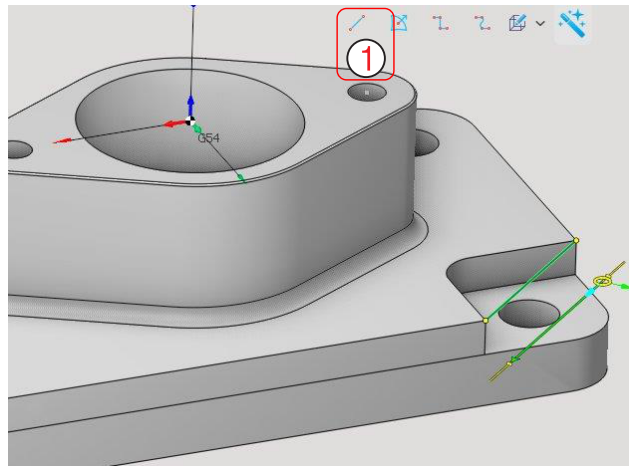


Рис. 5-13. Вспомогательные построения на 3D геометрии для операции 2D контур.

Рассчитайте операцию.

Если вы в предыдущей операции задавали подход и отход, то они применяются и в копии (еще раз подчеркнем плюсы использования команды Дублировать операцию).

Построение контуров и 3D модели

Контур можно построить прямо в системе СПРУТКАМ.

Создайте новый проект.

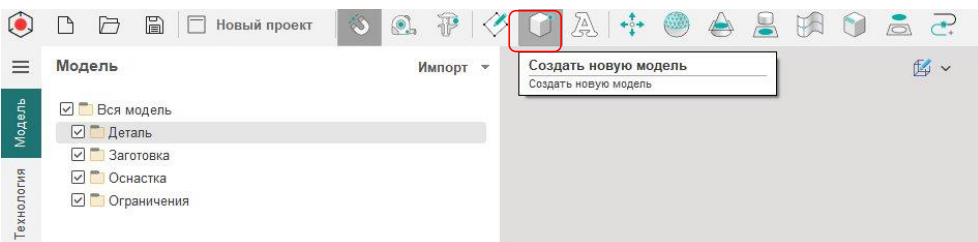


Рис. 5-14. Вызов среды 2D построений.

На вкладке Модель нажмите на иконку **Создать новую модель** (рис. 5-14).

На экране появится новая панель инструментов (рис. 5-15):

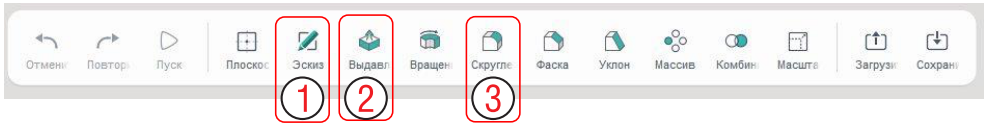


Рис. 5-15. Панель инструментов среды 2D построений.

В данном упражнении нам понадобятся команды:

- Эскиз (1),
- Выдавливание (2),
- Скругление (3).

Нажмите на иконку **Эскиз** (1 на рис. 5-15).

Новая панель инструментов появится (1 на рис. 5-16).

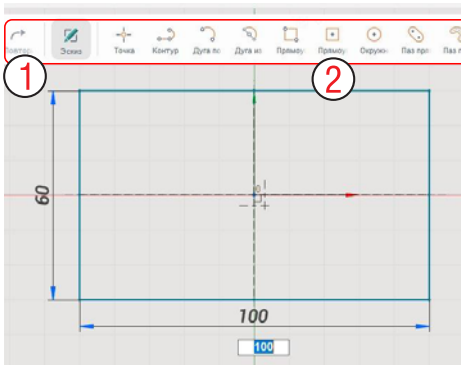


Рис. 5-16. Панель инструментов эскиза.



Рис. 5-17. Команда Размер в панели эскиза.

Постройте **Прямоугольник с указанием центра** (2). Точные размеры задавать необязательно. Нажмите на иконку (2) еще раз, чтобы завершить построение прямоугольника. В этот момент можно размер поправить, щелкнув по нему.

Также для создания точных размеров можно использовать команду **Размер** (1 на рис. 5-17). При необходимости текст размера можно увеличить или уменьшить с помощью иконок (2).

Постройте еще 2 контура как на рис. 5-18. Здесь координата центра окружности была задана произвольно, а затем создан размер 24 мм для точного позиционирования. При редактировании размера положение элементов построения пересчитывается.

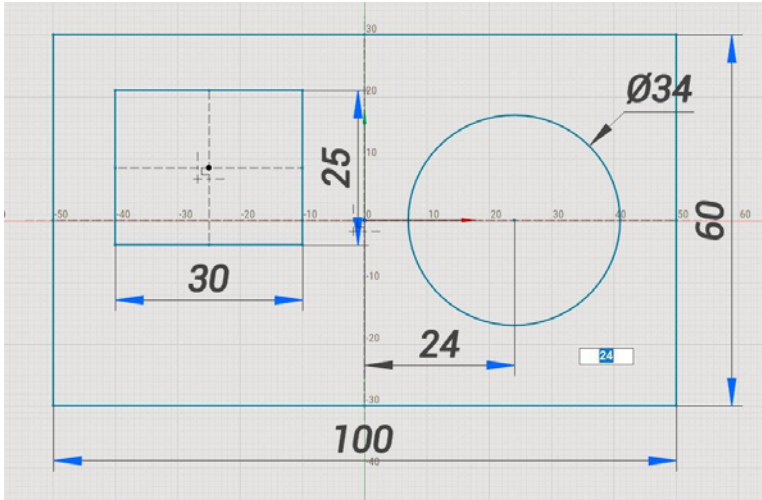


Рис. 5-18. Этап построения 1.

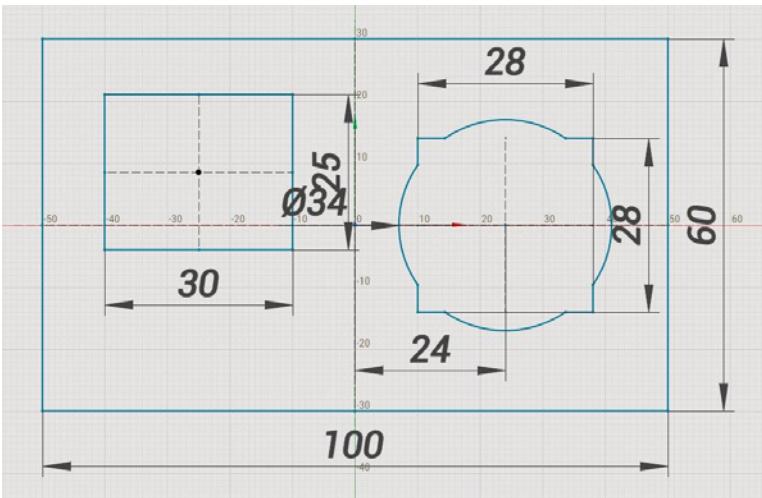


Рис. 5-19. Этап построения 2.

Добавьте еще квадрат со стороной 28 мм и удалите ненужные построения (рис. 5-19) командой **Обрезка** (3 на рис. 5-17). Для удаления ненужного участка контура надо нажать левую кнопку мыши и провести курсор, как бы пересекая элемент построения.

Завершите построение эскиза повторным нажатием на иконку **Эскиз** (рис. 5-20).

Нажмите на иконку **Выдавливание**, выберите внешний контур и на панели параметров слева задайте расстояние выдавливания – 20 мм (рис. 5-21).

Завершите команду повторным нажатием на иконку **Выдавливание**.

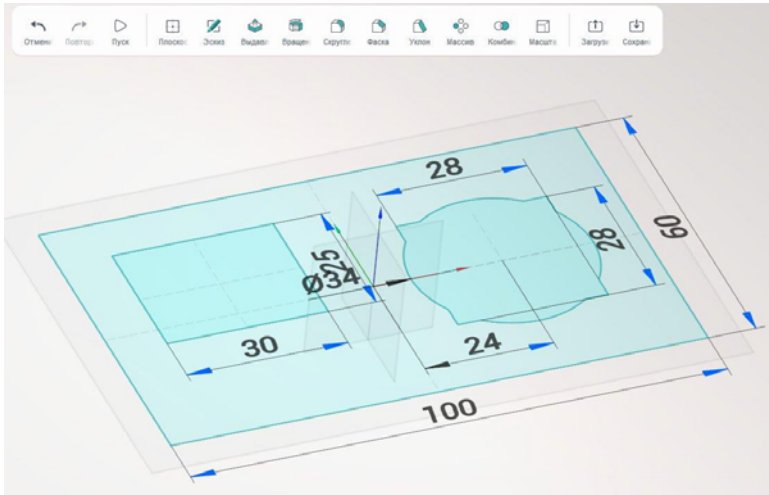


Рис. 5-20. Завершение построения эскиза.

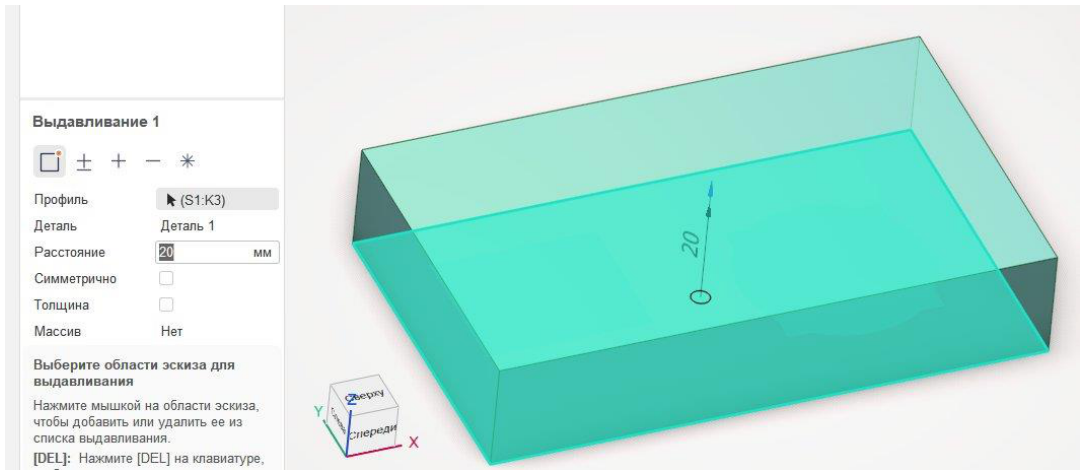


Рис. 5-21. Использование команды Выдавливание.

Повторите команду выдавливания для внутренних контуров. Здесь на панели параметров доступны команды Сложения, Вычитания и Авто для твердых тел (1 на рис. 5-22). Система предлагает опцию Авто, задайте размер 10 мм и завершите построение.

При использовании опции Авто Система сама предлагает тип операции. Если внешний контур вытянут вверх, то для внутренних контуров наиболее вероятна команда Вычитание. Если опция Авто дает неверный результат, то надо явно задать тип операции – Сложение или вычитание.

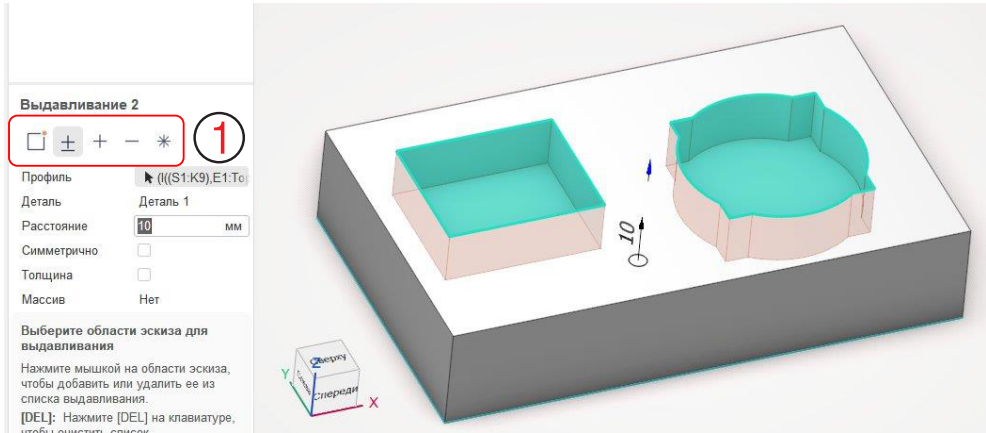


Рис. 5-22. Булевы операции в команде Выдавливание.

В прямоугольном кармане создайте скругления радиусом 4 мм, выбирая поочередно ребра как на рис. 5-23. Расположение команды было показано на рис. 5-15.

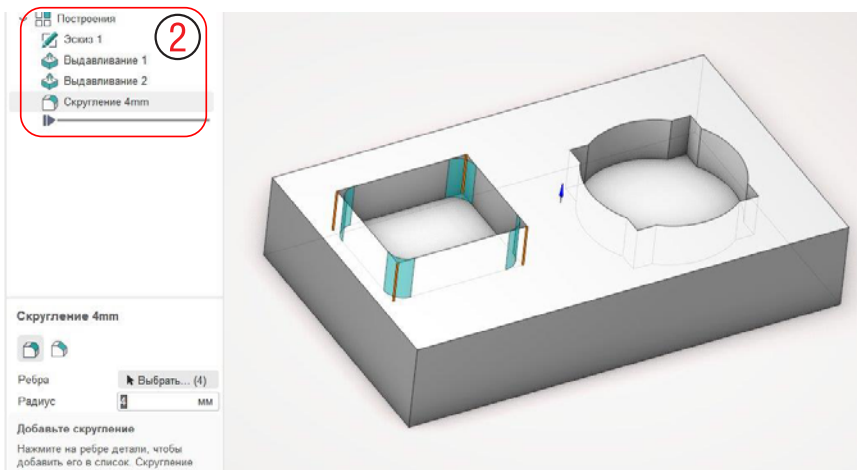


Рис. 5-23. Команда скругления углов.

Завершите построение. Обратите внимание, что этапы построения видны в дереве структуры модели (2).

Постройте еще один эскиз как на рис. 5-24. Из него мы выдавливание делать не будем, а используем далее, как контур.

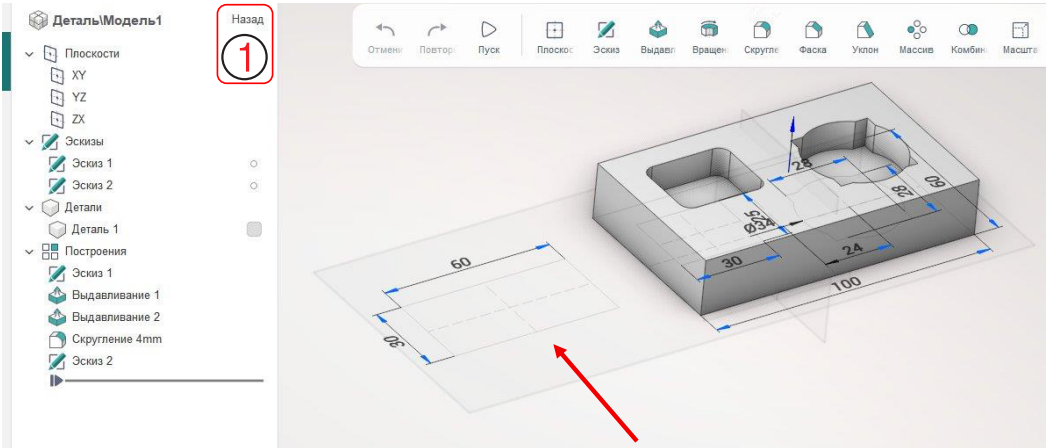


Рис. 5-24. Создание дополнительного эскиза.

Выйдите из режима Моделирование с помощью команды Назад (1). Построения завершены.

Создайте 3 операции 2D контур:
- для отдельного ребра (рис. 5-25)

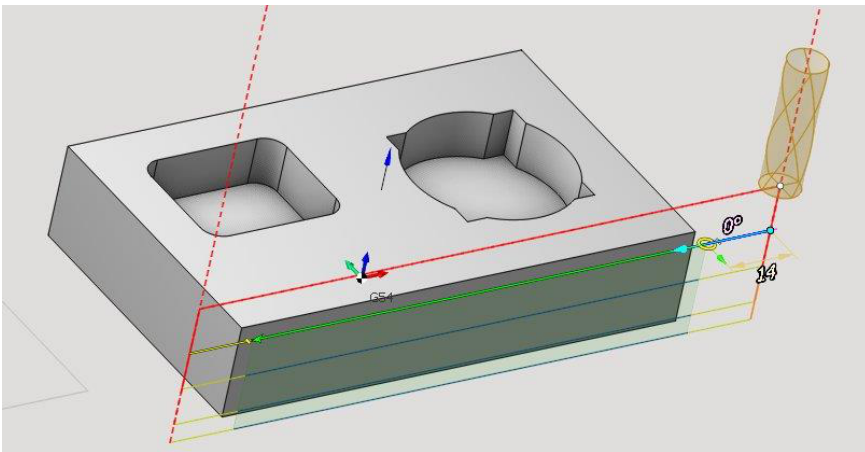


Рис. 5-25. Операция 2D контур для отдельного ребра 3D модели.

- для внутреннего контура, проход только по дну кармана (рис. 5-26)

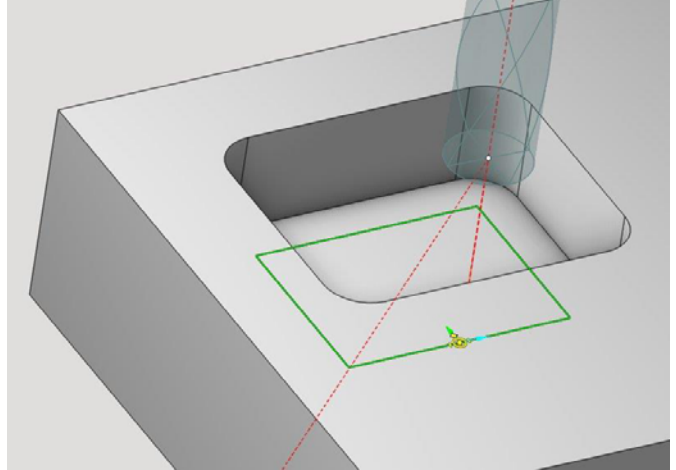


Рис. 5-26. Операция 2D контур для кармана.

- для отдельного контура (рис. 5-27).

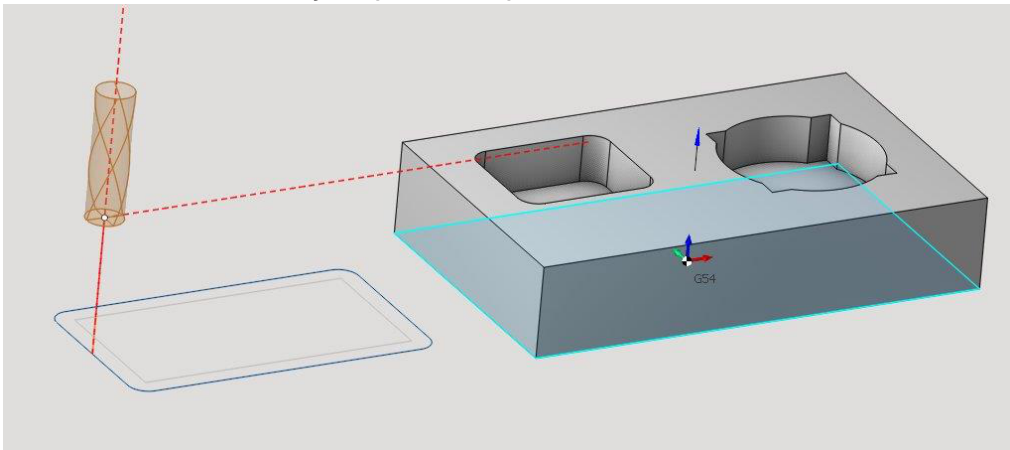


Рис. 5-27. Операция 2D контур для кривой, заданной как эскиз.

Гравировка текста

В этом разделе рассмотрим гравировку плоского текста.

Откройте проект 2D гравировка.

В этом проекте создано тело в виде бруска.

Установите вид сверху. Создайте текст с помощью команды **Текст** (1 на рис. 5-28). В появившемся диалоговом окне задайте текст «Спруткам» (2). Параметры текста задайте так, чтобы текст вписывался в наш брусок. Нажмите **Да**, чтобы создать текст и закрыть окно.

Измените вид на Изометрию и задайте отображение модели – Проволочное (рис. 5-29).

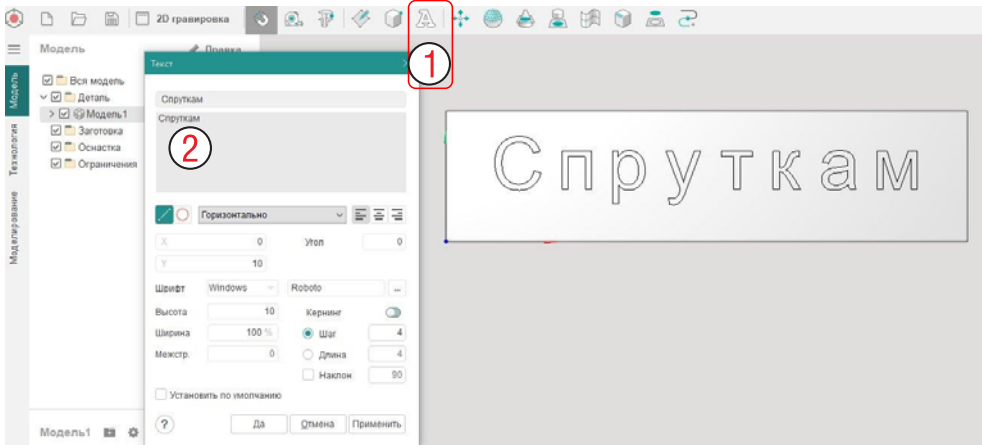


Рис. 5-28. Создание текста для гравировки.

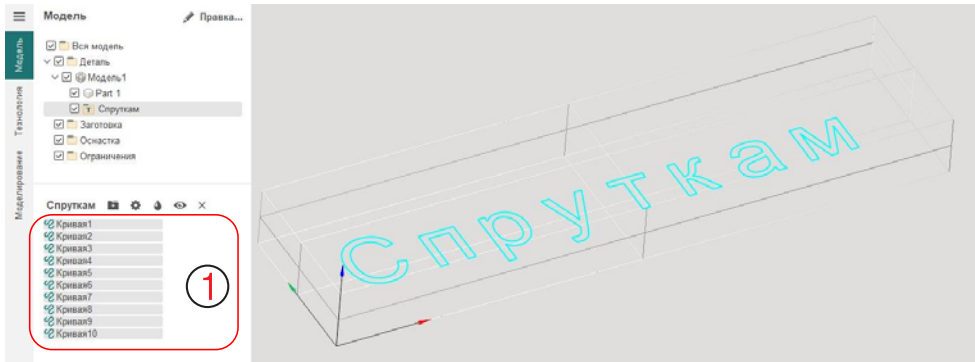


Рис. 5-29. Текст как набор кривых.

Как можно видеть, текст размещается на плоскости XY. В дереве модели он виден как набор кривых (1).

Перейдите на вкладку Технология и создайте новую операцию 2D – Гравировка.

В операции этого типа используется инструмент Гравер, его параметры можно увидеть в Списке инструментов (рис. 5-30).

Измените угол заострения на 30 градусов. Подтвердите изменения.

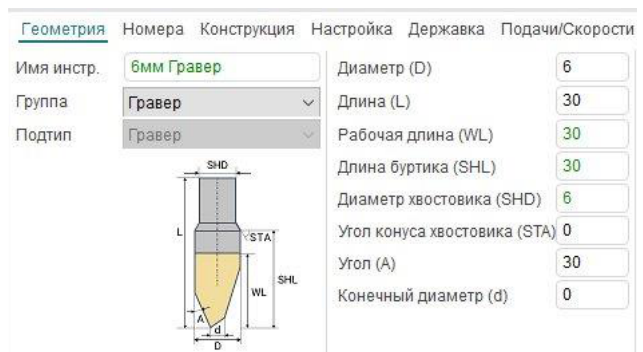


Рис. 5-30. Параметры инструмента для гравировки.

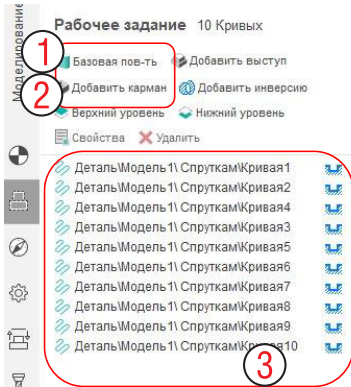


Рис. 5-31. Рабочее задание операции гравировки.

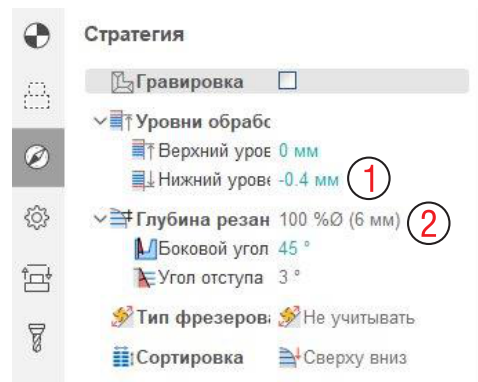


Рис. 5-32. Параметры стратегии операции Гравировка.

В Рабочем задании задайте верхнюю грань бруска как Базовую поверхность (1 на рис. 5-31). Выберите все 10 кривых, образующих текст, и нажмите на иконку **Добавить карман** (2).

В окне Рабочего задания отобразится Список кривых (3).

На вкладке Стратегия задайте нижний уровень обработки -0.4 мм (1 на рис. 5-32). Глубина резания (2) задана 6 мм, т.е. в нашем случае обработка будет выполняться за один проход.

Генерируйте операцию и выполните моделирование обработки.

Как можно видеть, не обработались внутренние контуры букв Р и А.

Исправим ситуацию.

Найдите и выберите кривые внутренних контуров этих букв поочередно и из контекстного меню выполните команду Инvertировать область (1 на рис. 5-33). Пересчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

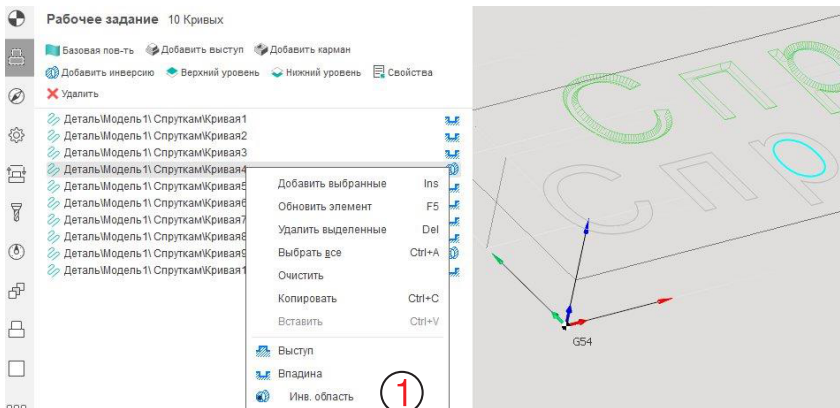


Рис. 5-33. Инvertирование области внутренних контуров букв.

Результат показан на рис. 5-34 (видимость детали здесь отключена).

Есть еще дополнительный параметр, который улучшает прорисовку букв.

На вкладке **Стратегия** включите параметр Гравировка (рис. 5-35).

Пересчитайте операцию. На траектории можно видеть дополнительные поперечные проходы в углах букв.

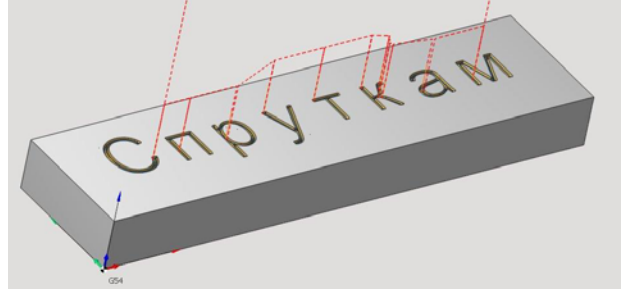


Рис. 5-34. Результат гравировки.

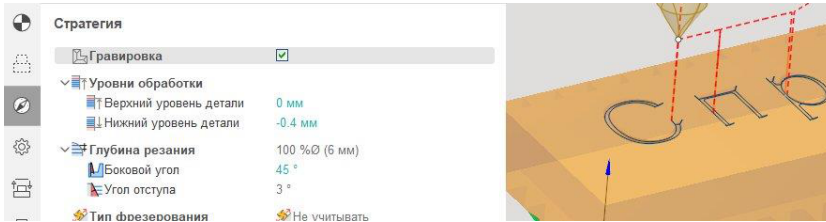


Рис. 5-35. Дополнительный параметр Гравировка для лучшей отрисовки букв.

Есть и более интеллектуальный способ формирования рабочего задания. Создайте новую операцию гравировки.

В Рабочем задании, ничего не выбирая, нажмите на иконку Карман. Новое диалоговое окно появится (рис. 5-36). Здесь параметры Расположение показывают структуру модели.

Нажмите на иконку (1) и в списке выберите объект Спруткам (2) (т.е. текст как единый объект). Далее Добавить (3) и Закреть (4).

При этом способе система сама корректно обработает элементы букв. Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

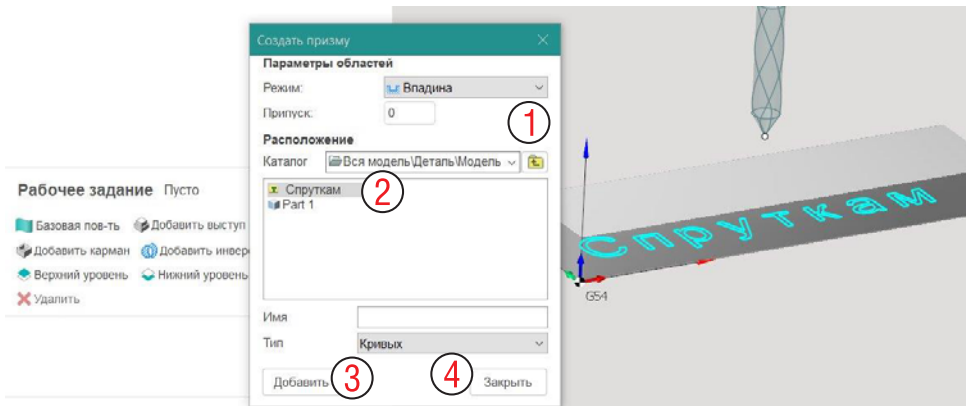


Рис. 5-36. Задание текста для гравировки по структуре модели.

Варианты гравировки не на плоскости рассмотрим позже.

Глава 6. Высокоскоростная обработка

Высокоскоростная обработка – это процесс резания металла, в котором особое внимание уделяется высокой скорости **обработки** и подаче для повышения производительности и улучшения качества поверхности. При ВСО устанавливается более высокое число оборотов шпинделя, используются инструменты меньшего размера и используется меньшее сечение срезаемого слоя, чем при традиционной обработке. Обычно речь идет о фрезеровании.

Теоретическим обоснованием высокоскоростной обработки (ВСО, также часто используется аббревиатура HSM – High Speed Machining) явились исследования процесса резания, которые показали снижение сил резания в некотором диапазоне скоростей, а также факт перераспределения тепла в зоне резания. При небольших сечениях среза в данном диапазоне скоростей основная масса тепла концентрируется в стружке, не успевая переходить в заготовку и инструмент. Именно это позволяет вести обработку закаленных сталей, что упрощает сам технологический процесс.

Программы для ВСО имеют особенности, по сравнению с традиционными программами. Прежде всего это малые сечения среза, снимаемые с большой скоростью. Для работы на больших подачах требуется, чтобы траектория инструмента не содержала острых углов; это требование вытекает из необходимости снижения динамических нагрузок при смене направления движения инструмента. Также требуются минимизация колебаний нагрузки на инструмент и, что особенно важно, исключение проходов на полную ширину фрезы.

Высокоэффективное фрезерование – это метод чернового фрезерования; можно сказать, что это частный случай ВСО. Основное отличие – максимальное использование длины режущей кромки, максимальное увеличение радиуса траектории (где меньше торможение), переупорядочивание уровней резания, управление подачей.

В СПРУТКАМ многие параметры для поддержки ВСО включены по умолчанию.

Высокоскоростные стратегии в Черновой послыной

Стратегии **Адаптивная**, **Глубокое скоростное фрезерование**, а также **Плунжерная обработка** кратко рассматривались в главе 2.

Стратегия Адаптивная доступна и в других операциях, а именно в опера-

циях Выборка, Выборка 2.5D, Обработка горизонтальных участков.
Некоторые параметры операции перечислены ниже (рис. 6-1):

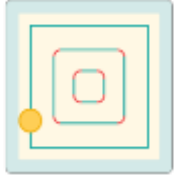
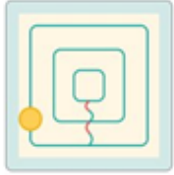
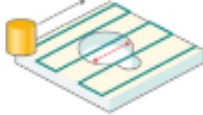
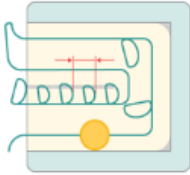
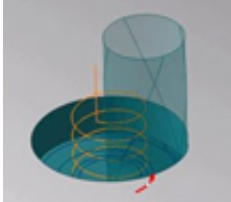
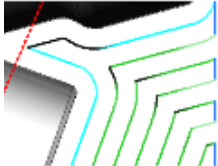
Скругления острых углов траектории	<p>Стратегия</p> <ul style="list-style-type: none"> ▼ <input checked="" type="checkbox"/> Стратегия обр: <input checked="" type="checkbox"/> Адаптивная Шар 10 %Ø (1.2 мм) Чистовой про <input checked="" type="checkbox"/> 0.5 мм Режим коррек <input checked="" type="checkbox"/> Компьютер Черновой рад 20 %Ø (2.4 мм) Радиус перех 10 %Ø (1.2 мм) Сглаживание 0 %Ø (0 мм) 	<p>Черновой радиус сглаживания</p> 
Скругление переходов		<p>Радиус перехода</p> 
Пропуск отверстий	<p>▼ <input checked="" type="checkbox"/> Обрезка</p> <ul style="list-style-type: none"> ? <input checked="" type="checkbox"/> Пропуск отве <input checked="" type="checkbox"/> 100 мм <input type="checkbox"/> Обрезать лиц <input type="checkbox"/> 	<p>Пропуск отверстий</p> 
Трохоидальные проходы	<p>Стратегия</p> <ul style="list-style-type: none"> ▼ <input checked="" type="checkbox"/> Стратегия обр: <input checked="" type="checkbox"/> Эквидистантная Шар 50 %Ø (6 мм) ? <input checked="" type="checkbox"/> Шаг ВСО <input checked="" type="checkbox"/> 100 %шага (6 мм) <input type="checkbox"/> Большие д <input type="checkbox"/> Чистовой про <input type="checkbox"/> Чистовой пал 0 %Ø (0 мм) 	<p>Шаг ВСО</p> 
Спиральное врезание	<p>▼ <input checked="" type="checkbox"/> Параметры вр: <input checked="" type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 1ый способ <input checked="" type="checkbox"/> Спираль <input type="checkbox"/> 2й способ <input type="checkbox"/> Зигзаг <input type="checkbox"/> 3й способ <input type="checkbox"/> Вдоль кривой <input type="checkbox"/> 4й способ <input type="checkbox"/> Выкл. 	
Адаптивная подача		<p>Адаптивная подача</p> 

Рис. 6-1. Параметры черновых операций для высокоскоростной обработки.

Откройте проект HighSpeed из каталога примеров СПРУТКАМ.

Проект содержит 3 одинаковые детали, чтобы показать разные стратегии ВСО без их влияния друг на друга (рис. 6-2).

Изучите настройки операций в свете ВСО, найдите параметры, упомянутые в таблице.

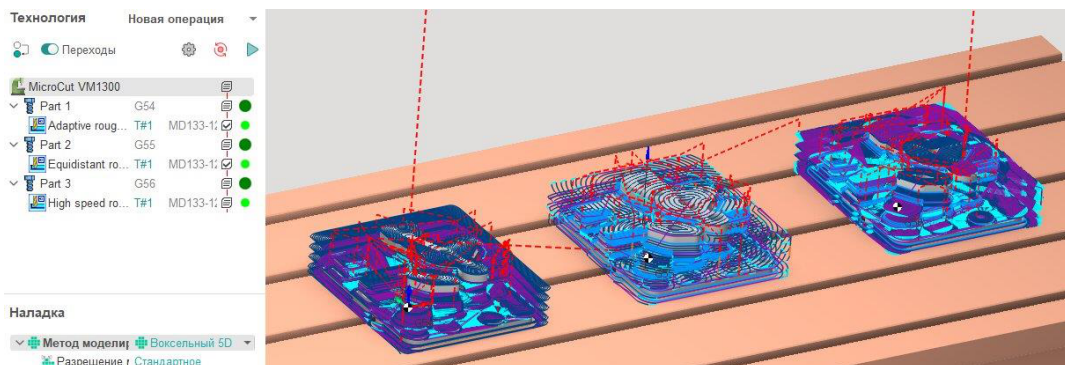


Рис. 6-2. Пример проекта для высокоскоростной обработки.

Адаптивная стратегия обработки

Для современных станков и инструментов – это основная рекомендуемая стратегия. Потому рассмотрим ее подробнее.

Эта высокопроизводительная стратегия используется для удаления материала на высокой подаче с использованием максимально возможной для инструмента глубины фрезерования при небольшом шаге выборки (5%–30%). Такие параметры достигаются благодаря тому, что в стратегии гарантируется не превышение заданной ширины реза. Материал удаляется «по спирали». В траектории отсутствуют острые углы. Гладкость траектории контролируется отдельными параметрами для радиусов скругления на черновых ходах, чистовом проходе и переходах. Холостые перемещения по возможности осуществляются в рабочей плоскости с небольшим дополнительным зазором, что способствует охлаждению инструмента. Врезания в заготовку производятся с использованием щадящей для инструмента техники вкатывания (англ. Roll-In Technique).

Выберите операцию Adaptive roughing. Откройте вкладку Стратегия.

Глубина резания (1 на рис. 6-3) здесь задана 13.5 мм (для диаметра инструмента 12 мм), в зависимости от материала детали можно задать и больше. Шаг между проходами задан 10% от диаметра инструмента.

Так как при большой глубине резания на заготовке будут оставаться большие ступеньки, что плохо для чистовой обработки, в операции задан Шаг вверх (3). Этот параметр поясняет рис. 6-4, цифрами на нем обозначен порядок проходов. При большой высоте вертикальных стенок параметр Угол отступа (4) должен быть не равен 0, чтобы исключить контакт нережущей

части инструмента со стенкой.

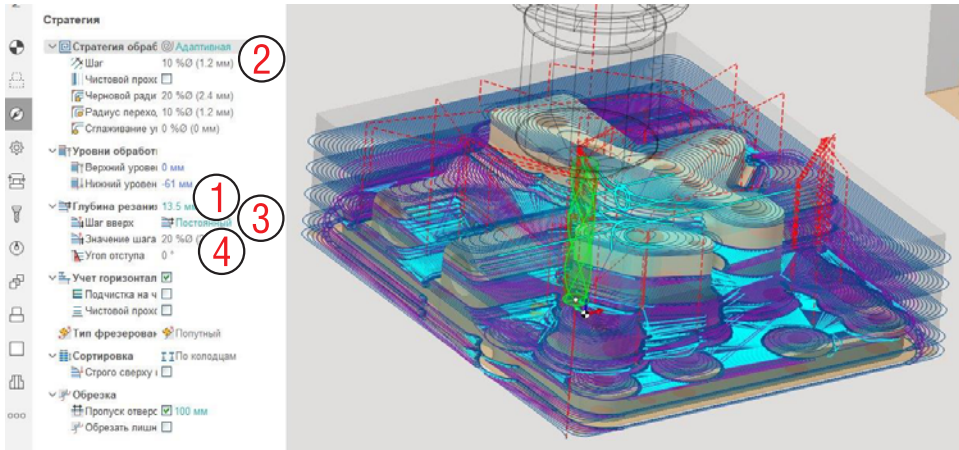


Рис. 6-3. Параметры адаптивной стратегии обработки.

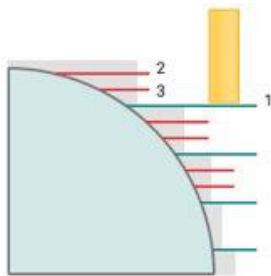


Рис. 6-4. Контекстная подсказка для параметра Шаг вверх.

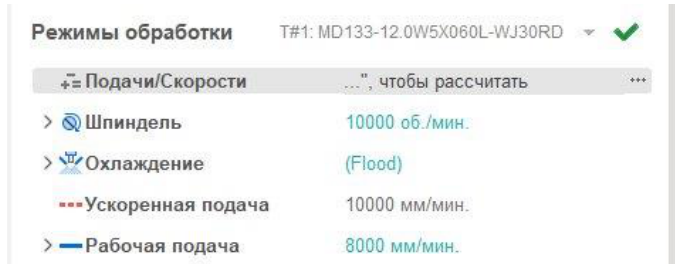


Рис. 6-5. Режимы обработки для адаптивной стратегии (пример).

Траектория с этой стратегией получается заметно длиннее, но из-за исключения перегрузок инструмента мы можем сильно увеличить подачу. Она назначается по рекомендациям производителя инструмента; на рис. 6-5 видно, что здесь она задана 8000 мм/мин.

Плунжерная обработка

Это черновая стратегия. Она также кратко рассматривалась в главе 2. Здесь ее разберем подробнее.

При плунжерной обработке (plunge milling) резание осуществляется вертикальными движениями сверху вниз. Эффективность такой обработки тем выше, чем более закрытой является зона обработки. При этом методе обработки основная составляющая силы резания направлена по оси инструмента, радиальная составляющая мала. Это уменьшает отжим инструмента при работе и позволяет обрабатывать изделия с тонкими стенками. Операцию

иногда относят не к высокоскоростной обработке, а к так называемой высокоэффективной, так как сечение срезаемого слоя в данном случае больше, чем принято для ВСО. Инструменты для такой обработки чаще всего не могут работать как сверла, то есть они не могут погружаться в материал полным диаметром. Для закрытых областей резания требуются предварительно просверленные отверстия.

Откройте проект Plunge roughing0.

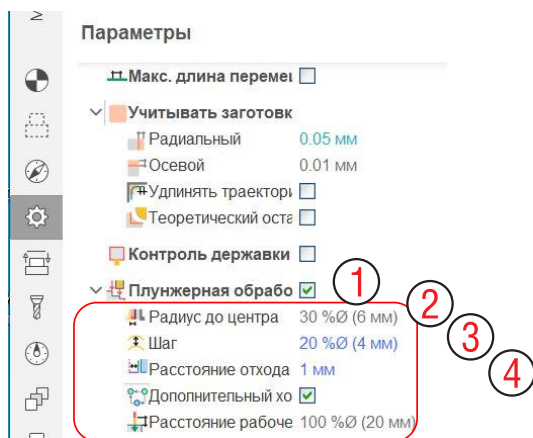


Рис. 6-6. Параметры плунжерной обработки.

Расстояние отхода

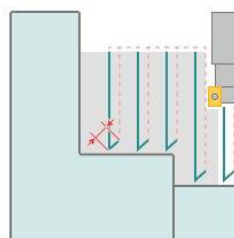


Рис. 6-7. Контекстная подсказка для параметра Расстояние отхода.

Создайте новую операцию Черновая послойная. Стратегия обработки – Эквидистантная. В параметрах операции включите флаг Плунжерная обработка (1 на рис. 6-6).

Дополнительный набор параметров появится. Радиус до центра (2) – это размер нережущей части фрезы. Шаг (3) – это шаг погружений, он отсчитывается вдоль задающей траектории (в нашем случае задана эквидистанта). Движение инструмента вверх не должно осуществляться по той же линии, что и вниз, – требуется отвод инструмента от стенки и от дна. Его определяет расстояние отхода (4). Контекстная подсказка для этого параметра показана на рис. 6-7.

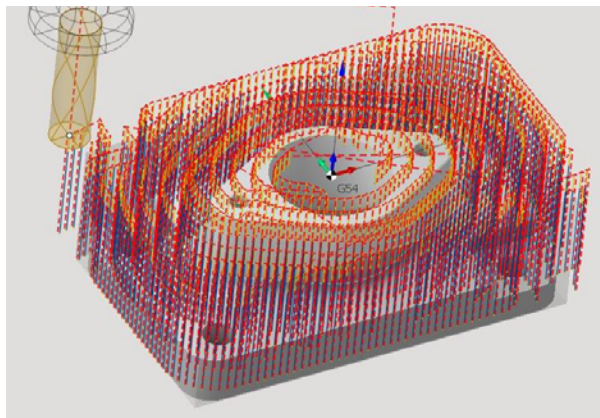


Рис. 6-8. Траектория плунжерной обработки.

Рассчитайте операцию, результат показан на рис. 6-8. Здесь использовался инструмент, заданный системой – концевая фреза диаметром 20 мм.

Выполните моделирование обработки.

Для обработки большого отверстия плунжерным методом требуется предварительно просверленное отверстие.

Создайте новую операцию обработки отверстия. Диаметр сверла задайте такой же, как для фрезы – 20 мм.

Дублируйте черновую операцию и переместите ее после сверления. Рассчитайте операцию. Результат должен быть как на рис. 6-9.

Выполните моделирование обработки.

Обратите внимание, что при обработке отверстия инструмент начинает обработку из предварительно просверленного отверстия.

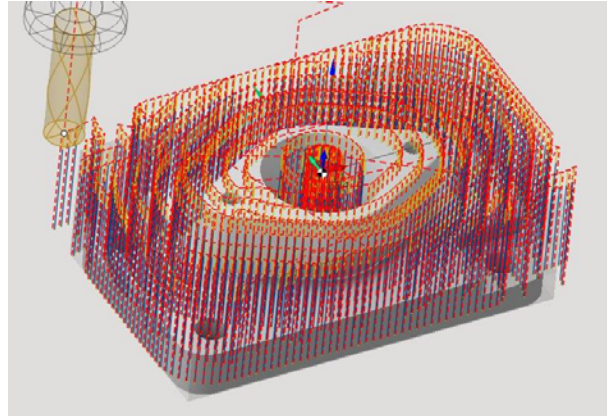


Рис. 6-9. Траектория плунжерной обработки теперь обрабатывает и отверстие.

ВСО в чистовых операциях

Многие операции в СПРУТКАМ имеют дополнительные параметры для работы в условиях ВСО. Ряд из них уже рассматривался ранее в этой книге, сведем их упоминание в таблицу (рис. 6-10).

Требование	Операция или параметр	Рисунок
Спиральная стратегия (Обработка торцев)	<p>Стратегия</p> <p>▼ Стратегия ⌚ Спираль</p> <p>⚙ Шаг 75 %Ø (22.5 мм)</p> <p>⚙ Сглаживать у <input checked="" type="checkbox"/> 25 %Ø (7.5 мм)</p>	
Оптимизированный зигзаг (скругление переходов)	<p>? ▼ Стратегия ⌚ Оптимизированны</p> <p>⚙ Шаг 75 %Ø (22.5 мм)</p> <p>⚙ Угол <input type="checkbox"/></p> <p>⚙ Сглаживать у <input checked="" type="checkbox"/> 25 %Ø (7.5 мм)</p> <p>⚙ Перекрывание п 10 %Ø (3 мм)</p>	

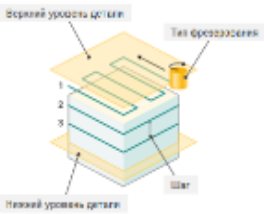
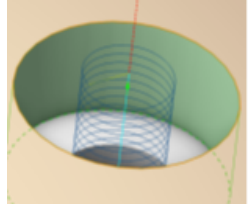
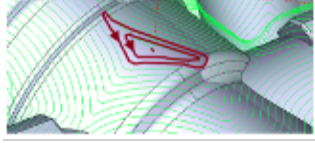
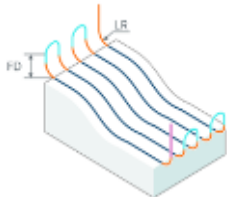
<p>Обработка пологих и наклонных участков разными стратегиями (чистовая комплексная)</p>		
<p>Спиральный и винтовой шаблоны при фрезеровании отверстий</p>	<p>Тип цикла: По спирали (резьбофрезер)</p> <p>Тип резьбы: Внутренняя</p> <p>Конус: <input type="checkbox"/></p> <p>Режим коррекции: Компьютер</p> <p>Направление резьбы: Правое</p>	
<p>Спиральная стратегия (3D смещение)</p>	<p>Начинать с: Дна</p> <p>Шаг: 20 %Ø (1.6 мм)</p> <p>Спиральная обработка: <input type="checkbox"/></p> <p>Сглаживать углы: <input type="checkbox"/></p> <p>Морф проходы: <input type="checkbox"/></p> <p>Тип фрезерования: Попутный</p>	<p>Спиральная обработка</p> 
<p>Сглаживание переходов и холостых ходов</p>	<p>Переходы</p> <p>Тип перехода захода/выхода: Пов-ть безопасности</p> <p>Тип коротких переходов: Расстояние рабочей по...</p> <p>Макс длина коротког: 1000 %Ø (50 мм)</p> <p>Тип длинных переходов: Расстояние рабочей по...</p> <p>Учитывать нижний урв: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Радиус перехода: 50 %Ø (2.5 мм)</p>	

Рис. 6-10. Параметры чистовых операций для высокоскоростной обработки.

Морфинг в чистовых операциях

В операциях для ВСО важно, чтобы проходы прерывались режущей кромкой. Поэтому появились операции, где с помощью морфинга от кривых рассчитываются проходы. Как следствие, получается переменный шаг между проходами. Заданный шаг соблюдается в самом широком месте между проходами.

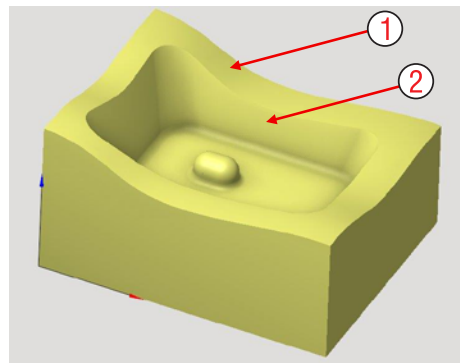


Рис. 6-11. Пример матрицы для иллюстрации переменного шага проходов.

Откройте проект 2curve_mill1.

Это матрица, поверхность разъема (1 на рис. 6-11) имеет переменную ширину, наклонные стенки (2) – переменную высоту.

В проекте уже выполнена черновая послойная операция. Создадим чистовые операции.

Создайте новую операцию 3D смещение. В рабочем задании укажите одну поверхность (1 на рис. 6-11).

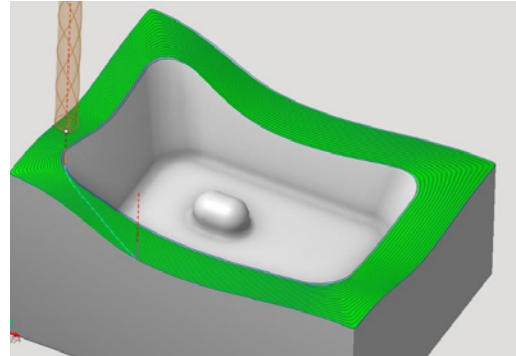
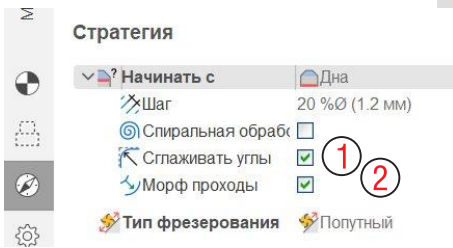


Рис. 6-12. Параметры стратегии операции 3D смещение.

Рис. 6-13. Траектория операции 3D смещение.

На вкладке Стратегия включите параметры. Сглаживать углы (1 на рис. 6-12) и Морф проходы (2). Рассчитайте операцию.

Результат показан на рис. 6-13.

Для наклонных стенок используем операцию **Морфинг между 2-мя кривыми**.

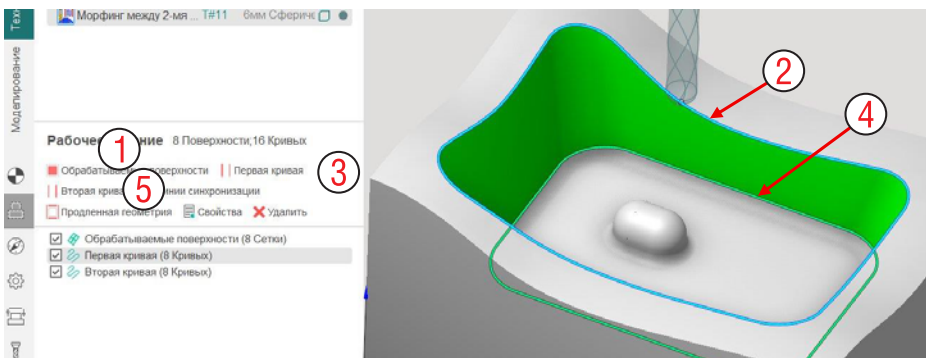


Рис. 6-14. Рабочее задание операции Морфинг между 2-мя кривыми.

Создайте новую операцию Морфинг между 2-мя кривыми. В рабочем задании укажите поверхности как на рис. 6-14 и задайте их как Обрабатываемые поверхности (1). Также в этой операции надо задать кривые; выберите верхнюю кривую (2) и нажмите на иконку Первая кривая (3), далее выберите

нижнюю кривую (4) и нажмите на иконку Вторая кривая (5).

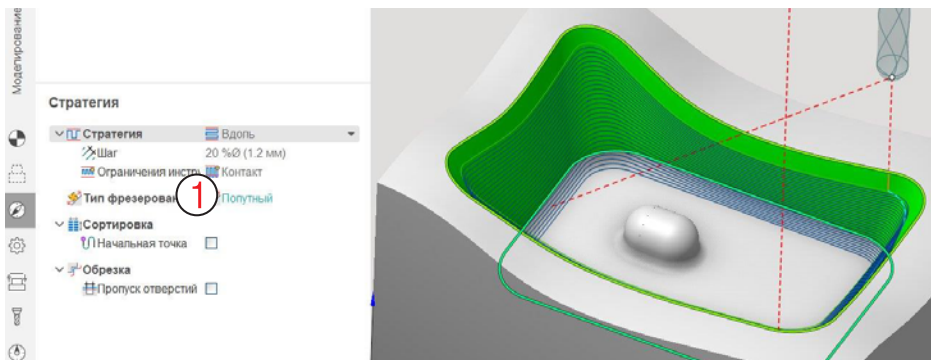


Рис. 6-15. Параметры стратегии операции Морфинг между 2-мя кривыми.

Обработка будет выполняться сверху вниз, т.к. первая кривая расположена сверху.

На вкладке Стратегия укажите Стратегию Вдоль (1 на рис. 6-15). Рассчитайте операцию.

Выполните моделирование обработки для всех операций.

Глава 7. Чистовые 3D операции – продолжение

Здесь мы систематизируем информацию о чистовых операциях и рассмотрим некоторые новые операции.

Список чистовых операций приведен на рис. 7-1.

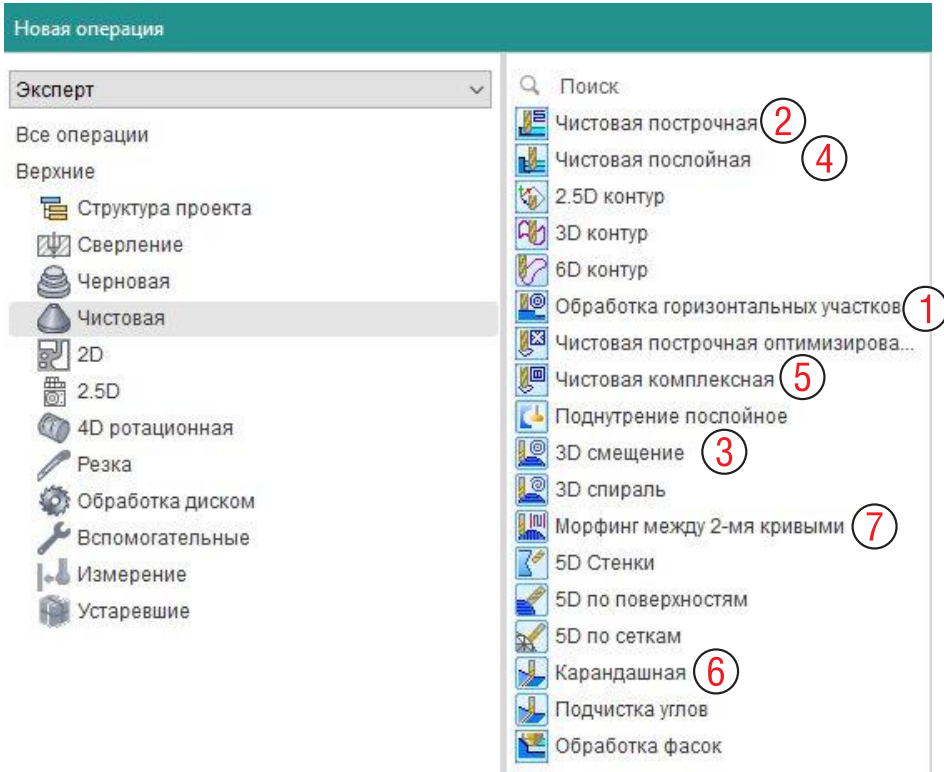


Рис. 7-1. Список чистовых операций.

Операции 1-6 (рис. 7-1) мы рассматривали в главе 3 (номера на рисунке даны в порядке упоминания их в книге). В главе 6 мы еще раз вернулись к операции 3D смещение, но с упором на параметры, характерные для высокоскоростной обработки. Также в главе 6 рассмотрели операцию Морфинг между 2-мя кривыми (7).

Подчистка углов

Откройте проект corners1.

В этом проекте уже есть черновая и основная чистовая операция. Но чистовая операция выполнена сферической фрезой диаметром 16 мм. Нам требуется доработка внутренних углов (показаны зеленым на рис. 7-2).

Радиус внизу 2.5 мм (проверьте это самостоятельно). Вертикальные радиусы переменные. Это как раз поможет нам в изучении новой операции.

В проекте есть и Карандашная операция, но в данном случае она делает только 1 проход и только по низу. После фрезы диаметром 16 мм этого недостаточно.

Создайте новую операцию **Подчистка углов**.

Измените инструмент по умолчанию на коническую фрезу диаметром 16 мм, углом конуса 8 мм и радиусом при вершине 2.5 мм.

В карандашной операции использовалась сферическая фреза диаметром 5 мм большой длины. Эта операция здесь нужна была только для иллюстрации, потому создаем более реальный инструмент.

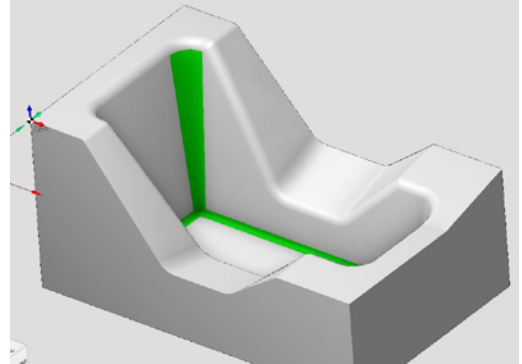


Рис. 7-2. Внутренние углы для доработки.

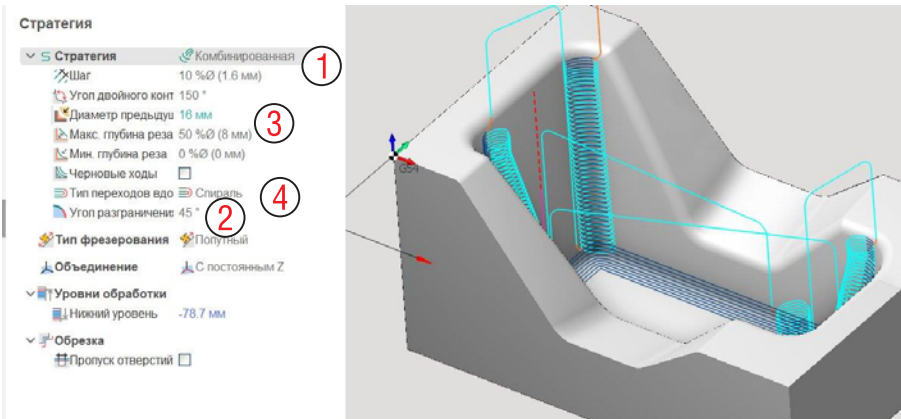


Рис. 7-3. Параметры стратегии операции Подчистка углов.

Стратегия по умолчанию задана **Комбинированная** (1 на рис. 7-3). Это означает, что пологие углы обрабатываются вдоль, а наклонные – поперек. Нас устроит (но есть и опции **Вдоль** и **Поперек** для всех углов). Параметр **Угол разграничения** (2) как раз и делит углы на пологие и наклонные.

Еще для этой операции надо задать **Диаметр предыдущего инструмента** (3).

Задайте диаметр предыдущего инструмента равным 16 мм и рассчитайте операцию.

Поперечные проходы соединены спиральными переходами, это работает как параметр **Тип перехода** (4).

Эти переходы более крупно показаны на рис. 7-4. На рис. 7-5 показана контекстная подсказка для параметра **Диаметр предыдущего инструмента**, где видно, как определяется ширина области обработки.

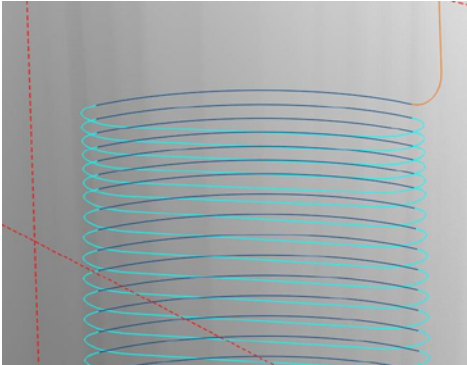


Рис. 7-4. Спиральные переходы в операции.

Диаметр предыдущего инструмента ×

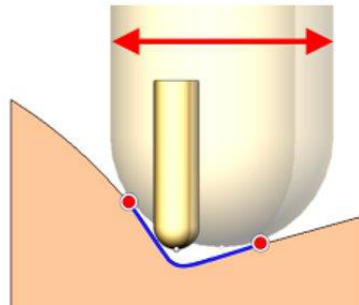


Рис. 7-5. Контекстная подсказка для параметра Диаметр предыдущего инструмента.

Дублируйте операцию. В учебных целях задайте инструмент **Сферическая фреза** диаметром 5 мм, а **Диаметр предыдущего инструмента** равным 10 мм и рассчитайте операцию.

Результат показан на рис. 7-6; из рисунка видно, что зона обработки стала уже, а в вертикальном углу обрабатывается только нижняя часть. Верхняя часть доступна для инструмента диаметром 10 мм, заданного как предыдущий.

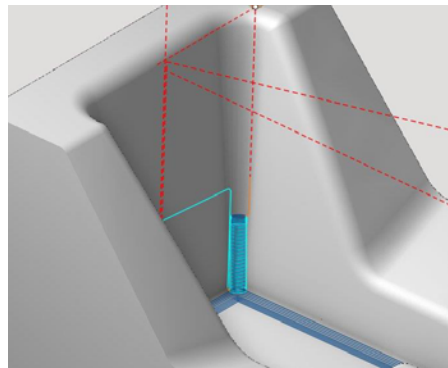


Рис. 7-6. Траектория подчистки углов.

3D контур и 6D контур

Операция предназначена для выполнения обработки вдоль произвольных пространственных кривых и/или ребер поверхностей.

Для знакомства с этой операцией используем тот же пример.

Создайте новую операцию **3D контур**.

В Рабочем задании выберите ребро как на рис. 7-7 (1) и нажмите на иконку Кривая (2).

Маркеры рабочего задания будут показаны плоскими и на уровне верха

модели (3).

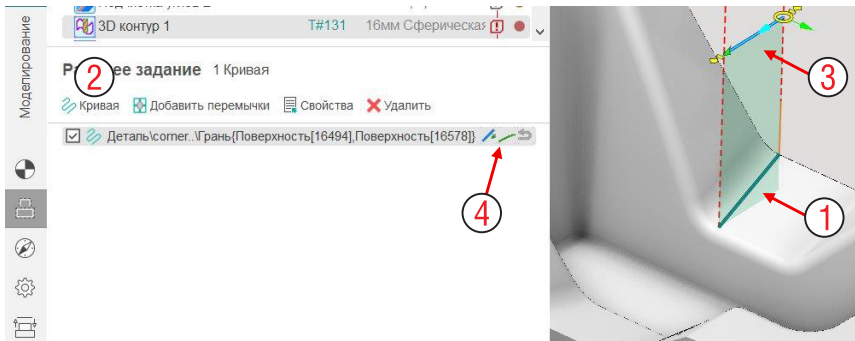


Рис. 7-7. Рабочее задание операции 3D контур.

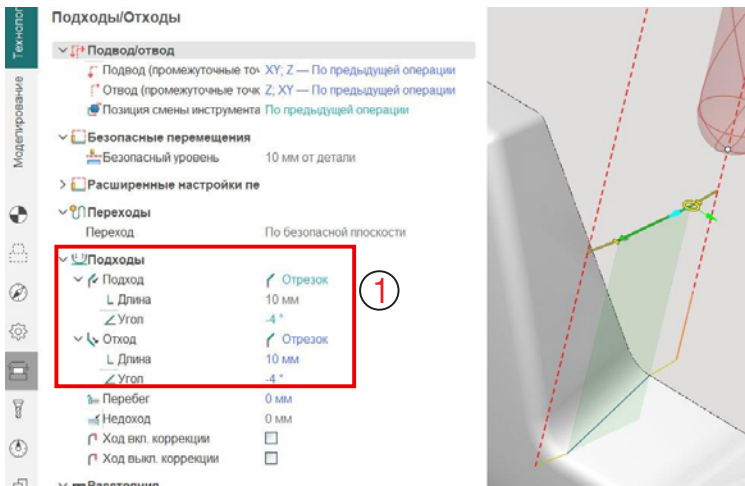


Рис. 7-8. Параметры подходов/отходов в операции.

Нам надо пройти ровно по кривой, потому переключите опция **Коррекция Вкл/выкл** (4).

Инструмент используем Сферическая фреза диаметром 16 мм. Рассчитайте операцию.

Инструмент пройдет ровно по заданному ребру и опускаться будет в материал.

Добавьте подход и отход, тип **Отрезок**, длина 10 мм (1 на рис. 7-8). Результат показан на рис. 7-8.

Обратите внимание, что траектория здесь строится так, что вершина инструмента движется ровно по ребру и в результате будет зарез детали. Это потому, что в этой операции не предусмотрено проецирование на деталь.

Для корректной обработки используем операцию 6D контур.

Создайте новую операцию **6D контур**.

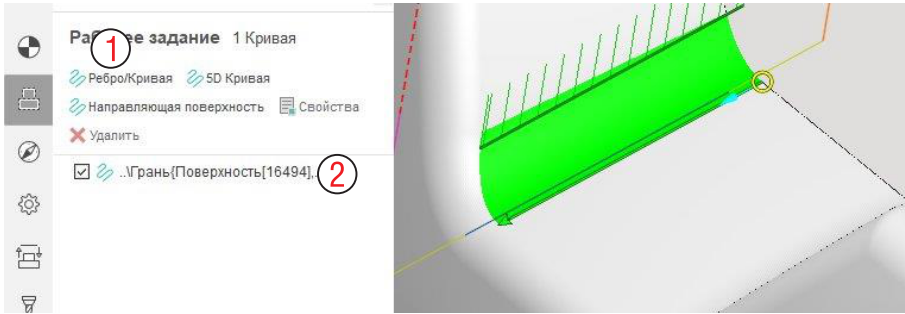


Рис. 7-9. Рабочее задание операции 6D контур.

В Рабочем задании снова выберите тоже ребро и нажмите на иконку Ребро/Кривая (1 на рис. 7-9).

В качестве инструмента задайте сферическую фрезу диаметром 16 мм. Рассчитайте операцию.

Система вместе с кривой выбирает и поверхность (2). У ребра 2 граничных поверхности; если выбралась не та, то стоя на ребре, нажмите на правую кнопку мыши и выполните команду **Альтернативная передняя сторона** (1 на рис. 10). Или надо нажать на кнопку свойства и включить флаг **С обратной стороны**.

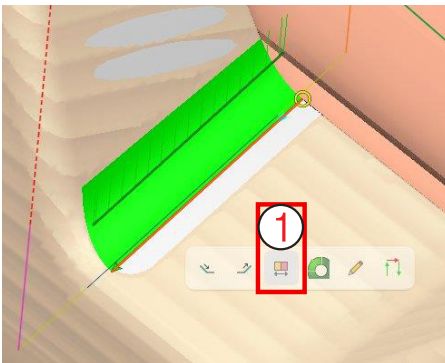


Рис. 7-10. Команда Альтернативная передняя сторона.

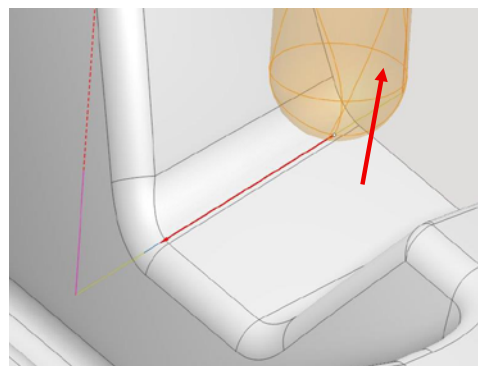


Рис. 7-11. Траектория операции 6D контур.

В результате траектория кончика инструмента будет смещена от выбранного ребра (рис. 7-11). На рисунке инструмент показан в начале рабочего хода, точка контакта (показана стрелкой) совпадает с началом ребра.

На вкладке Подходы/Отходы задайте подход и отход По касатель-

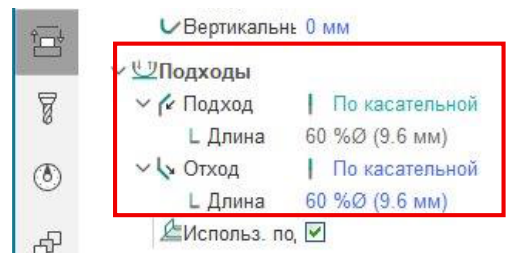


Рис. 7-12. Параметры подходов/отходов в операции.

ной (рис. 7-12). Пересчитайте операцию.

Дублируйте операцию. В копии замените рабочее задание на набор кривых как на рис. 7-13.

Рассчитайте операцию. Результат показан на этом же рисунке. Здесь еще лучше видно смещение траектории от выбранных ребер.

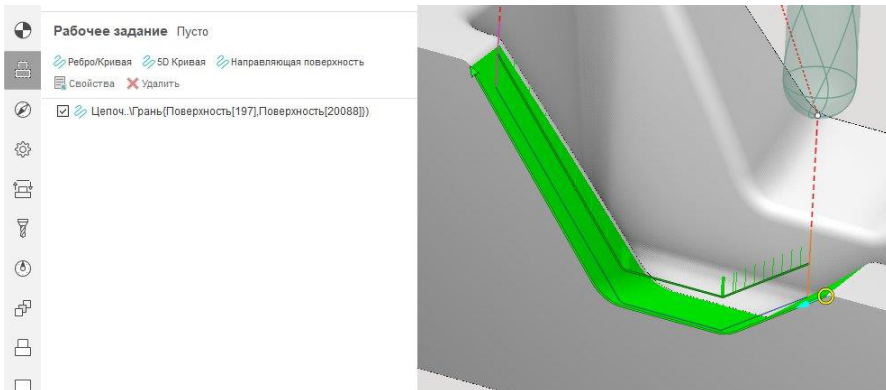


Рис. 7-13. Новое рабочее задание операции 6D контур.

К операции 6D контур мы вернемся при рассмотрении 5-осевых операций.

Обработка фасок

Эта операция снимает фаску по заданным ребрам или фаскам. Фаска может быть построена явно или задаваться параметрами операции.

Откройте проект chamfer1.

Создайте новую операцию **Обработка фасок**.

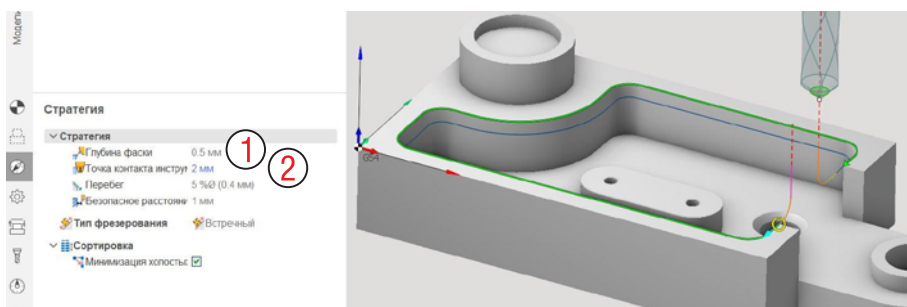


Рис. 7-14. Параметры стратегии операции Обработка фасок.

На вкладке **Рабочее задание** выберите ребро, как показано на рис. 7-14 и нажмите на иконку **Добавить острое ребро**.

На вкладке **Стратегия** проверьте параметры, заданные системой: **Глубина фаски** (1), **Точка контакта инструмента** (2).

Параметр **Глубина фаски** не используется, если явно задана поверхность фаски. Эти параметры иллюстрируют рисунки 7-15 и 7-16.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

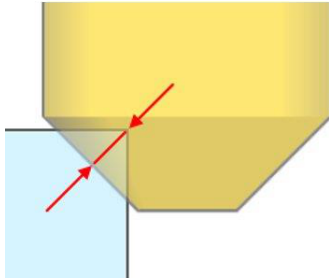


Рис. 7-15. Контекстная подсказка для параметра Глубина фаски.

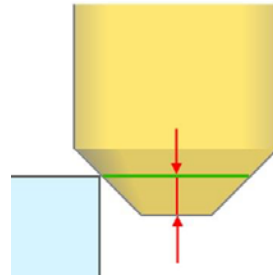


Рис. 7-16. Контекстная подсказка для параметра Точка контакта инструмента.

Дублируйте операцию.

В рабочем задании удалите старое задание, выберите поверхность фаски как на рис. 7-17 и нажмите на иконку Добавить поверхность (1). Рассчитайте операцию.

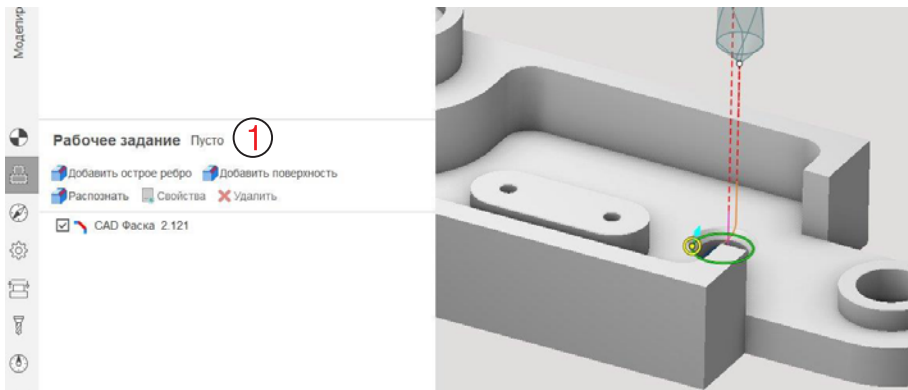


Рис. 7-17. Рабочее задание с указанием поверхности фаски.

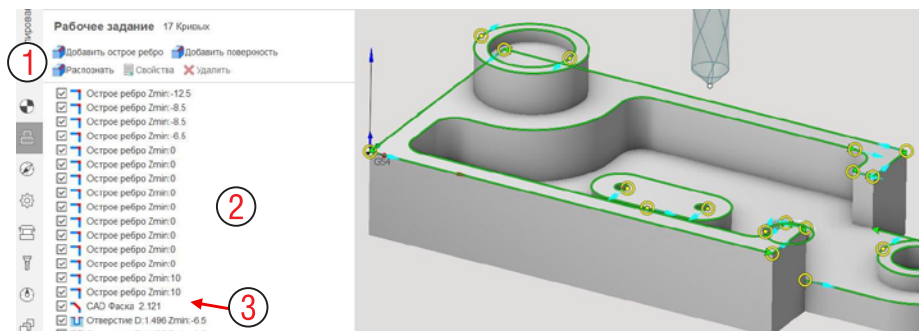


Рис. 7-18. Команда Распознать в операции обработки фасок.

Еще раз дублируйте операцию.

В рабочем задании удалите старое задание и нажмите на иконку Распознать (1 на рис. 7-18).

Система находит ребра и фаски и формирует список (2). В нашем списке можно увидеть, что одна фаска задана явно и обозначена CAD фаска (3).

Рассчитайте операцию.

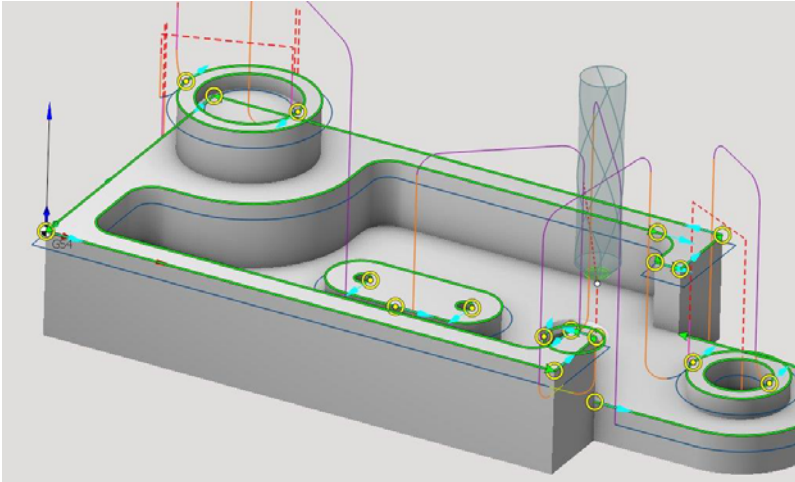


Рис. 7-19. Траектория операции обработки фасок.

Результат показан на рис. 7-19. Порядок обхода элементов можно изменить на вкладке Стратегия – Сортировка. По умолчанию включен параметр Минимизация холостых ходов. Если его снять, то порядок обработки будет определяться списком элементов рабочего задания.

Фасонный инструмент

СПРУТКАМ поддерживает работу фасонным инструментом. Проиллюстрируем это на примере обработки выпуклого радиуса одним проходом.

Геометрия фасонной фрезы задается образующей. Контур для задания образующей может быть получен из импортированной модели или нарисован как **Чертеж**. Мы создадим его как чертеж.

Продолжаем работать с тем же примером. В режиме **Модель** выберите имя нашей детали (1 на рис. 7-20) и нажмите на иконку **Чертеж** (2).

Новый объект **Чертеж 1** появится в навигаторе модели (1 на рис. 7-21). В верхней части экрана появятся иконки построения элементов чертежа.

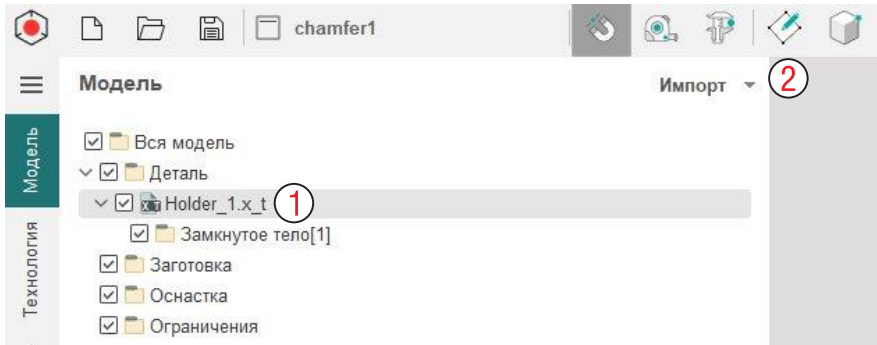


Рис. 7-20. Вызов среды построения чертежа.

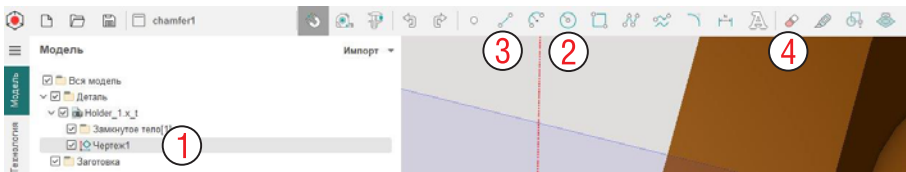


Рис. 7-21. Панель инструментов построения чертежа.

Чертеж строится в плоскости XY, причем ось Y будет осью вращения инструмента.

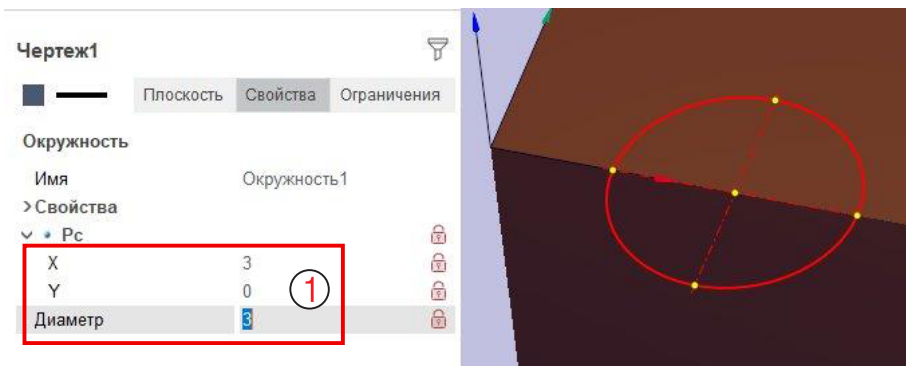


Рис. 7-22. Построение контура фасонного инструмента. Этап 1.

Нажмите на иконку **Окружность по центру и радиусу** (2) и постройте окружность в точке X3 Y0 диаметром 3 мм. Т.к. нас интересуют точные размеры – введите их явно (1 на рис. 7-22). Нажмите Enter для завершения построения.

Постройте еще 2 отрезка с помощью функции **Отрезок** (3 на рис. 7-21) как на рис. 7-23, используя привязки к началу координат и к центру окружности. Координату Y задайте примерно как на рис.

Далее с помощью функции **Обрезка** (4 на рис. 7-21) удалите части окружности и прямых, чтобы получился контур как на рис. 7-24.

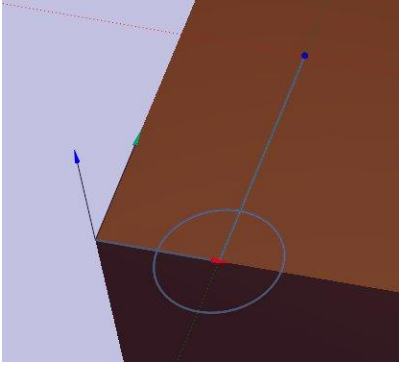


Рис. 7-23. Построение контура фасонного инструмента. Этап 2.

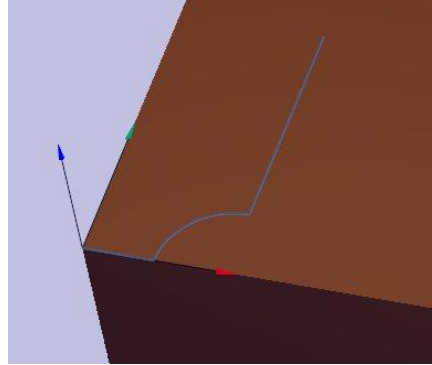


Рис. 7-24. Контур фасонного инструмента.

Далее нам надо сделать наш контур единым объектом. Для этого используйте функцию **Контур по области или цепочкой** (1 на рис. 7-25) и укажите любой элемент контура. Единый объект **Контур** будет создан.

Далее в режиме Модель выберите имя нашей детали (1 на рис. 7-26), далее выберите Чертеж 1 в нижней части навигатора (2) и из контекстного меню выполните команду **Сохранить как инструмент** (3).

Новое диалоговое окно появится (рис. 7-27).

Тип **Фасонный инструмент** (1) оставим без изменения, **Имя** (2) пока тоже менять не будем; но если вы будете использовать много фасонных инструментов, то лучше задать значимое имя, чтобы потом можно было его выбрать. Все созданные инструменты отображаются в окне слева (3).

Нажмите Да (4), чтобы сохранить инструмент и закрыть окно.

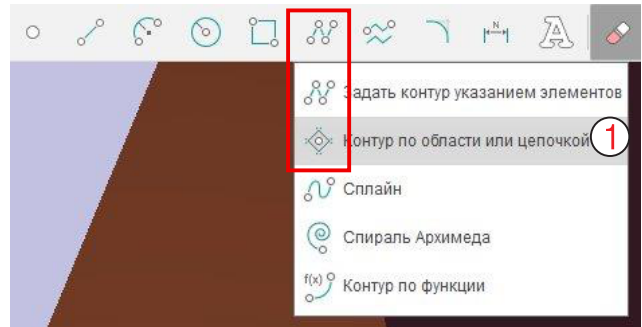


Рис. 7-25. Объединение контура в единый объект.

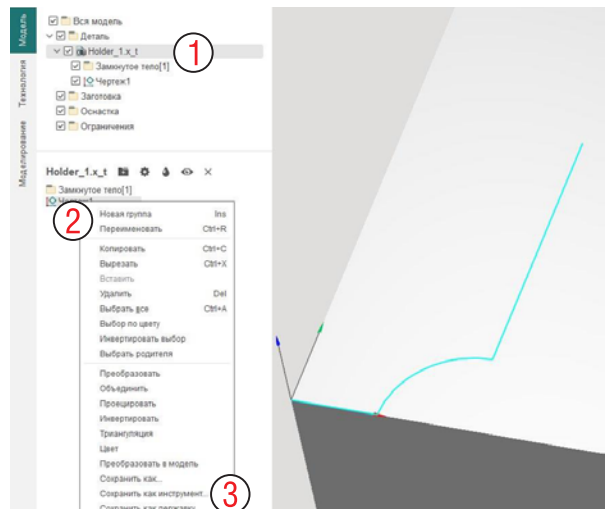


Рис. 7-26. Команда Сохранить как инструмент.

Вновь созданный инструмент используем в операции **2D Контур**.

Создайте новую операцию **2D Контур**. В Рабочем задании укажите ребро, показанное стрелкой на рис. 7-28 и нажмите на иконку **Кривая** (1). Проверьте иконку **Коррекция Вкл/Выкл** (2), она должна быть включена.

Перейдите на вкладку **Инструмент**. Нам надо использовать вновь созданный фасонный инструмент.

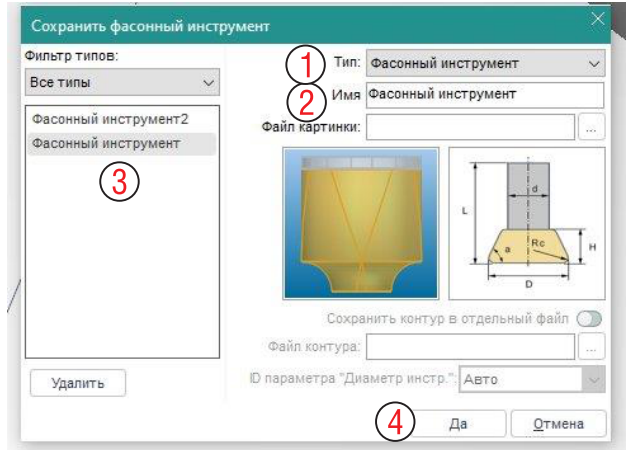


Рис. 7-27. Диалоговое окно команды Сохранить как инструмент.

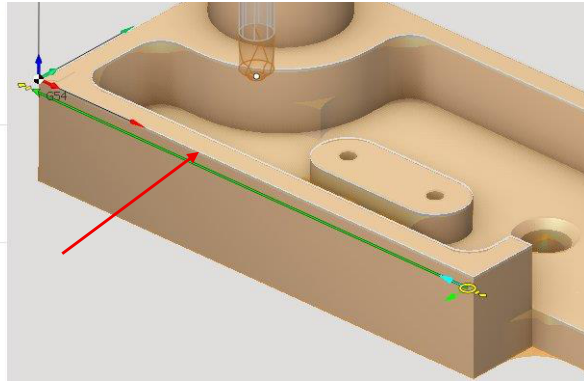
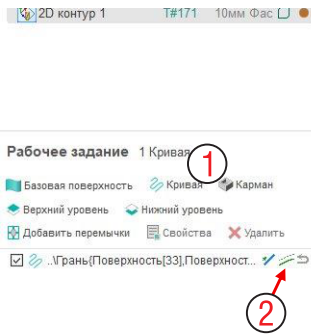


Рис. 7-28. Рабочее задание операции 2D контур.

Нажмите на иконку **Добавить фрезерный инструмент** (1 на рис. 7-29). Система добавит новую цилиндрическую фрезу. Выберите ее и в нижней части окна измените **Группу** на **Фасонный инструмент** (2), параметр **Подтип** (3) позволяет выбрать нужный фасонный инструмент (если он один, то он уже выбран).

Эскиз слева абстрактный, а картинка справа показывает реальную геометрию фрезы. Нажмите на кнопку **Применить к операции** (или зеленую птичку для подтверждения выбора). Это зависит от способа вызова **Списка инструментов**.

Возвращаемся к настройкам операции.

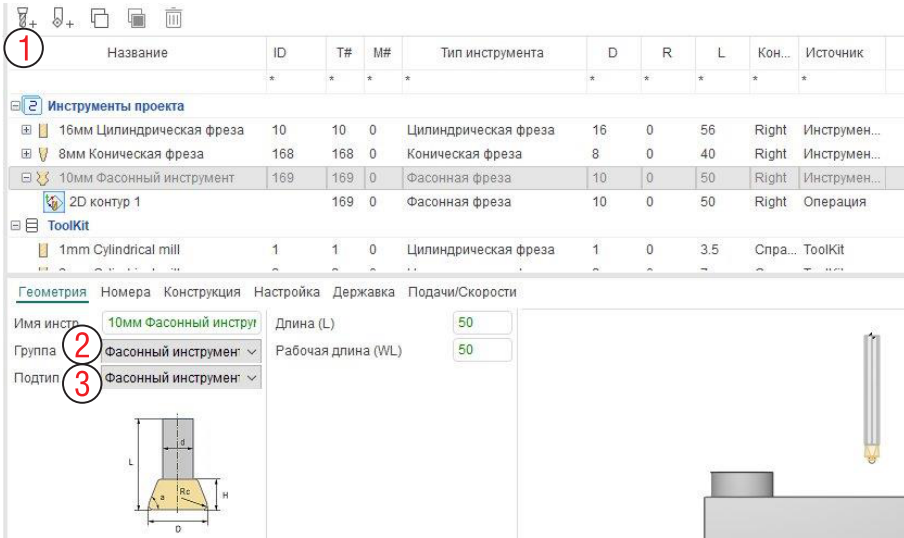


Рис. 7-29. Вызов фасонного инструмента в окне Список инструментов.

На вкладке **Стратегия** задайте верхний и нижний уровень как -1.5 мм. Т.е. кончик инструмента будет ниже ребра на величину радиуса.

На вкладке **Инструмент** задайте параметр **Точка контакта** (1 на рис. 7-30) как **Высота. Значение** (2) оставляем 0. Т.е. на виде сверху инструмент касается профиля диаметром 3 мм. Рассчитайте операцию.

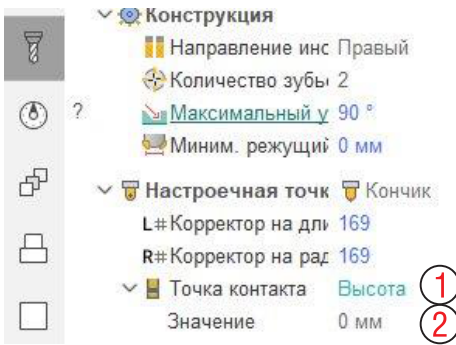


Рис. 7-30. Параметр Точка контакта вкладки Инструмент.

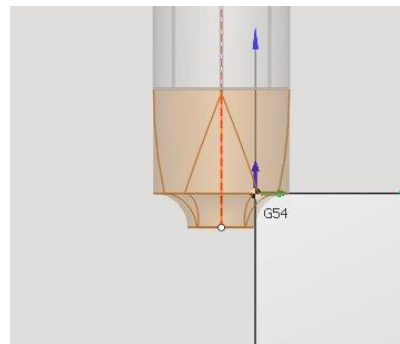


Рис. 7-31. Требуемое положение фасонного инструмента.

В режиме **Моделирование** в покадровом режиме подведите инструмент к началу рабочего хода. Должно быть как на рис. 7-31.

Т.к. радиус в модели не задан, система определяет зарез детали. Можно его игнорировать, но лучше на вкладке **Параметры** выключить параметр **Контроль зарезов**.

Поднутрение послойное

Здесь рассмотрим обработку поднутрений дисковой фрезой на 3-осевом станке. Для этого существует специальная операция.

Откройте проект Undercut0.

Здесь уже создана фреза, но нет операций.

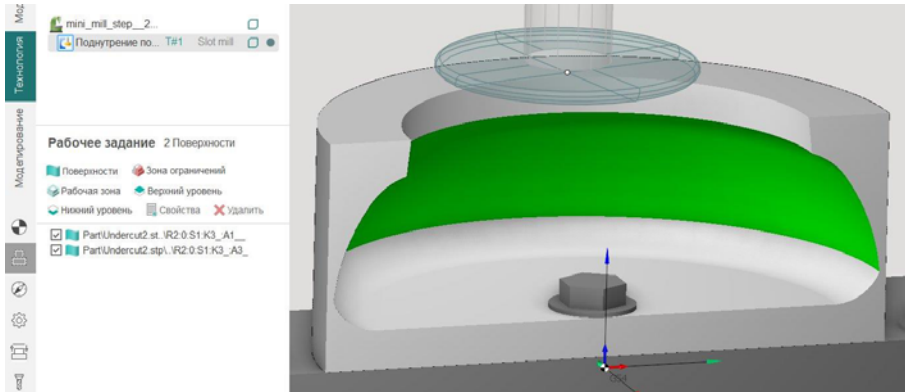


Рис. 7-32. Рабочее задание операции Поднутрение послойное.

Создайте новую операцию **Поднутрение послойное**. В рабочем задании укажите 2 поверхности как на рис. 7-32.

Заготовку задайте как отливку с припуском 1 мм (рис. 7-33). Это делаем в учебных целях, чтобы не создавать черновые операции.

Рассчитайте операцию.

Результат показан на рис. 7-34. На порядок обработки влияет параметр **Сортировка – Направление – Сверху вниз** (1). Обратите внимание, что система добавляет подходы и отходы по дуге, равной примерно радиусу инструмента (1 на рис. 7-35).

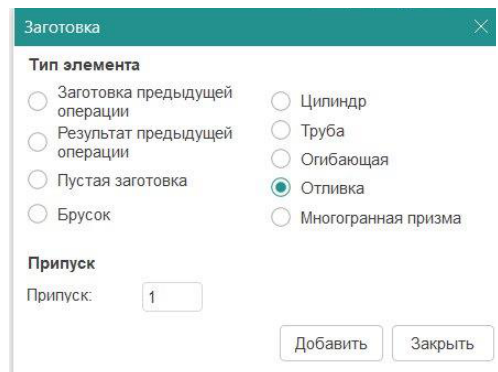


Рис. 7-33. Задание заготовки в операции.

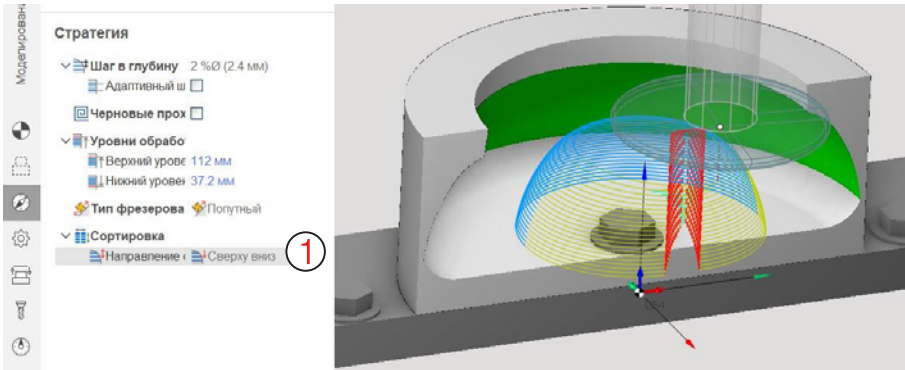


Рис. 7-34. Траектория операции Поднутрение послыное.

Но у нас остаются подъемы и опускания (показаны красным). Они определяются параметром **Тип перехода** (2). В данном случае они не нужны, потому отредактируем параметры переходов.

Задайте переходы как на рис. 7-36 и рассчитайте операцию. Должно получиться как на рис.

На этом мы заканчиваем рассмотрение чистовых 3-осевых операций.

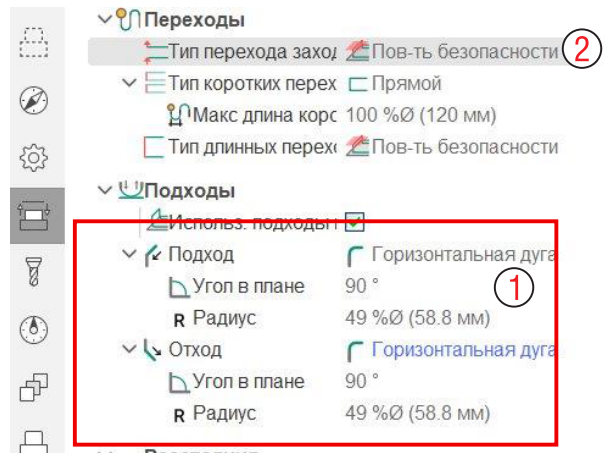


Рис. 7-35. Подходы в операции Поднутрение послыное.

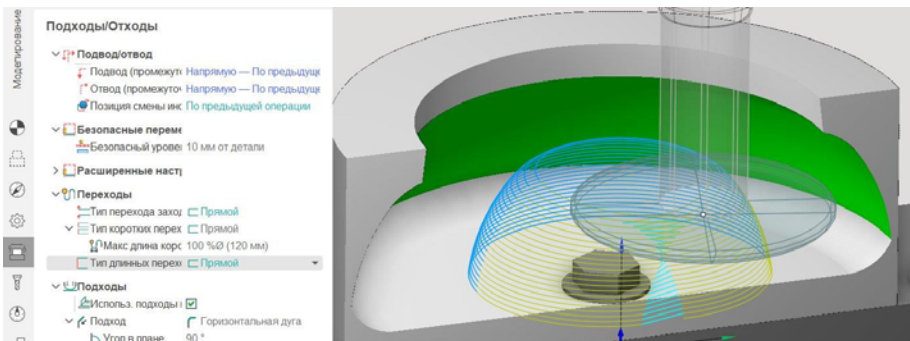


Рис. 7-36. Отредактированная траектория операции Поднутрение послыное.

Глава 8. 5-осевая позиционная или 3+2-осевая обработка

Часто призматические детали требуют обработки с разных сторон. Такая обработка может выполняться с несколькими установками на разных станках, а при наличии 5-осевого станка может выполняться на одном станке, когда поворотные оси являются установочными. В таких случаях говорят о 5-осевой позиционной обработке или о 3+2-осевой обработке.

При этом виде обработки поворотные движения выполняются вне процесса резания. Это как бы набор 3-осевых траекторий, выполняемых для разного положения оси инструмента. В этом случае жесткость технологической системы существенно выше, так как поворотные оси зажаты в процессе резания.

5-осевое позиционирование выполняется путем задания разной **Ориентации инструмента** в операциях. Все фрезерные операции могут использоваться для обработки детали с разных сторон.

Еще одна настройка связана с использованием локальной системы координат в операции. При выборе значения «Авто» направление оси Z в локальной системе координат автоматически устанавливается вдоль оси инструмента. Это обеспечивает вывод в УП позиционных циклов (Heidenhain CYCLE 19, Plane function) и УЧПУ осуществляет пересчет положения ноля детали и настроечной точки инструмента в соответствии с реальным положением рабочих органов станка.

Настройки 3+2-осевой обработки для фрезерования

Откройте проект Slovtos0.

Требуется обработать деталь с 4-сторон. Станок в проекте уже задан – это 4-осевой станок с поворотной осью A.

Создайте операцию **Обработка торца**.

В ней используется ориентация инструмента по умолчанию. Должно быть как на рис. 8-1.

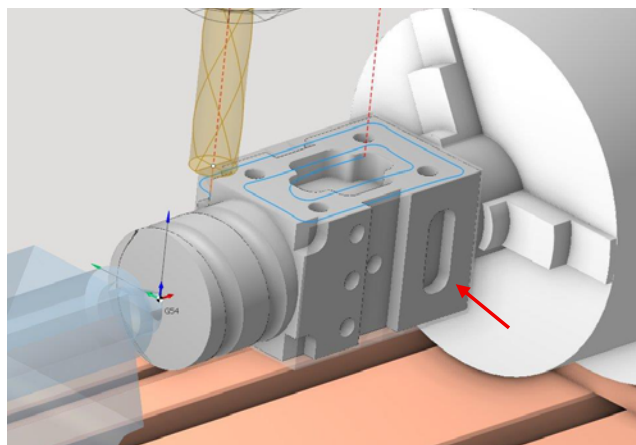


Рис. 8-1. Ориентация инструмента в первой операции.

Дублируйте операцию. В копии операции на вкладке **Наладка** нажмите 3 точки у параметра **Ориентация инструмента** (1 на рис. 8-2). Новое диалоговое окно появится. В окне ничего не нажимайте, а просто укажите грань, показанную стрелкой на рис. 8-1. Деталь развернется указанной гранью к инструменту (рис. 8-2).

Нажмите **Да** (2), чтобы подтвердить и закрыть окно.

Обратите внимание, что параметр **Локальная СК** установлен в значение **Авто** (3).

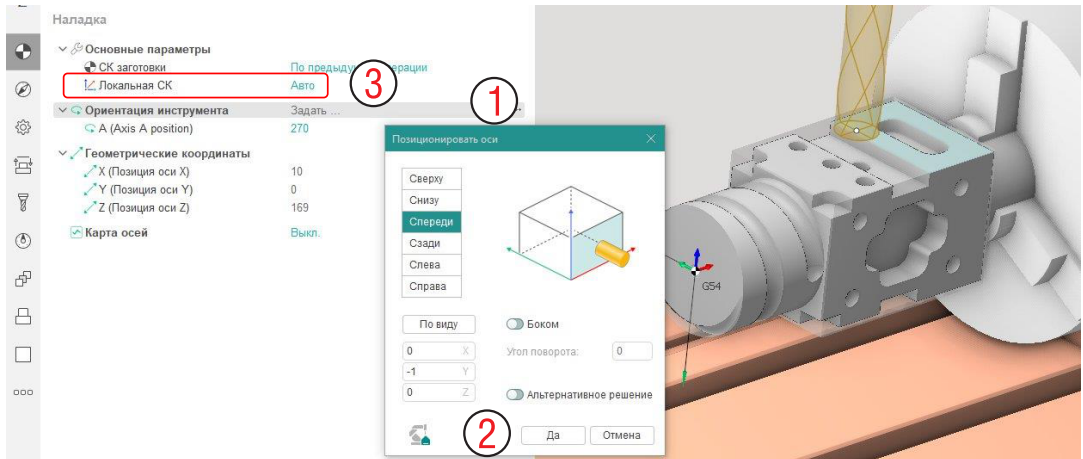


Рис. 8-2. Смена ориентации инструмента на вкладке **Наладка**.

Рассчитайте операцию.

Аналогично обработайте еще 2 грани.

Выполните моделирование обработки с учетом станка.

Далее переходим к пазам и карманам.

Создайте операцию **Черновая послыонная** для обработки паза и карманов как на рис. 8-3.

Ориентацию инструмента задайте по одной из граней, заданных в рабочем задании.

На рис. 8-3 использована эквидистантная стратегия и 1 проход исключительно для наглядности.

Аналогично обработайте пазы и карманы на других гранях.

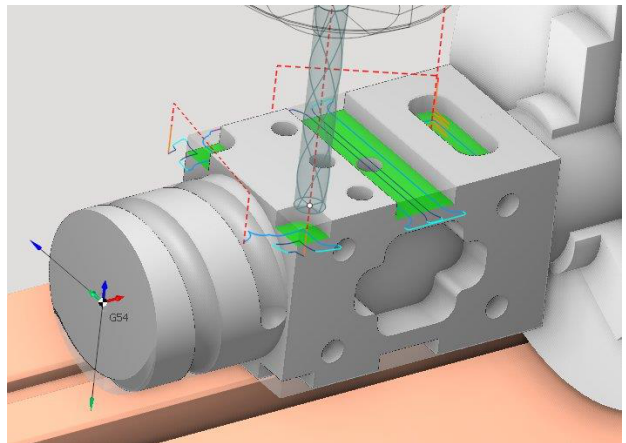


Рис. 8-3. Рабочее задание для второй операции.

Настройки 3+2-осевой обработки для сверления

Продолжим работать с предыдущим примером.
Создайте операцию **Обработка отверстий**.
Дважды щелкните по одному из отверстий.

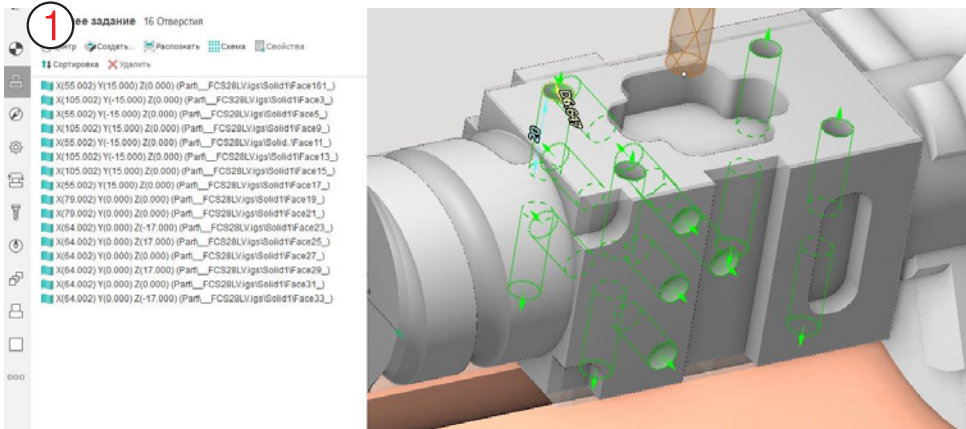


Рис. 8-4. Рабочее задание операции Обработка отверстий.

СПРУТКАМ выберет все отверстия данного диаметра независимо от ориентации.

На вкладке Рабочее задание нажмите Центр (1 на рис. 8-4). Список отверстий появится.



Рис. 8-5. Настройки операции Обработка отверстий для 3+2 осевой обработки.

Ориентация инструмента для данного случая задается по другому.

На вкладке Настройка выключите параметр **Локальная СК** (1 на рис. 8-5). На вкладке Стратегия включите параметр **Использовать систему координат отверстий** (2).

Эти настройки обеспечат нам смену ориентации инструмента при переходе к отверстиям другой ориентации.

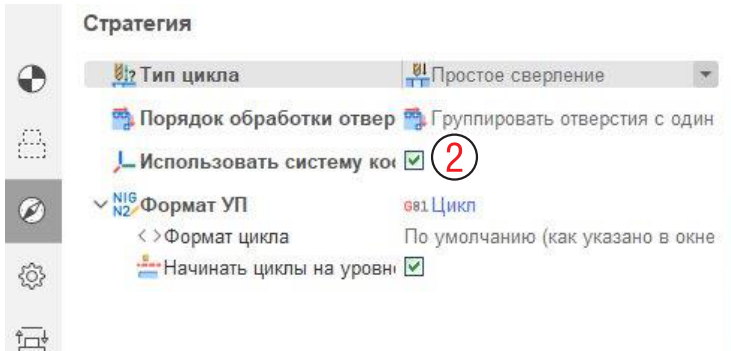


Рис. 8-6. Использование цилиндра безопасности для переходов.

Проверьте диаметр инструмента в операции. Он должен быть меньше или равен диаметру отверстий. При необходимости, измените его.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

При наличии проблем надо проверить направление обработки (зеленую стрелку) отверстий. При необходимости, щелкните по ней для реверса направления.

Пересчитайте операцию.

Теперь почти хорошо, но лучше изменить **Поверхность безопасности**. В 3-осевых операциях мы всегда использовали плоскость безопасности. При обработке со сменой ориентации инструмента лучше использовать цилиндр или сферу безопасности.

На вкладке Подходы/Отходы задайте поверхность безопасности – Цилиндр (1 на рис. 8-7). А параметры Переходов установите в значение Через поверхность безопасности (2)

Пересчитайте операцию. Должно быть как на рис. 8-6.

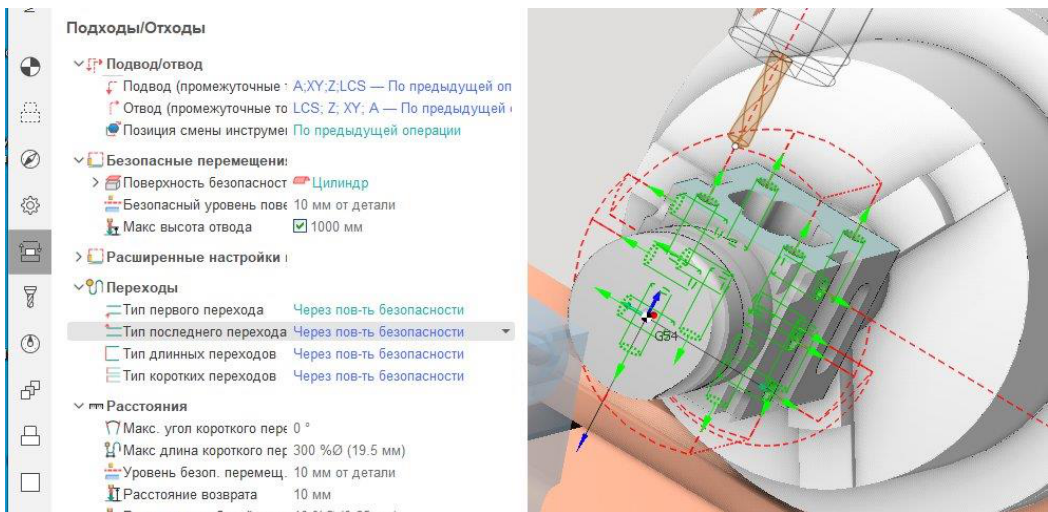


Рис. 8-7. Модель для показа FBM фрезерования.

Операция FBM фрезерование

Эта операция может быть и 3-осевой, но больший эффект достигается при 5-осевой позиционной обработке. Поэтому она рассмотрена в этой главе.

FBM фрезерование – это групповая операция, позволяющая выполнять обработку на базе конструктивно-технологических элементов (КТЭ). При создании операции система автоматически распознает известные ей типовые элементы в текущей детали. После этого для распознанных элементов надо назначить технологические процессы из библиотеки **FBM Тех. Процессы**; и СПРУТКАМ автоматически сформирует последовательность операций, необходимых для обработки элементов.

Откройте проект 5D Stage drilling0. В нем нет операций.

Обрабатываемая деталь, установленная на стол 5-осевого станка, показана на рис. 8-7.

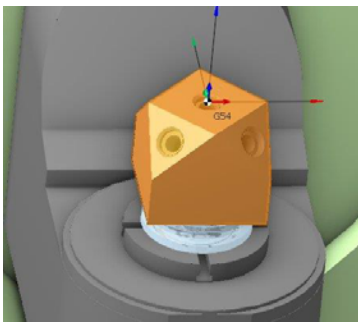


Рис. 8-8. Операция FBM фрезерование в меню.

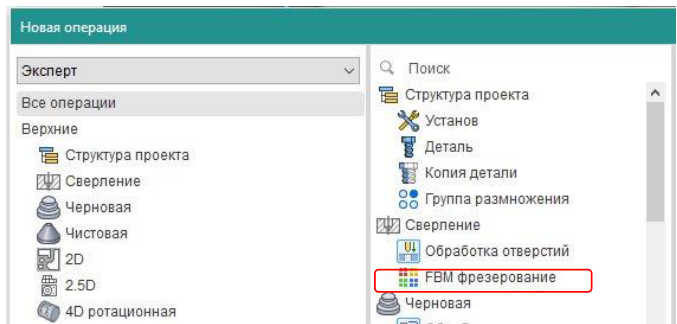


Рис. 8-9. Дерево распознанных элементов.

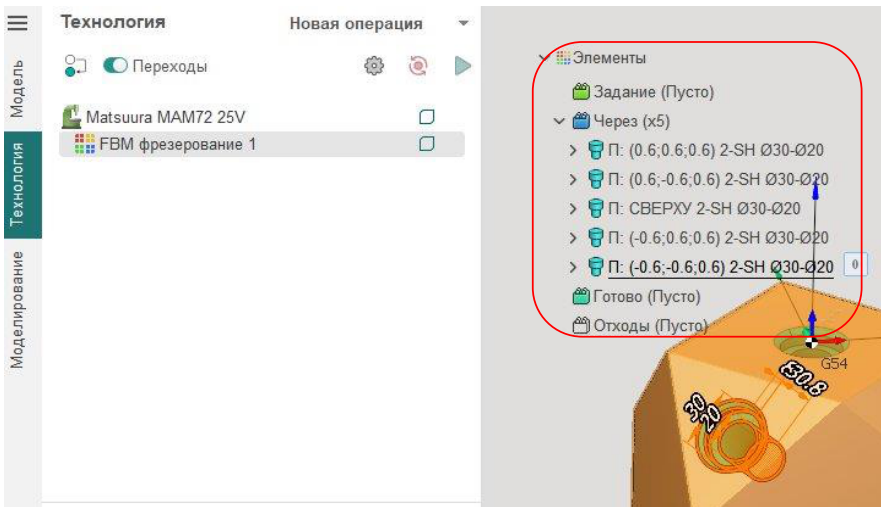


Рис. 8-10. Меню задания операций для элементов.

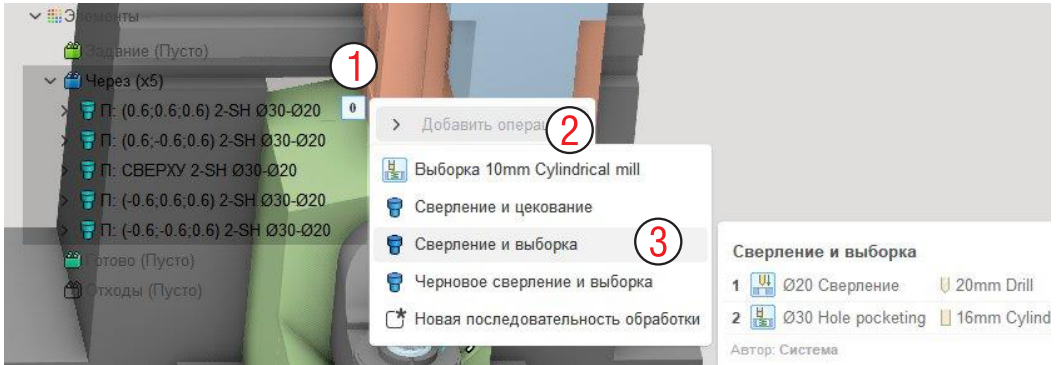


Рис. 8-11. Параметры подопераций операции FBM фрезерование.

Создайте новую операцию **FBM фрезерование**, она находится в группе **Сверление** (рис. 8-8).

При создании пустой операции СПРУТКАМ распознает конструктивные элементы и организует их в иерархическую древовидную структуру (рис. 8-9).

Наведите мышкой поочередно на распознанные элементы – они подсвечиваются в графическом окне.

Т.к. элементы одинаковые, выберите их все и напротив первого нажмите на иконку с символом 0 (0 операций пока) (1 на рис. 8-10) и нажмите Добавить операцию (2). Система предложит варианты технологии, выберите Сверление и выборка (3).

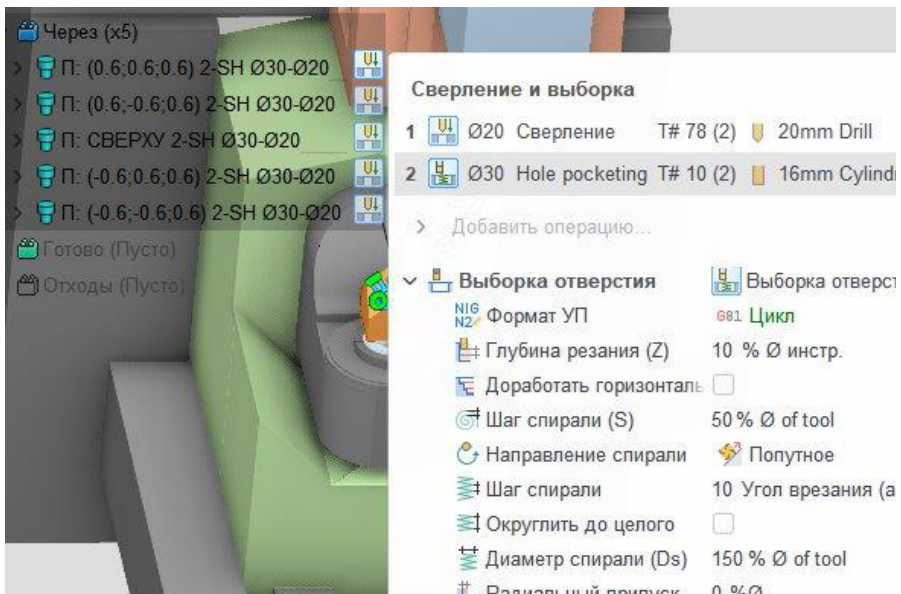


Рис. 8-12. Иерархия операций и подопераций в режиме Технология.

Открывается новое диалоговое окно с параметрами операций (рис. 8-11).

А в навигаторе операций отобразятся 2 новые подоперации как вложенные в операцию **FBM фрезерование 1** (рис. 8-12).



Рис. 8-13. Результат моделирования обработки операции FBM фрезерование.

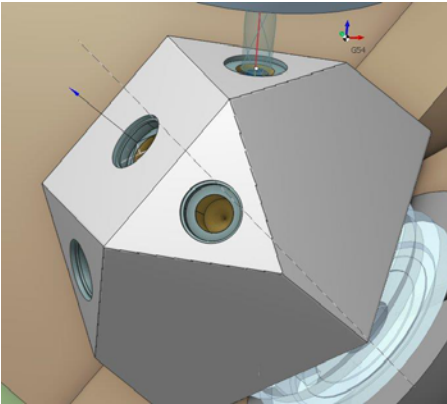


Рис. 8-14. Меню элементов с назначенной технологией обработки.

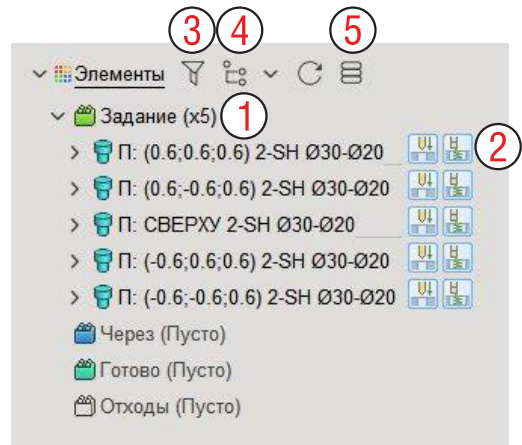


Рис. 8-15. Библиотека техпроцессов КЭ.

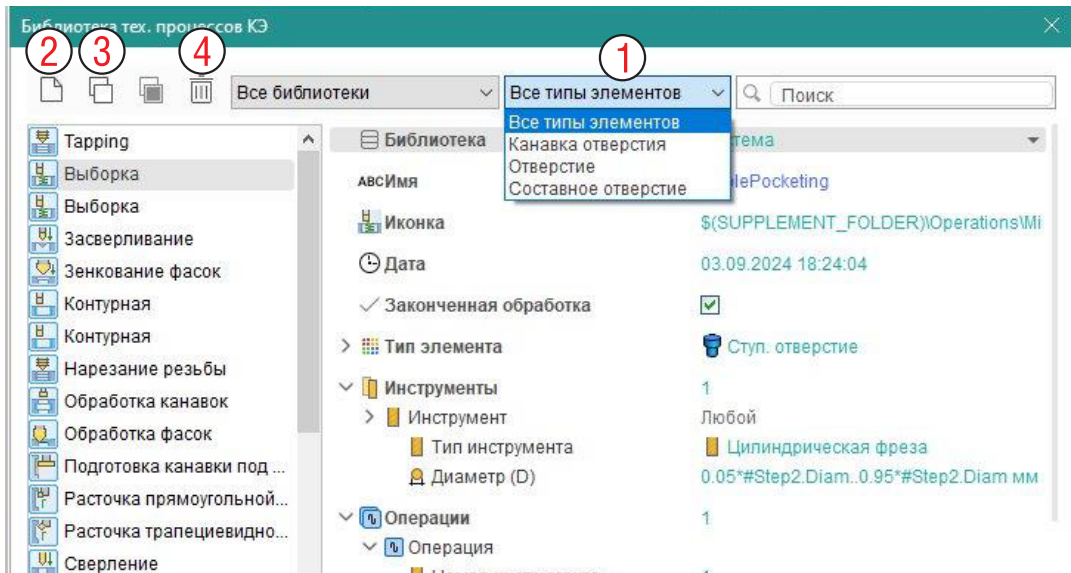


Рис. 8-16. Иерархия библиотек КЭ.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки. Результат моделирования показан на рис. 8-13.

В меню элементов можно видеть, что элементы теперь отображаются в группе **Задание** (1 на рис. 8-14), т.к. на них назначена технология. Для обработки каждого элемента используются 2 операции (2).

Если навести курсор на заголовок **Элементы**, то появятся дополнительные иконки:

3 – **Фильтровать элементы по текущей плоскости** (используется в 3-осевой обработке);

4 – **Определить порядок групп**;

5 – **Библиотека тех. процессов.**

Нажмите на иконку **Библиотека тех. процессов**, новое диалоговое окно появится (рис. 8-15). Слева – список настроенных техпроцессов.

Нажмите на выпадающий список Все типы элементов (1). Здесь можно увидеть, какие элементы поддерживаются библиотекой.

В верхней части окна есть иконки для создания нового техпроцесса (2), копирования (3) и удаления техпроцесса (4). По умолчанию показываются все техпроцессы; если нажать на выпадающий список (рис. 8-16), то увидим, что библиотеки бывают 3 типов: система, все пользователи, личные. **Библиотека Система защищен** от изменений.

Рассмотрим еще один пример.

Откройте проект FBM_3+2 part0.

Здесь есть 2 операции предварительной обработки.

Создайте новую операцию **FBM фрезерование**.

Дерево элементов будет показано в графической области (рис. 8-17). В этот раз структура элементов более сложная. Выделены группы элементов **Сверху** (1) и **Снизу** (2). И в этих группах одинаковые элементы; это потому, что сквозные отверстия можно обрабатывать с 2 сторон. Мы будем использовать группу **Сверху**.

Для простых элементов назначьте технологию явно. Например, на рис. 8-18 показано, что для отверстий диаметром 11 мм (1) назначаем сверление сверлом диаметром 11 мм (2).

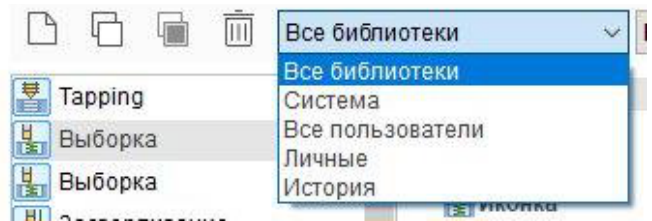


Рис. 8-17. Дерево элементов примера 2.

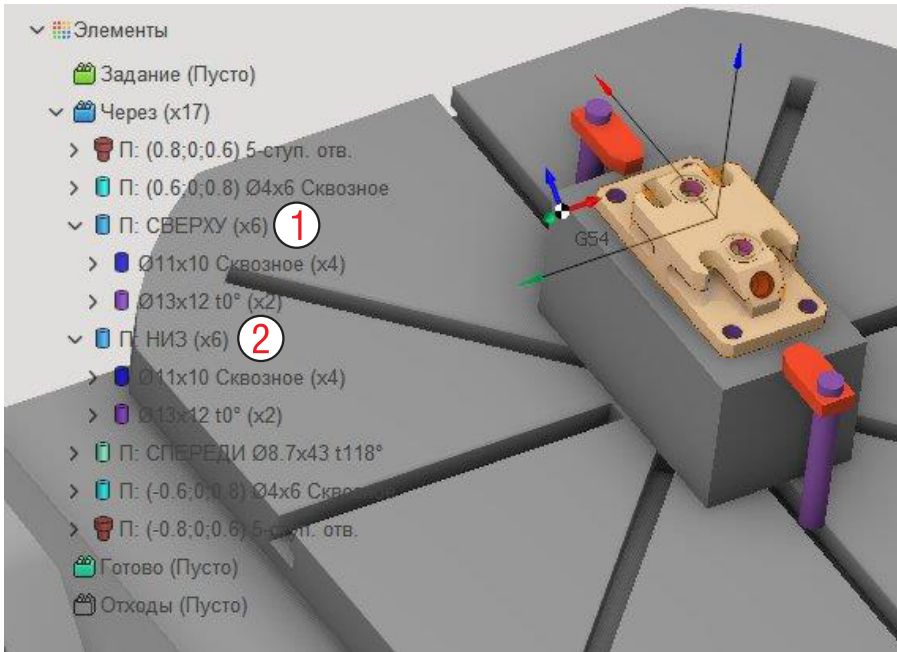


Рис. 8-18. Назначение операций для элементов.

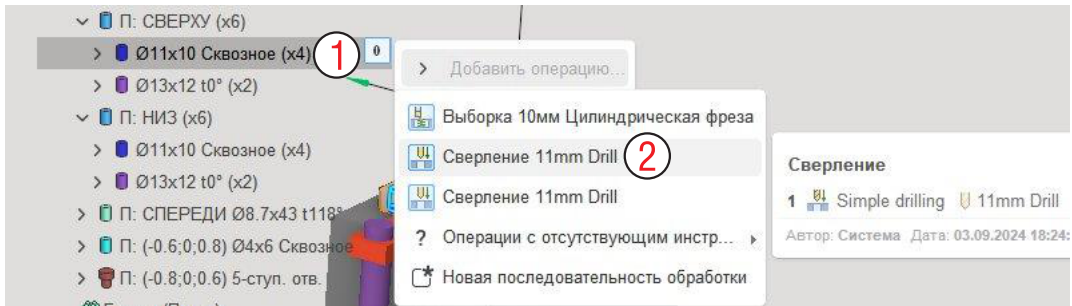


Рис. 8-19. Работа с операцией с отсутствующим инструментом.

Назначьте технологию на остальные простые отверстия, выбирая их поочередно.

Для отверстия диаметром 8.7 мм система не смогла подобрать инструмент. В этом случае используйте опцию **Операции с отсутствующим инструментом** (рис. 8-19).

На рис. 8-20 показаны элементы с уже назначенной технологией (1)).

Выберите два 5-ступенчатых отверстия (2), нажмите **Добавить операцию – Новая последовательность обработки** (3).

Все ступени элементов подсвечены в графической области и выделены их размеры. Это помогает далее при назначении технологии.

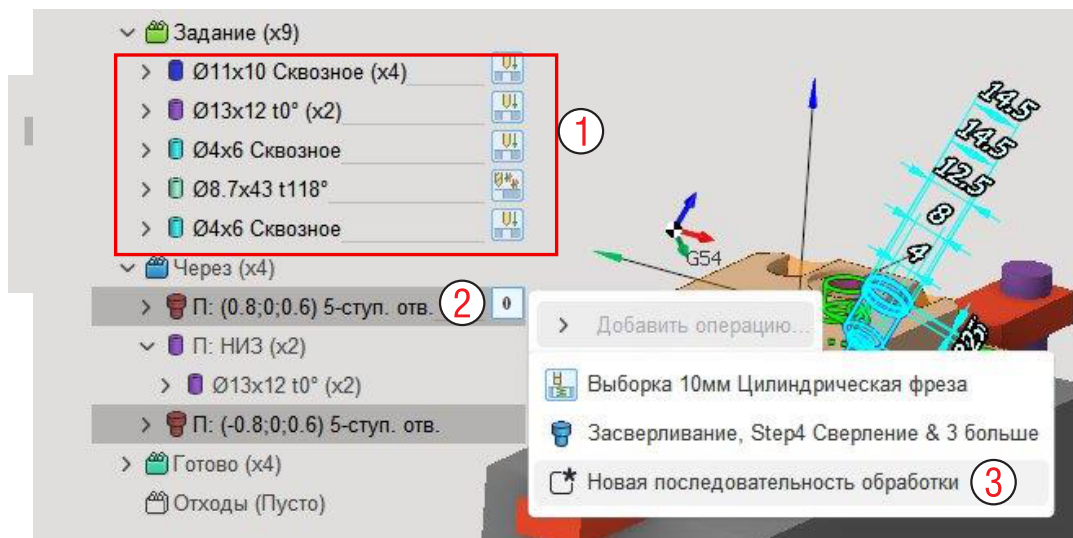


Рис. 8-20. Задание новой последовательности обработки. Шаг 1.

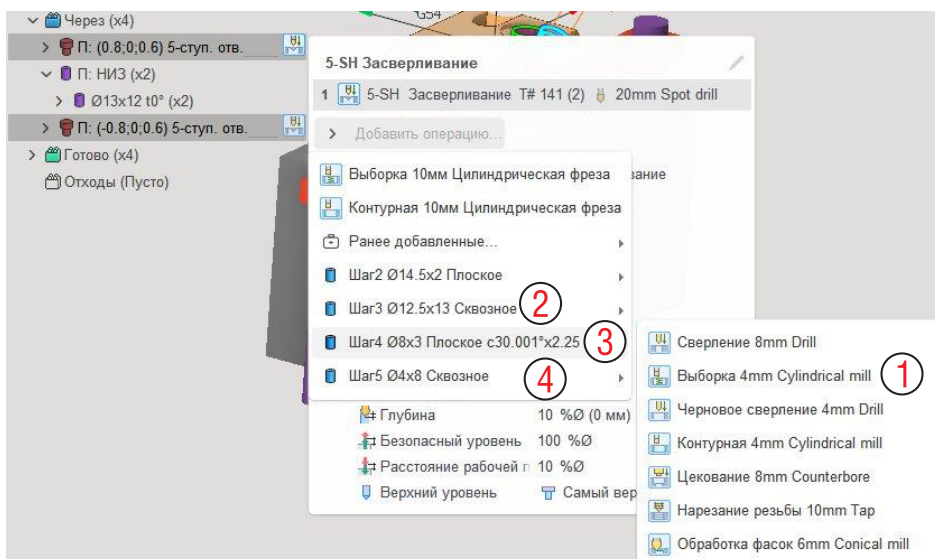


Рис. 8-21. Задание новой последовательности обработки. Шаг 2.

Нажмите **Добавить операцию** и в качестве первого шага задайте **Засверливание**; далее снова **Добавить операцию** и задайте, как вариант, **сверление отверстий диаметром 8 мм** (1 на рис. 8-21). Далее задайте выборку ступени диаметром 14.5 мм (2) и затем – диаметром 12.5 мм (3). Последним шагом задайте сверление отверстия диаметром 4 мм (4).

В итоге должно получиться так (рис. 8-22).

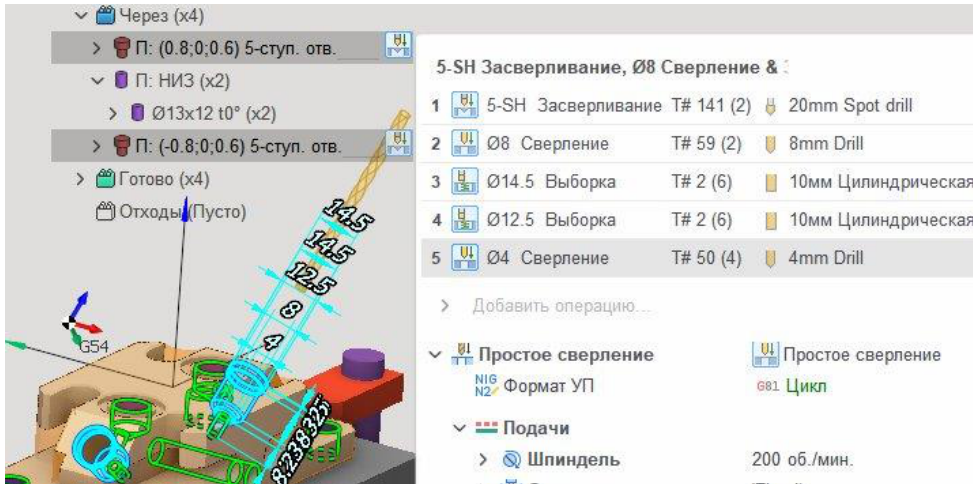


Рис. 8-22. Готовая последовательность обработки.

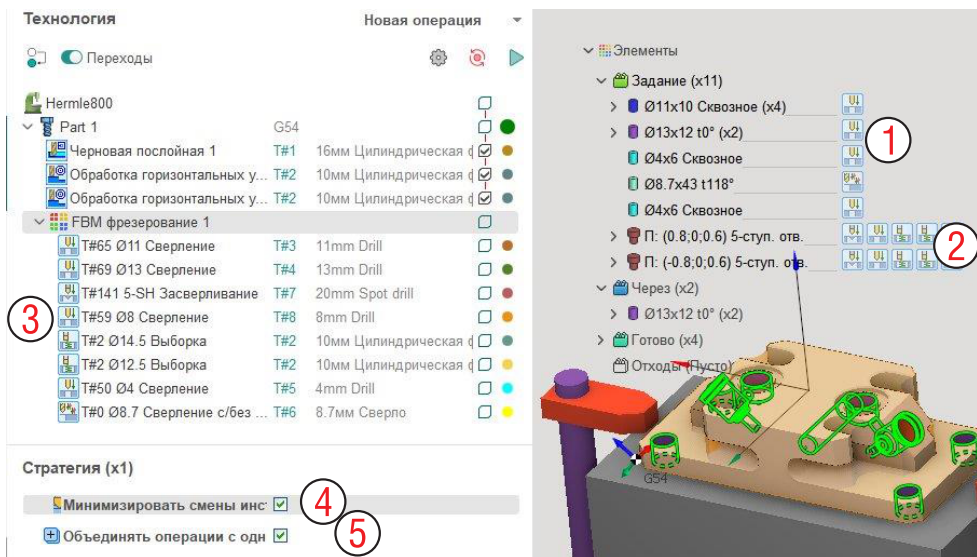


Рис. 8-23. Меню элементов с назначенной технологией обработки.

Щелкните курсором в стороне от элемента, задание теперь примет такой вид (рис. 8-23): 5 элементов – по одной операции (1), 2 элемента – по 5 операций (2).

В навигаторе операций картина немного другая (3). Сработали опции, заданные на вкладке Стратегия: Минимизировать смены инструмента (4) и Объединять операции с одним инструментом (5).

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

В подоперациях, конечно, есть ошибки, т.к. система назначает технологию без учета расположения элемента на детали (например, отверстие диаметром 4 мм находится ниже верхнего уровня детали).

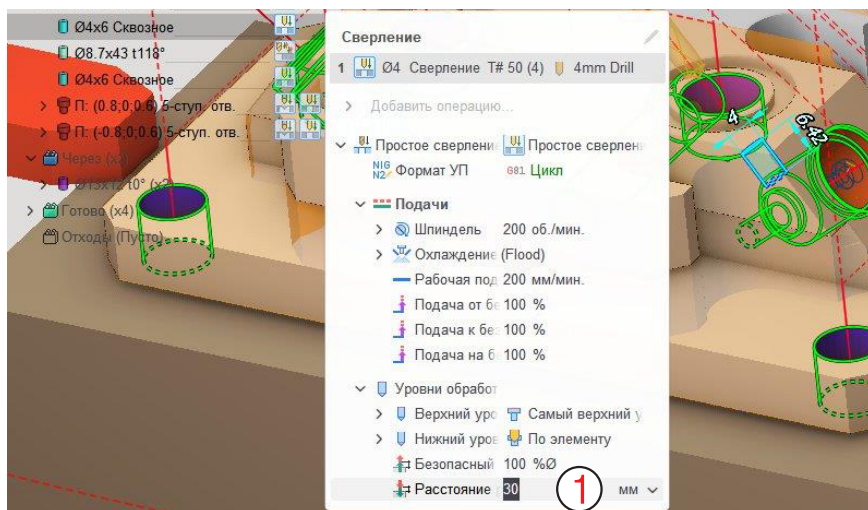


Рис. 8-24. Редактирование параметров подопераций.

Поэтому в проблемных подоперациях надо изменить высоту безопасности, расстояние подвода. Эти параметры редактируются из меню элементов при нажатии на иконку нужной операции. Для примера, на рис. 8-24 показано, как изменить расстояние подвода (1) в подоперации сверления отверстий диаметром 4 мм.

В некоторых операциях надо изменить длину инструмента, это делается на вкладке **Инструмент** как обычно.

Выполните редактирование параметров подопераций и инструмента самостоятельно и пересчитайте операцию.

Если создать еще одну операцию FBM фрезерования (рис. 8-25), то в меню элементов мы увидим необработанные элементы – это 2 отверстия снизу (1), элементы предыдущей операции показаны в списке **Готово** (2).

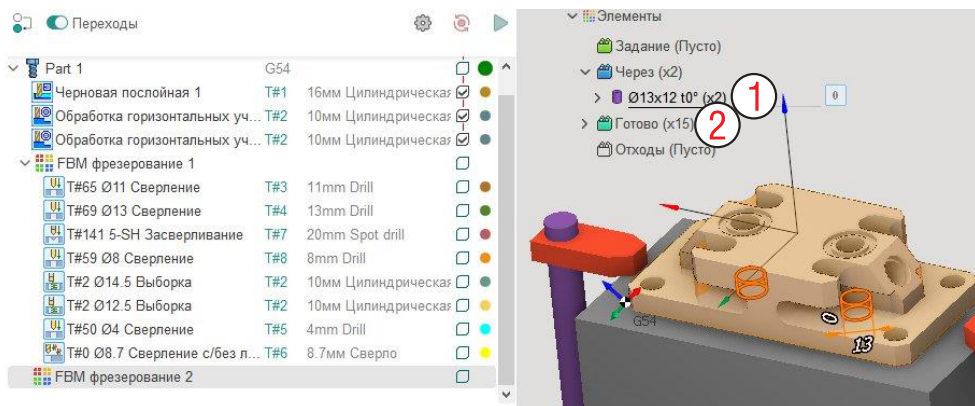


Рис. 8-25. Система отслеживает обработанные элементы между операциями.

Это показывает, что система отслеживает уже обработанные элементы между операциями этого типа.

Мы не будем ее создавать. Удалите вторую операцию FBM фрезерования.

Глава 9. Моделирование обработки – подробности

Кратко с режимом моделирования обработки мы познакомились в главе 1. Здесь подробнее рассмотрим возможности этого режима.

Моделирование обработки позволяет:

- визуально контролировать процесс резания;
- наглядно оценить качество обработки и выявить возможные недочеты;
- сравнить обработанную деталь с исходной моделью;
- оптимизировать подачи;
- редактировать команды CLDATA (далее не рассматривается).

Моделирование на основе CLDATA

Это основной режим моделирования обработки.

Этот режим моделирования дает доступ к траектории инструмента в формате CLDATA. Команды CLDATA объединены в иерархическую структуру, которая организована в соответствии с особенностями конкретного типа операции.

Откройте проект base, который создавали в главе 1. Сбросьте расчет операций, кроме одной (рис. 9-1).

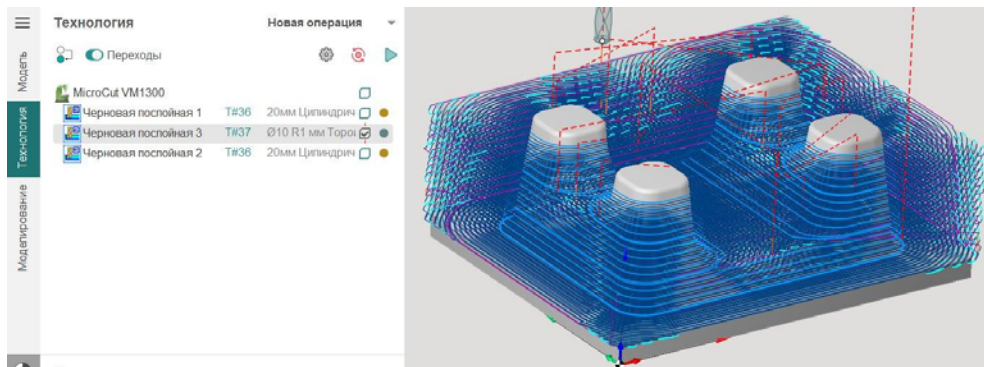


Рис. 9-1. Проект base.

Перейдите в режим моделирования обработки (рис. 9-2).

Система инициирует расчет заготовки и заготовка показана в графическом окне (надо включить видимость заготовки, если она не показана).

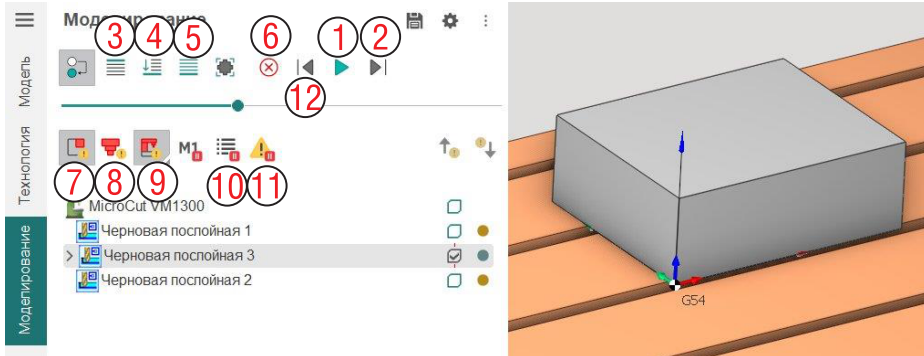


Рис. 9-2. Меню режима моделирования обработки.

Основные команды этого режима:

1. плавное моделирование от выбранного узла (если выбрана операция, то от выбранной операции) до конца техпроцесса без остановки в конце кадра. Перерисовка экрана происходит многократно в зависимости от заданного способа движения инструмента;
2. пошаговое моделирование выбранного узла/операции с остановкой в конце кадра;
3. быстрое моделирование выбранного узла/операции. Прорисовка осуществляется в конце операции;
4. быстрое моделирование до текущего узла/операции. Прорисовка осуществляется в конце предыдущей операции;
5. быстрое моделирование всего техпроцесса. Прорисовка осуществляется в конце всего техпроцесса;
6. сброс заготовки.

Во втором ряду расположены опции моделирования:

7. Контроль зарезов;
8. Контроль столкновений оправки;
9. Контроль столкновений узлов станка;
10. Плавное моделирование (остановка после каждой операции);
11. Остановка на ошибке (если не нажата, то ошибка помечается и моделирование продолжается);
12. Движок скорости моделирования.

Нажмите на стрелку перед именем операции. В окне проекта будет показана структура операции на уровне команд CLDATA. Для черновой послойной операции она организована по уровням, уровни тоже можно развернуть (рис. 9-3).

Для примера на рис. 9-3 развернуто содержание уровня 73.9.

Выберите строку **Уровень 73.9** и выполните команду **Быстрое моделирование до текущего узла/операции** (1 на рис. 9-4). Результат показан на рис. 9-4.

Строка **Уровень 73.9** трактуется как узел техпроцесса (т.е. это часть операции). Считаем, что с первыми двумя уровнями нам все ясно и мы их выполнили быстро и без пошаговой прорисовки. А далее мы хотим посмотреть процесс подробнее.

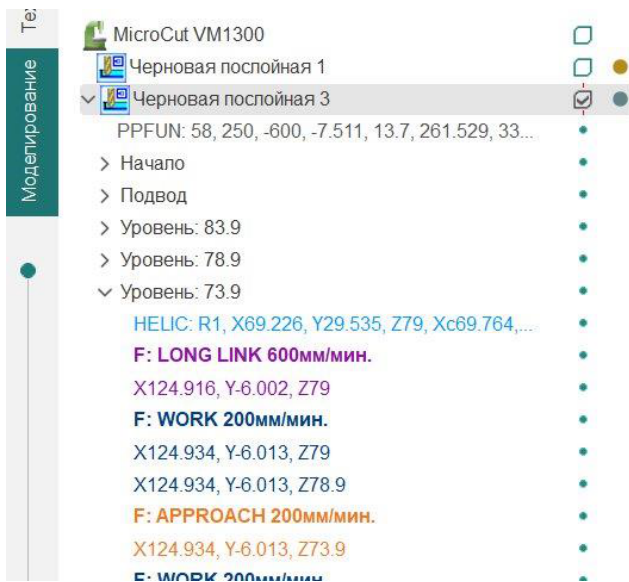


Рис. 9-3. Структура операции в формате CLDATA.

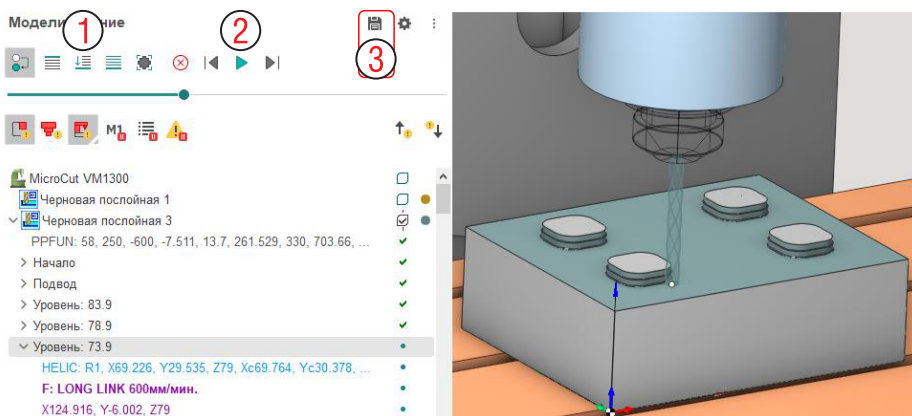


Рис. 9-4. Результат моделирования операции.

Выполните команду **Пошаговое моделирование от выбранного узла** (2).

Результат моделирования обработки можно сохранить как STL файл командой **Сохранить** (3) и использовать этот файл, например, для задания заготовки в других проектах.

В процессе моделирования система выявляет ошибки. Имитируем ошибку.

Для этого измените длину инструмента на 50 мм и рассчитайте операцию заново.

Статус операции (1 на рис. 9-5) покажет, что есть проблемы. Нажмите на значок статуса – новое более детальное сообщение появится (2). Иконка (3) говорит о столкновении с державкой, а иконка (4) – о достижении предела

перемещения по осям станка.

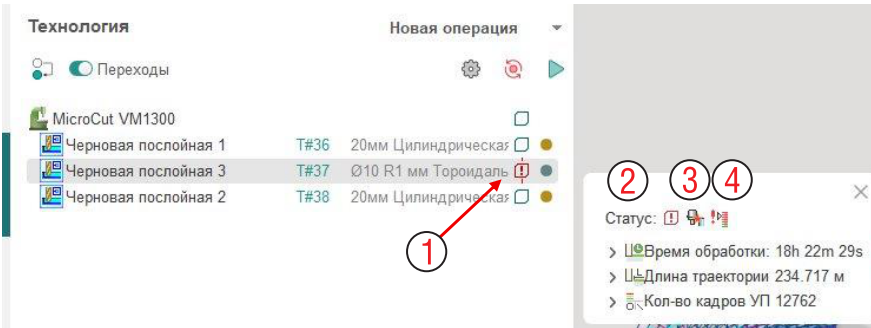


Рис. 9-5. Статус операции и индикация проблем.

Продолжаем искать проблемы.

В режиме моделирования нажмите опцию **Остановка на ошибке** (1 на рис. 9-6) и запустите процесс моделирования обработки.

Мы видим, что проблема появилась на уровне 43.9 (2), система раскроет команды этого уровня и мы увидим проблемное движение (3). Если вызвать окно «Станочный пульт» из главного меню (4), то увидим, по какой оси проблема (в данном случае не хватает хода по оси Z).

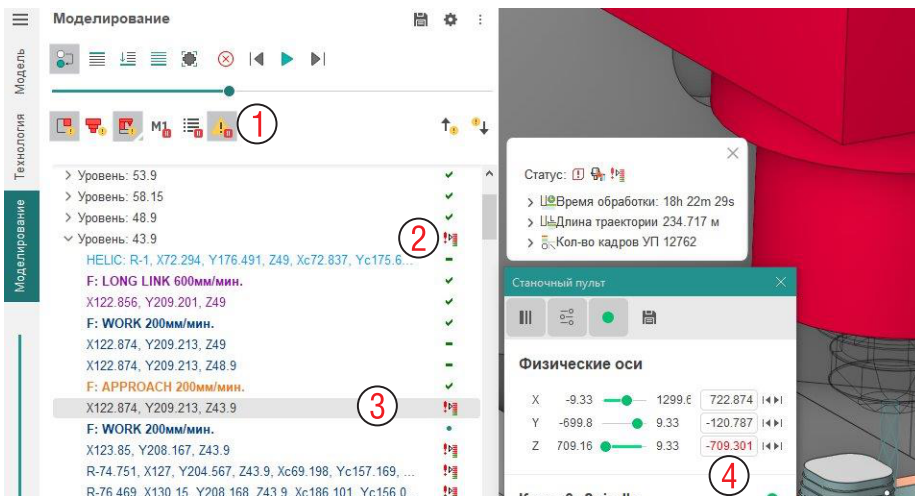


Рис. 9-6. Пример поиска проблемы в операции.

Задайте снова длину инструмента 100 мм и пересчитайте операцию. Нам далее нужен вариант без проблем.

Моделирование обработки по управляющей программе

Режим моделирования обработки по управляющей программе (УП) еще более реалистичен. Он учитывает работу постпроцессора. В этом режиме система автоматически формирует УП для каждой операции при её расчёте.

Но для реального станка должен быть настроен постпроцессор и интерпретатор.

В режиме **Технология** на вкладке **Оборудование** задайте файл постпроцессора. Для этого нажмите на 3 точки в строке **Файл постпроцессора** (1 на рис. 9-7) и из системной папки задайте Fanuc30i_Mill.

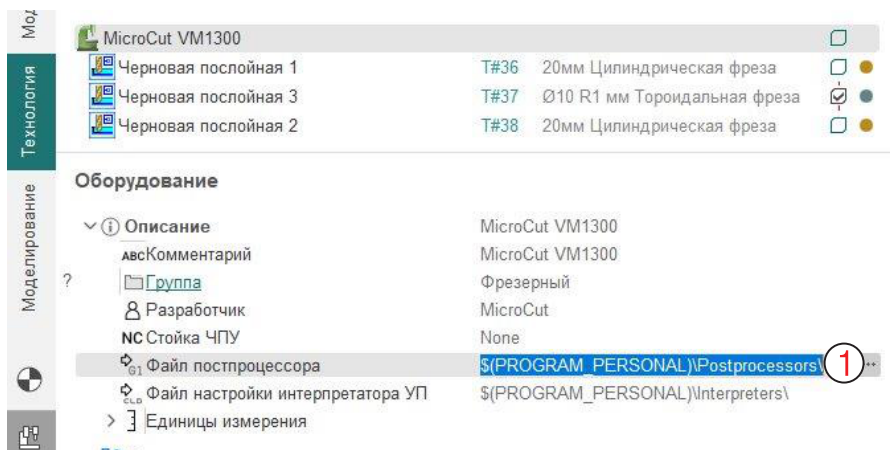


Рис. 9-7. Настройки постпроцессора для моделирования по УП.

Также задайте и файл интерпретатора. Должно быть как на рис. 9-8.



Рис. 9-8. Настройки интерпретатора для моделирования по УП.

Здесь мы используем примеры из стандартной поставки. При коммерческой разработке постпроцессора и модели станка эти файлы будут однозначно связаны с загруженным станком и задавать их не потребуется.

Перейдите в режим моделирования. Для включения режима моделирова-

ния по УП нажмите на иконку **По тексту УП** (1 на рис. 9-9).

Система выполнит постпроцессирование, что займет некоторое время, и покажет текст УП.

Нажмите Пуск (2).

Далее все команды работают как обычно.

Команду **Сравнение результата обработки** мы уже рассматривали. Здесь ее повторим.

Нажмите на иконку **Сравнение результата обработки** (1 на рис. 9-10) – остаточный материал будет показан разными цветами в зависимости от припуска.

В этом режиме можно выполнить измерение припуска в любой точке, просто указав точку на модели. На рис. 9-10 для примера показан размер 1.35 мм.

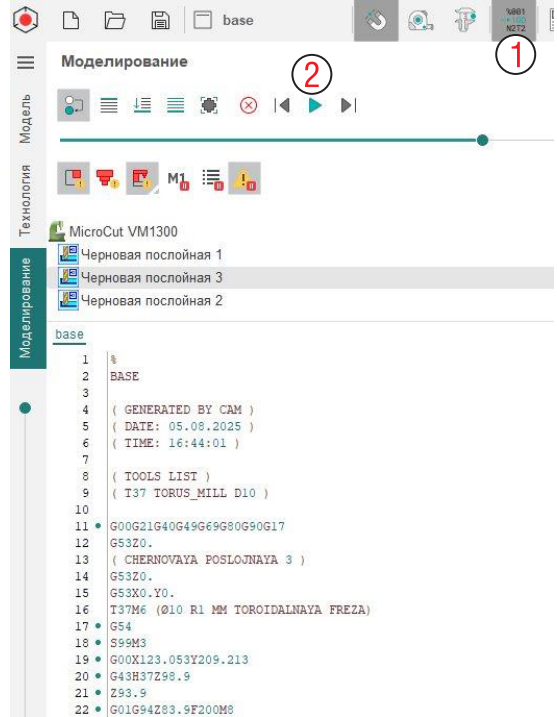


Рис. 9-9. Включение режима моделирования по УП.

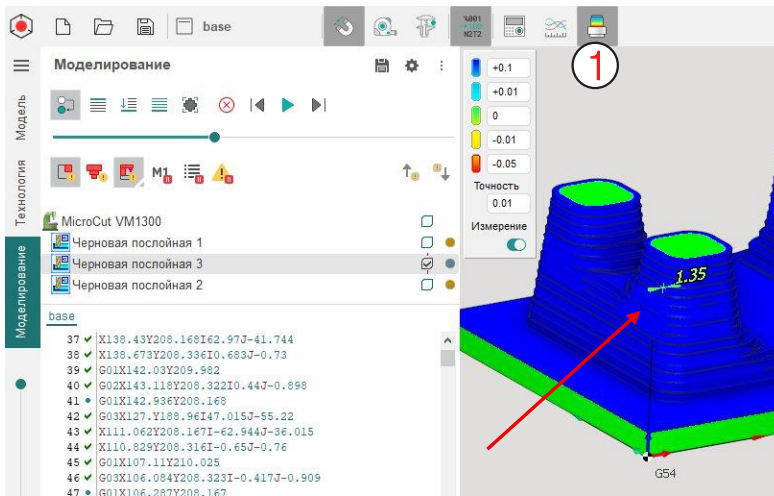


Рис. 9-10. Сравнение результата моделирования и 3D модели детали.

Видимость узлов станка

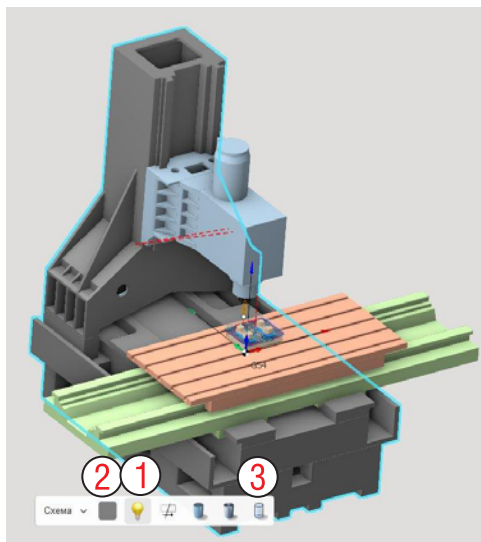


Рис. 9-11. Управление видимостью узлов станка.

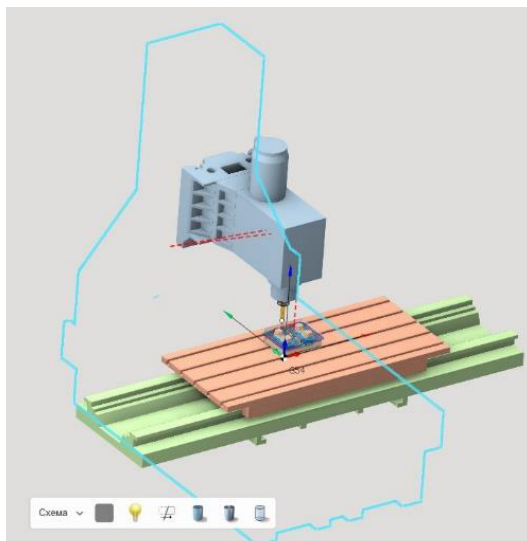


Рис. 9-12. Управление видимостью узлов станка. Возможность отмены команды.

Для 3-осевой обработки эта возможность не так актуальна, а при рассмотрении 5-осевой или токарно-фрезерной обработки бывает полезно временно скрыть некоторые узлы станка.

Рассмотрим эту функцию здесь, чтобы далее на нее не отвлекаться.

Выберите станину станка.

Условный контур вокруг узла подсветится и появится меню управления видимостью (рис. 9-11). Часто используются кнопки **Видимость** (1), **Цвет** (2), **Прозрачность** (3).

Нажмите кнопку **Видимость**, чтобы скрыть отображение узла.

Отображение станины будет скрыто, а контур и меню останутся. Это сделано для того, чтобы еще можно было быстро вернуть отображение узла повторным нажатием на кнопку **Видимость** (рис. 9-12). Если кликнуть мышью в чистое место графического экрана, контур и меню исчезнут.

Теперь восстановить видимость узла можно через меню **Видимость станка** в правой части экрана.

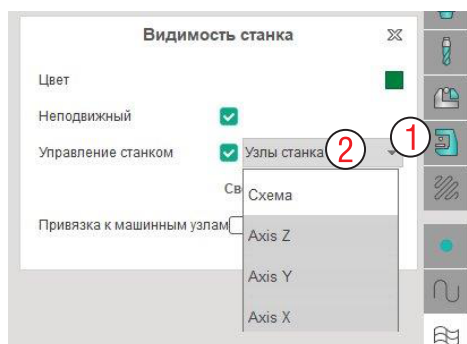


Рис. 9-13. Поиск и включение скрытых узлов станка.

Нажмите правой кнопкой мыши на кнопку **Видимость станка** (1 на рис. 9-13), новое меню появится. Далее раскройте список **Узлы станка** (2), скрытые узлы здесь не подсвечены. Нажмите на узел **Схема** (так в модели станка названа станина) и он снова отобразится.

Глава 10. Токарная обработка

Токарная обработка традиционно считается более простой, чем фрезерная, и часто программируется непосредственно на станке. Это справедливо для относительно простых деталей. Однако усложнение деталей, а также появление нового класса станков – токарно-фрезерных многофункциональных обрабатывающих центров – ведет к высокой концентрации операций, меняющей традиционную технологию обработки. Эффективная эксплуатация таких станков требует и эффективного их программирования, что невозможно без использования САМ-системы. Актуальным становится контроль столкновений инструмента, детали, узлов станка, отслеживание текущего состояния заготовки между операциями; операции управления узлами станка, не содержащими траектории перемещения инструмента (перехват детали в контршпиндель, управление люнетом и др.) и т.п.

Начнем с чисто токарной обработки.

Установка заготовки на станке. Нулевая точка программы

Создайте новый проект. Перейдите на вкладку Модель. Импортируйте в проект модель tmp_piston2.stp.

Перейдите на вкладку технология. На вкладке **Технология** дважды щелкните на наименовании станка. В открывшемся окне перейдите на закладку **Станки** и выберите станок MaxTurn65.

Убедитесь, что включена видимость станка и детали.

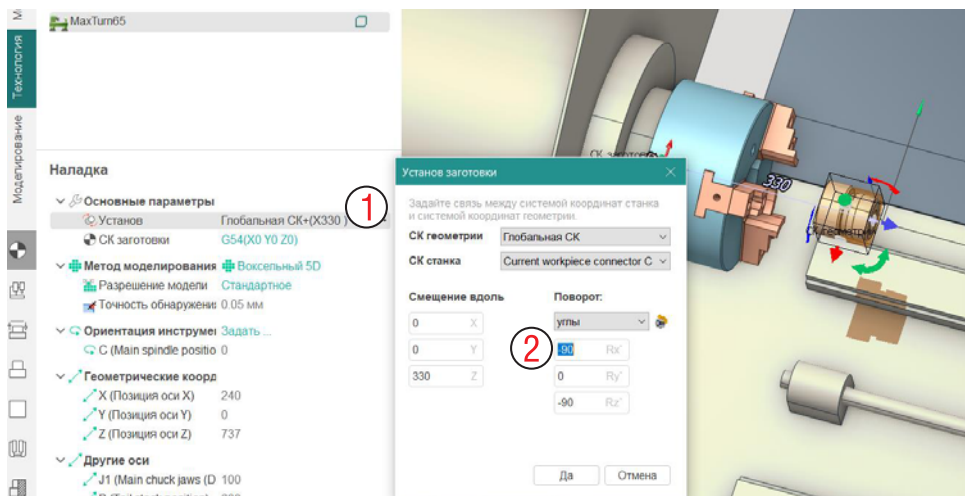


Рис. 10-1. Positionирование детали на станке.

На вкладке **Технология** нажмите на кнопку с тремя точками в графе **Установ** (1), чтобы разместить модель на станке. Переместите модель по оси Z на 330 мм (2 на рис. 10-1).

Зададим заготовку как цилиндр с припуском по диаметру и правому торцу 1 мм, припуск по левому торцу зададим 80 мм для зажима заготовки в патроне.

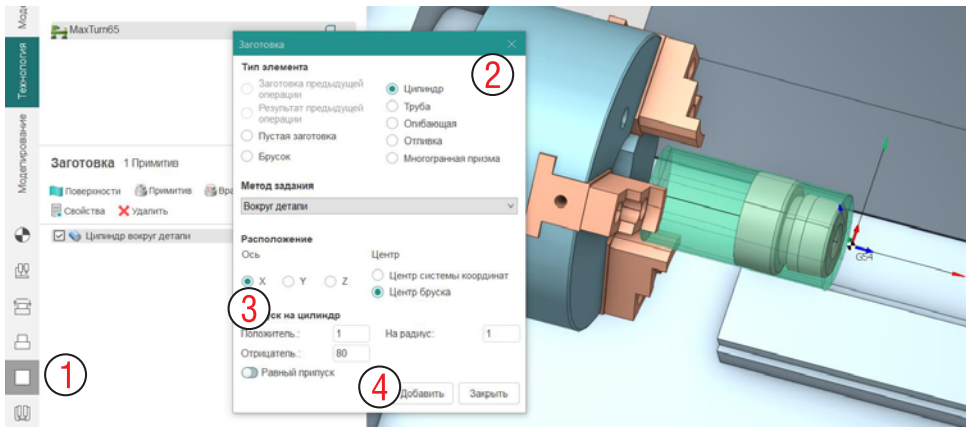


Рис. 10-2. Задание заготовки.

Выберите вкладку **Заготовка** (1 на рис. 10-2) и нажмите **Примитив**. Задайте тип элемента **Цилиндр** (2), правильно укажите ось (3) и нажмите **Добавить** (4). Затем нажмите **Заккрыть**.

Перейдите на вкладку **Наладка** и потяните один из кулачков до контакта с заготовкой.

В СПРУТКАМ сработает функция «примагничивания». Факт примагничивания показан на рис. 10-3 как подсветка контура кулачка. Для программирования это обязательный шаг, но его лучше сделать для последующего контроля столкновений инструментов с кулачками.

Чтобы зафиксировать кулачки, надо на вкладке **Наладка – Другие оси** задать значение хода кулачка J1 равным 80 мм

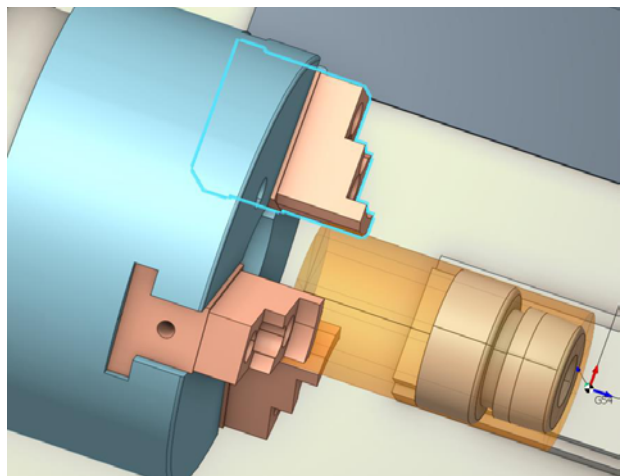


Рис. 10-3. Перемещение кулачков патрона.

Теперь зададим нулевую точку программы, в токарной обработке она задается обычно по правому торцу детали.

Для этого на вкладке Настройка нажмите 3 точки у параметра СК заготовки (1) и переместите систему координат, обозначенную как G54. Проконтролируйте привязки. Должно быть как на рис. 10-4.

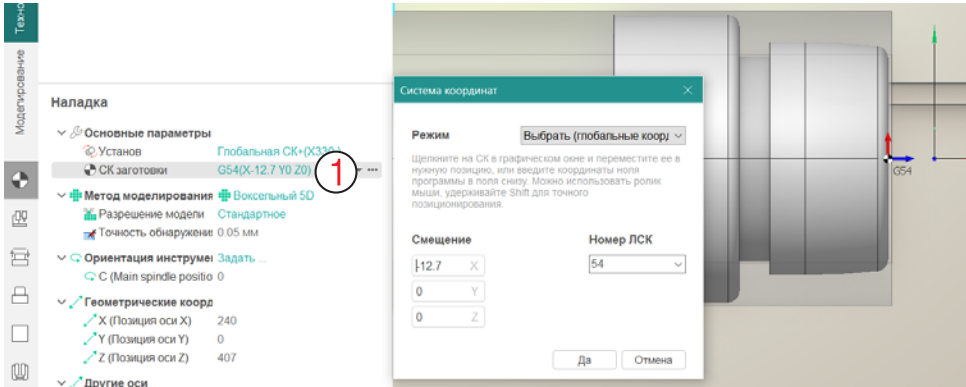


Рис. 10-4. Задание системы координат заготовки.

Сохраните проект, имя по умолчанию совпадает с именем модели. Теперь мы готовы создавать операции обработки.

Операция – Обработка торца

Так как деталь требует обработки с 2-х сторон, создадим 2 установа. Нажмите на выпадающее меню «Новая операция» и выберите **Установ** (1).

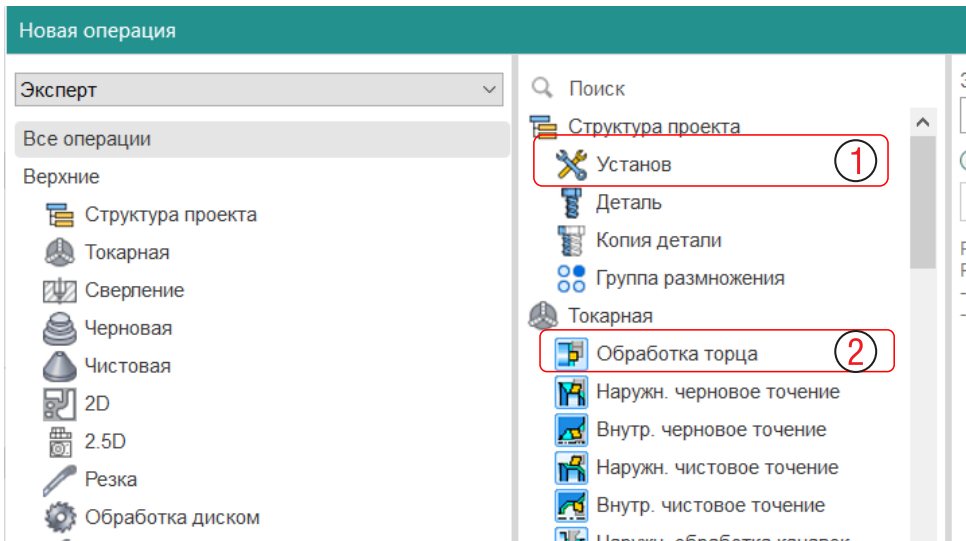


Рис. 10-5. Создание установа и первой операции.

Далее снова Новая операция – **Токарная – Обработка торца – Создать**. Система сама предложила подходящий инструмент и правильно его сориентировала.

Нажмите на кнопку **Пуск** для расчета операции.

Результат показан на рис. 10-6.

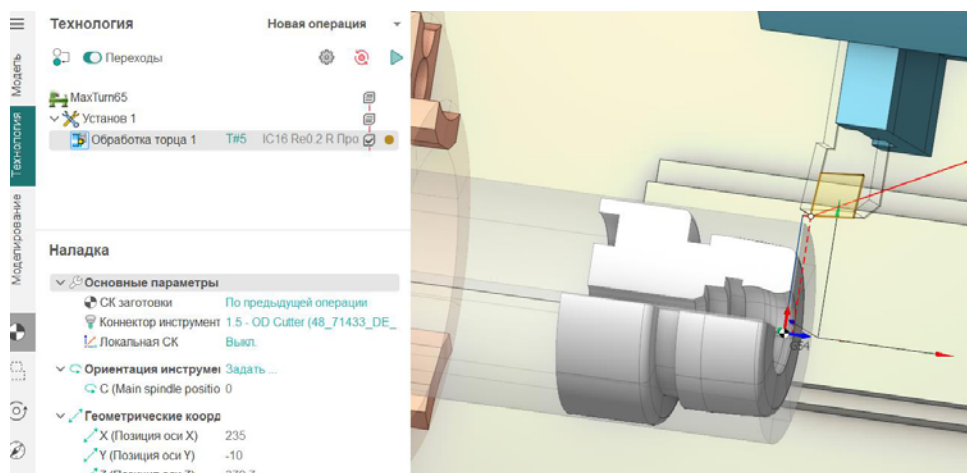


Рис. 10-6. Траектория операции Обработка торца.

Создадим еще одну операцию и затем выполним моделирование обработки.

Операции наружного черного и чистового точения

Выполните «Новая операция» – **Токарная – Наружное черновое точение – Создать**.

Далее надо уточнить область обработки. Для этого переходим в Рабочее задание. Система подсветила контур обработки и показала маркеры начала (1) и конца резания (2). Измените положение маркеров так, как показано на рис. 10-7. Торец уже обработан, потому начало смещаем до скругления; конечный маркер смещаем, чтобы не врезаться в кулачки патрона.

Инструмент используется тот же.

Нажмите на кнопку **Пуск** для расчета операции.

Траектория рассчитана без ошибок, при этом использовались параметры по умолчанию. Разберем некоторые из них (рис. 10-8).

Цикл обработки (1) задает закон формирования контуров. У нас задано строчками параллельно оси детали.

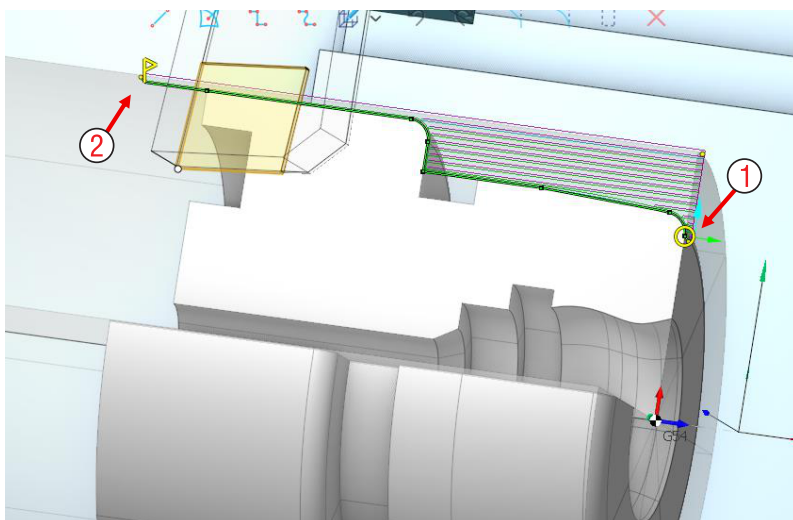


Рис. 10-7. Рабочее задание чернового наружного точения.

Наиболее востребованы следующие циклы обработки:

- Черновая обработка – траектория аналогична G71/G72, но цикл не выводится. Этот режим позволяет учитывать текущее состояние заготовки;
- Цикл черновой обработки – выводит один из циклов G71/G72;
- Цикл повтора контура – с выводом цикла G73;
- Повтор контура – траектория аналогична G73, но цикл не выводится. Этот режим позволяет учитывать текущее состояние заготовки.

Учёт текущего состояния заготовки позволяет значительно снизить время обработки, потому здесь используем опцию **Черновая обработка**.

Шаг (2) – это шаг между проходами, как правило задается по каталогам инструмента вместе с режимами резания.

Чистовой проход (3) можно включить прямо в текущую операцию. Для ответственных поверхностей часто чистовой проход задают отдельной операцией.

Припуск на чистовую обработку (4) может задаваться отдельно в осевом и радиальном направлении.

Снимите птичку у параметра Чистовой ход и пересчитайте операцию.

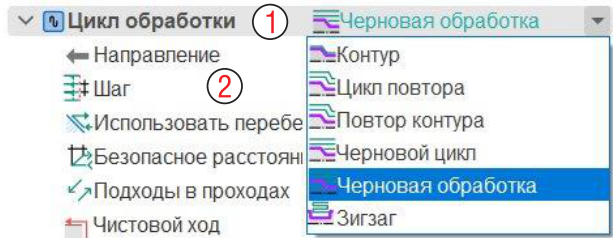
Перейдите на вкладку Моделирование и запустите моделирование обработки, начиная с узла «Станок». Результат показан на рис. 10-9.

Обратите внимание, что система сама переключилась на вид $\frac{3}{4}$ (с вырезом), что нагляднее, особенно когда будем выполнять операции внутреннего точения.

Также обратите внимание, что остался припуск на чистовую обработку. Снимем его отдельной операцией.

Перейдите на вкладку Технология и создайте новую операцию **Наружное чистовое точение**. Снова скорректируйте Рабочее задание, должно быть как на рис. 10-10.

Параметры цикла (x1)



Параметры цикла (x1)

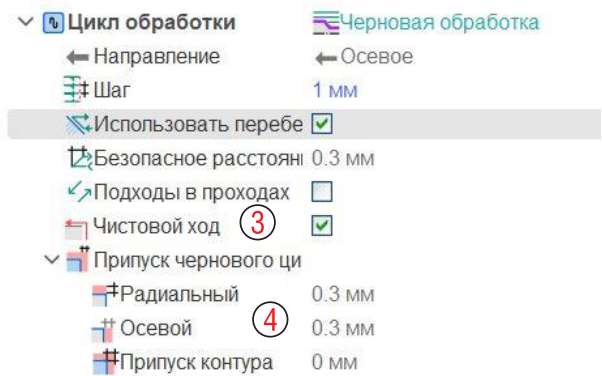


Рис. 10-8. Параметры цикла чернового наружного точения.

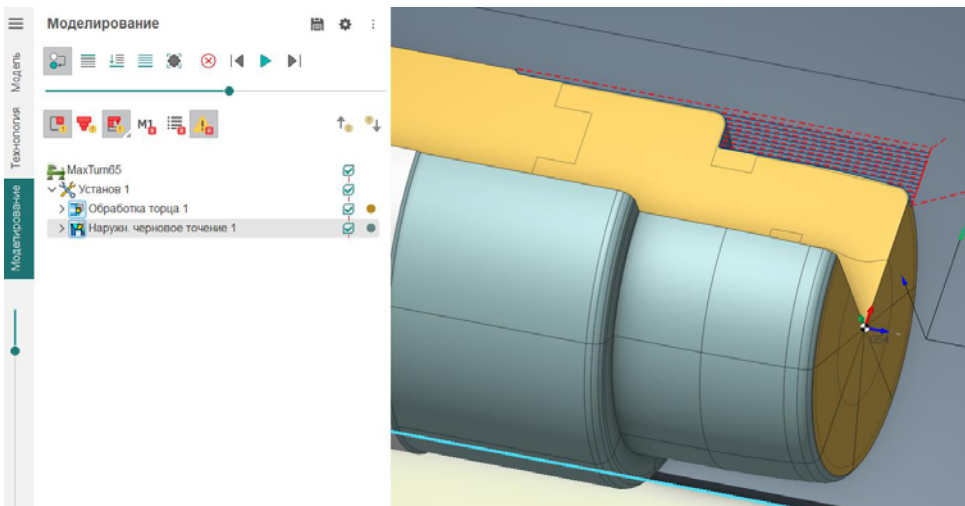


Рис. 10-9. Моделирование обработки для двух операций.

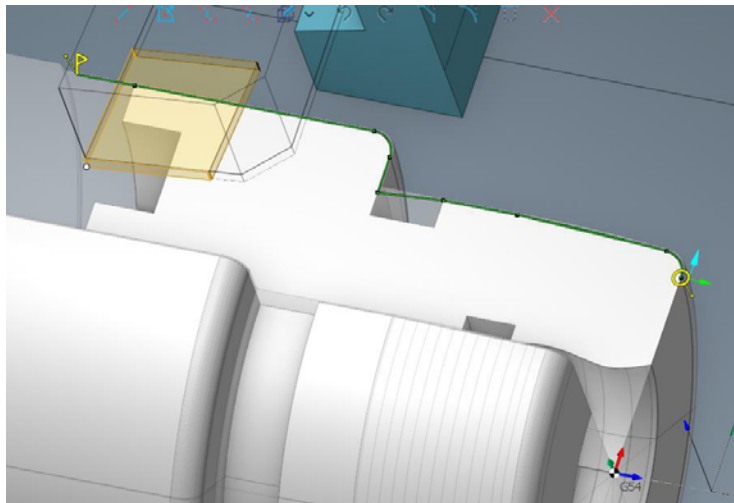


Рис. 10-10. Рабочее задание чистового наружного точения.

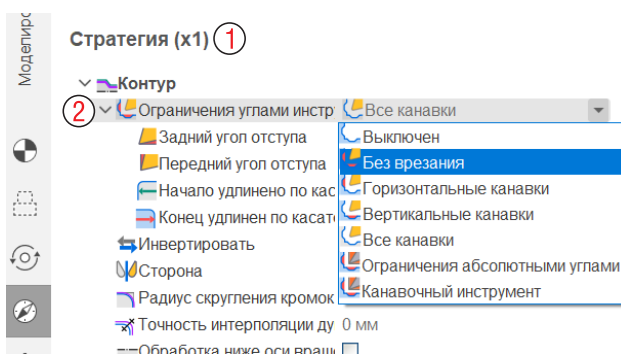


Рис. 10-11. Параметры стратегии операции чистового наружного точения.

Здесь надо изменить еще один параметр, чтобы запретить инструменту погружаться в канавку. Угол погружения определяется геометрией инструмента, здесь он небольшой, но часто и такое погружение нежелательно.

На вкладке Стратегия (1) параметр Ограничения углами инструм. (2 на рис. 10-11) установите в значение Без врезания. Рассчитайте операцию.

Режимы обработки токарных операций

Существует два способа задания частоты вращения шпинделя (1 на рис. 10-12): либо явное задание частоты вращения (об/мин), либо поддержание постоянной скорости резания (м/мин) при изменении диаметра обработки (с ограничением максимальной частоты вращения).

Подачу можно задавать независимо для различных участков траектории.

Подача резания (1) задается явно, подачи для других движений задаются в процентах от нее.

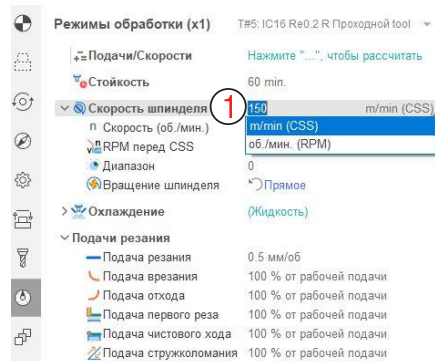


Рис. 10-12. Режимы резания в токарной обработке.

Операция – Обработка канавок

Создайте операцию **Наружная обработка канавок**.

Система предложит новый инструмент. Задайте рабочее задание как на рис. 10-13 и рассчитайте операцию.

Выполните моделирование обработки.

Наружная обработка закончена.

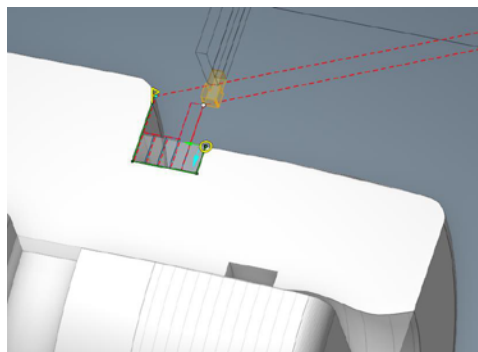


Рис. 10-13. Рабочее задание операции Обработка канавок.

Операция – Токарная обработка отверстий

В операции Токарная обработка отверстий инструмент неподвижен и вращается деталь. Такой операцией можно обрабатывать только отверстия, расположенные на оси вращения детали.

Создайте новую операцию **Токарная – Токарная обработка отверстий**.

Система создала новый инструмент, но надо скорректировать его размеры.

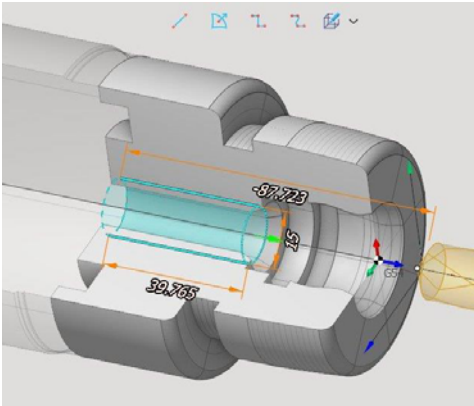


Рис. 10-14. Задание отверстия для сверления.

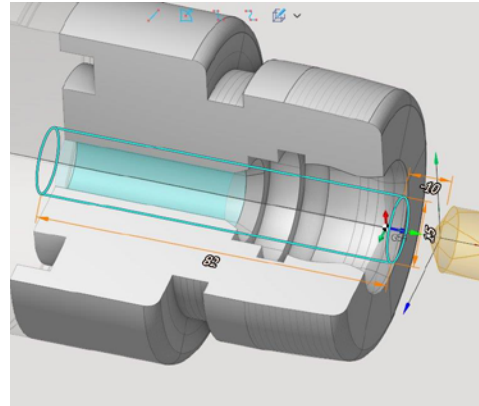


Рис. 10-15. Редактирование отверстия.

Задайте диаметр 15 мм и длину 120 мм. Можно добавить и оправку. Не забывайте утвердить изменения инструмента, нажав на зеленую птичку.

В рабочем задании укажите отверстие как на рис 10-14 и нажмите центр. Так как нам надо сверлить, начиная с правого торца, изменим размеры отверстия как на рис. 10-15.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

Операции внутреннего черного и чистового точения

Создайте новую операцию Токарная – Внутреннее черновое точение.

Контур рабочего задания задайте, как показано на рис. 10-16. На этом рисунке используется вид $\frac{1}{2}$, что удобно при программировании внутренней обработки.

Рассчитайте операцию.

Восклицательный знак (1) показывает, что в операции есть проблемы. Да и визуально видно, что отвод инструмента из отверстия идет через деталь. Исправим это.

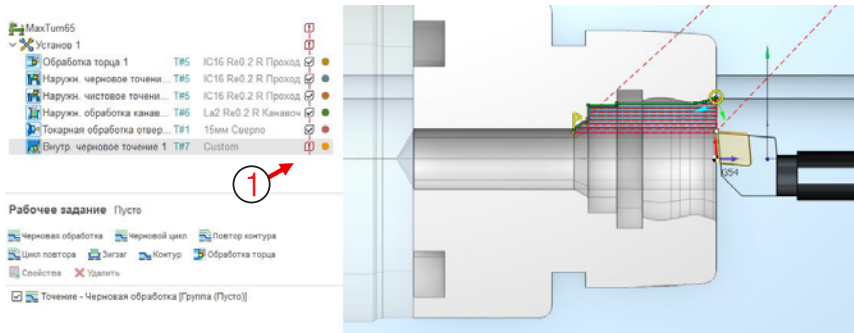


Рис. 10-16. Операция внутреннее черновое точение.

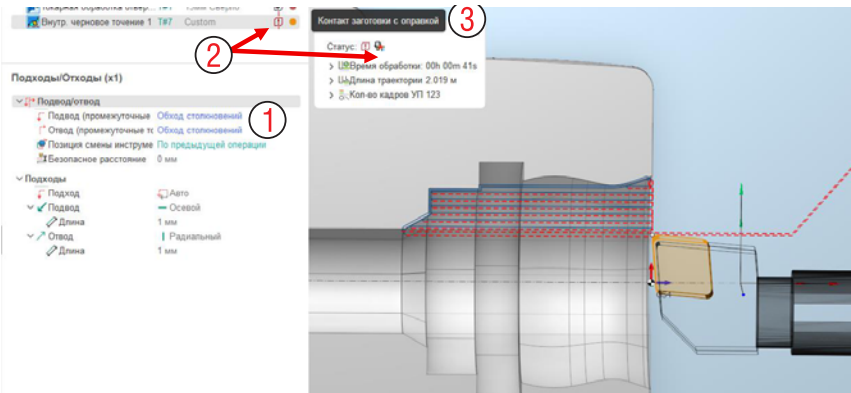


Рис. 10-17. Редактирование подводов/отводов для устранения столкновений.

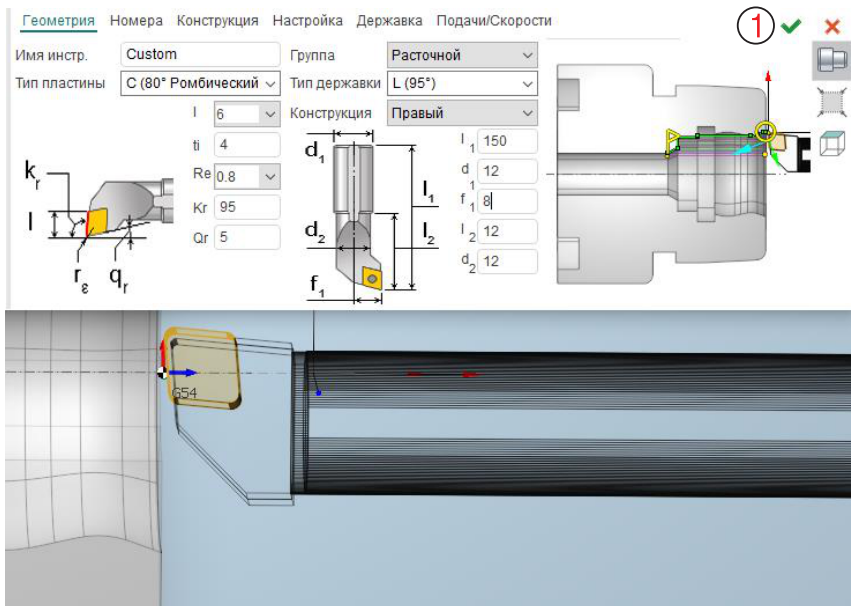


Рис. 10-18. Редактирование инструмента для устранения столкновений.

Перейдите на вкладку Подвод/Отвод и в качестве параметра подвода и отвоза задайте Обход столкновений (1). Также в параметрах цикла отмените опцию Чистовой ход.

Пересчитайте операцию, результат показан на рис. 10-17.

Однако часть проблемы сохраняется, при нажатии на иконку проблемы (2) можно видеть сообщение о контакте заготовки с оправкой (3). Для устранения этого изменим размеры пластины и оправки. Размеры можно редактировать на вкладке инструмент, но лучше вызвать список инструментов, в нем размеры сопровождаются рисунком, что нагляднее.

Задайте размеры инструмента как на рис. 10-18. Подтвердите изменения

(1). Пересчитайте операцию. Теперь проблемы устранены.

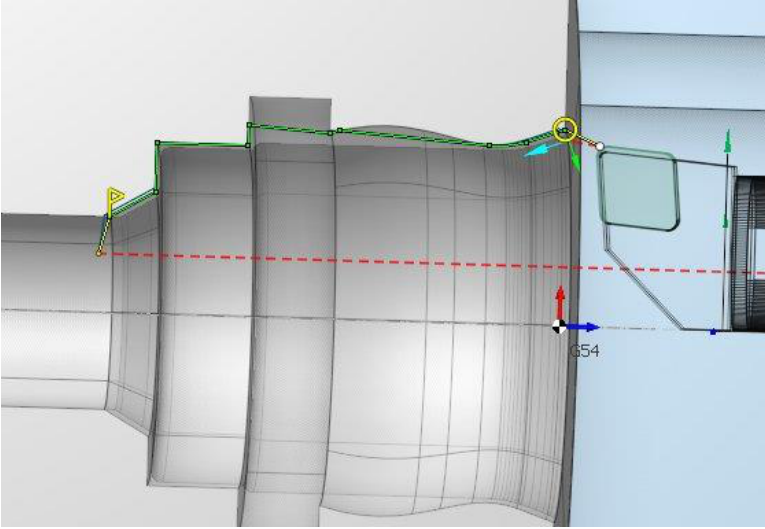


Рис. 10-19. Рабочее задание операции Внутреннее чистовое точение.

Создайте новую операцию **Токарная – Внутреннее чистовое точение**. Контур рабочего задания задайте, как показано на рис. 10-19.

Даже без расчета операции по форме контура рабочего задания видно, что данная геометрия пластины не подходит для операции.

Заменим пластину на ромбическую с углом 55 градусов. Для экономии места в револьверной головке этот инструмент используем и в черновой операции. Но чтобы инструмент не погружался в канавку, разобьем операцию на 2 командой Дублировать согласно рис. 10-20.

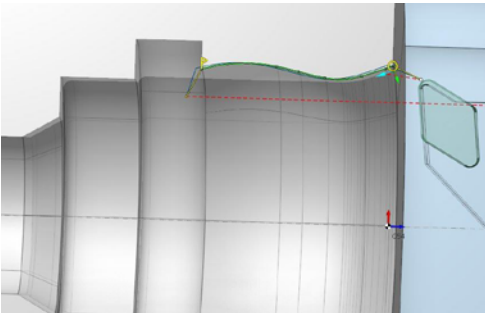


Рис. 10-20. Разделение операции на 2.

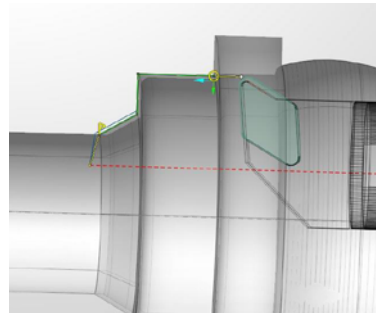


Рис. 10-21. Операция внутренняя обработка канавок.

Рассчитайте операции.

Операция – Токарная отрезка

Создайте новую операцию Токарная – Токарная отрезка.

Рабочее задание здесь определено автоматически и не требуется его изменять. Система сама определяет положение отрезки. В качестве инструмента система предлагает тот же резец, который использовался в наружной канавке. Результат показан на рис. 10-23.

Но его длины не хватает. Опять же, в целях экономии места, в револьверной головке не будем создавать новый, а отредактируем существующий инструмент.

Требуемый вылет резца можно определить путем измерения диаметров детали и отверстия и несложных расчетов (сделайте это самостоятельно).

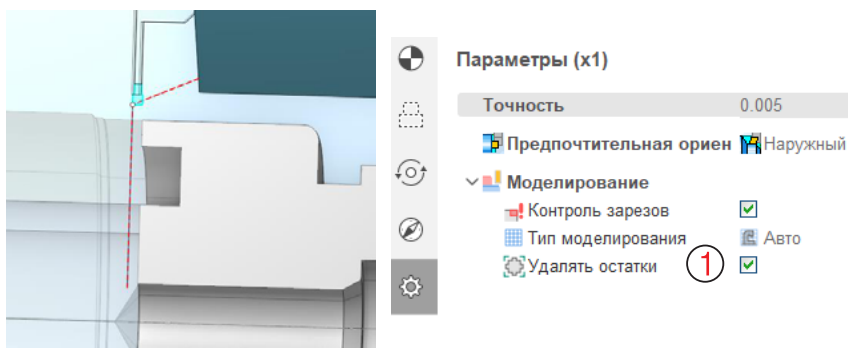


Рис. 10-24. Параметр удалять остатки должен быть включен.

Задайте вылет 34 мм и пересчитайте все операции, где расчет отменился.

Включите флаг **Удалять остатки** (1 на рис. 10-24) для того, чтобы система отбросила отрезанную часть прутка. Это нам нужно для правильного расчета заготовки на втором установе.

Цикл также может сформировать фаску или скругление на формируемой задней поверхности детали перед отрезкой.

Моделирование обработки

Перейдите на вкладку Моделирование и выполните моделирование всех операций.

Рис 10-25 показывает расположение инструментов в револьверной головке. В нашем проекте система сама размещала инструмент. При моделировании происходит контроль всех инструментов (а не только того, который используется в конкретной операции). При наличии проблем инструмент можно перенести в другую позицию вручную.

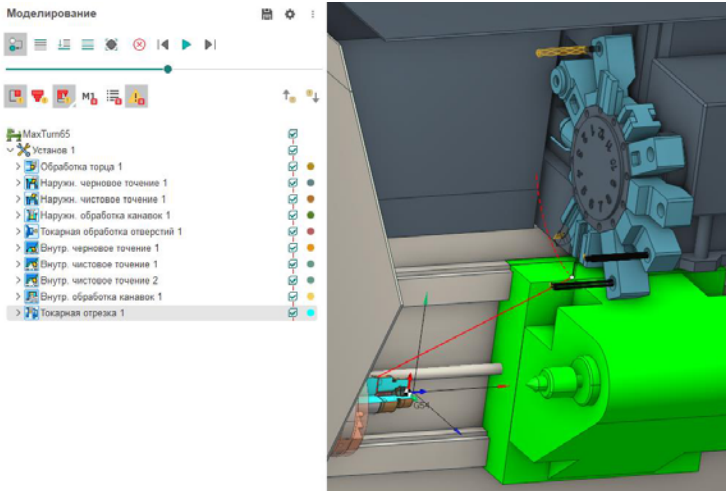


Рис. 10-25. Расположение инструмента в револьверной головке станка.

Установ 2 – торцевая обработка канавки

Создайте новую операцию – **Установ**.

Установите деталь и нулевую точку как на рис. 10-26.

На втором установе надо создать всего одну операцию – операцию обработки торцевой канавки.

Создайте операцию **Токарная – Торцевая обработка канавки**.

Рабочее задание задайте как на рис. 10-27. Задайте заготовку как цилиндр без припуска.

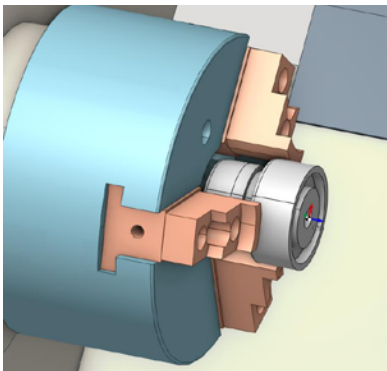


Рис. 10-26. Положение детали на втором установе.

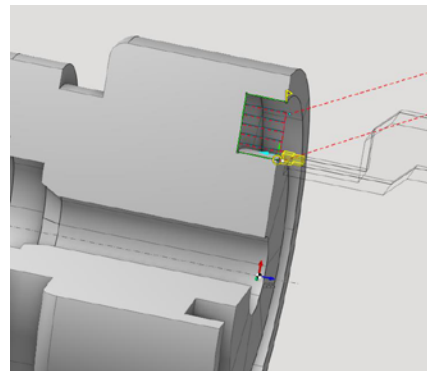


Рис. 10-27. Рабочее задание операции Торцевая обработка канавки.

Рассчитайте операцию.

Здесь все параметры по умолчанию сработали правильно.

Перейдите на вкладку Моделирование и выполните моделирование обработки.

Глава 11. Токарно-фрезерная обработка – ОСНОВЫ

В этой главе рассмотрим программирование токарных станков с поддержкой приводного инструмента, расположенного в револьверной головке, для простого фрезерования и сверления. Также рассмотрим более сложные токарно-фрезерные станки с контршпинделем и возможностью перехвата детали для обработки ее с противоположной стороны.

Некоторые фрезерные станки имеют возможность токарной обработки. Программирование таких станков также рассмотрим.

Поддержка приводного инструмента

Откройте проект Pipe_fitting.

В нем уже сделаны 2 токарные операции. Заготовка после этих операций выглядит как на рис. 11-1.

Первой фрезерной операцией обрабатываем восьмигранник.

Создайте новую операцию **Черновая послойная**. Рабочее задание определите как на рис. 11-2. Стратегию задайте эквидистантную. Шаг проходов можно увеличить для наглядности.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

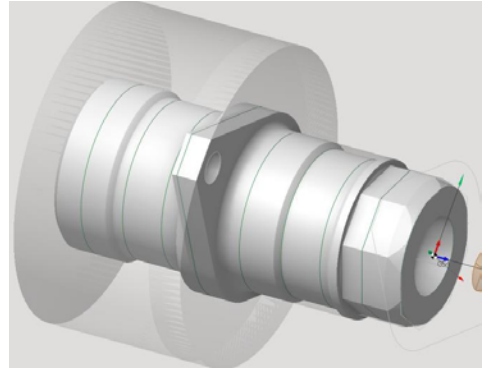


Рис. 11-1. Заготовка после двух токарных операций.

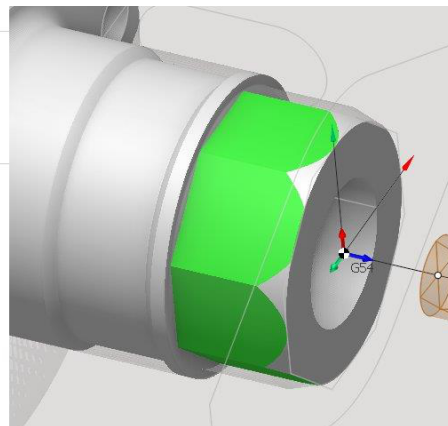
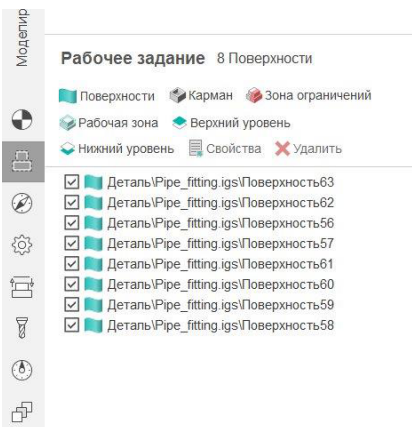


Рис. 11-2. Рабочее задание операции Черновая послойная.

Как можно видеть, токарный шпиндель неподвижен и работают все оси, включая ось Y. Во многих токарных станках оси Y нет и в таких операциях используется поворотная ось C.

На вкладке **Преобразования** параметр **Поворотные преобразования** переключите на значение **Полярная** (1 на рис. 11-3). Обратите внимание, что система правильно определила поворотную ось – это ось C (2).

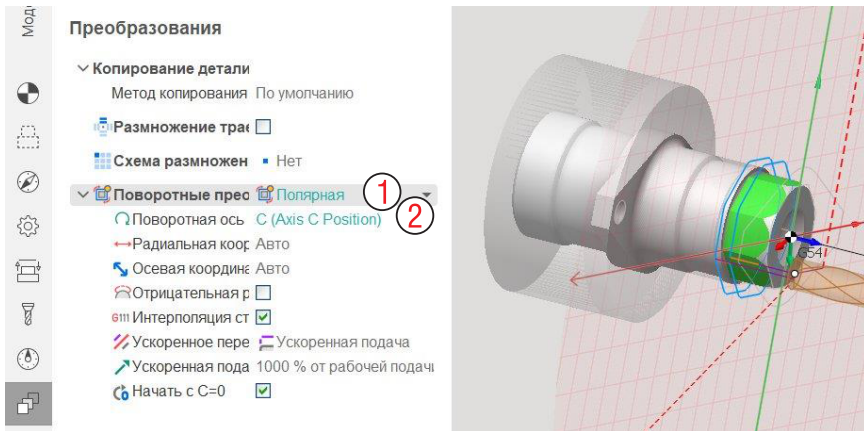


Рис. 11-3. Задание полярных преобразований.

Пересчитайте операцию.

Перейдите в режим моделирования, откройте окно **Станочный пульт** командой (1 на рис. 11-4) и выполните моделирование обработки.

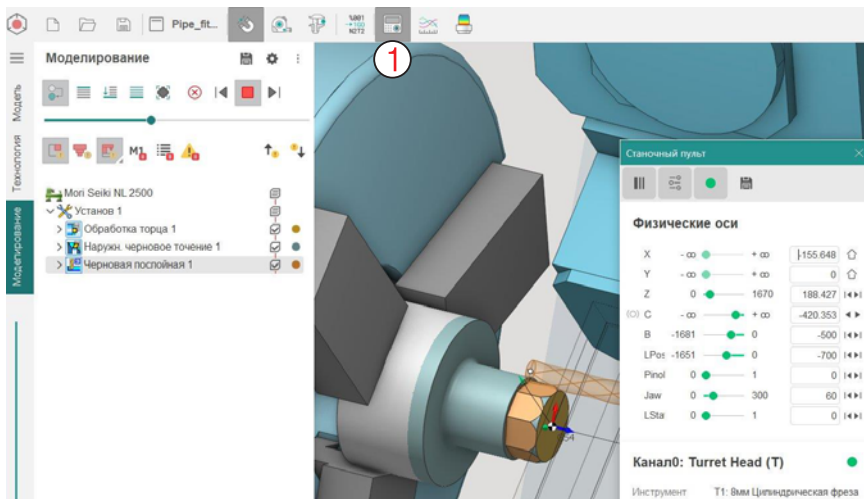


Рис. 11-4. Диалоговое окно Станочный пульт при моделировании обработки.

Обратите внимание, что теперь ось Y не работает, а работает ось C. Дублируйте операцию. Это сохраняет все настройки, включая полярное

преобразование. Рабочее задание задайте как на рис. 11-5.

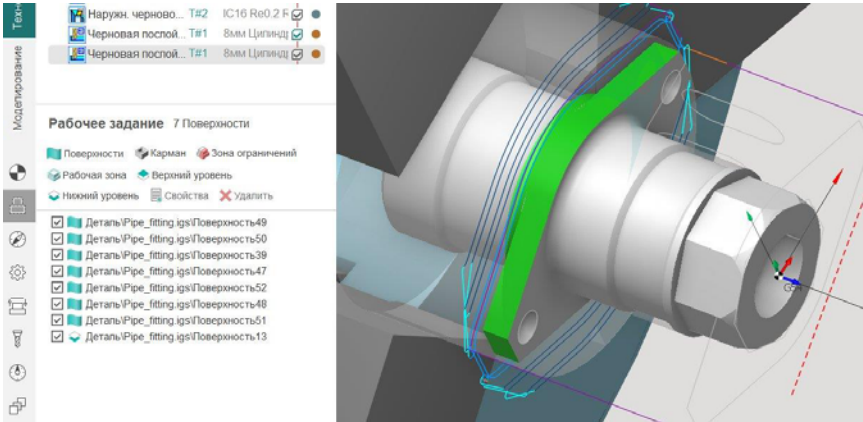


Рис. 11-5. Рабочее задание второй операции Черновая послойная.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки. Параметры операции почти все оставлены по умолчанию.

Для обработки шпоночного паз (рис. 11-6) используем ту же операцию, но переопределим ориентацию инструмента.

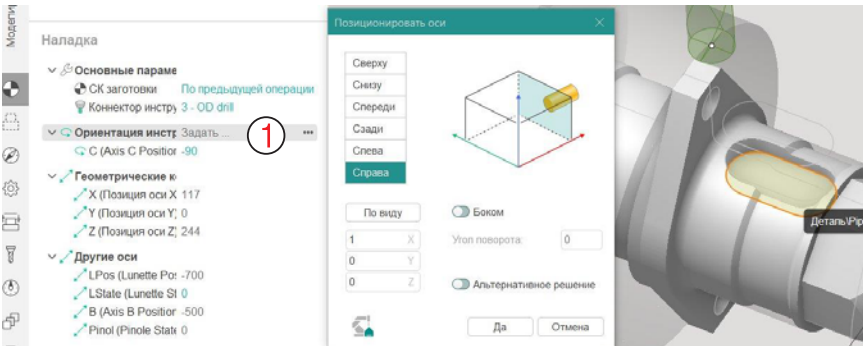


Рис. 11-6. Смена ориентации инструмента для радиальной обработки.

На вкладке **Наладка** задайте ориентацию инструмента (1) и укажите грань как на рис.

Также в **Рабочем задании** надо задать обрабатываемую поверхность, верхний и нижний уровни.

На вкладке **Инструмент** убедитесь, что правильно задан коннектор инструмента. Должен быть OD_drill (1 на рис. 11-7), он используется для установки радиального приводного инструмента.

Также на рис. видно, что инструмент установлен правильно, но его длины не хватает. Исправить ситуацию можно тремя способами: увеличить длину инструмента, выбрать другой держатель или другой коннектор или блок инструмента.

Измените блок инструмента (2) на OD_drill_ER32, он обеспечивает больший вылет инструмента.

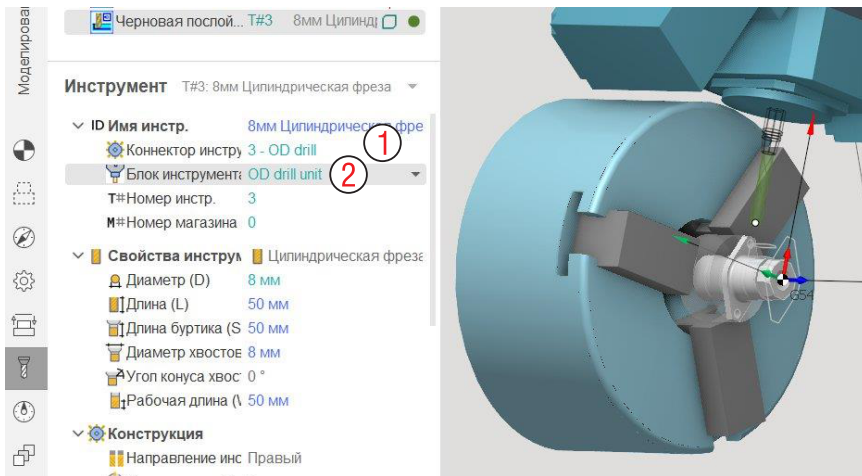


Рис. 11-7. Задание радиального коннектора инструмента.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

Для сверления 2 отверстий создайте операцию Обработка отверстий, задайте 2 отверстия в рабочем задании.

Для установки инструмента в осевом направлении нам нужен другой коннектор (Один осевой блок занят фрезой).

На вкладке Настройка задайте коннектор инструмента 9_Face_Drill (1 на рис. 11-8).

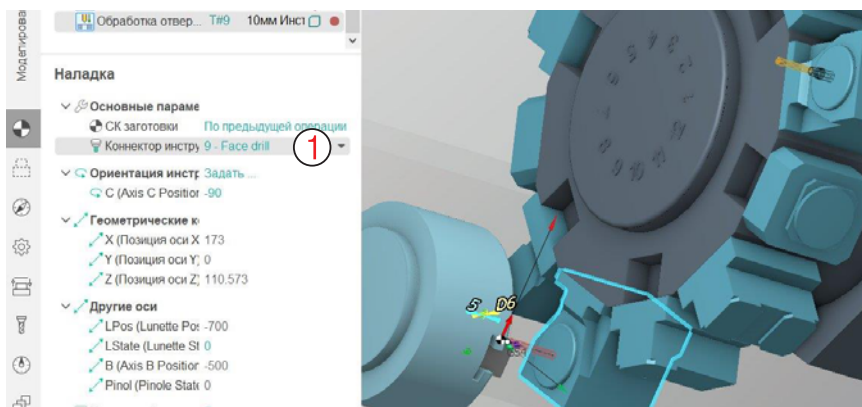


Рис. 11-8. Задание коннектора инструмента для осевого сверления.

Ориентацию инструмента менять не надо, т.к. по умолчанию она совпадает с осью Z, что нам и надо.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

Если все правильно, должно быть как на рис. 11-9.

Теперь можно создать второй установ, перевернуть деталь и выполнить обработку с другой стороны в этом же шпинделе. Однако, при наличии станка с контршпинделем, можно избежать переналадки и доработать деталь после автоматического перехвата.

Сохраните проект.

В следующем параграфе разберем эту возможность.

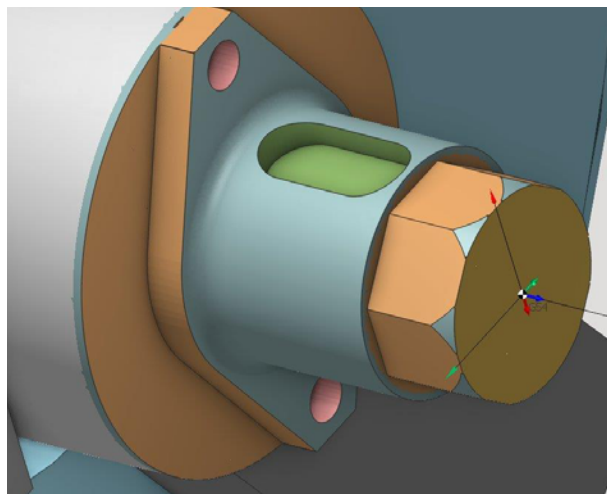


Рис. 11-9. Результат моделирования обработки всех операций.

Замена станка

Продолжим работать с проектом `Pipe_fitting`.

Заменяем станок в проекте на станок с контршпинделем.

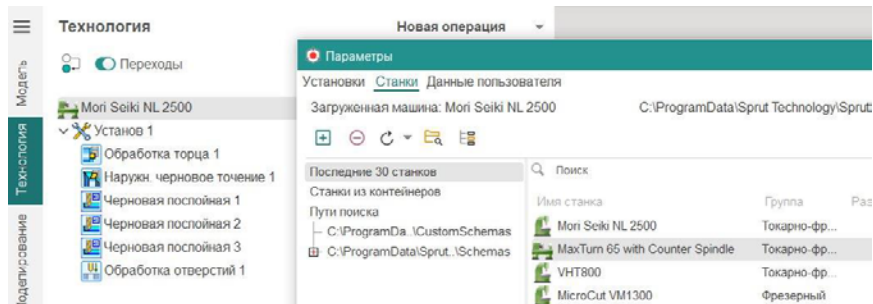


Рис. 11-10. Диалоговое окно выбора станка.

В режиме **Технология** дважды щелкните по названию станка. В открывшемся окне выберите станок **Max Turn with Counter Spindle** (рис. 11-10).

Список операций сохранился, но система сама не смогла поменять коннекторы инструмента. Номер инструмента, подсвеченный красным цветом, говорит об этом (рис. 11-11). Для токарно-фрезерных станков это нормально. Просто на новом станке другая наладка и там может не быть нужных коннекторов.

На вкладке **Оборудование** раскройте группу **Наладка** (рис. 11-12). Будет показан список блоков/коннекторов инструмента, установленных на станке.

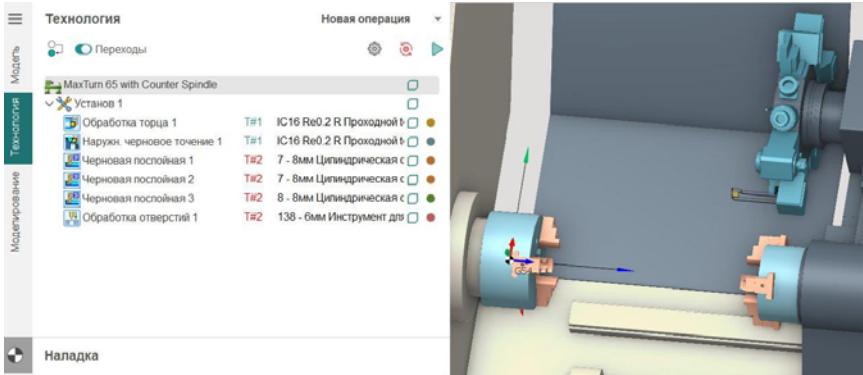


Рис. 11-11. Проблема с коннекторами инструмента при смене станка.

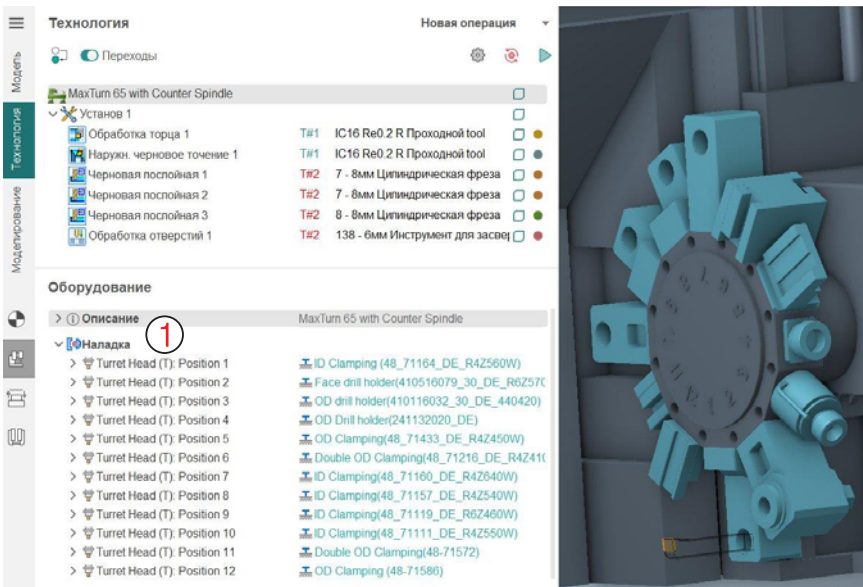


Рис. 11-12. Задание коннекторов на вкладке Наладка.

В нашем проекте требуется 4 коннектора: для радиальной установки резца, два – для осевого приводного инструмента и один – для радиального приводного инструмента.

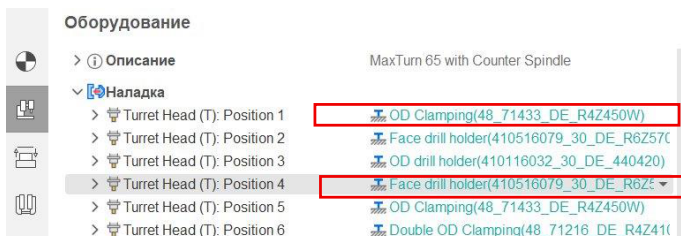


Рис. 11-13. Список рекомендуемых коннекторов.

Замените коннекторы в позициях 1 и 4, как показано на рис. 11-13.

Далее отредактируем их использование в операциях (рис. 11-14). Также на вкладке **Подходы/Отходы** надо задать параметр **Позиция смены инструмента** значением **Из станка** (1 на рис. 11-14).

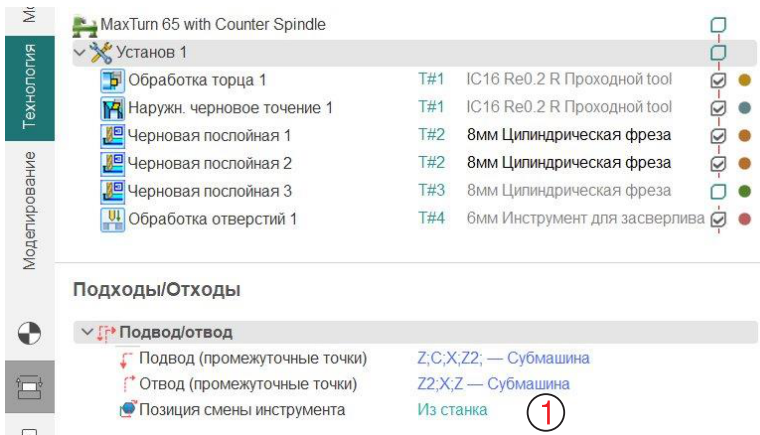


Рис. 11-14. Задание позиции смены инструмента.

Это логично, т.к. у другого станка эта позиция почти наверняка отличается.

У значения **Из станка** есть дополнительные настройки. Если нажать на 3 точки рядом с параметром, их можно увидеть в новом диалоговом окне (рис. 11-15). Настройка **Авто** нас устраивает.

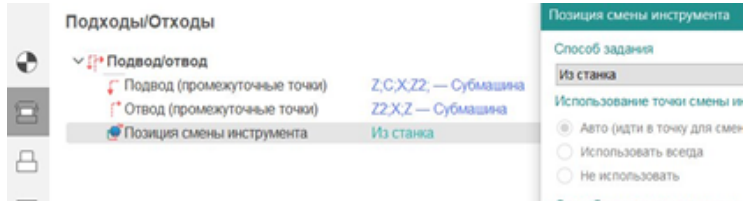


Рис. 11-15. Дополнительные настройки позиции смены инструмента.

Рассчитайте операции.

Пять операций пересчитаны успешно, о чем говорит значок **статуса**. В операции фрезерования шпоночного паза потеряна ориентация инструмента. Задайте ее снова и генерируйте операцию.

Проект успешно перенесен на новый станок.

Сохраните проект под другим именем (например, Pipe_fitting_2sp). В следующем параграфе рассмотрим работу в контршпинделе.

Сохраните проект под другим именем (например, Pipe_fitting_2sp). В следующем параграфе рассмотрим работу в контршпинделе.

Перехват заготовки и работа в контршпинделе

Продолжим работу с проектом Pipe_fitting_2sp (альтернативно его можно открыть из папки с упражнениями).

Создайте новый установ и разместите деталь в контршпинделе, как показано на рис. 11-16. Также задайте вторую нулевую точку (G55).

Далее, стоя на последней операции первого установка, создайте новую операцию **Токарный перехват**. Система позиционирует второй шпиндель в позицию перехвата (рис. 11-17).

Основные параметры, которые надо задать, это **Положение разжатия** первого шпинделя и **положение зажатия и разжатия** – для второго (рис. 11-18). Они находятся на вкладке **Стратегия**.

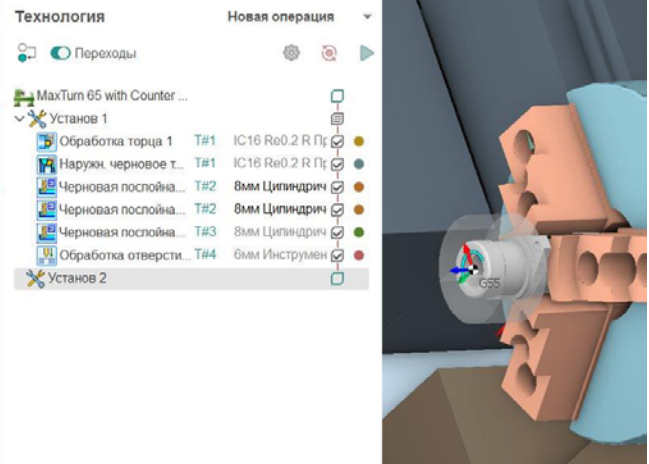


Рис. 11-16. Положение детали на втором установке.

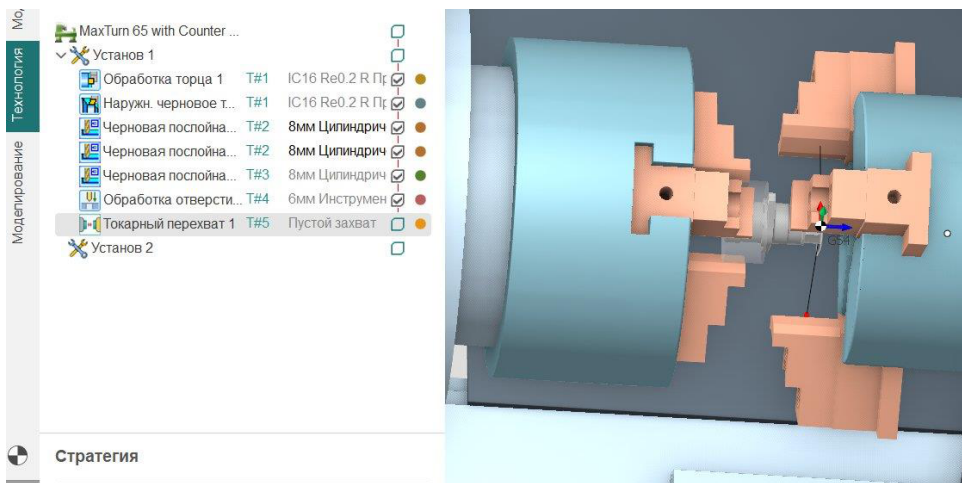


Рис. 11-17. Положение шпинделей в операции Токарный перехват.

Задайте их, как показано на рис., и рассчитайте операцию.

Далее создадим операции для второго установка.

Стоя в позиции Установка 2, создайте новую операцию обработки торца.

На вкладке **Наладка** смените коннектор инструмента как на рис 11-19.

Обратите внимание, что в этом инструментальном блоке есть возможность установки резца справа или слева, т.е. такой блок имеет 2 коннектора (показаны стрелками) и может работать как на главном, так и на контршпинделе.

На вкладке **Инструмент** – **Наладка** задайте направление инструмента – **Левый** (1 на рис. 11-20) и подтвердите создание нового инструмента.

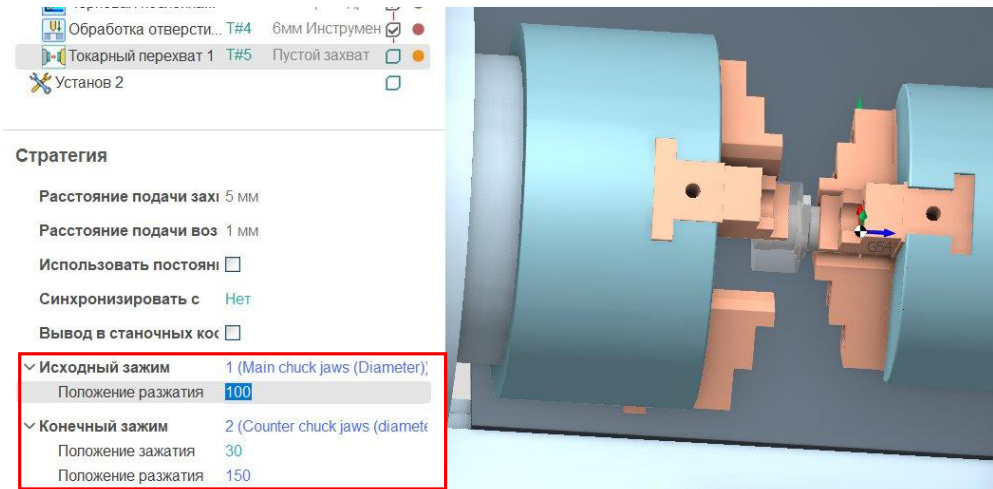


Рис. 11-18. Положение кулачков патронов в операции Токарный перехват.



Рис. 11-19. Смена коннектора инструмента для работы в контршпинделе.

На вкладке Рабочее задание удалите задание, созданное автоматически. Оно было ориентировано на обработку правого торца. Выберите поверхность левого торца и нажмите иконку Обработка торца (1 на рис. 11-21).

Проверьте маркеры начала, сторона обработки, при необходимости отредактируйте их как на рис 11-21.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

Создайте новую операцию Наружное черновое точение. Инструмент задайте тот же.

Параметры Подвода/Отвода задайте как Z,X и X,Z соответственно.

Рабочее задание рассчитывается для выбранного инструмента. Если оно не получилось автоматически, то удалите старое и создайте командой Чер-

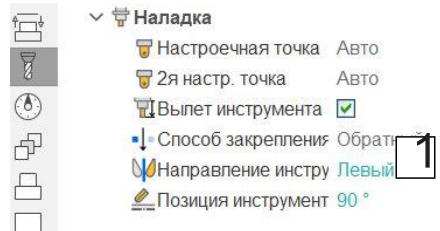


Рис. 11-20. Параметр Направление инструмента.

новая обработка (1 на рис. 11-22). Отредактируйте маркеры, как показано.

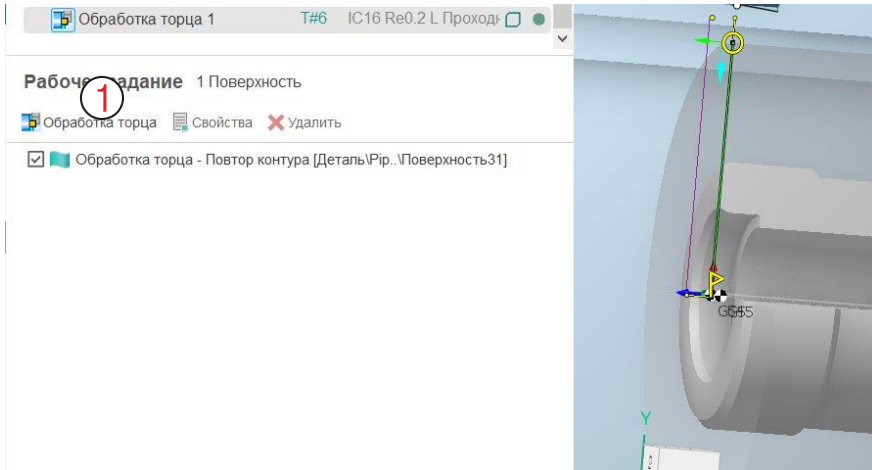


Рис. 11-21. Рабочее задание для обработки левого торца.

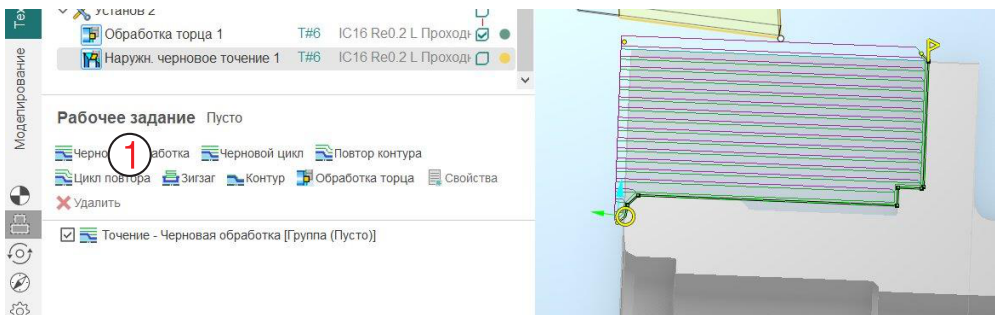


Рис. 11-22. Черновое наружное точение в контршпинделе.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки. На этом пример закончим.

Токарные операции на фрезерном станке

Некоторые фрезерные обрабатывающие центры имеют возможность выполнять токарную обработку. Здесь рассмотрим такой пример.

Откройте проект Tail0.

Здесь установка детали выполнена, но операций нет (рис. 11-23). Заготовка задана припуском.

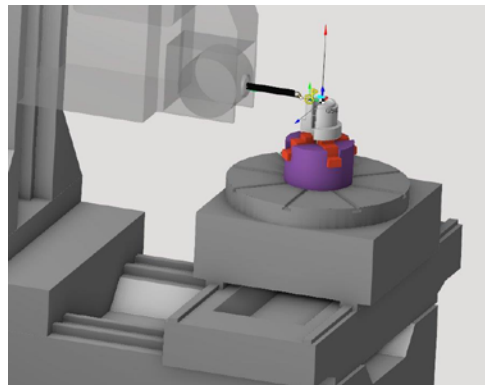


Рис. 11-23. Токарная обработка на фрезерном станке.

Создайте новую операцию **Обработка торца**.

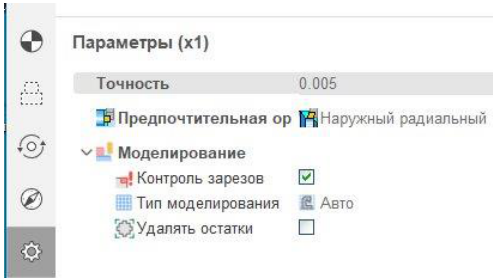


Рис. 11-24. Параметры операции Обработка торца.

Рис. 11-25. Инструмент в операции.

На вкладке **Параметры** можно видеть, что для этой операции параметр **Предпочтительная ориентация** задан как **Наружный радиальный** (рис. 11-24).

Убедитесь, что выбран инструмент как на рис 11-25. Если нет, то измените его.

Рассчитайте операцию.

Создайте новую операцию **Черновое наружное точение**. В качестве рабочего задания задайте контур. Маркеры начала и конца отредактируйте как на рис. 11-26.

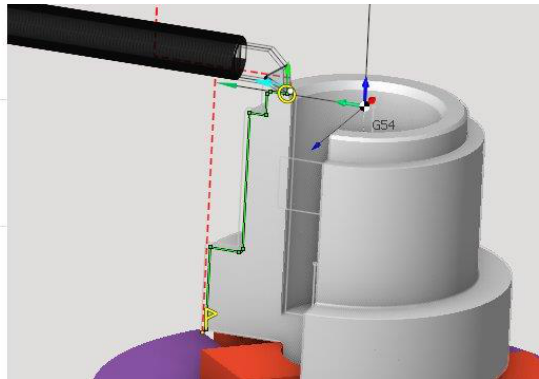
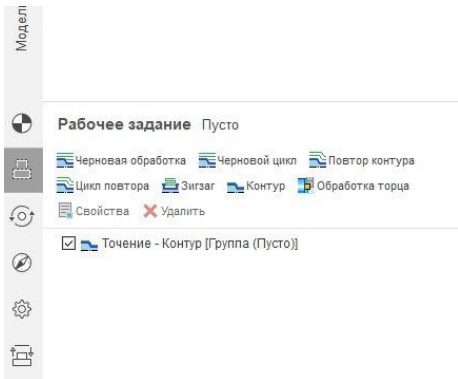


Рис. 11-26. Рабочее задание операции Черновое наружное точение.

Инструмент используйте тот же. Рассчитайте операцию.

Для растачивания используем тот же инструмент, но поменяем его ориентацию (станок это позволяет).

На вкладке **Наладка** задайте ориентацию инструмента по отверстию в детали.

Рабочее задание показано на рис. 11-27.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

Далее создайте фрезерную операцию **2D Контур**.

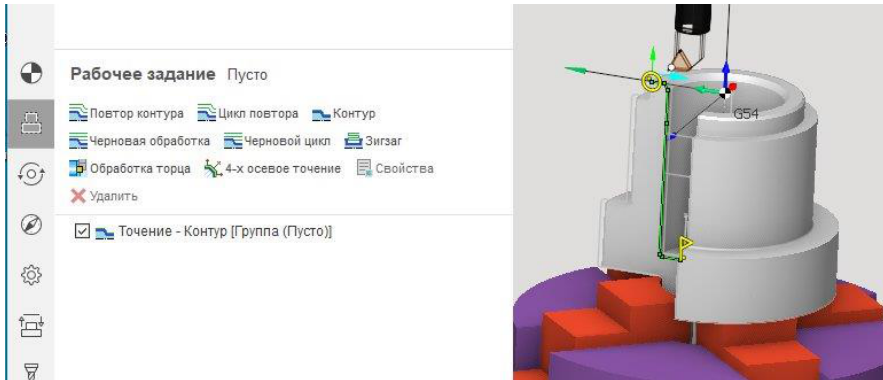


Рис. 11-27. Рабочее задание операции растачивания.

Ориентацию инструмента (1 на рис. 11-28) задайте ребром (стрелка на рис. 11-28). Рабочее задание задано кривыми и ограничено по уровням (рис. 11-28).

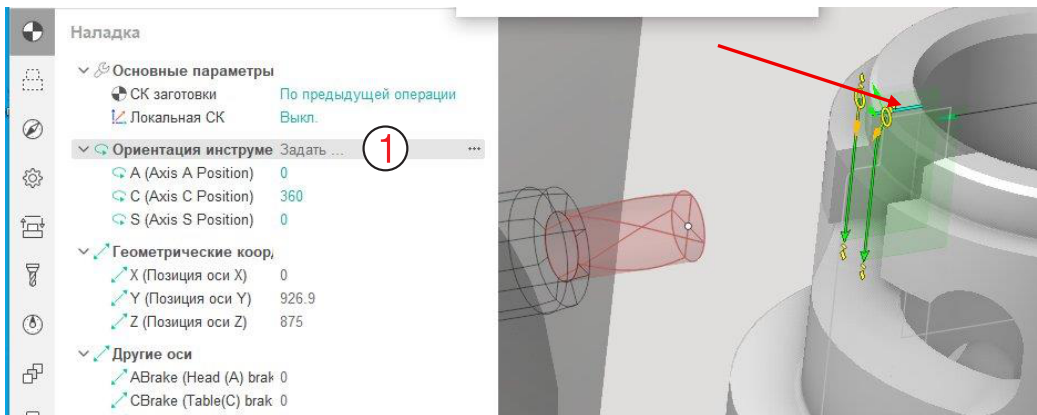


Рис. 11-28. Задание ориентации инструмента для операции 2D контур.

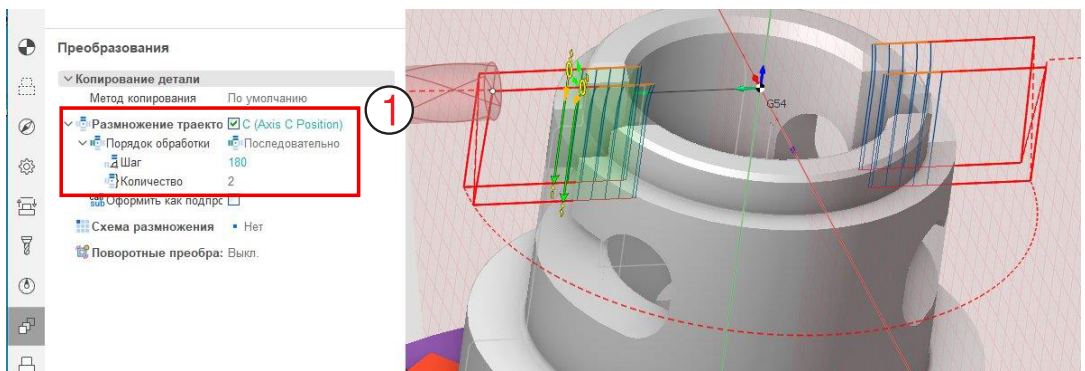


Рис. 11-29. Размножение траектории для обработки второго паза.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

Т.к. имеется симметричный паз, то можно в операцию добавить преобразование.

На вкладке Преобразования включите параметр Размножение траектории (1 на рис. 11-29), задайте ось С, шаг 180 градусов, количество 2.

Должно получиться как на рис. 11-29.

Пазы на цилиндрической поверхности требуют 4-осевой непрерывной обработки. К этому примеру мы вернемся позднее и выполним такую обработку.

Токарно-фрезерной обработке с использованием 4-х и 5-осевого фрезерования посвящена отдельная глава.

Глава 12. 4-осевая ротационная обработка

Изучение 4-осевой непрерывной обработки начнем с ротационной обработки. Чтобы эти операции были доступны, станок должен иметь поворотную ось. Она применяется при обработке деталей типа кулачковых, либо коленчатых валов, червяков, деталей вращения с лопастями; также используется для обработки декоративных фигур.

Общее у этих операций то, что ось инструмента смотрит в ось поворота детали. Это существенно упрощает программирование по сравнению с универсальными 4-осевыми операциями.

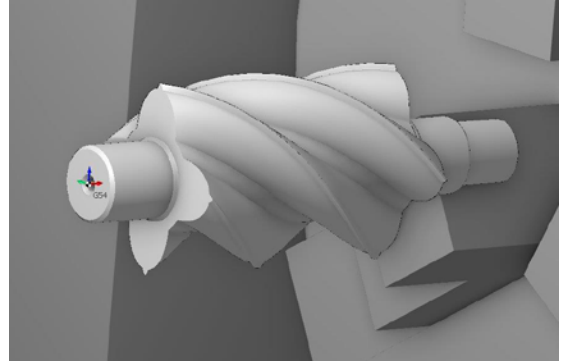


Рис. 12-1. Модель винта.

Обработка винта

Откройте проект Screw0.

Проект содержит модель (рис. 12-1), но в нем нет операций.

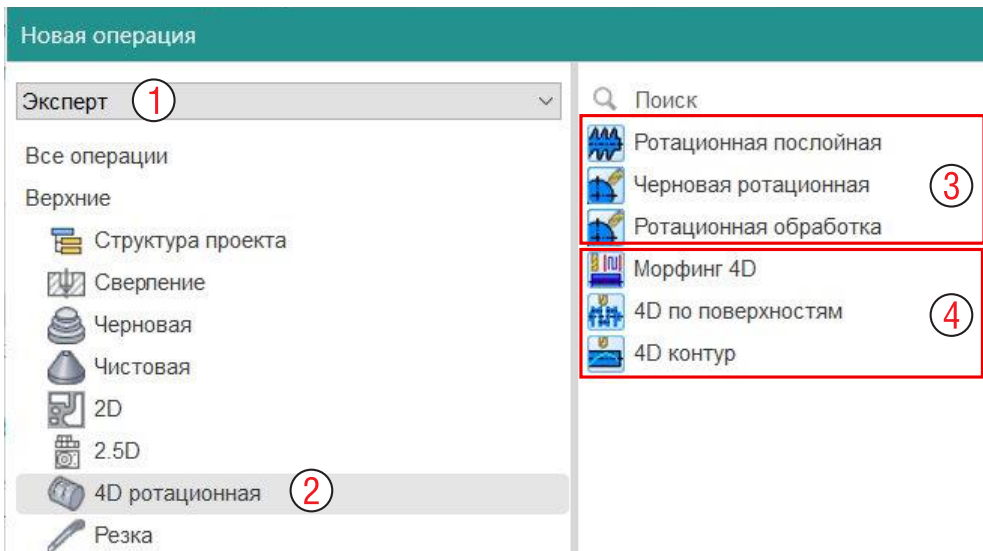


Рис. 12-2. Список ротационных операций.

Нажмите на иконку **Новая операция**, список доступных операций появится. В режиме **Эксперт** (1 на рис. 12-2) выберите тип **4D ротационная** (2). В

правой части окна появится список операций этой группы. Эти операции будут отражены в списке только, если кинематика станка может их выполнить.

Первые 3 операции – это классические ротационные (3), следующие 3 – это универсальные 5-осевые операции (4), адаптированные для ротационной обработки.

Выберите **Черновая ротационная**.

Черновая ротационная – это четырехкоординатная операция для непрерывной черновой обработки. Она схожа с Черновой послойной операцией, но слои обработки представляют собой концентрические цилиндры с осью, совпадающей с осью вращения детали.

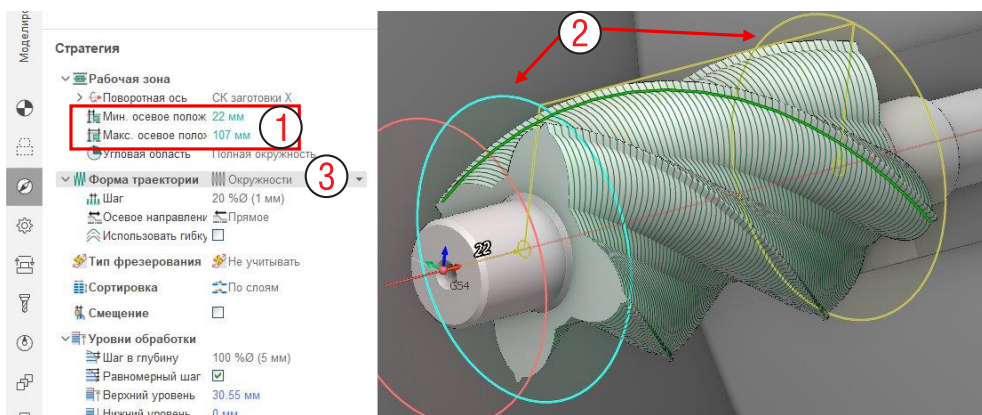


Рис. 12-3. Параметры стратегии операции Черновая ротационная.

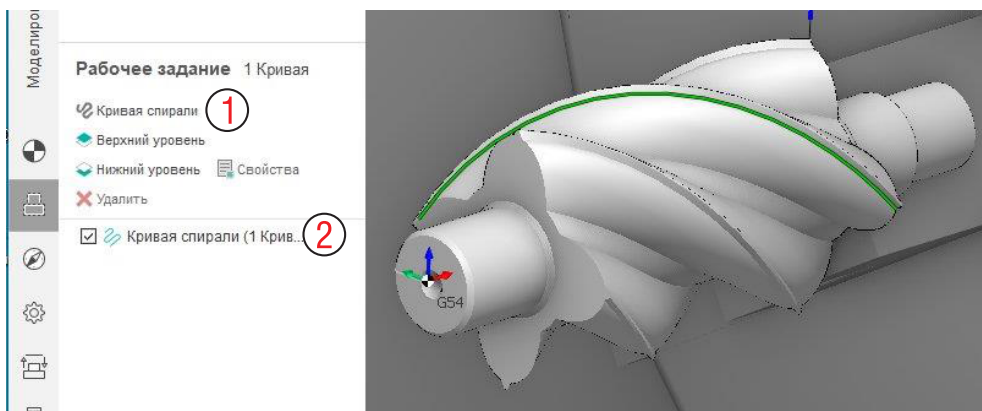


Рис. 12-4. Кривая спирали в Рабочем задании.

Обрабатываемая геометрия в рабочем задании не задается. Основными параметрами, определяющими область обработки, являются **Минимальное и Максимальное осевые положения** (1 на рис. 12-3). Их можно задать значением, а можно потянуть за маркеры в графическом окне (2). Маркеры

имеют свойство примагничиваться, потому положение получается довольно точно.

Задайте положение маркеров, как показано на рис. Рассчитайте операцию с параметрами по умолчанию.

Траектория получилась послойная, проходы выполняются по окружностям. Улучшим ее, задав перемещения вдоль лопасти винта.

Параметр **Форма траектории** (3) переключите на **Спираль**.

В рабочем задании задайте кривую спирали, как показано на рис. 12-4, и нажмите на иконку **Кривая спирали** (1), она появится в списке (2).

Шаг спирали может задаваться по-разному. Чтобы получилось как на рис. 12-5, надо еще параметр **Шаг спирали** задать как **Угол по кривой** (1).

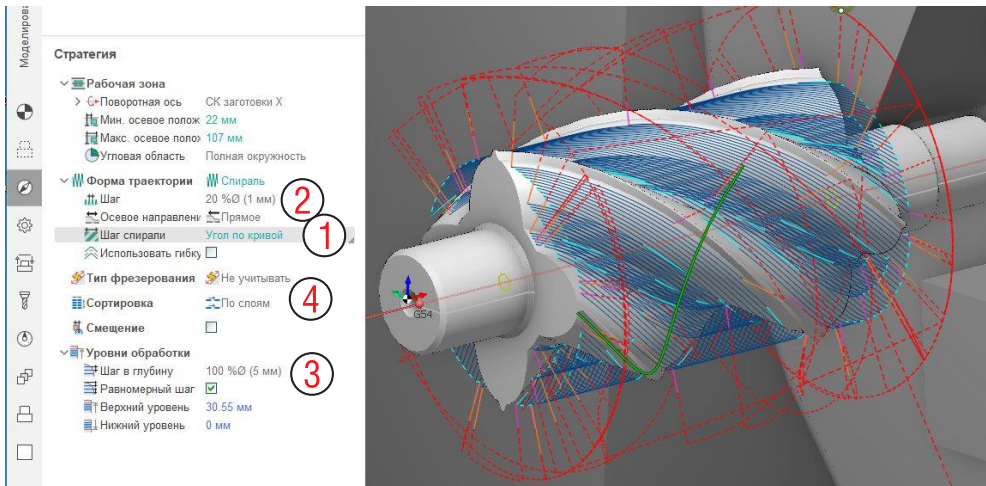


Рис. 12-5. Дополнительные параметры операции Черновая ротационная.

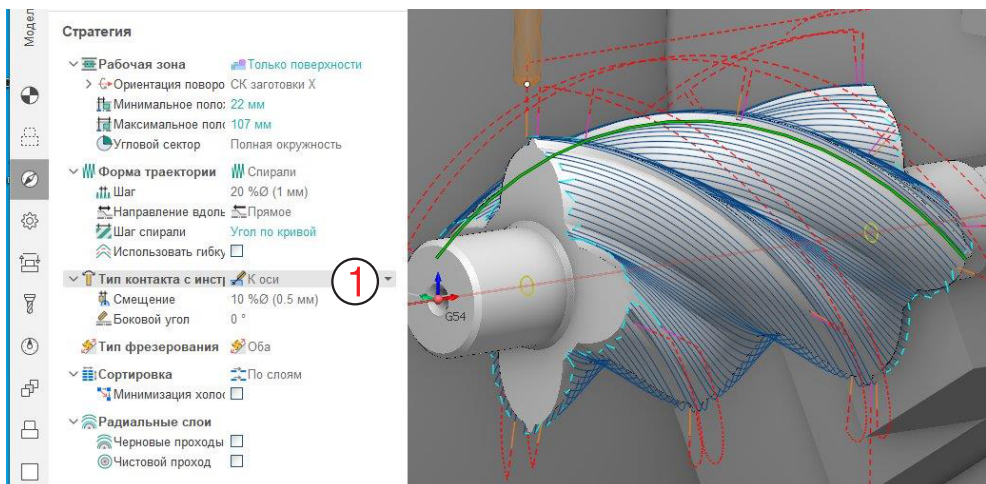


Рис. 12-6. Параметры операции Ротационная обработка.

Шаг между проходами (2) и между уровнями – параметр **Шаг в глубину** (3) похожи на параметры черновой послышной операции.

Параметр **Сортировка** здесь установлен в значение **По слоям** (4), т.к. оно предпочтительнее с т.з. технологии обработки.

Задайте еще Припуск 1 мм и рассчитайте операцию. Выполните моделирование обработки.

Обратите внимание, что в качестве поверхности безопасности задан цилиндр. На вкладке **Подходы/Отходы** можно изменить его параметры.

Теперь создадим чистовую операцию.

Создайте новую операцию **Ротационная обработка**. В ней задайте все те же параметры как для черновой.

Дополнительный параметр **Смещение** (1 на рис. 12-6) в группе **Тип контакта с инструментом** имеет ненулевое значение по умолчанию. Это улучшает условия резания.

Рассчитайте операцию. Должно быть как на рис. 12-6.

Выполните моделирование обработки для обеих операций.

Если требуется обработка только одной лопасти или одной стороны лопасти, то используются более универсальные операции, например **Морфинг 4D**.

Проиллюстрируем это.

Создайте новую операцию **Морфинг 4D**.

В **Рабочем задании** задайте поверхность и 2 кривые, как показано на рис. 12-7.

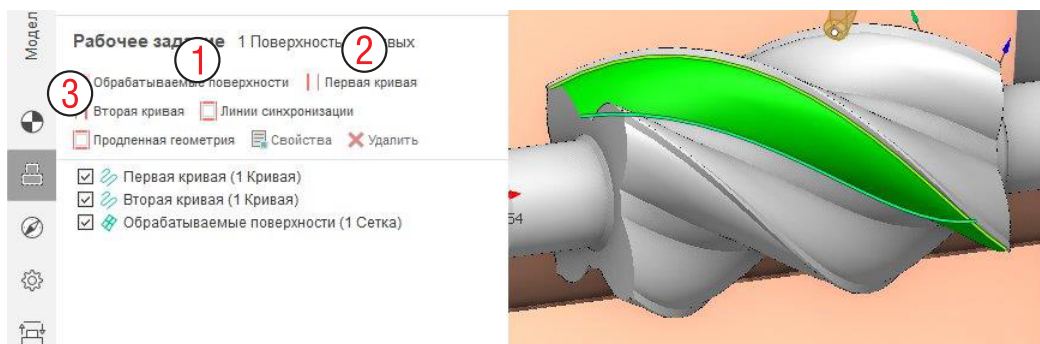


Рис. 12-7. Рабочее задание операции Морфинг 4D.

После выбора объекта нажимайте на иконки **Обрабатываемые поверхности** (1), **Первая кривая** (2), **Вторая кривая** (3). В качестве первой кривой используйте верхнюю кривую.

На вкладке **Стратегия** задайте **Стратегию** значением **Вдоль** (1 на рис. 12-8), ориентация инструмента здесь задана значением **К поворотной оси** (2).

Рассчитайте операцию.

Более подробно эту операцию рассмотрим в следующей главе.

А здесь разберем другой пример.

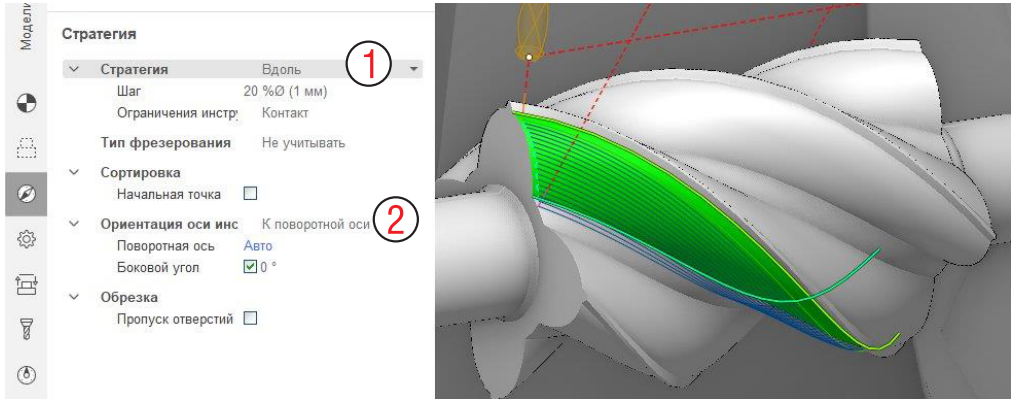


Рис. 12-8. Параметры стратегии операции Морфинг 4D.

Обработка кулачкового вала

Откройте проект Rotate.

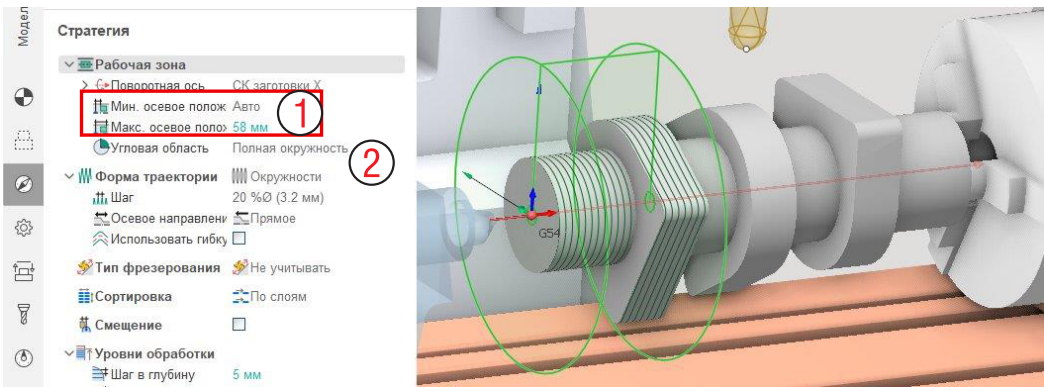


Рис. 12-9. Рабочая зона операции Черновая ротационная.

Создайте операцию **Черновая ротационная**.

Для примера мы обрабатываем только одну шейку и один кулачок.

На вкладке Стратегия задайте **Минимальное и Максимальное осевые положения** (1) как на рис. 12-9.

Параметр **Форма траектории** задан как **Окружности** (2) и это нас устраивает.

Рассчитайте операцию. Должно быть как на рис. 12-10.

Выполните моделирование обработки.

Создайте новую операцию **Ротационная обработка**.

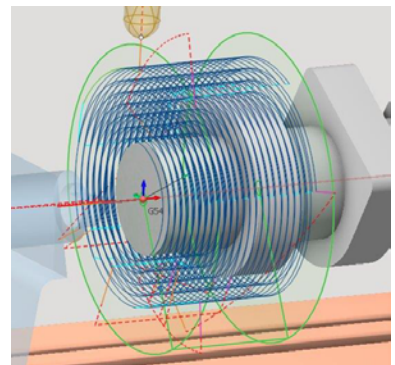


Рис. 12-10. Траектория операции Черновая ротационная.

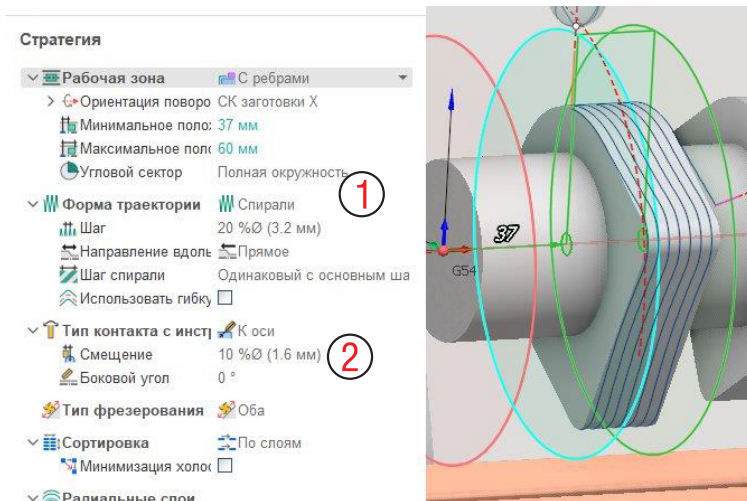


Рис. 12-11. Параметры стратегии операции Ротационная обработка.

На вкладке **Стратегия** видно, что по умолчанию система предложила обработку по спирали (**Форма траектории – Спирали** (1)). Для нашей области обработки спираль даст плохой результат на переходе между шейкой и кулачком. Надо или переключить параметр в значение Окружности, или переопределить область обработки.

В учебных целях переопределите **Минимальное осевое положение** как на рис. 12-11. Рассчитайте операцию.

В примере мы использовали сферическую фрезу, но эту операцию можно выполнять и торообразной фрезой, но с использованием параметра **Смещение**. Проиллюстрируем это.

Дублируйте операцию. В копии поменяйте инструмент на торообразную фрезу диаметром 16 мм и радиусом скругления 2 мм.

Задайте **Смещение** инструмента (2 на рис. 12-11) равным 10 мм. Рассчитайте операцию.

На рис. 12-12 показано смещение инструмента при подходе к углу кулачка (движение вправо).

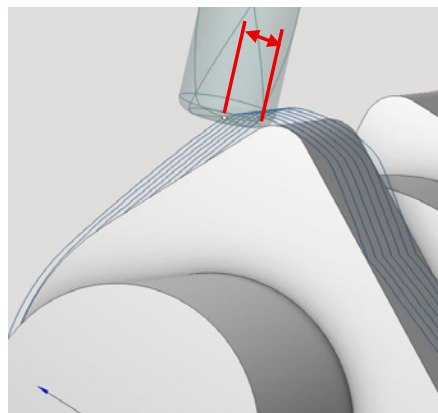


Рис. 12-12. Параметр Смещение инструмента для смены точки контакта.

Использование цилиндрической интерполяции

В этом примере будем использовать операцию **2D контур** для гравировки на цилиндре. Строго говоря, эта операция к ротационным не относится, но при использовании цилиндрической интерполяции логично ее рассмотреть в этой главе.

В этой операции может задаваться базовая поверхность, на которую проектируются замкнутые контура. Базовая поверхность может быть плоскостью, цилиндром или поверхностью вращения.

Откройте проект 4-axis engraving0.

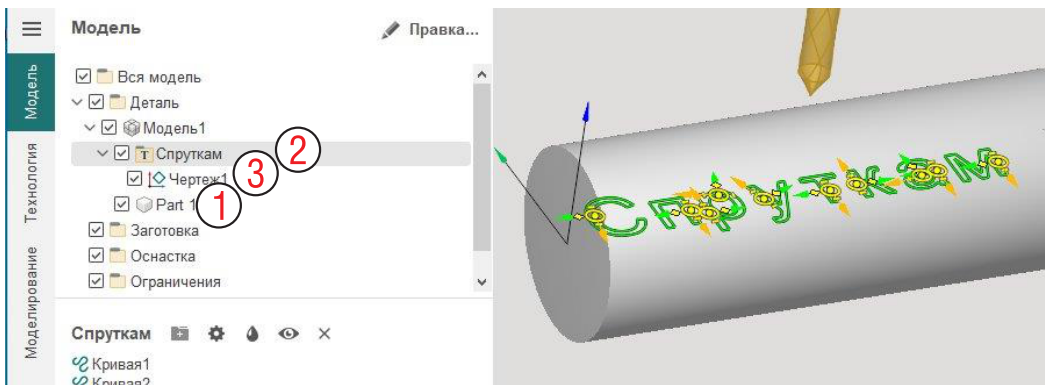


Рис. 12-13. Структура модели для цилиндрической интерполяции.

Структура модели показана на рис. 12-13. Имеется 3D тело – цилиндр (объект Part1 – (1), текст Спруткам (2) и Чертеж1 (3), который нам понадобится позднее.

Создайте новую операцию **2D контур**.

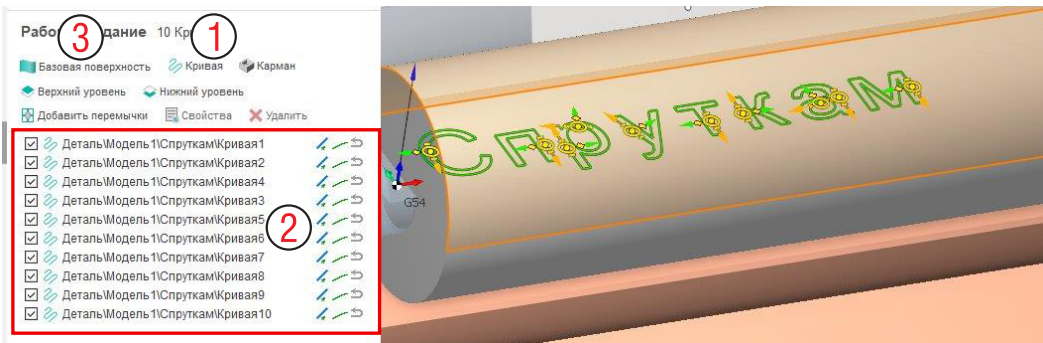


Рис. 12-14. Рабочее задание операции 2D контур.

В рабочем задании выберите все буквы и нажмите на иконку **Кривые** (1 на рис. 12-14), они появятся в списке (2).

Выберите поверхность цилиндра и нажмите на иконку **Базовая поверхность** (3).

В появившемся окне ничего задавать не надо (т.е. остается опция нет). Это окно предназначено для задания базовой поверхности параметрами, мы же ее указали явно.

Нажмите **Да**.

На вкладке **Стратегия** задайте верхний и нижний уровень, как показано на рис. 12-15. Эти значения отсчитываются от базовой поверхности.

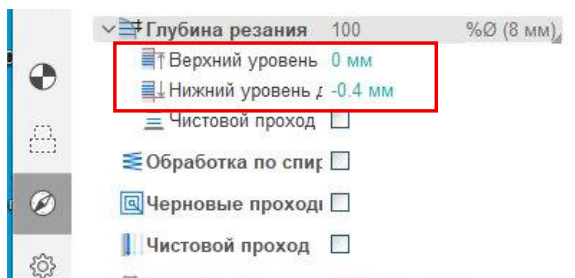


Рис. 12-15. Уровни обработки для гравировки на цилиндре.

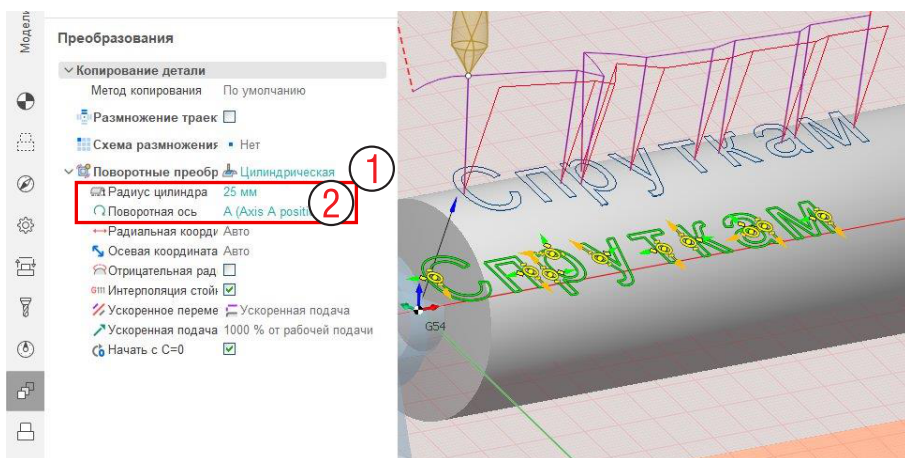


Рис. 12-16. Включение цилиндрической интерполяции.

На вкладке **Преобразования** задайте **Поворотные преобразования** значением **Цилиндрическая** (1 на рис. 12-16), радиус цилиндра 25 мм и поворотную ось A (2).

Рассчитайте операцию. Траектория выглядит как плоская и расположена на высоте 25 мм.

Выполните моделирование обработки с включенным станком. Результат должен быть как на рис. 12-17 (на рисунке показан промежуточный результат).

Команду включения цилиндрической интерполяции можно увидеть в формате CLDATA – INTERP Cyl Вкл R25 (1).

Аналогично можно работать не только с текстом, но и с кривыми.

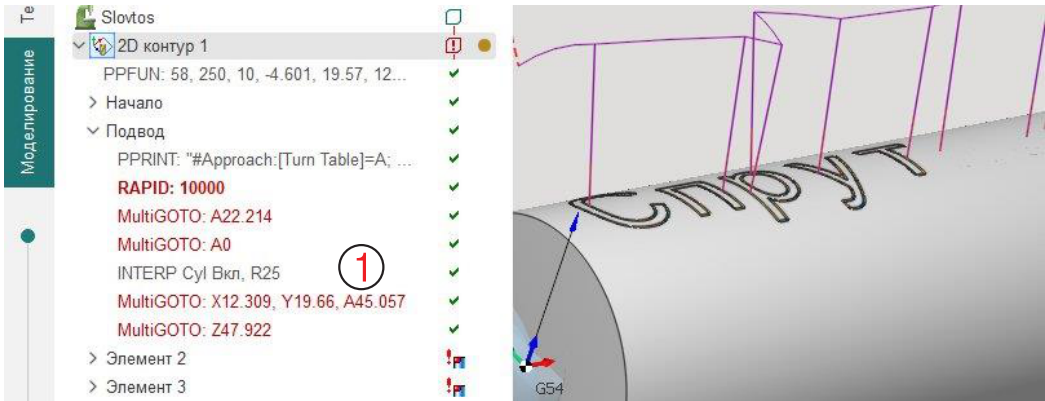


Рис. 12-17. Моделирование обработки при гравировке на цилиндре.

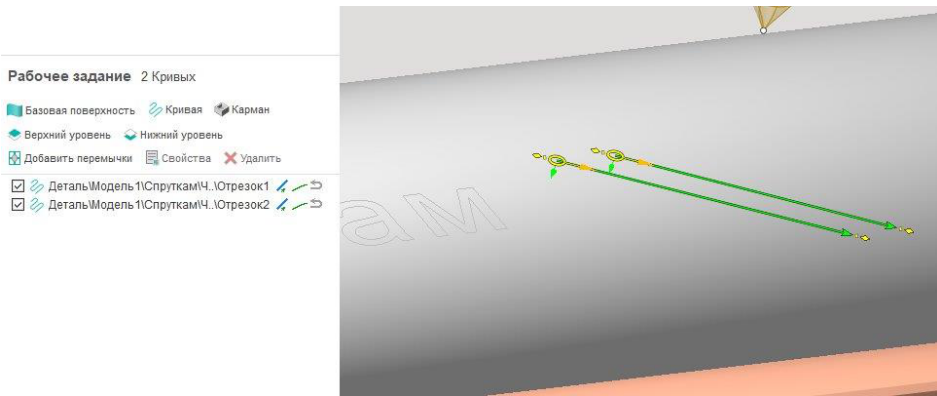


Рис. 12-18. Кривые в новом рабочем задании.

Дублируйте операцию. В копии на вкладке Рабочее задание удалите выбранные кривые и выберите 2 новые, как показано на рис. 12-18.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки. Должно быть как на рис. 12-19.

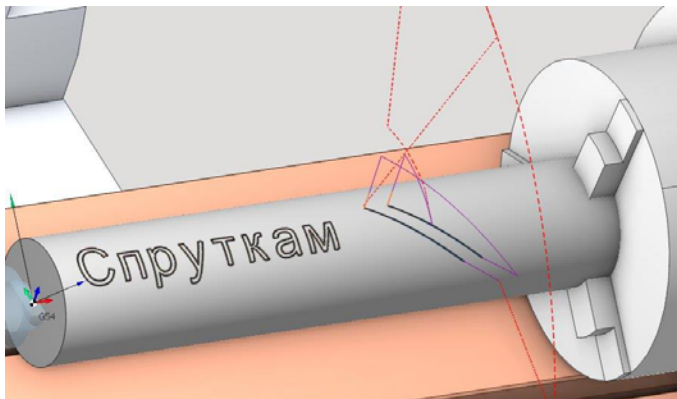


Рис. 12-19. Моделирование обработки двух операций.

Глава 13. 4-х и 5-осевая непрерывная обработка

При этом виде обработки поворотные движения выполняются в процессе резания. Таким образом, кадр УП при 5-осевой непрерывной обработке содержит до 5 координат.

Традиционно подобные операции требуются при обработке турбинных лопаток, крыльчаток, шнеков, винтов и других типов изделий сложной конфигурации. Ось инструмента в таких проектах различным образом связана с геометрией обрабатываемой модели или другими объектами (по нормали к поверхности, под углом к поверхности, к точке, линии и т. д.). Отдельно выделяют операции, где обработка стенок осуществляется боковой стороной фрезы.

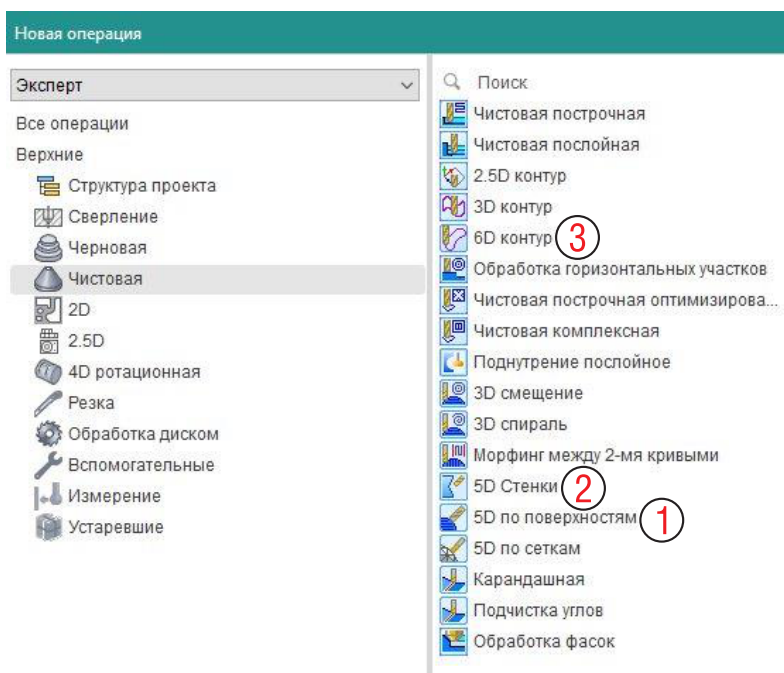


Рис. 13-1. Список 5-осевых операций.

В этой главе рассмотрим следующие операции (рис. 13-1):

- 5D по поверхностям;
- 5D Стенки;
- 6D контур.

5D по поверхностям – ориентация инструмента

Операция чистовой обработки позволяет обработать поверхность модели разнообразными стратегиями (параллельно к плоскости, параллельно к кривой, морфинг и другие) и режимами управления осью инструмента (фиксированный, по нормали к поверхностям, к оси вращения, к точке, к кривой и т.д.).

Откройте проект ориентация1.

В проекте уже есть одна 3-осевая операция; она создана для того, чтобы при моделировании обработки 5-осевых операций припуск на поверхностях был минимальным.

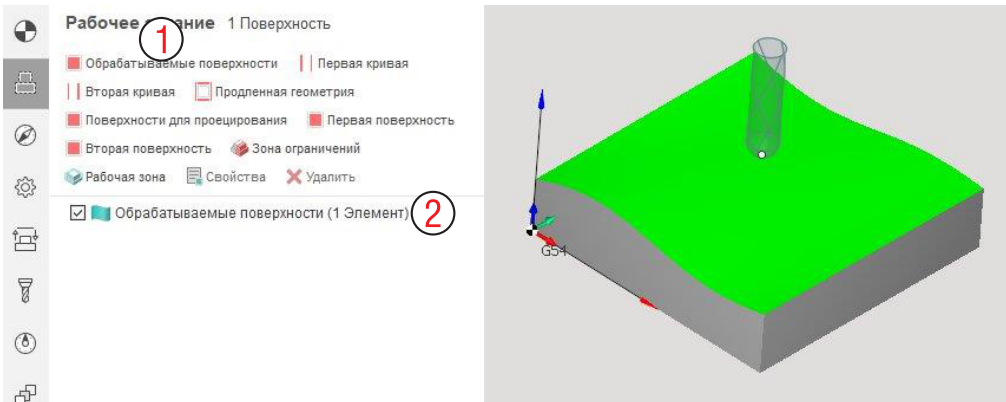


Рис. 13-2. Рабочее задание операции 5D по поверхностям.

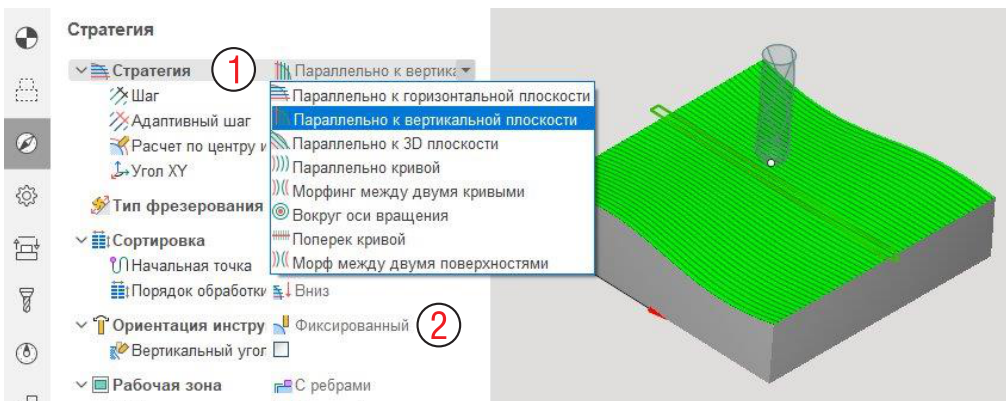


Рис. 13-3. Перечень стратегий обработки.

Создайте новую операцию **5D по поверхностям**. На вкладке **Рабочее задание** выберите поверхность, как показано на рис. 13-2 и нажмите на иконку **Обрабатываемые поверхности** (1). Выбранные объекты появятся в списке (2).

Операция поддерживает 8 стратегий обработки (1 на рис. 13-3).

В этом примере будем использовать Стратегию **Параллельно к вертикальной плоскости**. Также эта операция поддерживает 7 способов ориентации инструмента (2). Список параметров показан на рис. 13-4.

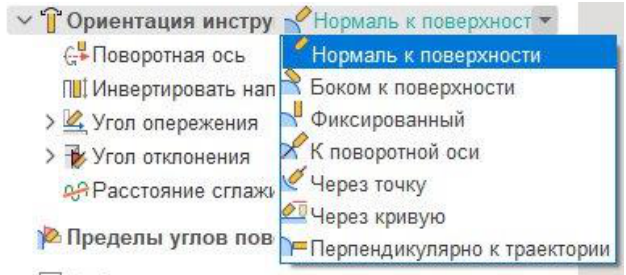


Рис. 13-4. Список способов ориентации инструмента.

Задайте **Ориентацию инструмента – Нормаль к поверхности**.

На вкладке **Инструмент** задайте сферическую фрезу диаметром 16 мм (ту же, что в существующей операции). Остальные параметры оставьте по умолчанию. Рассчитайте операцию.

Выполните моделирование обработки сначала без отображения станка и без отображения результата обработки (такой вариант моделирования часто используется в 5-осевых непрерывных операциях).

Обратите внимание, что инструмент ориентирован по нормали к поверхности в любой точке траектории. На рис. 13-5 показан инструмент в первой точке траектории.

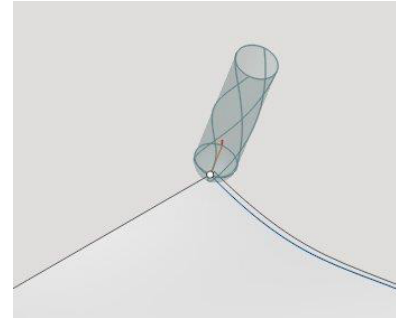


Рис. 13-5. Ориентация инструмента по нормали к поверхности.

Повторите моделирование обработки с отображением станка.

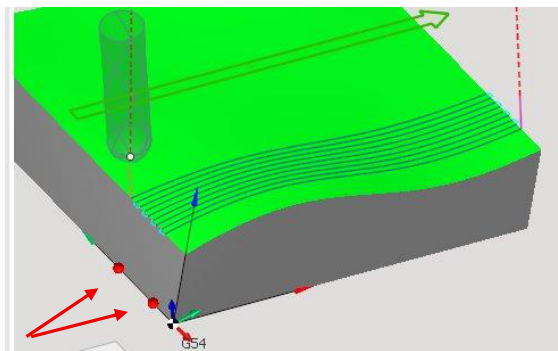
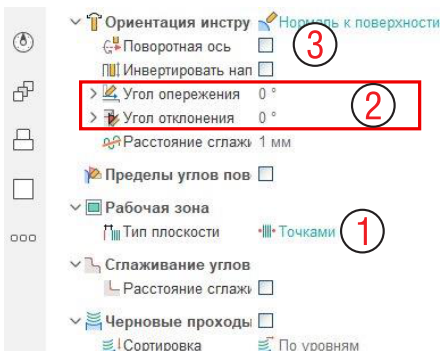


Рис. 13-6. Задание рабочей зоны точками (выбор части поверхности).

В операции можно обрабатывать не всю выбранную поверхность, а определить **Рабочую зону** параметрически.

Дублируйте операцию. В копии параметр **Рабочая зона – Тип плоскости** задайте значением **Точками** (1 на рис. 13-6). Курсором потяните красные точки и расположите их, как показано стрелками на рисунке.

Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 13-6.

Если используется 4-осевой станок, то строго по нормали позиционировать инструмент не получится, но с нормалью работать можно, включив параметр **Поворотная ось** (3). В этом случае система проецирует нормаль в плоскость, перпендикулярную поворотной оси такого станка. Проверим это далее на примере обработки лопатки.

Ориентация инструмента по нормали к поверхности имеет и некоторые недостатки. В частности, для шаровых фрез скорость резания при вершине инструмента равна 0, что отрицательно сказывается на условиях резания. Поэтому часто используют ориентацию инструмента относительно нормали, но с учетом двух углов: **Угла опережения** и **Угла отклонения** (2). Угол опережения – это угол между осью инструмента и нормалью к поверхности в точке контакта. Он измеряется в плоскости, образованной векторами нормали и направлением подачи (рис. 13-7).



Рис. 13-7. Угол опережения в ориентации инструмента.

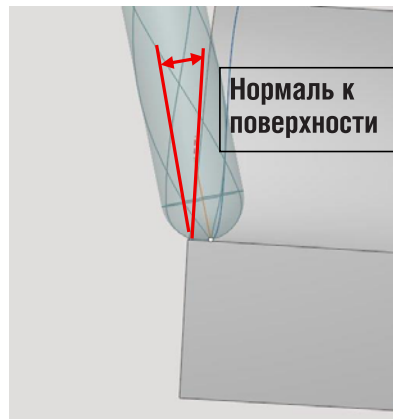


Рис. 13-8. Угол отклонения в ориентации инструмента.

Другим способом выведения вершины инструмента из зоны резания является задание угла отклонения; он измеряется в плоскости, перпендикулярной направлению подачи (рис. 13-8). Обычно используется один из углов в зависимости от расположения препятствий в зоне обработки.

Обратите внимание, что траектория (след вершины инструмента) не лежит на поверхности, то есть вершина выведена из контакта с деталью.

На рис. 13-9 показан вариант использования угла опережения для торoidalной фрезы. Такие фрезы более производительны, но совсем не могут работать с ориентацией по нормали к поверхности.

Дублируйте первую операцию **5D по поверхностям**. В копии задайте угол опережения 15 градусов (1 на рис. 13-10).

При использовании угла опережения Тип фрезерования обычно задают или попутный, или встречный (т.е. в одну сторону).

Задайте **Тип фрезерования – Попутный** (2) и рассчитайте операцию.

Результат показан на рис. 13-10. Обратите внимание, что переходы между строчками выполняются на высоте безопасности.

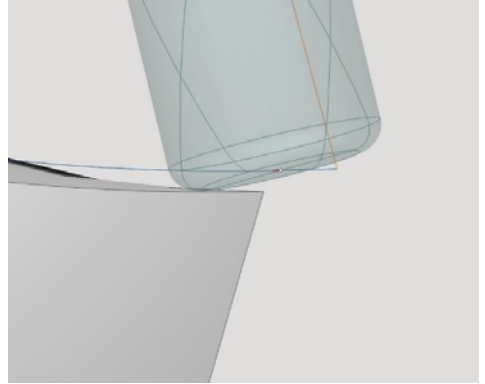


Рис. 13-9. Угол опережения для торoidalной фрезы.

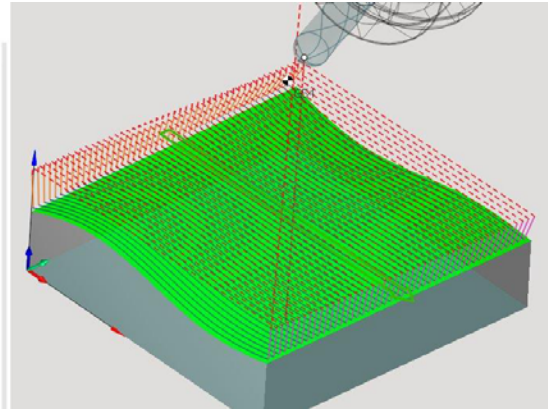
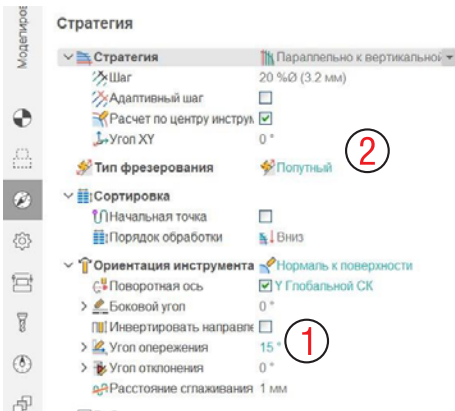


Рис. 13-10. Угол опережения в операции 5D по поверхностям.

Выполните моделирование обработки этой операции с отображением станка.

В 5-осевых непрерывных операциях лучше включить режим управления центральной точкой инструмента (режим TCPM, если станок его поддерживает). Он находится на вкладке **Наладка** (1 на рис. 13-11). В этом режиме более строго обрабатываются холостые ходы траектории, что важно для отсутствия столкновений.

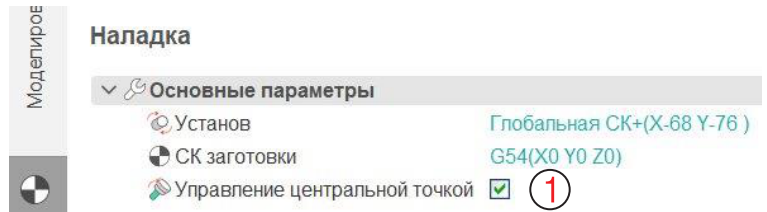


Рис. 13-11. Параметр Управление центральной точкой.

Включите параметр Управление центральной точкой.

Включите параметр Управление центральной точкой.

Также рассмотрим вкладку **Подходы/Отходы** для 5-осевых операций (рис. 13-12).

Здесь более сложные правила назначения подводов и отводов, которые могут включать использование локальных систем координат, включение 5-осевой трансформации и др. (1). Поверхностью безопасности в этих операциях помимо плоскости могут быть цилиндр и сфера безопасности (2).

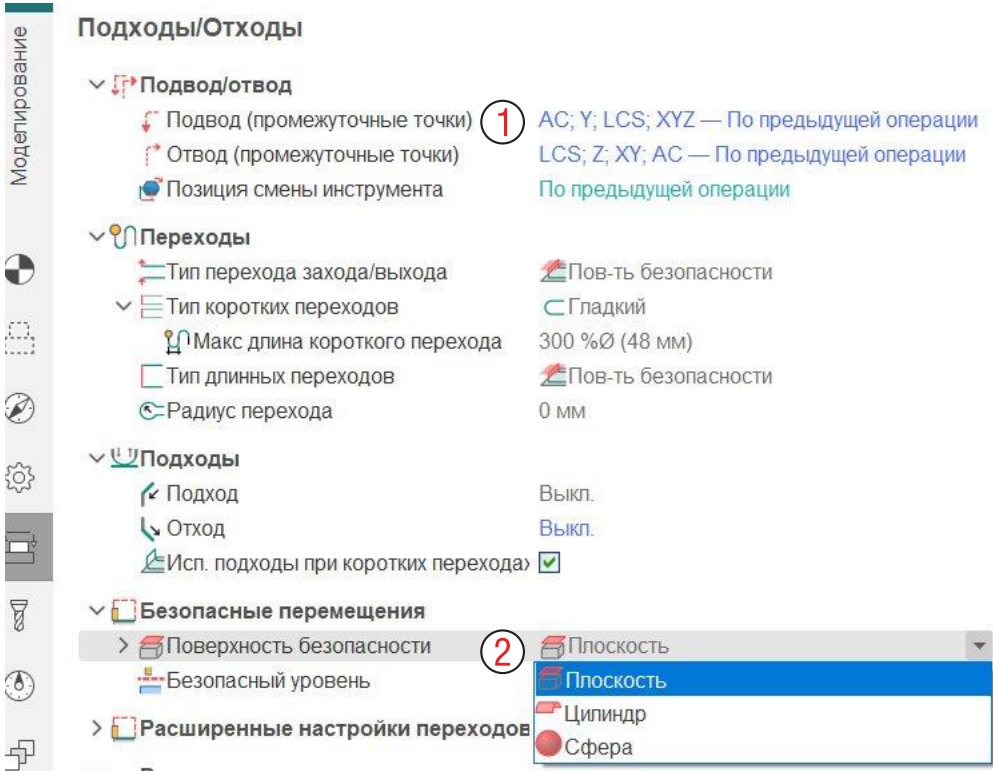


Рис. 13-12. Подходы/отходы в 5-осевых операциях.

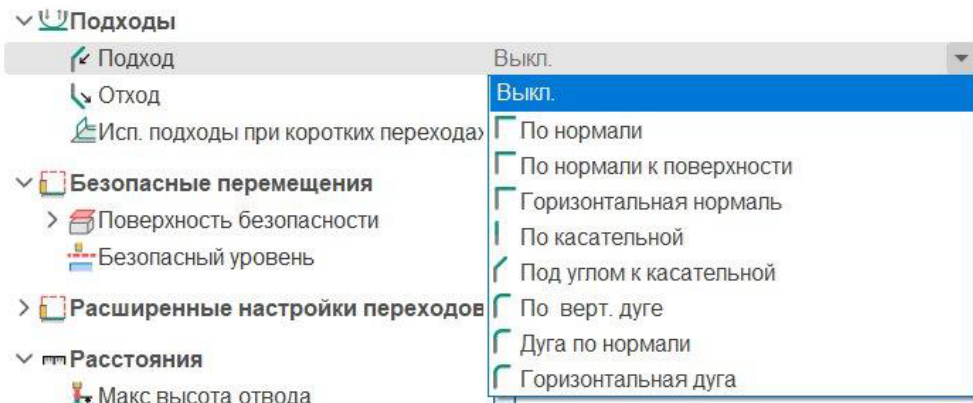


Рис. 13-13. Список подходов в 5-осевых операциях.

Вариантов подходов и отходов в этих операциях гораздо больше (рис. 13-13).

В нашей операции они выключены для наглядности (пока изучаем стратегии обработки и ориентацию инструмента).

Для изучения других стратегий обработки используем похожий, но другой пример.

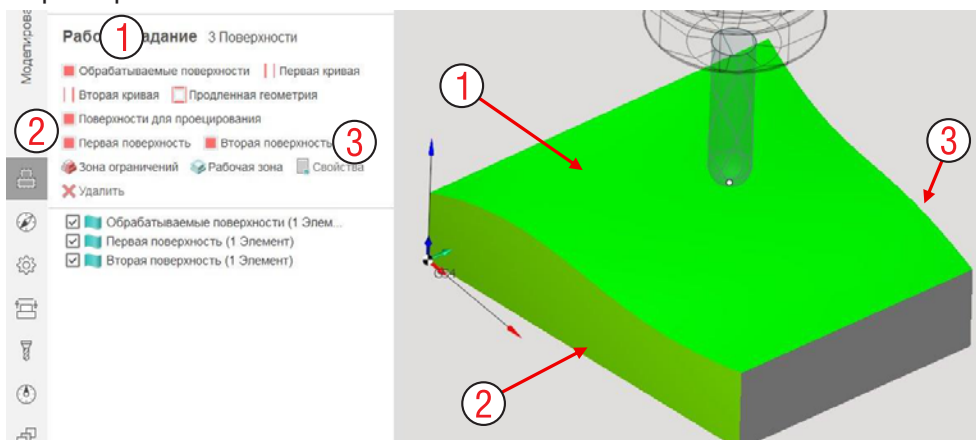


Рис. 13-14. Рабочее задание для стратегии Морф между двумя поверхностями.

Откройте проект ориентация2.

Создайте новую операцию **5D по поверхностям**. В рабочем задании укажите верхнюю грань как обрабатываемую поверхность (1 на рис. 13-14), а 2 боковые грани – как **Первая и Вторая поверхность** (2 и 3).

На вкладке **Стратегия** задайте Стратегию **Морф между двумя поверхностями** (1 на рис. 13-15). Рассчитайте операцию.

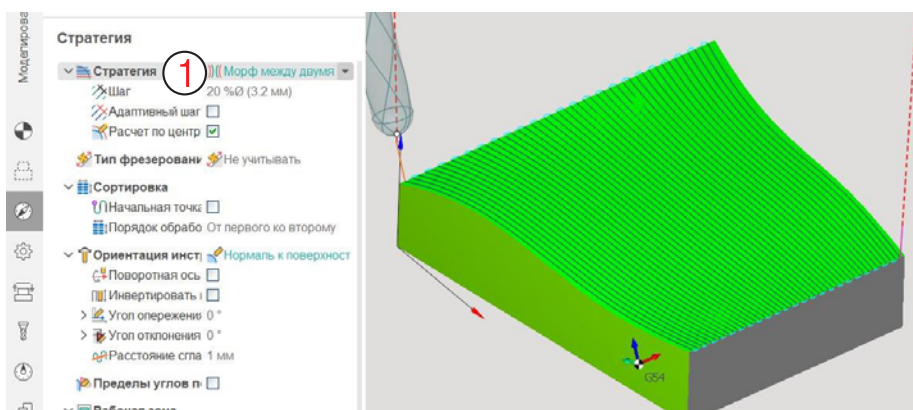


Рис. 13-15. Выбор стратегии.

В результате (рис. 13-15) мы имеем проходы с переменным шагом, но зато они выполняются на всю длину поверхности и нет промежуточных подхо-

дов и отходов.

Такой же вариант можно получить при использовании кривых вместо граней.

Дублируйте операцию. В копии в **Рабочем задании** удалите старое задание и задайте снова **Обрабатываемые поверхности** (1 на рис. 13-16), **Первую и Вторую кривые** (2 и 3).

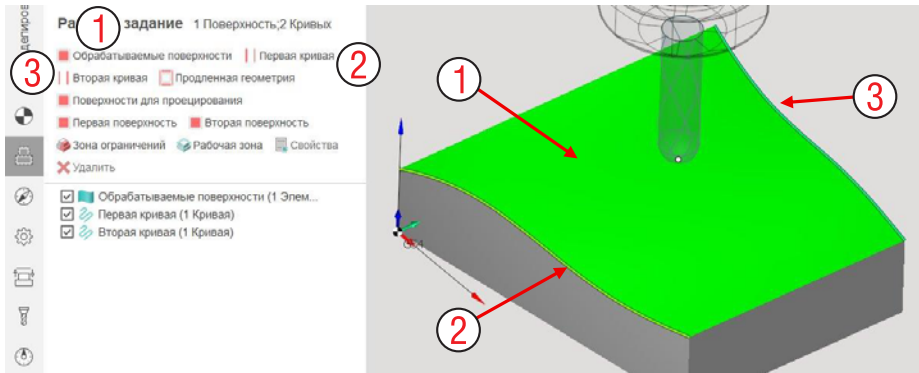


Рис. 13-16. Рабочее задание для стратегии Морф между двумя кривыми.

Стратегия теперь должна использоваться – **Морф между двумя кривыми**. При использовании стратегии Морф появляется удобный способ работать с полями.

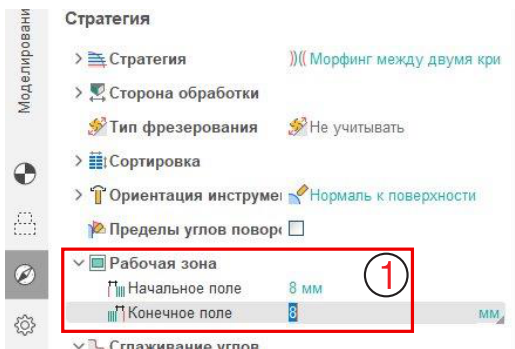


Рис. 13-17. Задание рабочей зоны параметрами

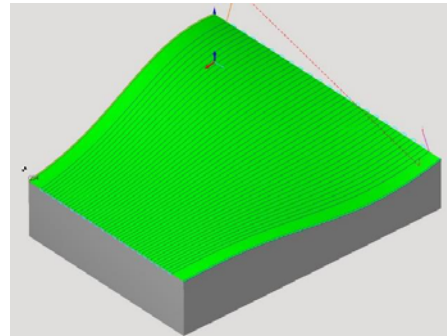


Рис. 13-18. Траектория инструмента с заданными параметрами.

На вкладке Стратегия – **Рабочая зона** задайте **Начальное поле** и **Конечное поле** (1 на рис. 13-17) равным 8 мм. Так мы имитируем смещение инструмента от края обрабатываемой геометрии ровно на радиус инструмента. Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 13-18.

Измените Стратегию на вариант **Параллельно кривой**. В этом случае используется первая кривая, заданная в рабочем задании. Обнулите парамет-

тры **Начальное поле** и **Конечное поле**.

Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 13-19.

Как видим, шаг здесь постоянный, а строчки в конце обработки прерываются при достижении обрабатываемой поверхности. Обычно считается, что этот вариант хуже, но нам он нужен в учебных целях.

В следующем примере разберем ориентацию инструмента, не связанную с нормалью.

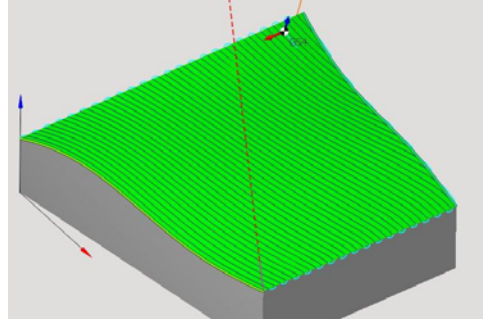


Рис. 13-19. Траектория со стратегией Параллельно кривой.

Откройте проект ориентация4.

Создайте новую операцию **5D по поверхностям**. В рабочем задании укажите верхнюю грань кармана как обрабатываемую поверхность.

На вкладке **Стратегия** задайте **Ориентацию инструмента – Через кривую** (1 на рис. 13-20). Также в рабочем задании выберите кривую и нажмите на **иконку Кривая наклона**. Она станет доступна только при выборе данной ориентации инструмента.

Рассчитайте операцию.

В результате инструмент отклоняется от стенок и область обработки увеличивается по сравнению с вариантом ориентации по нормали.

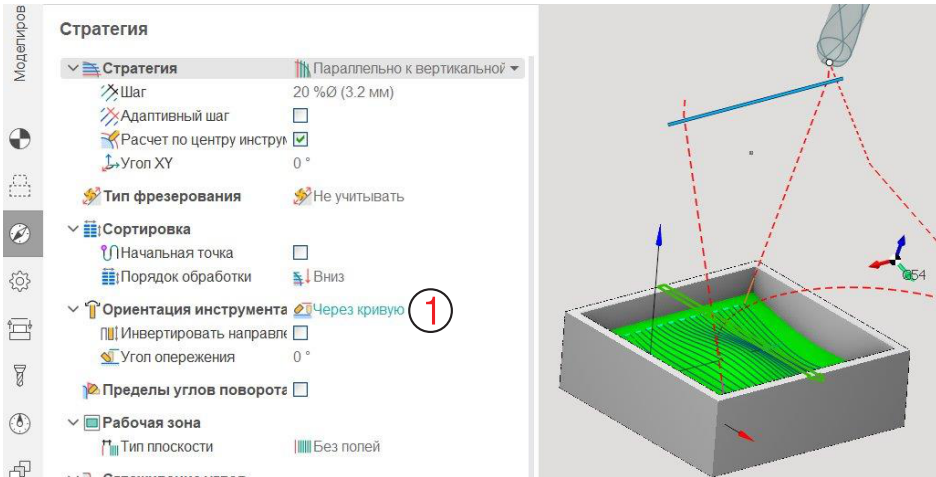


Рис. 13-20. Ориентация инструмента Через кривую.

Если в качестве **Кривой наклона** используется прямая, параллельная одной из осей станка, то получается 4-осевая операция. Этот прием также используется, если у нас имеется только 4-осевой станок (а не 5-осевой).

Для отклонения инструмента от всех 4 стенок кармана можно использо-

вать ориентацию инструмента **Через точку**, расположив эту точку примерно в центре кармана и на некоторой высоте по оси Z.

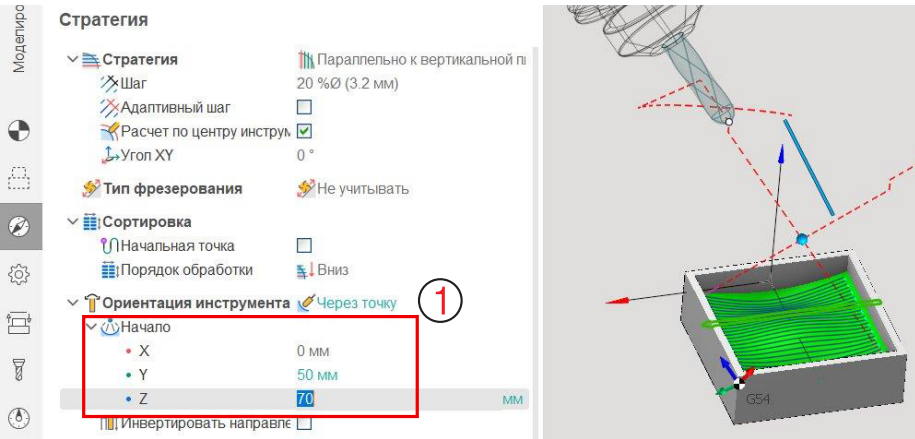


Рис. 13-21. Ориентация инструмента Через точку.

Дублируйте операцию. В копии задайте ориентацию инструмента Через точку (1 на рис. 13-21). Координаты точки задайте, как показано. Точка отображается в графическом окне. Для осознанного выбора можно было выполнить измерения для определения размеров кармана.

Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 13-21. Выполните моделирование обработки.

Отметим, что это 5-осевая обработка и не подходит для 4-осевых станков. Далее рассмотрим обработку более менее реальных деталей.

Обработка лопатки

Откройте проект Blade (рис. 13-22). В проекте используется лопатка с хвостовиком и бандажем. Такие лопатки обычно устанавливают в центрах. Ось фрезерования лопатки – ось A (вокруг X). В нашем случае станок имеет возможность наклона оси инструмента вокруг оси Y (ось B).

Создайте новую операцию **5D по поверхностям**.

На вкладке **Рабочее задание** выберите поверхности пера лопатки (в данном случае их 2) и нажмите на иконку **Обрабатываемые поверхности** (1 на рис. 13-23).

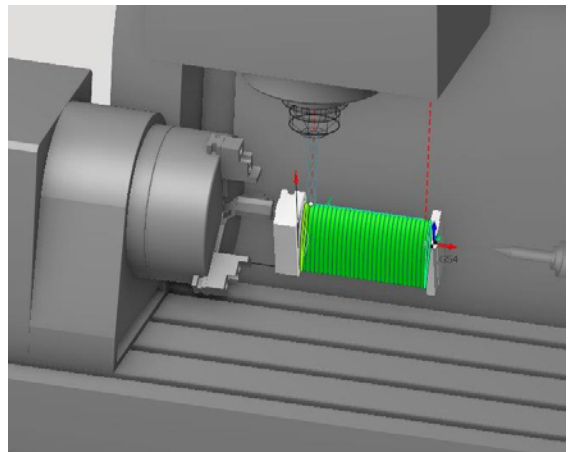


Рис. 13-22. Обработка лопатки.

Дополнительный выбор граничных кривых позволяет задать **Поля** (отступы от краев обрабатываемой геометрии)

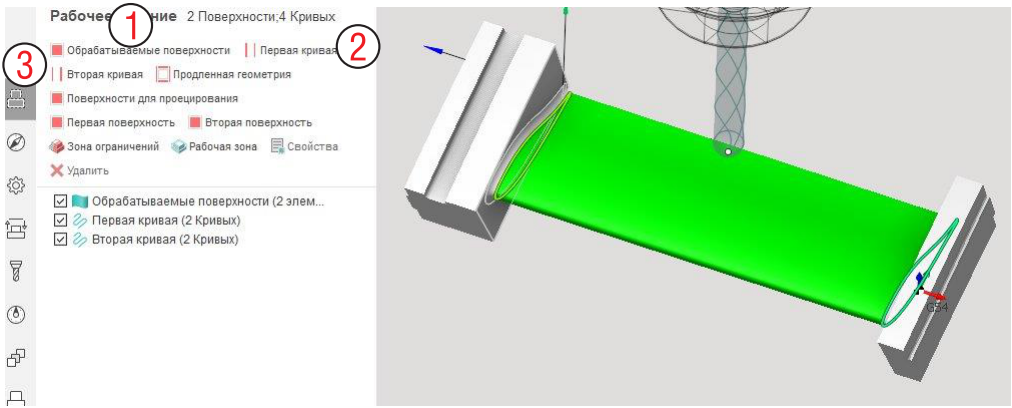


Рис. 13-23. Рабочее задание для обработки пера лопатки.

Выберите граничные кривые с одной стороны (их с каждой стороны тоже 2) и нажмите на иконку **Первая кривая** (2), также задайте **вторую кривую** (3).

На вкладке **Стратегия** задайте стратегию **Морфинг между двумя кривыми** (1 на рис. 13-24), **Тип фрезерования** – **Попутное** (2), **Порядок обработки** (3) – **От первого ко второму** (т.е. со стороны первой кривой).

Ориентацию инструмента установите **Нормаль к поверхности** (4), **Угол опережения** (5) – 10 градусов.

В группе **Рабочая зона** **Первое и Второе поле** (6) задайте по 6 мм.

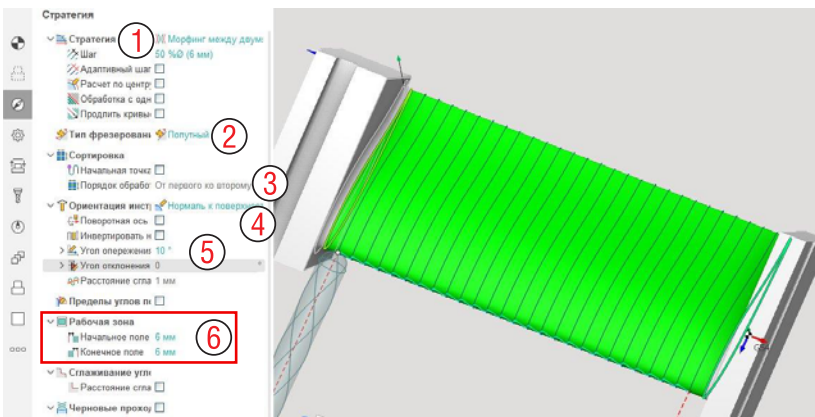


Рис. 13-24. Параметры стратегии для обработки пера лопатки.

Этим мы обеспечиваем отступ инструмента от краев обрабатываемой геометрии на величину радиуса инструмента и предполагаем доработать эти зоны меньшим инструментом.

На вкладке **Подходы/Отходы** в качестве **Геометрии безопасности** задайте **Цилиндр**.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки. Для 5-осевой обработки вначале лучше отключить видимость станка и результата обработки; когда убедитесь, что инструмент движется правильно, повторите моделирование уже со станком и показом результата обработки.

Дублируйте операцию. В копии задайте инструмент как сферическую фрезу диаметром 6 мм. Ее размер определяет радиус скругления пера и хвостовика. Он равен 3 мм (убедитесь в этом самостоятельно).

Рабочее задание прежнее (оно наследуется при дублировании операции).

На вкладке **Стратегия** в группе **Рабочая зона** задайте поля, как показано на рис. 13-25.

Рассчитайте операцию.

Для того чтобы обработать начисто радиус скругления, используем операцию **6D Контур** (Мы ее кратко рассматривали в главе 7, но с фиксированной осью инструмента).

Создайте новую операцию **6D Контур**.

На вкладке **Рабочее задание** выберите кривые ребра между пером и скруглением и нажмите на иконку **Нижнее ребро** (1 на рис. 13-26). Система выбирает и поверхности, которым оно принадлежит.

Далее на вкладке **Стратегия** задайте ориентацию инструмента **Нормаль к поверхности** (1 на рис. 13-27) и **Угол отклонения** 30 градусов (2). Это обеспечит отклонение инструмента от стенки.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки.

На рис. 13-28 показано положение инструмента при моделировании операции.

Далее рассмотрим другой пример.

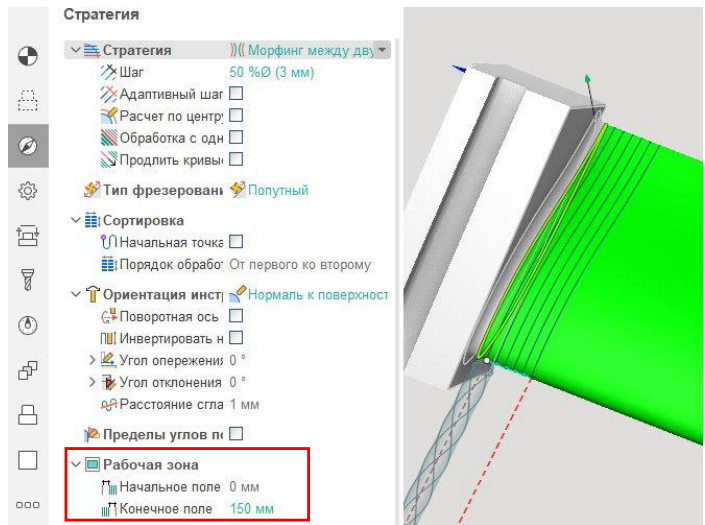


Рис. 13-25. Рабочая зона для доработки краев пера лопатки.



Рис. 13-26. Рабочее задание операции 6D контур для обработки радиуса скругления пера и хвостовика.

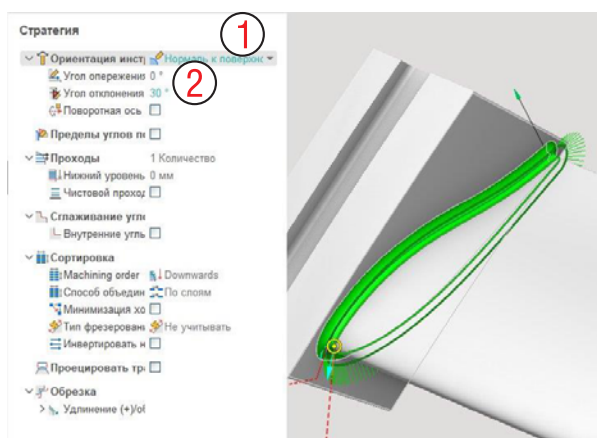


Рис. 13-27. Ориентация инструмента для обработки радиуса скругления.

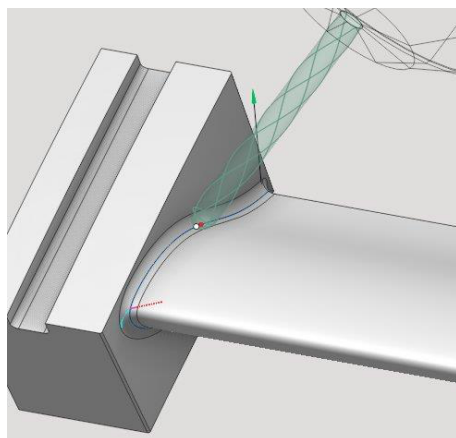


Рис. 13-28. Ориентация инструмента при моделировании обработки.

Откройте проект Blade2. В этом проекте проиллюстрируем использование внешних управляющих поверхностей. Такие поверхности часто используются при обработке турбинных лопаток. Причин несколько:

1. Качество построения пера может быть низким, а редактировать не разрешается. Управляющая геометрия обычно проще и она задает ось инструмента. Далее инструмент проецируется на реальную лопатку.
2. Кромки современной лопатки могут иметь очень маленький радиус, что может вызывать дефекты траектории при расчете. В управляющей геометрии радиус кромок заметно больше.
3. Управляющая геометрия может быть построена только на определенную зону реальной лопатки, может иметь другую кривизну на корыте

(вогнутой части лопатки) для доступа более производительного инструмента и т.д.

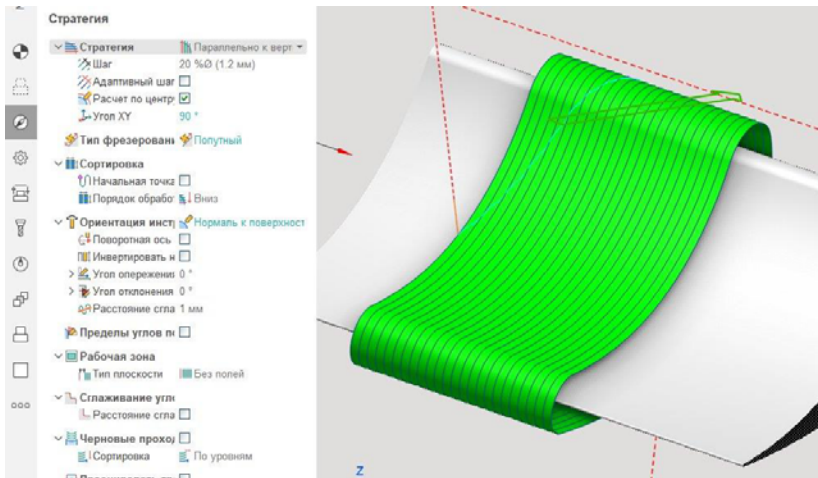


Рис. 13-29. Использование внешних управляющих поверхностей при обработке лопаток.

Именно такой пример представлен на рис. 13-29.

Создайте новую операцию **5D по поверхностям** и обработайте внешнюю геометрию с установками как на рисунке.

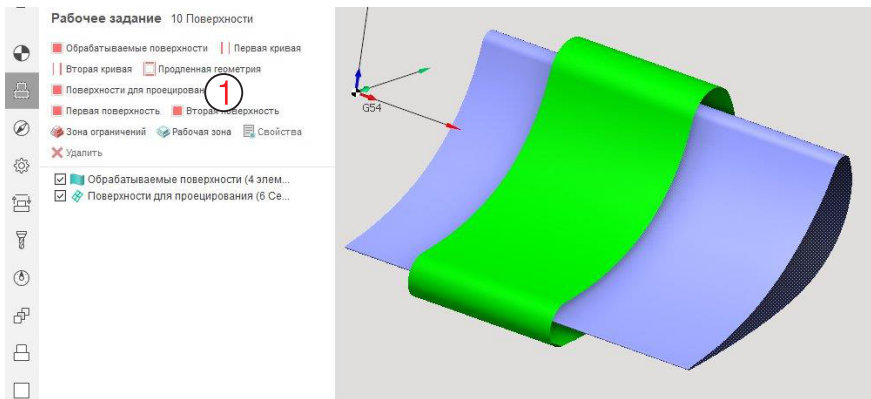


Рис. 13-30. Поверхности для проецирования в Рабочем задании.

Далее на вкладке **Рабочее задание** выберите поверхности реальной лопатки и нажмите на иконку **Поверхности для проецирования** (1 на рис. 13-30).

На вкладке **Стратегия** включите параметр **Проецировать траекторию на деталь** (1 на рис. 13-31) и рассчитайте операцию.

На рис. 13-31 видно, что траектория построена на детали (реальной лопатке). Проецирование производится по оси инструмента.

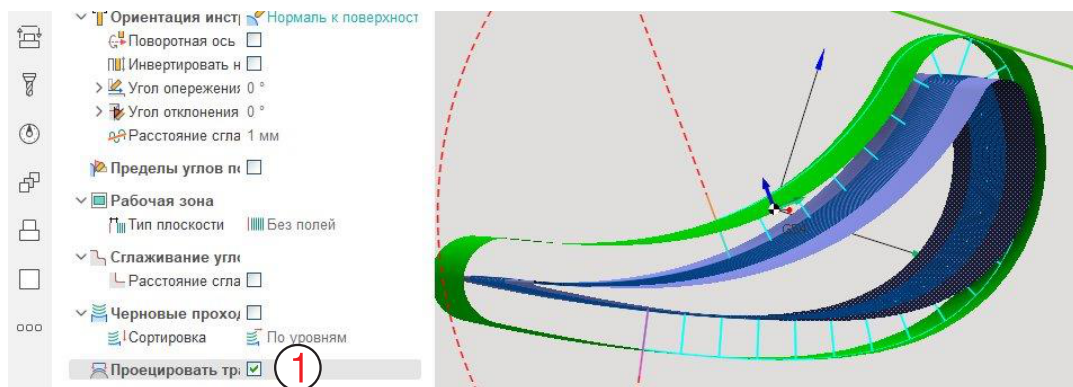


Рис. 13-31. Включение параметра проецирования.

Вспомогательные построения в 5-осевой обработке

На этом же примере проиллюстрируем возможности системы СПРУТКАМ для вспомогательных построений кривых, которые далее могут применяться в рабочем задании.

Перейдите на вкладку **Модель**.

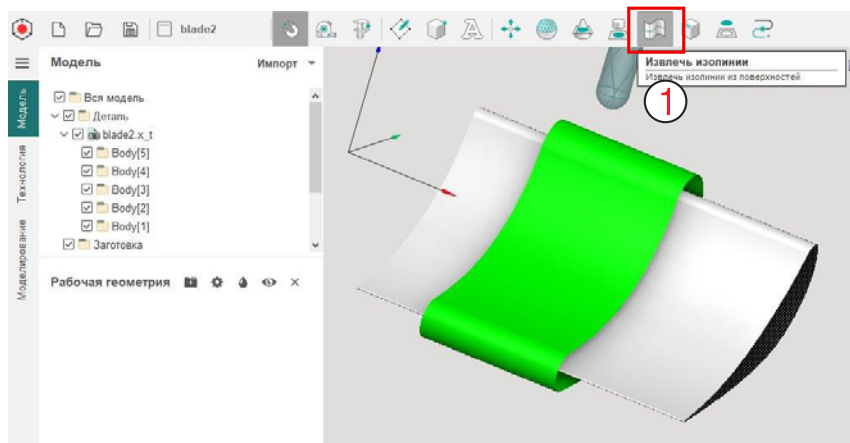


Рис. 13-32. Команды дополнительных построений для обработки лопаток.

В верхнем меню есть иконки для дополнительных построений. Здесь используем функцию **Извлечь изолинии** (1 на рис. 13-32).

Нажмите на иконку Извлечь изолинии.

Выберите поверхности, показанные на рисунке.

При перемещении указателя мыши по выбранной геометрии система показывает положение кривой.

В нужном месте (примерно как на рис. 13-33) нажмите правую кнопку

мыши и в появившемся меню нажмите на иконку **Добавить как сплайн** (1).

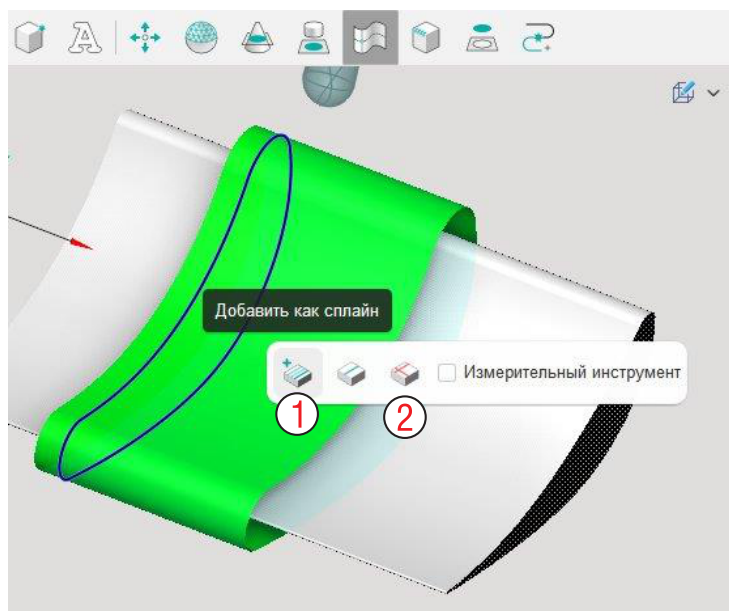


Рис. 13-33. Выделение изолинии.

Изолинии можно выделять в двух взаимно перпендикулярных направлениях. В данном случае система правильно определила направление; если надо поменять направление, то используется иконка **Изменить направление** (2).

Нажмите на иконку **Извлечь изолинии** еще раз, чтобы выйти из режима построений.

Данную кривую можно использовать далее в рабочем задании операции обработки.

В навигаторе модели эта кривая отображается как **Рабочая геометрия** и в дальнейшем ее можно скрыть, выключив галочку рядом с этим объектом.

Обработка винта

Откройте проект Screw0.

Его мы использовали в главе о ротационной обработке, но там ось инструмента была ориентирована в ось вращения детали. Часто требуется ориентировать ось инструмента в привязке к обрабатываемой геометрии.

В **Рабочем задании** укажите грань как на рис. 13-34. Также задайте первую и вторую кривые.

На вкладке **Стратегия** задайте стратегию **Морфинг между двумя кривыми** (1), **Ориентацию инструмента** – **Нормаль к поверхности** (2) и **Угол отклонения** (3) равным 80 или -80 градусов. Знак угла зависит от направления движения инструмента, часто быстрее перебрать эти 2 варианта.

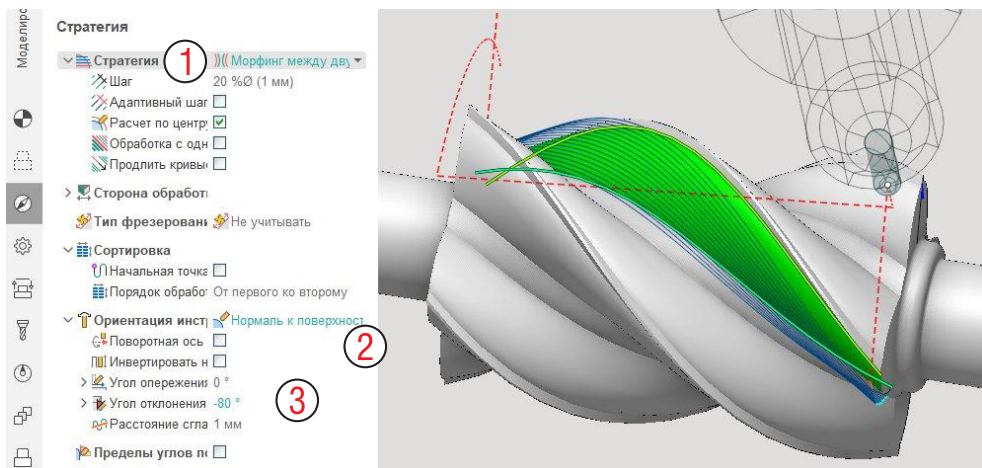


Рис. 13-34. Рабочее задание для обработки грани винта.

Рассчитайте операцию и выполните моделирование обработки. На рис. 13-35 показана ориентация инструмента при моделировании операции.

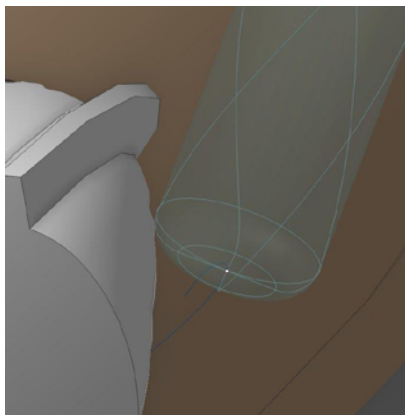


Рис. 13-35. Ориентация инструмента с использованием большого угла отклонения.

Обработка боком фрезы

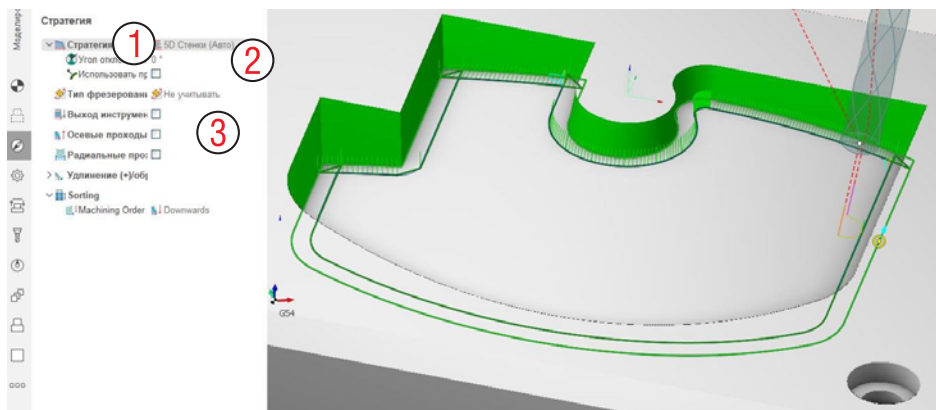


Рис. 13-36. Рабочее задание операции 5D стенки.

Для обработки линейчатых поверхностей часто используется обработка боком фрезы. В СПРУТКАМ для этого есть специальная операция.

Откройте проект swarf1.

Здесь уже выполнена 3-осевая черновая обработка для наглядности дальнейшего моделирования обработки.

Создайте новую операцию **5D Стенки**.

В рабочем задании укажите грани, как показано на рис. 13-36.

На вкладке Стратегия оставьте пока все по умолчанию и генирируйте операцию.

Выполните моделирование обработки. На рис. 13-37 видно, что инструмент коснется обрабатываемой геометрии боком.

Разберем некоторые параметры:

Стратегия **5D Стенки (Авто)** – это основной режим (1). Можно задать **Угол отклонения** от стенки (2). Также можно включить параметры **Осевые проходы** и **Радиальные проходы** (3) для многопроходной обработки.

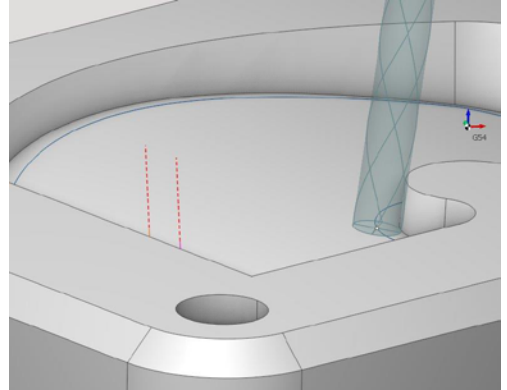


Рис. 13-37. Ориентация инструмента с контактом боком фрезы.

Глава 14. Обработка импеллеров и моноколес

В СПРУТКАМ имеется специальная операция по обработке моноколес, импеллеров. Ее можно назвать высокоуровневой или высокоавтоматизированной. Она содержит набор стратегий для создания траекторий для черновой обработки моноколес, чистовой обработки лопаток, ступицы, доработки скруглений.

Обработка импеллера

Откройте проект `impeller_5ax0`.

Деталь здесь установлена на глобусном столе 5-осевого станка (рис. 14-1).

В режиме технология нажмите кнопку создания новой операции. Операция находится в группе **Черновая – Обработка импеллеров** (рис. 14-2).

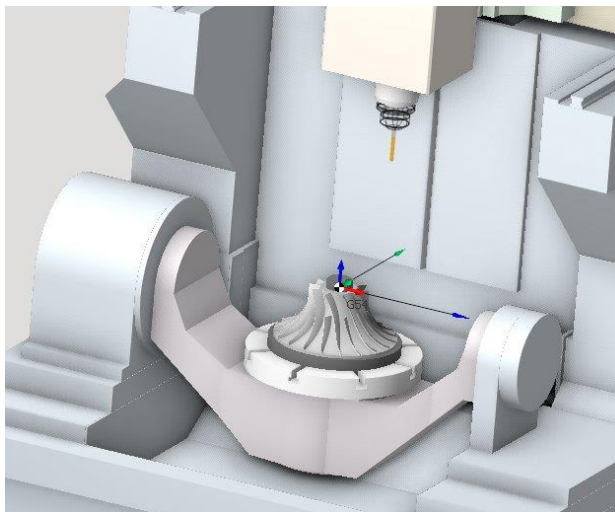


Рис. 14-1. Импеллер на 5-осевом станке.

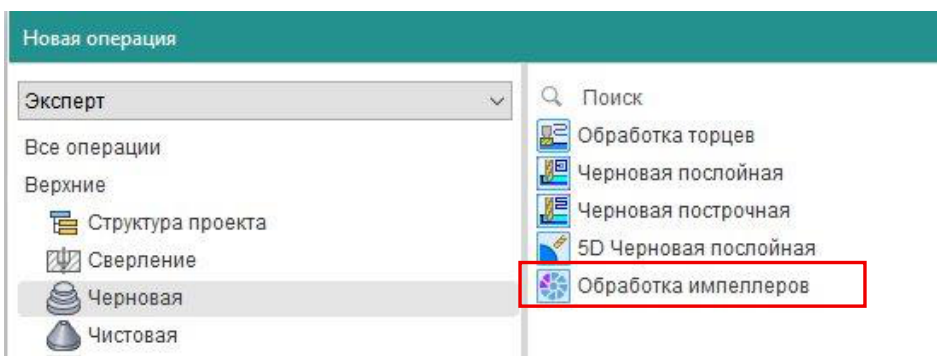


Рис. 14-2. Операция Обработка импеллеров в меню.

На вкладке **Рабочее задание** выберите грани двух соседних больших лопастей, грани разделителя (укороченной лопасти) и скругления их со ступицей и нажмите на иконку **Поверхности лопастей** (1 на рис. 14-3). В данном случае должно быть 19 элементов, что видно в списке (2).

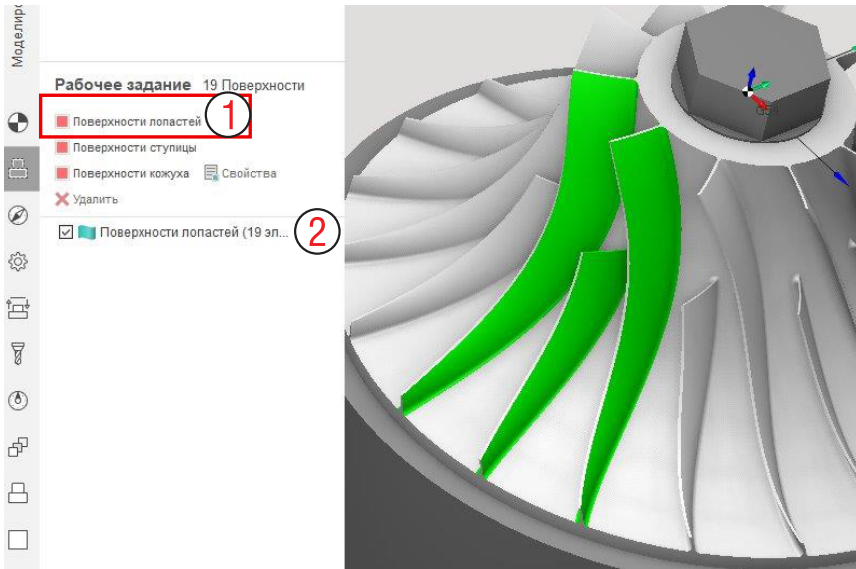


Рис. 14-3. Рабочее задание – поверхности лопастей.

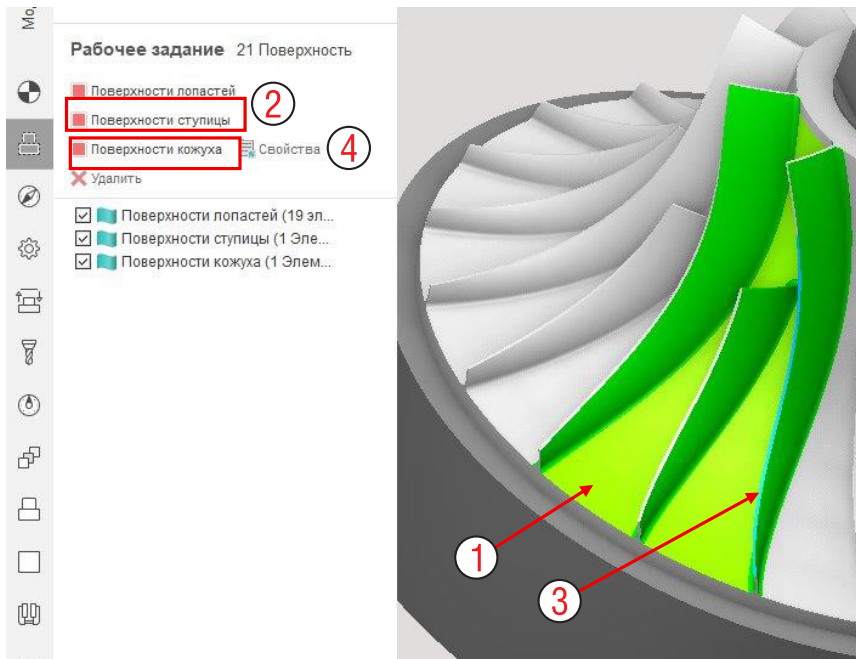


Рис. 14-4. Рабочее задание – поверхности ступицы.

Далее выберите поверхность ступицы (1 на рис. 14-4) и нажмите на иконку **Поверхности ступицы** (2). Далее выберите поверхность кожуха (3) и нажмите на иконку **Поверхности кожуха** (4). В данном случае выбрано по одной поверхности, что видно в списке объектов рабочего задания.

Далее нам надо создать заготовку. Обычно это тело вращения, построенное по модели. В этом проекте она задана, но надо убедиться в этом.

На вкладке **Заготовка** должен быть указан тип заготовки **Провернуть деталь** (рис. 14-5), заготовка будет показана в графическом окне.

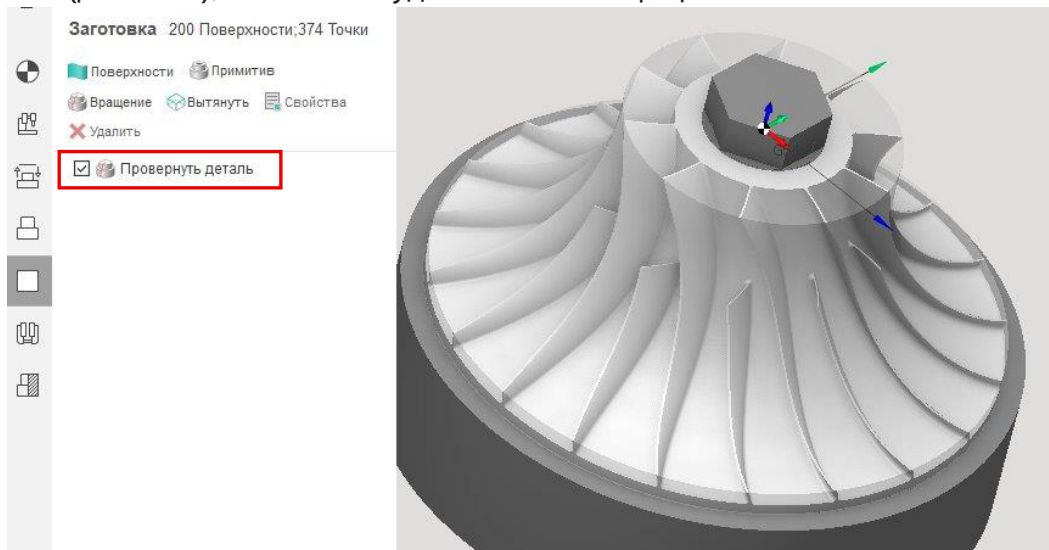


Рис. 14-5. Задание заготовки.

Переходим к вкладке **Стратегия**.

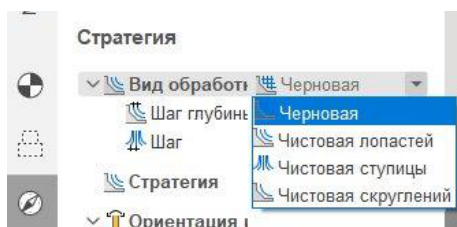


Рис. 14-6. Виды обработки в операции.

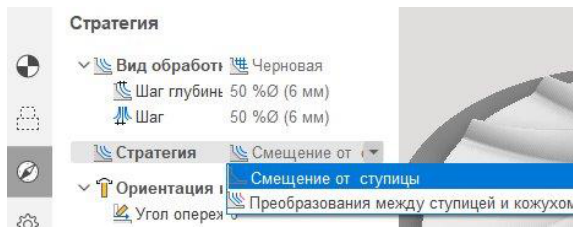


Рис. 14-7. Задание слоев на вкладке **Стратегия**.

Параметр **Вид обработки** определяет фактически разновидность операции. Всего у нас 4 варианта (рис. 14-6):

- Черновая;
- Чистовая лопастей;
- Чистовая ступицы;
- Чистовая скруглений.

Черновая выполняет черновую обработку заготовки крыльчатки. Обработка производится в пространстве между обозначенными Поверхностями ступицы, Поверхностями кожуха и выбранными двумя соседними Поверхностями лопастей.

Чистовая лопастей выполняет чистовую обработку выбранных Поверхностей лопастей. **Чистовая ступицы** выполняет чистовую обработку поверхностей ступицы в регионе между выбранными Поверхностями лопасти.

Чистовая скруглений выполняет чистовую обработку самого скругления и добавляет проходы по лопасти и ступице. Количество проходов задается как параметр.

Задайте тип **Черновая**.

Черновая операция является послойной, но слои задаются параметром

Стратегия. Доступны 2 варианта (рис. 14-7):

- Смещение от ступицы;
- Преобразования между ступицей и кожухом.

Чаще используются **Преобразования между ступицей и кожухом**. Проходы инструмента представляют собой линии, форма которых получается в результате плавного перехода от производящих линий кожуха к производящим линиям ступицы (рис. 14-8).

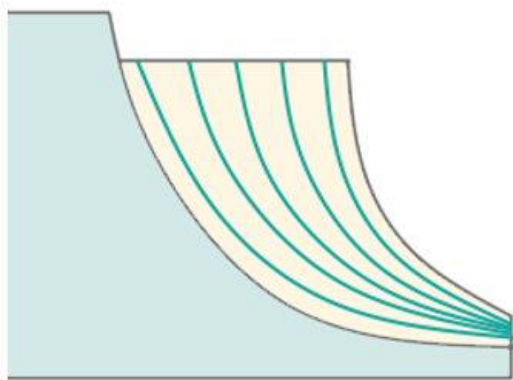


Рис. 14-8. Контекстная подсказка для задания слоев.

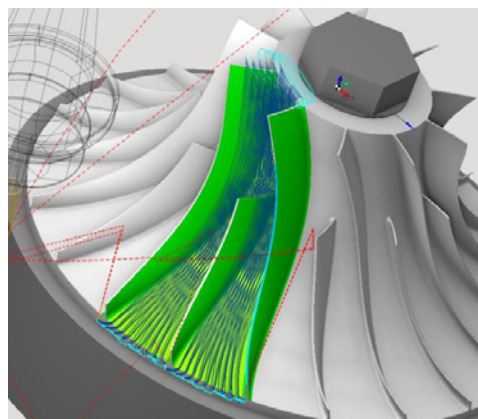


Рис. 14-9. Траектория обработки.

На вкладке **Параметры** задайте радиальный и осевой припуск равным 1 мм.

Убедитесь, что задан инструмент – Сферическая фреза диаметром 16 мм.

Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 14-9. Обратите внимание на плавные переходы между строчками сверху и снизу. Выполните моделирование обработки.

В операции есть проблема – перемещение вне пределов (не хватает хода по оси Y; в этом можно убедиться, если включить **Станочный пульт**). Об

этом говорит статус операции. Исправим это.

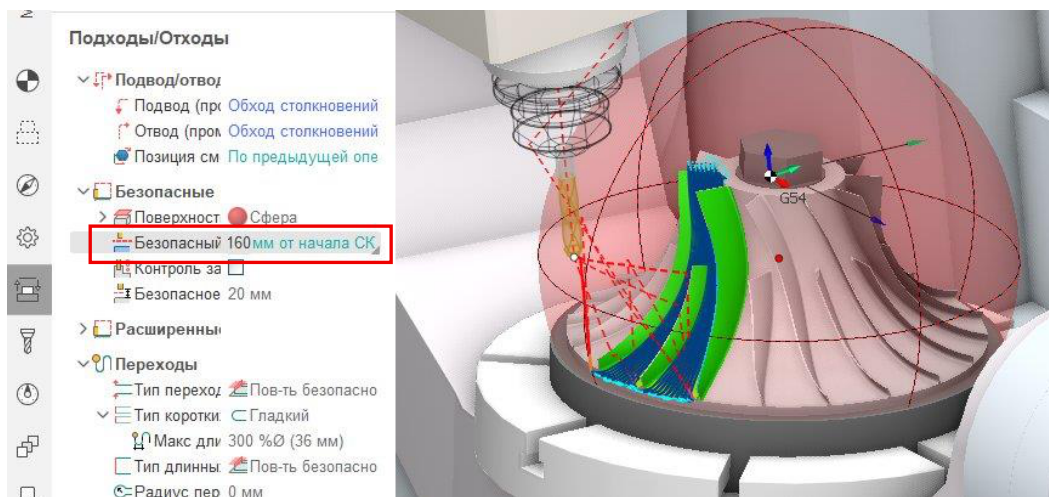


Рис. 14-10. Корректировка параметров сферы безопасности.

СПРУТКАМ правильно определил тип поверхности безопасности – Сфера. Но размер ее оказался слишком велик.

На вкладке **Подходы/Отходы** задайте радиус сферы 160 мм от начала СК (рис. 14-10). Пересчитайте операцию.

Дублируйте операцию. Это позволит сохранить нам настройки рабочего задания. В копии поменяйте тип операции на **Чистовая лопастей**. На вкладке **Параметры** задайте радиальный и осевой припуск равным 0 мм.

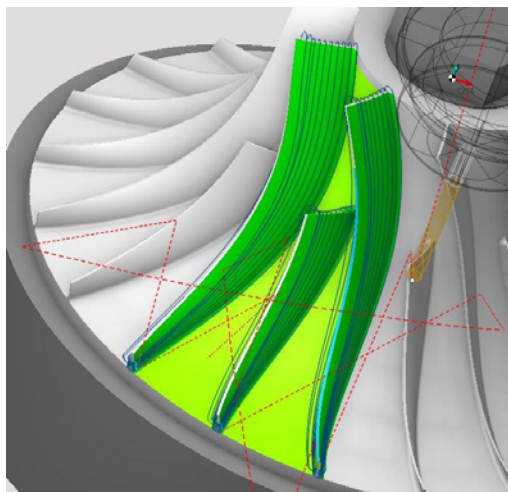


Рис. 14-11. Траектория чистовой обработки лопастей.

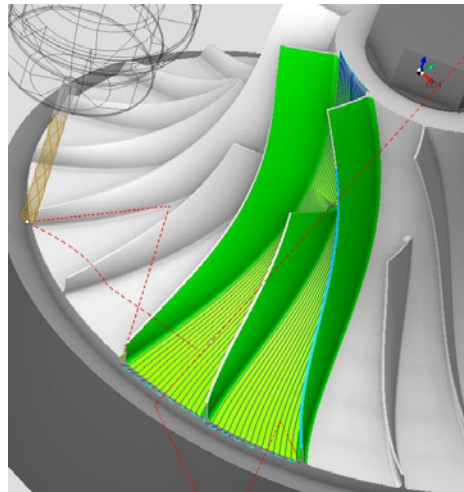


Рис. 14-12. Траектория чистовой обработки ступицы.

Также измените инструмент на сферическую фрезу диаметром 6 мм. Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 14-11.

Снова дублируйте операцию. В копии поменяйте тип операции на **Чистовая ступицы**. Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 14-12.

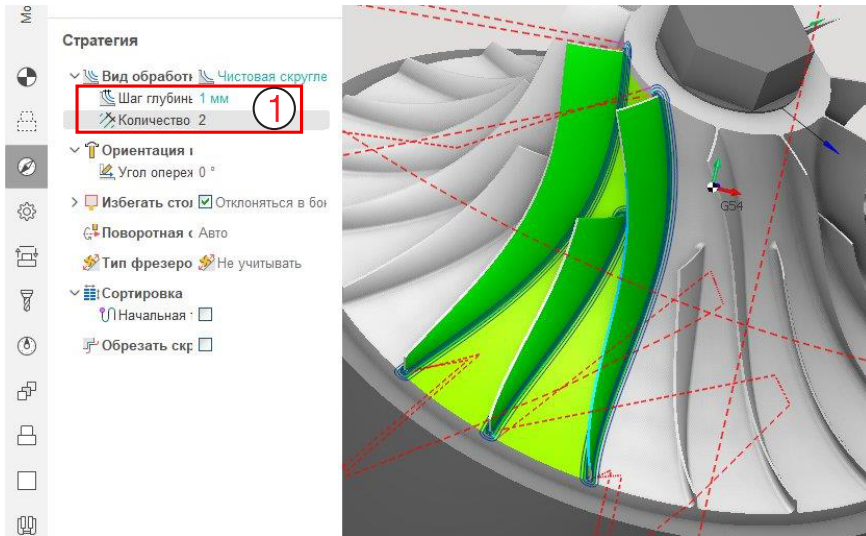


Рис. 14-13. Траектория чистовой обработки скруглений.

Снова дублируйте операцию. В копии поменяйте тип операции на **Чистовая скруглений**. Размер скругления у нас 2 мм, потому будем использовать не сферическую, а коническую скругленную фрезу (она есть в проекте).

Выберите коническую фрезу диаметром 10 мм и радиусом скругления 2 мм.

Нам недостаточно одного прохода (т.к. в предыдущей операции работал инструмент большего диаметра). Потому на вкладке **Стратегия** зададим дополнительные проходы параметрами **Шаг и Количество** (1 на рис. 14-13).

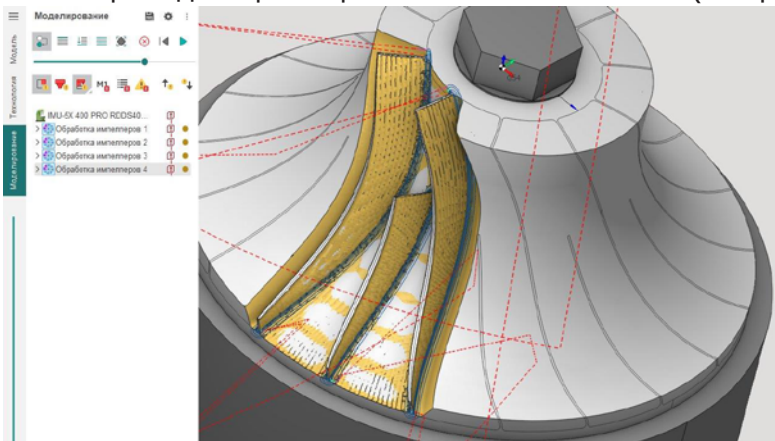


Рис. 14-14. Моделирование обработки импеллера без станка.

Рассчитайте операцию. Результат показан на рис. 14-13.

Выполните моделирование обработки всех операций сначала без станка (рис. 14-14), а потом со станком (рис. 14-15).

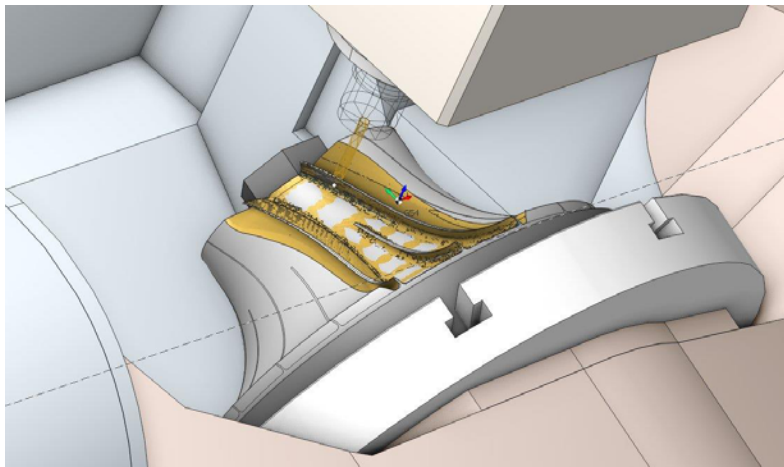


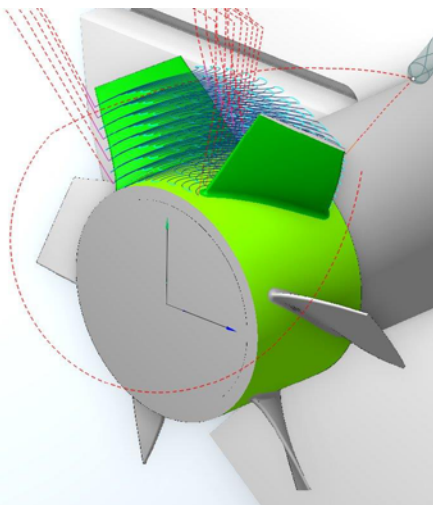
Рис. 14-15. Моделирование обработки импеллера со станком.

Разберем еще один пример.

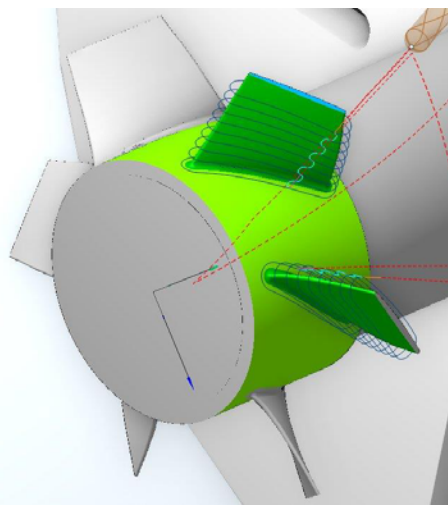
Обработка моноколеса

Откройте проект `loparka_1`.

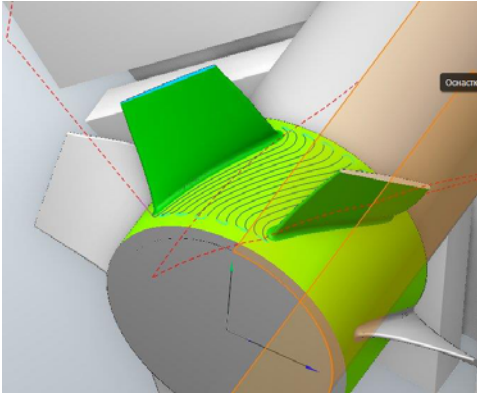
Сделайте все аналогично. Создайте 4 операции, как показано на рис. 14-16.



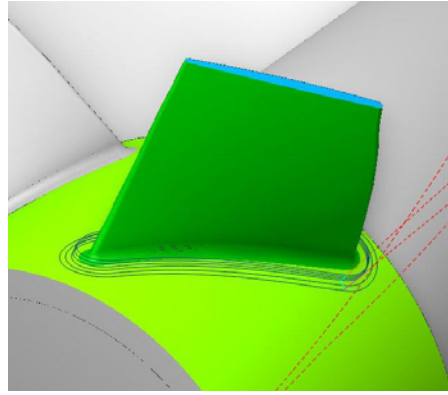
Черновая



Чистовая лопастей



Чистовая ступицы



Чистовая скруглений

Рис. 14-16. Задание для обработки моноколеса.
Выполните моделирование обработки.

Глава 15. Операции измерения

СПРУТКАМ поддерживает операции измерения, выполняемые на станке. Измерительные циклы позволяют определить целостность инструмента, размеры деталей и, при необходимости, скорректировать обработку, не снимая деталь со станка. Для окончательного контроля деталей такие циклы практически не используются.

В системе предусмотрены специальные операции для создания траектории на основе измерительных циклов:

- Измерение фрезерной детали;
- Измерение фрезерного инструмента;
- Измерение токарной детали;
- Измерение токарного инструмента.

Эти операции практически идентичны, но в зависимости от цели операции некоторые значения параметров по умолчанию будут переопределены.

Измерение фрезерного инструмента

Откройте проект Tool probing0.

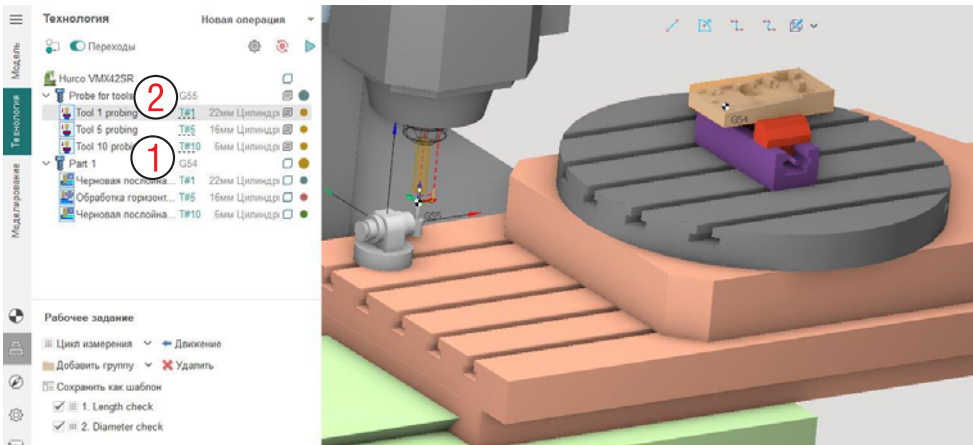


Рис. 15-1. Проект с операциями измерения инструмента.

В этом проекте для обработки используется 3 инструмента. Для автоматической корректировки длины и диаметра инструмента созданы операции измерения (рис. 15-1).

Разберем структуру проекта. В режиме Технология в проекте заданы 2 детали: Part1 – обрабатываемая деталь, Probe for tools – датчик контроля

инструмента. Операции обработки ссылаются на Part1, операции измерения – на Probe for tools. Для задания нулевой точки детали используется G54, для измерительных операций – G55.

Выполните моделирование обработки.

Как можно видеть, сначала выполняются все операции измерения, а потом – все операции обработки.

Включите режим Сортировка (1 на рис. 15-2) и повторите моделирование операций.

В данном случае операции упорядочены по используемому инструменту (2) и сначала осуществляется измерение инструмента, затем он же используется в обработке.

Теперь разберем параметры операции измерения.

Выберите операцию Tool 1 probing.

Основная информация задана на вкладке Рабочее задание (рис. 15-3).

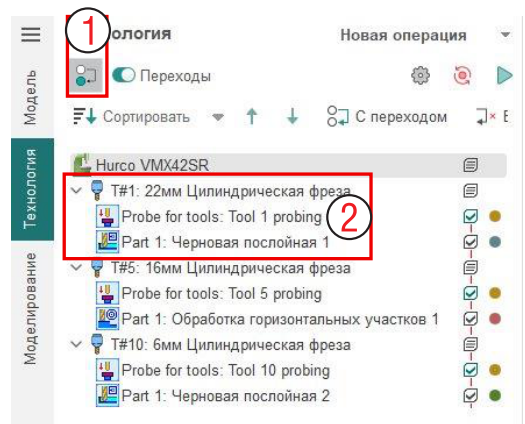


Рис. 15-2. Режим Сортировка для переупорядочивания операций.

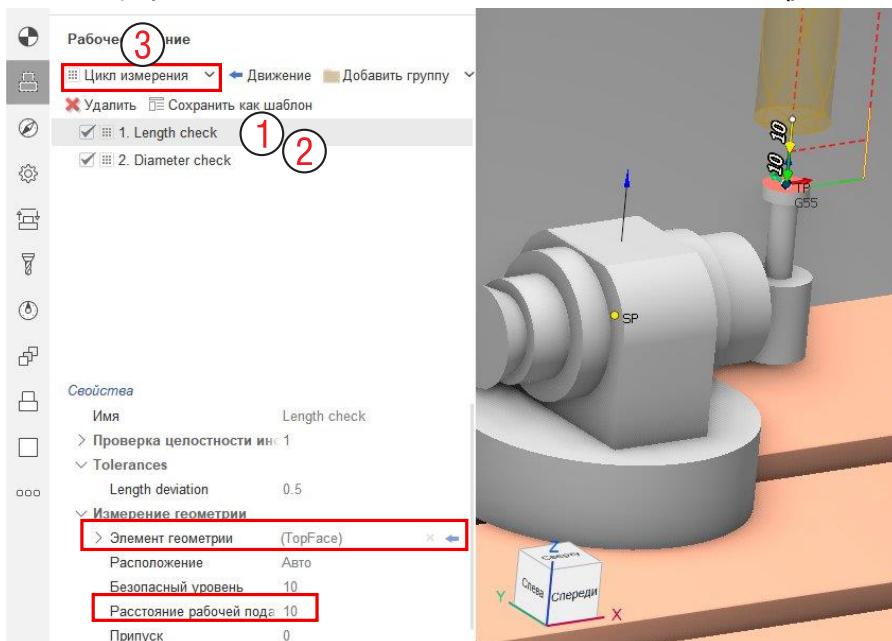


Рис. 15-3. Рабочее задание операции измерения.

Операция содержит 2 цикла: Измерение длины (1, Length check) и измерение диаметра (2, Diameter check). Новые циклы могут быть добавлены через

меню Циклы измерения (3).

Выберите цикл Length check.

Ниже в окне рабочее задание заданы Свойства цикла. Упомянем здесь 2 параметра: Элемент геометрии – позволяет задать грань для измерения (здесь на рисунке подсвечена розовым цветом), Расстояние рабочей подачи – задано 10 мм.

Подробнее со свойствами цикла поработаем в следующем параграфе.

Измерение детали

Выберите деталь Part1. Создайте новую операцию, в окне слева выберите **Измерения** (1 на рис. 15-4). В окне справа будут показаны доступные операции. Задайте **Измерение детали** (2) и нажмите на кнопку **Создать**.

Перетащите новую операцию на первую позицию.

Мы хотим с помощью измерения скорректировать значение нулевой точки G54 до начала обработки. Должно быть как на рис. 15-5. В качестве инструмента система выбрала сферический щуп.

Нам требуется измерять заготовку, она показана прозрачной. А для выбора граней требуется, чтобы они не были прозрачными.

Поэтому из контекстного меню пара-

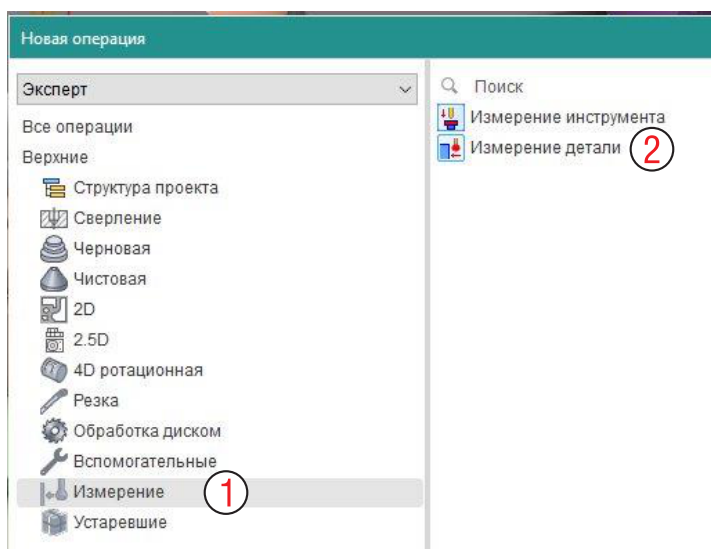


Рис. 15-4. Операция измерения детали в меню.

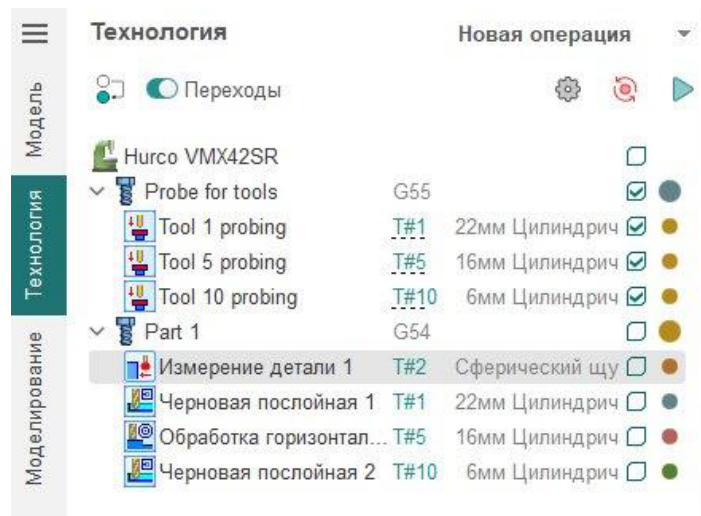


Рис. 15-5. Операция измерения в списке операций.

метра **Видимость заготовки** снимите флаг **Прозрачность** (1 на рис. 15-6). Также отмените выбор модели (2), чтобы не выбирались грани модели.

На вкладке **Рабочее задание** нажмите кнопку **Цикл измерения** (1) – **Renishaw** – **Part probing** – **WCS offset** – **External Corner P9816** (Рис. 15-7). Это команда измерения внешнего угла. Она требует указания 2 стенок.

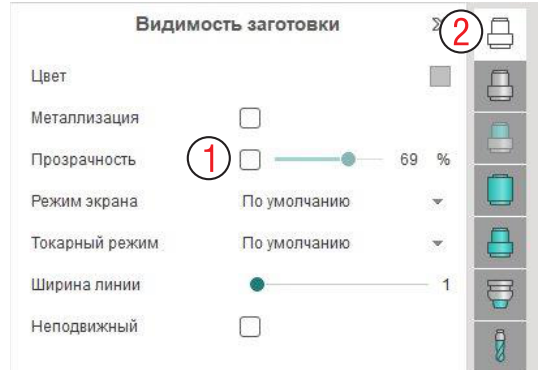


Рис. 15-6. Выключение параметра **Прозрачность** для заготовки.

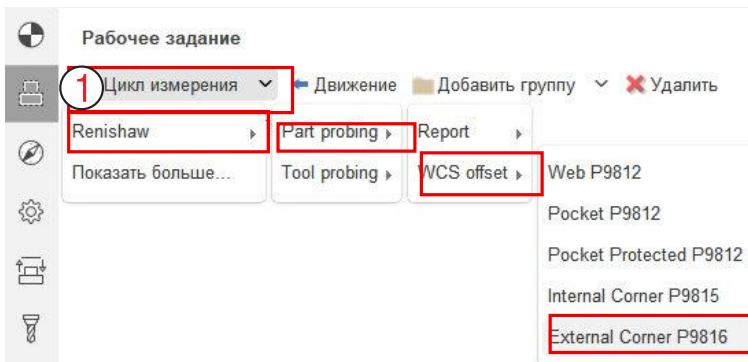


Рис. 15-7. Выбор цикла измерения P9816.

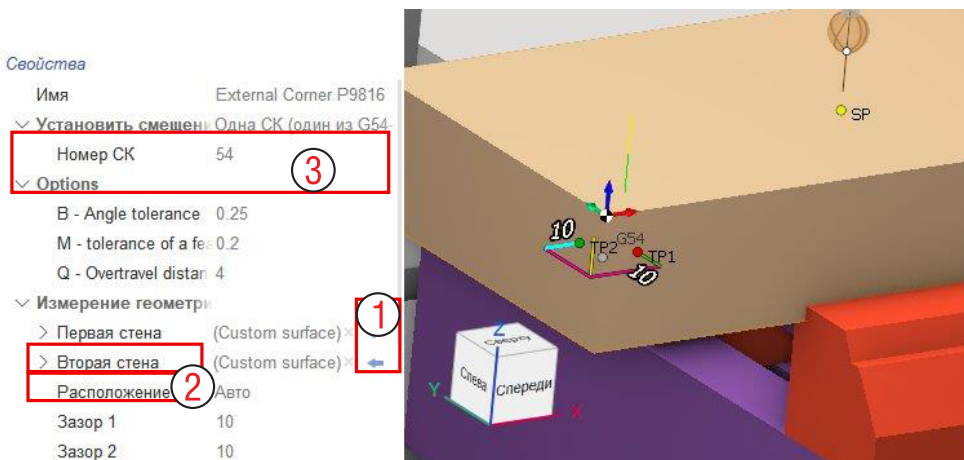


Рис. 15-8. Указание граней для измерения.

Нажмите стрелку справа от параметра **Первая стенка** (1 на рис. 15-8) и укажите боковую грань заготовки. Маркеры измерения появятся в графиче-

ческой области. Аналогично укажите вторую стенку (2).

Параметр **Установить смещение** (3) задает, как использовать результат измерения. В данном случае указано, что это **Одна СК** и конкретно G54.

Генерируйте операцию. К движениям измерения добавятся подходы/отходы.

В этой же операции создайте еще один цикл измерения, но другого типа – **Цикл измерения – Renishaw – Part probing – Report – Single Surface P9811** (Рис. 15-9).

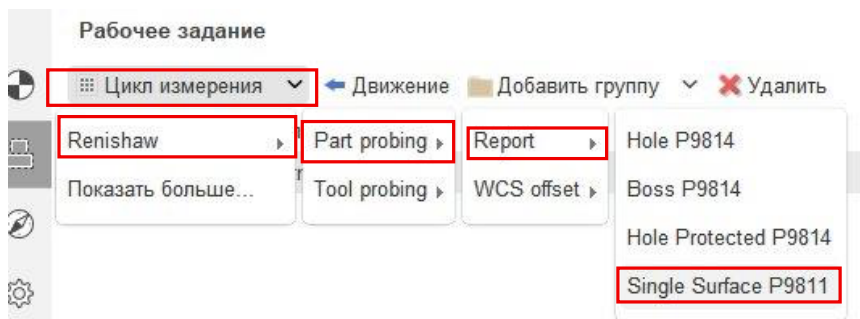


Рис. 15-9. Выбор цикла измерения P9811.

Нажмите стрелку справа от параметра **Элемент геометрии** (1 на рис. 15-10) и укажите верхнюю грань заготовки. Маркеры измерения появятся в графической области.

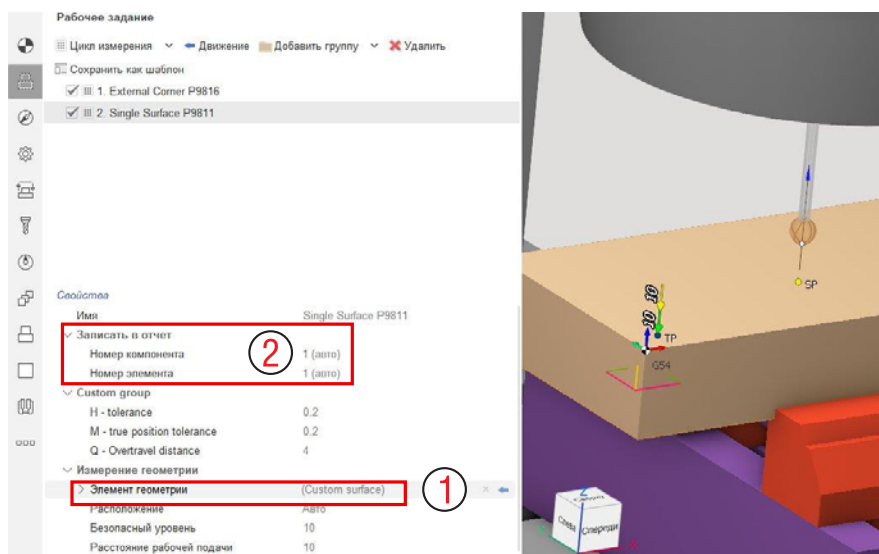


Рис. 15-10. Указание граней для измерения.

Параметр **Записать в отчет** (2) задает, как использовать результат измерения. В этом случае не задана корректировка нулевой точки, но это действие может быть добавлено при настройке параметров цикла. В цикл

можно добавить дополнительные действия или расчеты на основе только что выполненных измерений. Это может быть: вычисление средних величин, отклонений, точек пересечений между несколькими поверхностями; запись этих величин в какие-то переменные стойки. Это делается в режиме «Показывать инструменты эксперта». **Дополнительные действия здесь не рассматриваются.**

Генерируйте операцию. Выполните моделирование операции.
Выполните постпроцессирование.

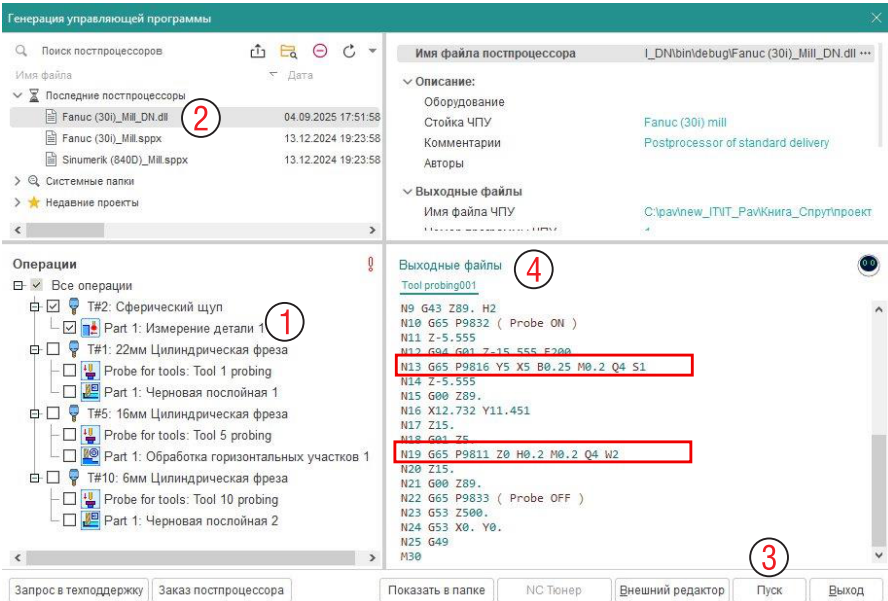


Рис. 15-11. Окно постпроцессирования и формат кадра операций измерения.

В списке операций оставьте только операцию измерения (1 на рис. 15-11), задайте постпроцессор (2). Нажмите **Пуск** (3). Текст УП появится в окне **Выходные файлы** (4).

Измерительные циклы содержатся в кадрах 13 и 19. В цикле P9816 содержится параметр S1, это и есть корректировка первой нулевой точки. В цикле P9811 такого параметра нет, т.к. он сконфигурирован на формирование отчетов, о чем речь была выше.

Глава 16. Токарно-фрезерная многоканальная обработка

Многозадачные (многоканальные) станки

Многозадачные станки позволяют производить обработку несколькими рабочими органами одновременно. Конструктивно они могут существенно отличаться друг от друга. На рис. 16-1 показан токарно-фрезерный многозадачный станок, имеющий главный (1) и контршпиндель (2), револьверную головку (3) и фрезерный шпиндель (4), который может работать и токарными инструментами или выполнять 5-осевую обработку.

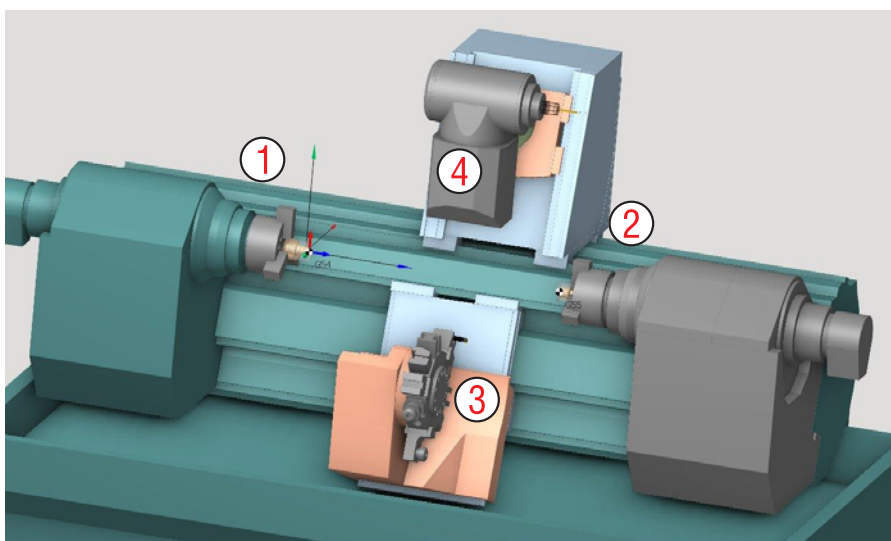


Рис. 16-1. Токарно-фрезерный многозадачный станок.

При многозадачной обработке каждый инструмент управляется своей программой, которая называется каналом управления. Чаще всего используется 2 канала, и оба канала работают одновременно над одной заготовкой.

В СПРУТКАМ эти функции доступны, если загружен многоканальный станок.

Откройте проект `Multichannel_Index`.

Многозадачный станок работает одновременно с двумя деталями, поэтому в проекте создаются не установки, а детали (1 и 2 на рис. 16-2).

На первом этапе программирование обработки деталей в левом и правом шпинделе осуществляется независимо. При этом используются те же операции и подходы, как в главе 11.

Для иллюстрации возможности 5-осевой обработки в этот проект добавлена операция сверления наклонного отверстия (Обработка отверстий 1). Positionирование фрезерного шпинделя в этой операции показано на рис. 16-3.

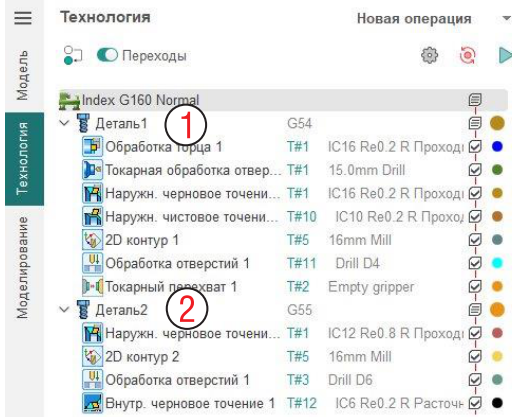


Рис. 16-2. Структура проекта для многозадачного станка.

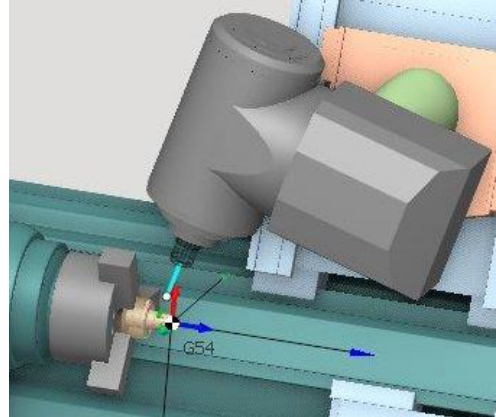


Рис. 16-3. Positionирование фрезерного шпинделя.

Перейдите в режим моделирования обработки.

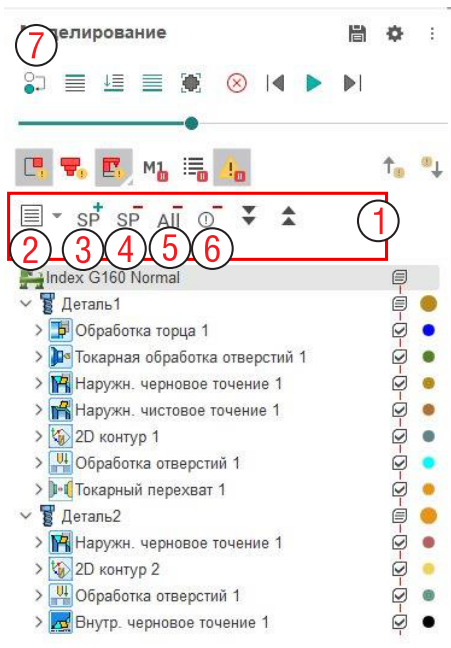


Рис. 16-4. Дополнительное меню моделирования обработки.

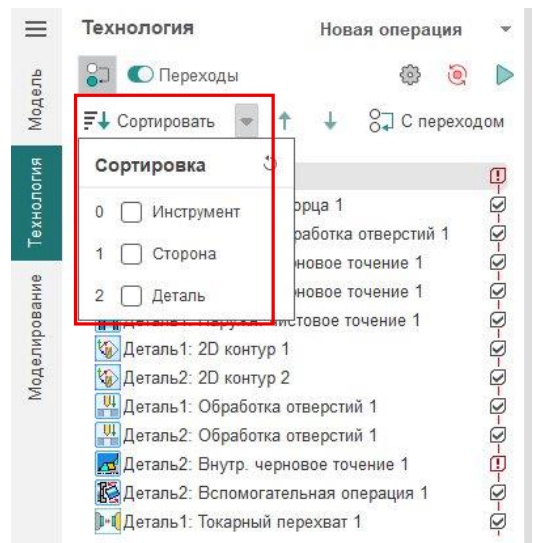


Рис. 16-5. Опции команды сортировки.

Для многозадачных станков в меню появляется дополнительная линейка инструментов (1 на рис. 16-4):

- 2 – кнопка переключения в многоканальный режим;
- 3 – добавление точки синхронизации;
- 4- удаление точки синхронизации;
- 5 – удаление всех точек синхронизации;
- 6- удаление некорректных точек синхронизации.

Сейчас мы в одноканальном режиме. В одноканальном режиме удобно анализировать траекторию отдельно взятой операции без учета действий других каналов.

На порядок операций оказывает влияние кнопка **Сортировка** (7). Причем в режиме Технология надо, чтобы в выпадающем списке параметра **Сортировать** не была включена ни одна опция (рис. 16-5).

Выполните моделирование обработки сначала с выключенным режимом сортировки. Операции выполняются последовательно: сначала левый канал, потом правый.

Включите режим сортировки – порядок операций изменится; теперь СПРУТКАМ выполняет операции по-прежнему последовательно, но операции переупорядочены и выполняются на обоих деталях.

Переключитесь в многоканальный режим и выберите вариант **Многоканальный с линиями связи** (1 на рис. 16-6).

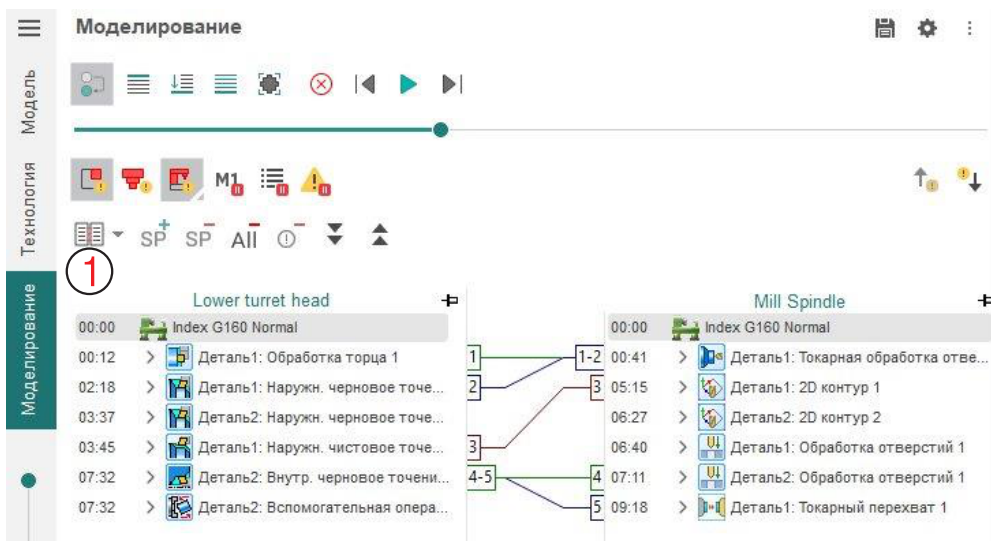


Рис. 16-6. Режим моделирования Многоканальный с линиями связи.

Операции теперь расположены в 2 колонки (2 канала): слева те, что выполняются револьверной головкой, справа – фрезерным шпинделем. Между ними имеются точки синхронизации (на рисунке их 5), рассчитанные

автоматически. Автоматические точки синхронизации обеспечивают работоспособный, но не оптимальный результат.

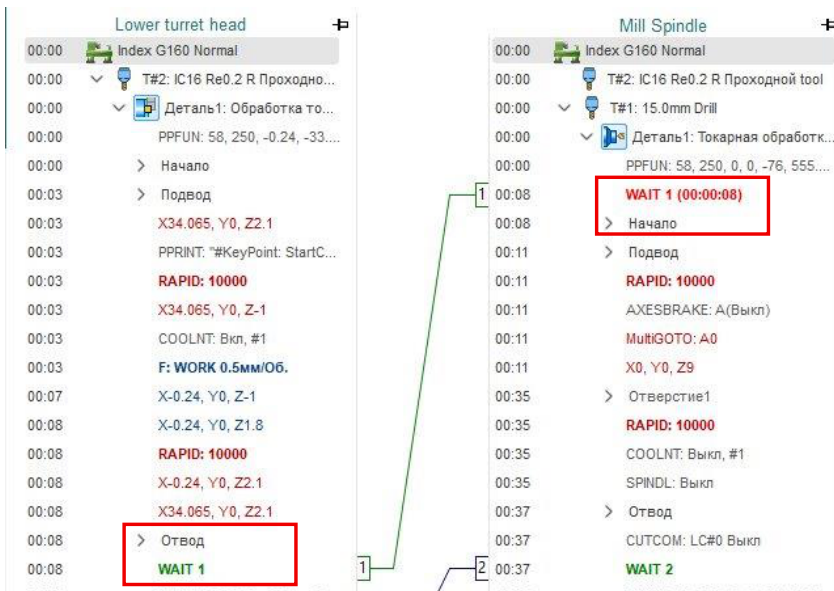


Рис. 16-7. Метки синхронизации на уровне CLDATA

В многоканальном режиме удобно контролировать конфликты и столкновения с учетом перемещений по всем каналам. Для устранения столкновений и служат точки синхронизации. Точка синхронизации позволяет приостановить работу одного из каналов до тех пор, пока в другом канале не будет достигнута одноименная точка синхронизации (на станке это специальный M-код). После того как метка достигнута, оба канала одновременно приступают к выполнению следующих кадров.

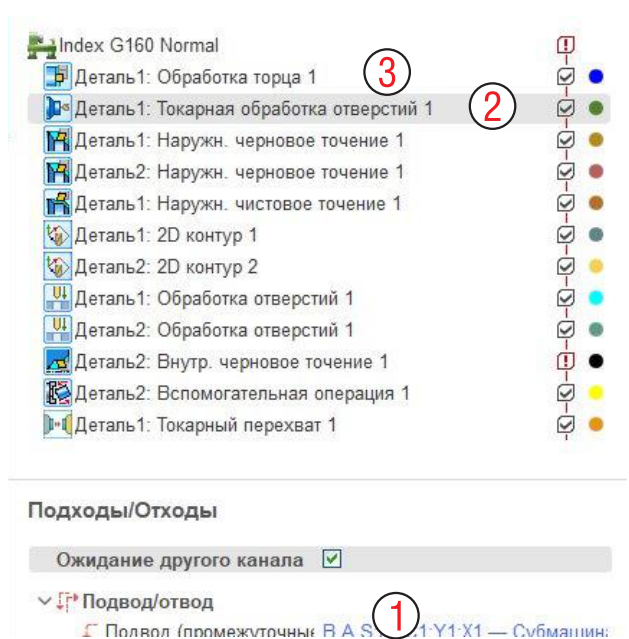


Рис. 16-8. Параметр Ожидание другого канала в

На уровне CLDATA точки синхронизации выглядят как ко-

манда WAIT. Это можно увидеть, если раскрыть содержание операций (рис. 16-7). Точка 1 соединяет конец первой операции с началом второй.

Создание автоматических меток синхронизации обеспечивает параметр **Ожидание другого канала** на вкладке **Подходы/Отходы**. Этот параметр доступен, только если предыдущая операция в отсортированной последовательности относится к другому каналу.

В нашем примере этот параметр включен (1 на рис. 16-8) в операции **Токарная обработка отверстий 1 (2)**, т.к. она выполняется после операции **Обработка торца 1 (3)**, выполняемой в другом канале.

Выполните моделирование обработки в многоканальном режиме.

Отметим еще один прием устранения столкновений. В операции Токарный перехват 1 пришлось явно дописать перемещение револьверной головки (ось Z2) в безопасную позицию (рис. 16-9).

Также в проект добавлена Вспомогательная операция 1. Этот тип операции в книге не рассматривается, но назначение отметим. Если по ней 2 раза кликнуть, то откроется меню явного добавления команд управления станком. В данном случае добавили разворот револьверной головки в другую позицию, чтобы не мешать перехвату детали контршпинделем.

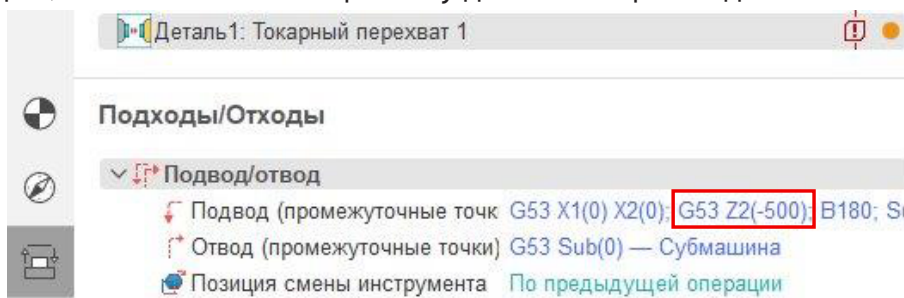


Рис. 16-9. Явное редактирование правил подходов/отходов.

Посмотрите на время обработки детали для всего проекта. Должно быть как на рис. 16-10, т. е. 9 минут 18 секунд (с режимами резания по умолчанию).



Рис. 16-10. Показ времени обработки.

Теперь мы готовы к переупорядочиванию операций. Проблемы, которые показывает статус операций, пока проигнорируем, т.к. после переупорядочивания операций статус может поменяться.

В процессе моделирования операций пришла идея переместить операцию Наружное черновое точение 1 (1 на рис. 16-11) на детали 2 и запустить

ее одновременно с токарной обработкой отверстий на детали 1. Далее, пока выполняется **Наружное черновое точение 1 (2)** на детали 1, выполнить операцию **2D контур 2** на детали 2.

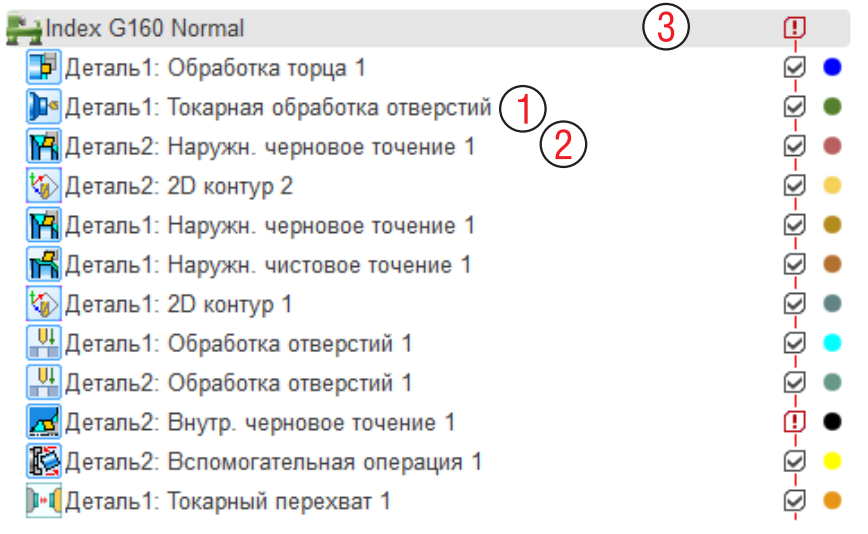


Рис. 16-11. Изменение порядка операций вручную.

После изменения порядка операций надо все операции пересчитать для обновления меток синхронизации.

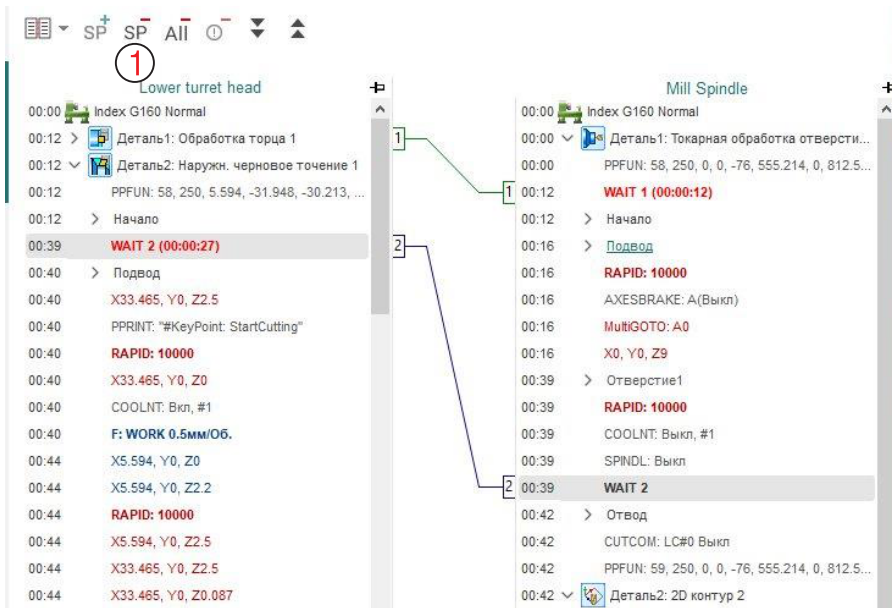


Рис. 16-12. Работа с метками синхронизации.

Для этого выберите имя станка (3) и нажмите последовательно кнопки **Сброс** и **Пуск**.

Выполните моделирование обработки.

Как можно заметить, каналы не работают параллельно, как задумано. Это потому, что по умолчанию система вставляет метки ожидания при смене канала. Их можно увидеть в режиме моделирования обработки, раскрыв содержание операций (рис. 16-12). В данном случае метка 1 нам нужна, а метка 2 – нет. Она предписывает не начинать черновое точение на детали 2, пока не закончится токарная обработка отверстия на детали 1. Можно ее явно удалить, выбрав одновременно команды WAIT в обеих каналах и нажать кнопку **Удалить SP** (1). Однако помните, что ручное редактирование точек синхронизации не сохранится при пересчете операций. Потому корректнее снять флаг **Ожидание другого канала** (этот параметр показан на рис. 16-8) в операциях **Наружное черновое точение 1** на детали 2 и **Наружное черновое точение 1** на детали 1 и пересчитать операции.

Снимите флаг **Ожидание другого канала** в операциях **Наружное черновое точение 1** на детали 2 и **Наружное черновое точение 1** на детали 1, пересчитайте операции и повторно выполните моделирование обработки.

Посмотрите время обработки всех операций. Оно составило 8 минут 50 секунд.

Мы сэкономили 28 секунд. Если учесть, что такие станки используются для обработки крупных серий деталей, для серии экономия будет значительной.

Автоматы продольного точения

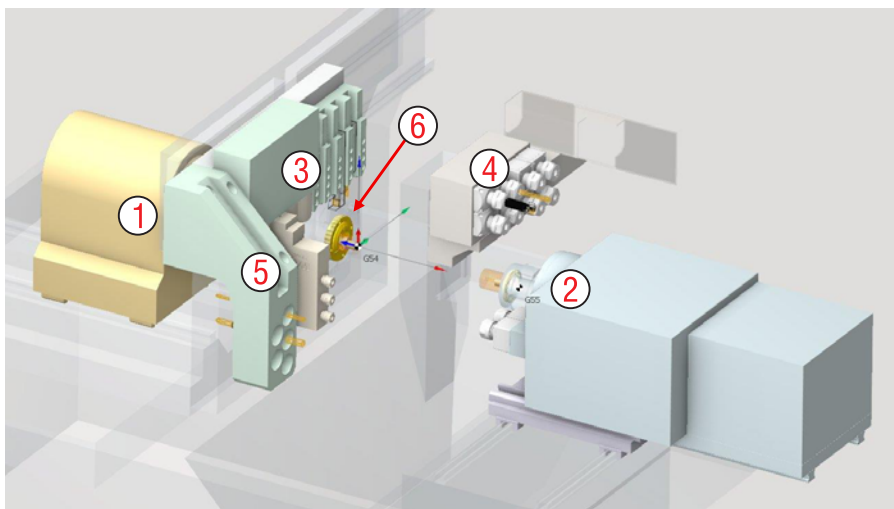


Рис. 16-13. Пример автомата продольного точения.

Токарные автоматы продольного точения (swiss-type machine) предназначены для полностью автоматической комплексной обработки токарно-фре-

зерных деталей. Это малоразмерные детали, изготавливаемые из прутка крупными партиями.

Наиболее популярные автоматы продольного точения (Hanwha, NEXTTURN, Citizen Cincorn) имеют общую структуру. Они имеют 2 канала, главный (1 на рис. 16-13) и контршпиндель (2), группы инструментов главного шпинделя (3) и контршпинделя (4). Некоторые держатели ориентированы на работу и на правом, и на левом шпинделе (разными инструментами) (5). Пруток удерживается подвижной цангой (6), обеспечивая жесткость детали.

Откройте проект Hanwha0.

Чтобы разобраться с осями, откройте окно **Станочный пульт** (рис. 16-14). Поперемещайте движок осей X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2.

Как можно видеть, по осям Z1 и Z2 движется деталь. Суппорт главного шпинделя использует оси X1 и Y1. Суппорт контршпинделя работает по оси Y2. А X2, используется шпиндельным узлом контршпинделя, что позволяет ему работать с осевыми инструментами главного суппорта.

Мы будем обрабатывать деталь из прутка диаметром 20 мм. Деталь в проекте уже задана. Станок работает одновременно с двумя деталями, поэтому в проекте созданы и позиционированы 2 детали.

Любая токарная обработка на swiss-type станке начинается с подачи прутка.

Создайте новую операцию **Перемещение детали – Подача прутка**.

В этой операции один основной параметр – это **Вылет прутка** (1 на рис. 16-15).

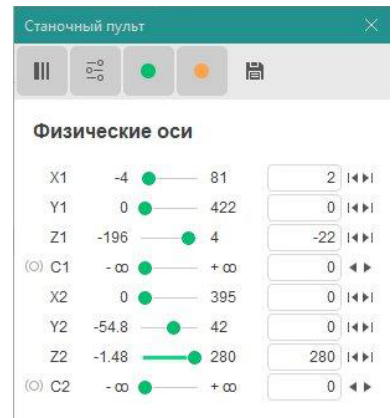


Рис. 16-14. Оси станка в окне Станочный пульт.

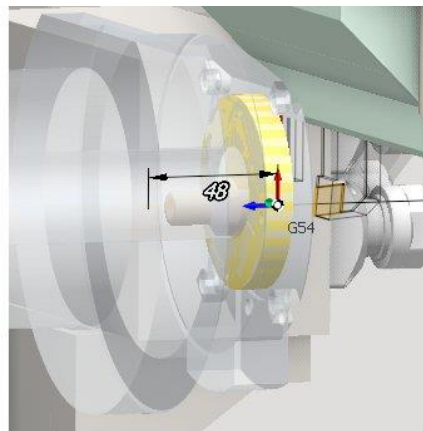
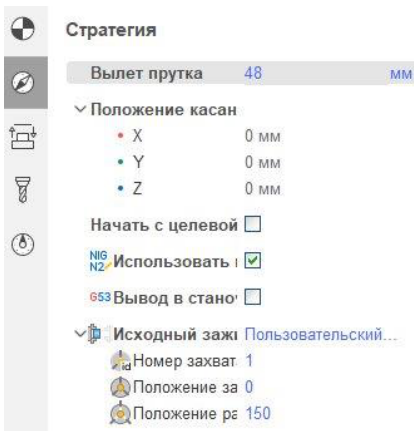


Рис. 16-15. Параметры операции Подача прутка.

Вылет показывается и в графической области.

Задайте значение 48 мм (это расстояние определяется как длина детали, плюс ширина отрезного резца, плюс некий запас).

Отрезной резец в этой операции используется как упор. Это логично, т.к. он остался в позиции, в которой закончил отрезку предыдущей детали.

Перейдите на вкладку **Инструмент**. Здесь мы видим, что в операции используется именно отрезной резец (1 на рис. 16-16).

Рассчитайте операцию.

На рис. 16-16 обратите внимание еще на параметр Коннектор инструмента, нумерация коннекторов идет по суппортам.

В данном случае это 1-я позиция среди держателей радиально расположенных резцов. **Коннектор инструмента** нам понадобится при назначении инструментов в других операциях.

В принципе в проекте все инструменты уже созданы и позиционированы.

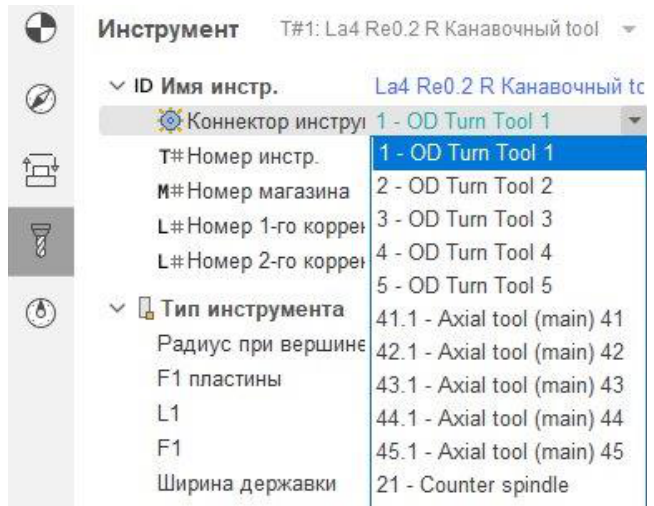


Рис. 16-16. Инструмент в операции Подача прутка.

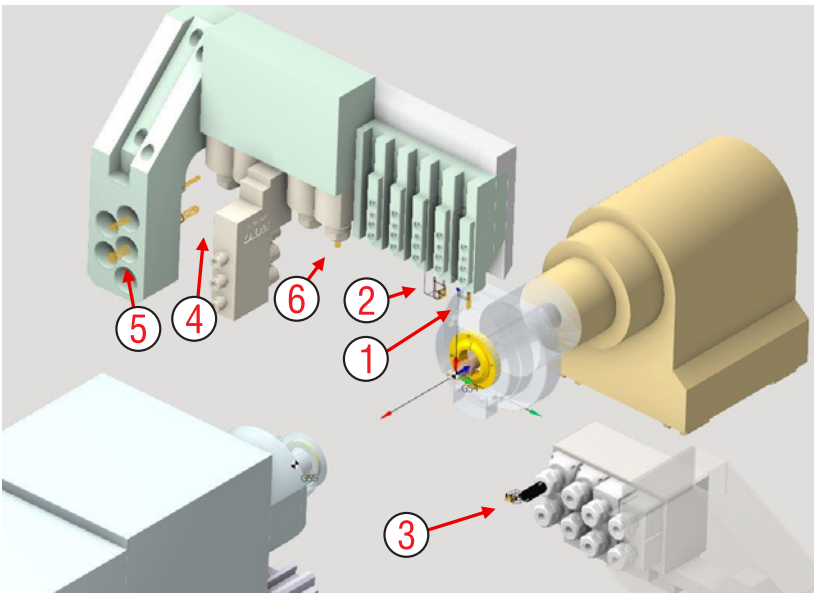


Рис. 16-17. Инструменты проекта на станке.

На рис. 16-17 они видны все:

1. Отрезной резец;
2. Наружный проходной резец;
3. Расточной резец (но используется для наружной обработки в контршпинделе);
4. Сверла для работы в главном шпинделе;
5. Сверла для работы в контршпинделе;
6. Фреза, в блоке радиальных приводных инструментов.

Далее создайте операции обработки в главном шпинделе как обычно, но обращайте внимание на коннектор инструмента и на рис. 16-18.

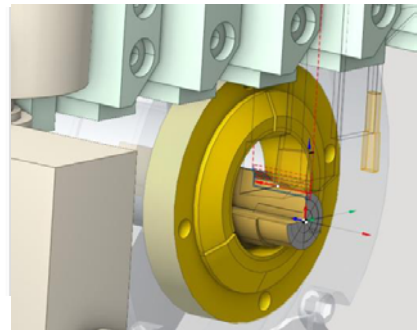
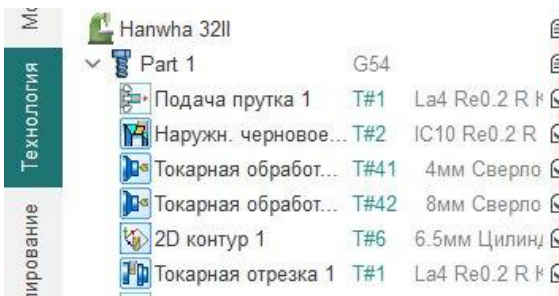


Рис. 16-18. Операции обработки в главном шпинделе.

Рис. 16-19. Процесс точения прутка в главном шпинделе.

Выполните моделирование обработки.

Рис. 16-19 показывает процесс точения прутка в главном шпинделе. Здесь видно, что место резания относительно подвижной цанги в процессе точения постоянно, что позволяет обрабатывать достаточно тонкие валы с большей точностью.

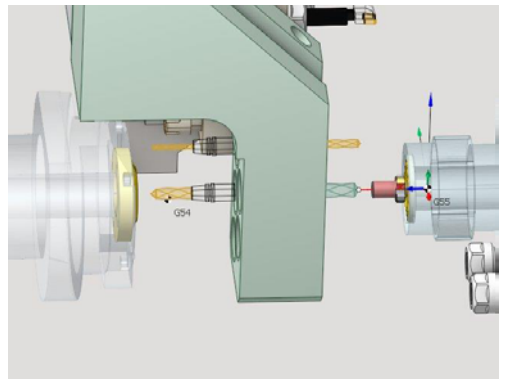
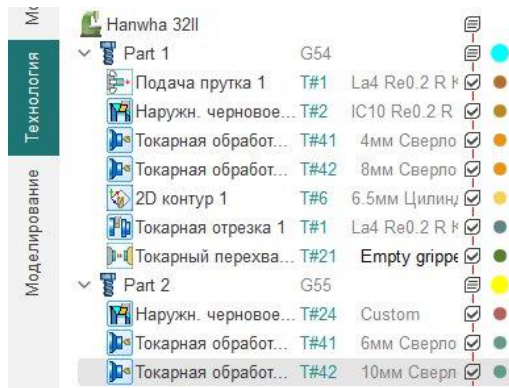


Рис. 16-20. Операции обработки в контршпинделе.

Рис. 16-21. Положение рабочих органов станка по окончании моделирования.

Далее создайте операции обработки в контршпинделе согласно рис. 16-20.

Выполните моделирование обработки пока в одноканальном режиме.

На рис. 16-21 показано положение рабочих органов станка по окончанию моделирования.

Если все хорошо, то перейдите в режим многоканального моделирования, нажав на кнопку **Многоканальный с линиями связи** (1 на рис. 16-22).

СПРУТКАМ для таких станков метки синхронизации расставляет автоматически и обычно вмешательство не требуется.

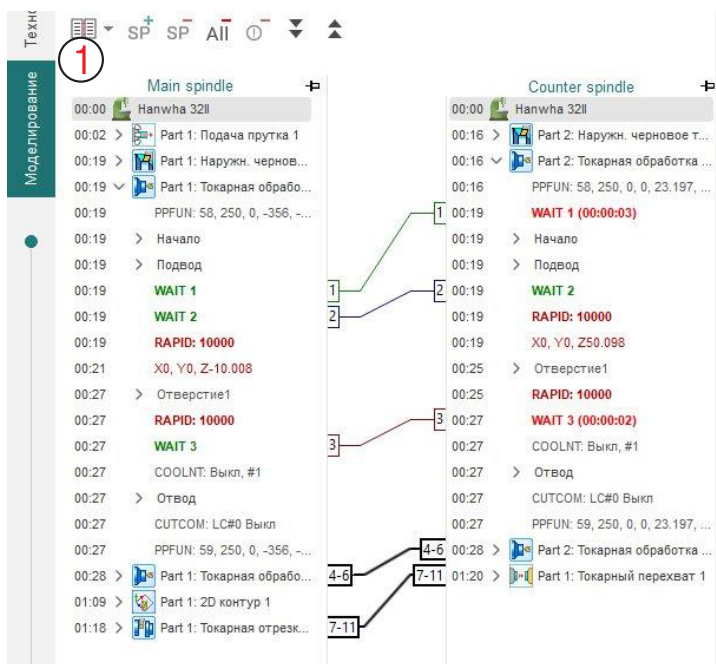


Рис. 16-22. Моделирование обработки с линиями связи.

Выполните моделирование обработки в этом режиме.

На рис. 16-23 показан момент точения двух деталей одновременно в главном и в контршпинделе:

1. Точение в главном шпинделе;
2. Точение в контршпинделе.

Сравните время обработки в одноканальном и в многоканальном режиме.

В одноканальном – оно составляет 1 минута 43 секунды, многоканальном метки времени стоят по всем операциям. Время 1 минута 20 секунд (время токарного перехвата) можно считать суммарным. Его видно на рис. 16-22.

Заметим, что в таких станках по умолчанию установлен особый режим сортировки операций, при котором Токарный перехват всегда располагается последним.

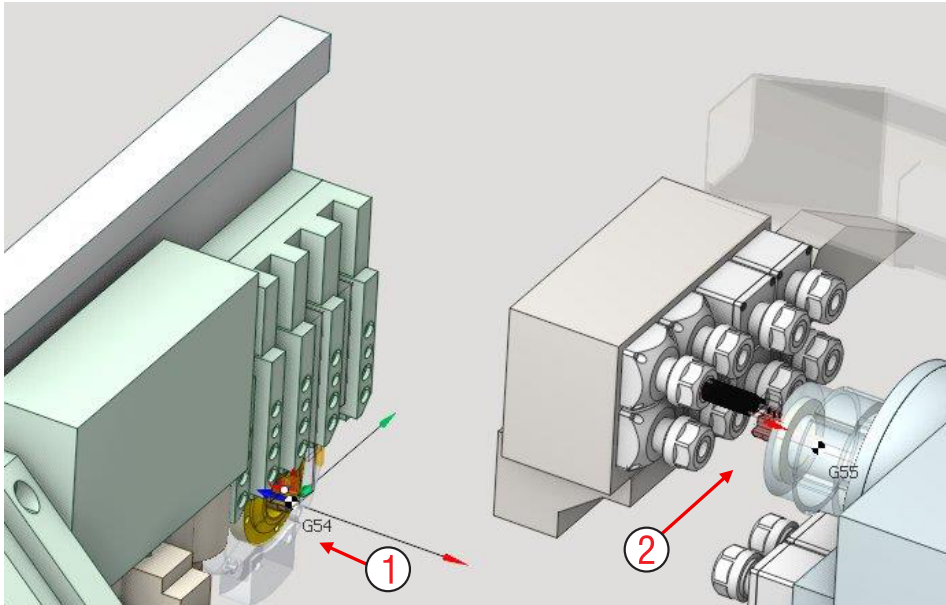


Рис. 16-23. Момент точения двух деталей одновременно.

Глава 17. Пользовательские настройки в СПРУТКАМ

В этой главе рассмотрим различные настройки СПРУТКАМ без использования программирования. Они могут существенно ускорять работы, правильно ее организовывать, а также открывать ранее недоступные функции.

Меню настроек

Меню вызывается из главного меню (рис. 17-1). Новое диалоговое окно появится (рис. 17-2).

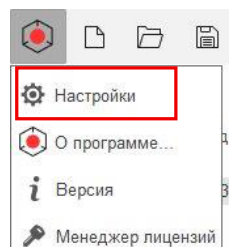


Рис. 17-1. Вызов меню настроек.

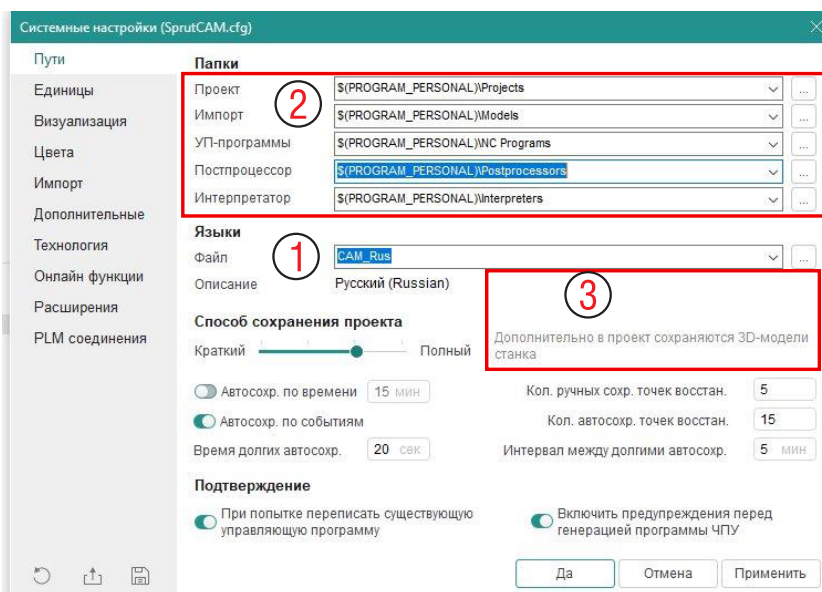


Рис. 17-2. Диалоговое окно меню настроек.

Здесь упомянем только некоторые параметры. На вкладке **Пути**:

1. язык интерфейса;
2. список путей, где система ищет объекты по умолчанию (для изменения надо нажать на кнопку с тремя точками справа);
3. Способ сохранения проекта (подчеркнем, что с текущими настройками в проекте сохраняется и 3D модель станка).

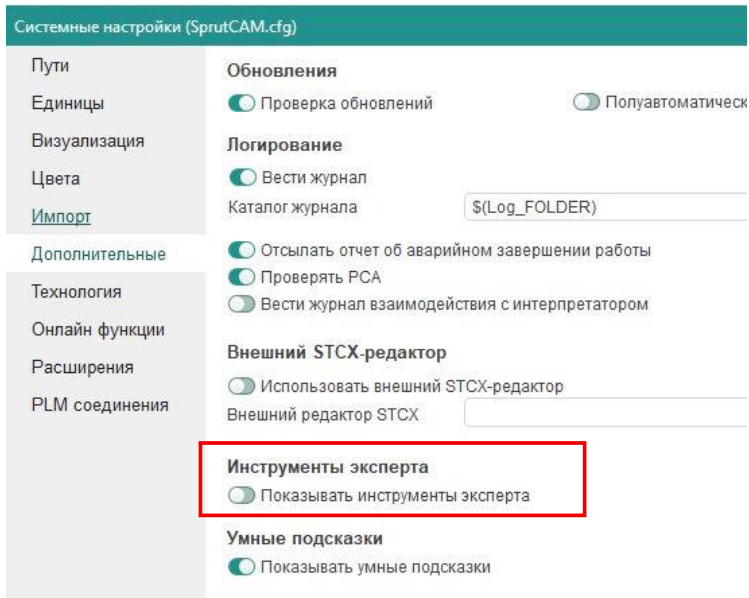


Рис. 17-3. Параметр Показать инструменты эксперта.

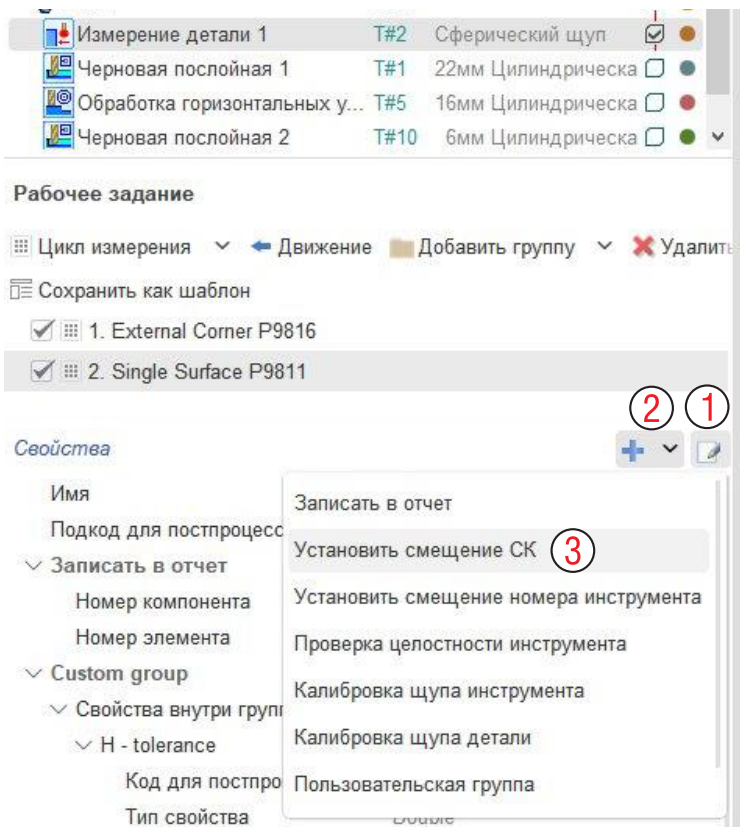


Рис. 17-4. Редактирование операций измерения в режиме эксперта.

На вкладке **Дополнительно** есть опция **Показать инструменты эксперта** (рис. 17-3). Она добавляет новые функции в систему или новые параметры в операции.

Включите ее.

Откройте проект Tool probing0fin, который мы создавали в главе 15.

В этом проекте мы использовали цикл измерения P9811, но он был сконфигурирован так, что не корректировал положение системы координат. Исправим это.

Нажмите на иконку **Редактировать** (1 на рис. 17-4). Иконка для добавления новых функций появится (2). Нажмите на нее и выберите параметр **Установить смещение СК** (3).

После этого в списке параметров цикла этот параметр появится (рис. 17-5). В качестве значения надо указать номер нулевой точки.

значение	4
▼ Установить смещение СК	Одна СК (один из G54-G59)
Номер СК	54

Рис. 17-5. Новый параметр в списке параметров операции.

Заметим, что в постпроцессоре тоже должна быть реализована поддержка этого параметра.

Библиотеки инструментов

Для управления библиотеками и инструментами проекта служит панель слева в окне Инструменты. Список инструментов всегда отображается для тех библиотек, которые отмечены галочкой.

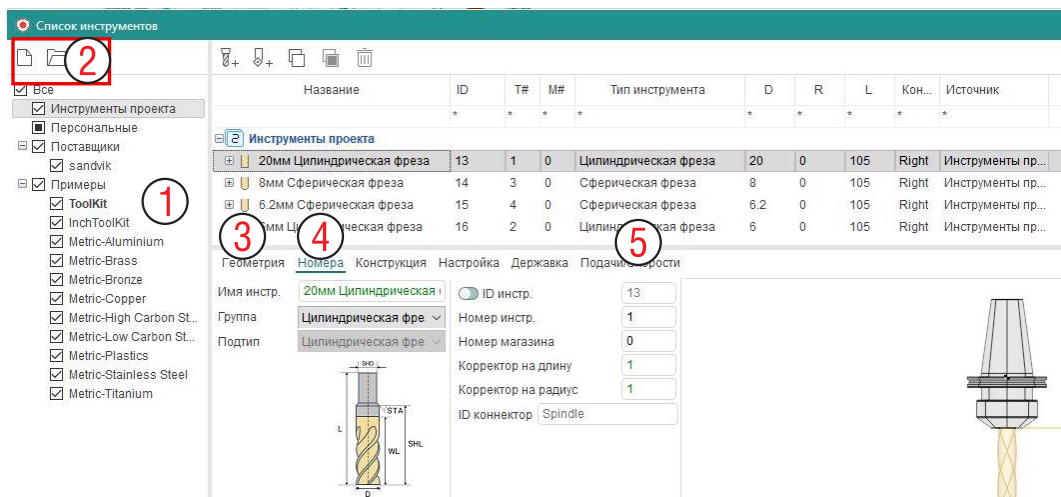


Рис. 17-6. Библиотеки инструментов.

В системе имеется понятие Избранная библиотека – это та библиотека, ко-

торая показывается первой в списке, сразу после инструментов проекта (1 на рис. 17-6). При создании новой операции система автоматически ищет инструмент сначала в инструментах проекта, а затем – в избранной библиотеке. Избранная библиотека показывается жирным шрифтом и может быть изменена из контекстного меню. Для примера, на рис. 17-7 показана команда **Пометить как избранную**, если надо сделать избранной библиотеку Sandvik.

Новую библиотеку можно создать или открыть из меню (2 на рис. 17-6).

Для выбранного инструмента в нижней части окна показываются его параметры. Мы уже разбирали вкладку **Геометрия** (3). На рисунке активна вкладка **Номера** (4), где можно задать номер инструмента и номера корректоров на длину и на диаметр. На рис. 17-8 показаны параметры вкладки **Поддачи/Скорости** (5). Через нее можно с конкретным инструментом связать режимы резания для его использования. Параметры этой вкладки задают и режим вывода некоторых параметров в УП. Например, **Режим вращения шпинделя** определяет вывод либо оборотов шпинделя, либо скорости резания (1). Единицы подачи определяет параметр **Рабочая подача** (2).

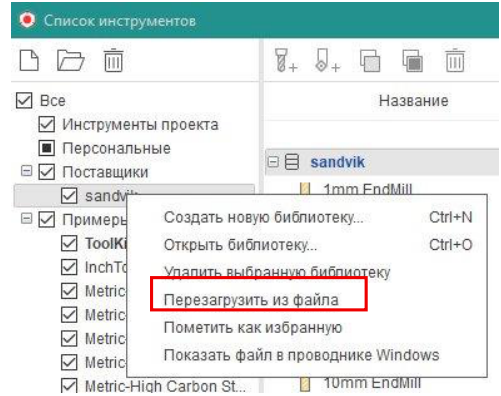


Рис. 17-7. Расположение команды Пометить как избранную.

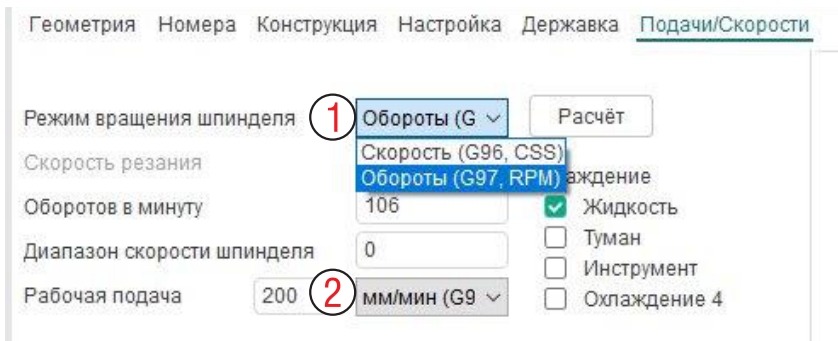


Рис. 17-8. Вкладки и параметры библиотеки инструментов.

Еще одну полезную функцию при работе с инструментами проиллюстрируем на проекте токарно-фрезерной обработки.

Откройте проект *Pipe_fitting_2sp*, который мы создали в главе 11.

При работе с револьверными станками часто расстановка блоков револьвера и инструментов в них бывает устойчивой от проекта к проекту. Чтобы быстро передать расстановку блоков и инструментов из проекта в проект, можно в окне инструмента из контекстного меню сохранить список

инструментов проекта в файл с расширением .tom, затем в другом проекте можно подгрузить также через контекстное меню инструментов и блоки в проект из сохраненного файла.

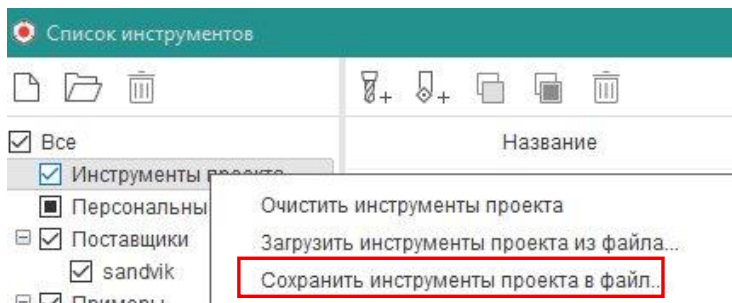


Рис. 17-9. Перенос расположения инструментов между проектами.

Причем при сохранении такого файла система автоматически запоминает, что для данного станка расстановка блоков сохранена в таком-то файле. Теперь при создании нового проекта с этим же станком расстановка блоков и инструментов подгрузится из данного файла автоматически.

В окне **Инструменты** из контекстного меню **Инструменты** проекта выполните команду **Сохранить инструменты проекта в файл** (рис. 17-9). В появившемся диалоговом окне задайте имя файла (рис. 17-10), расположение файла роли не играет.

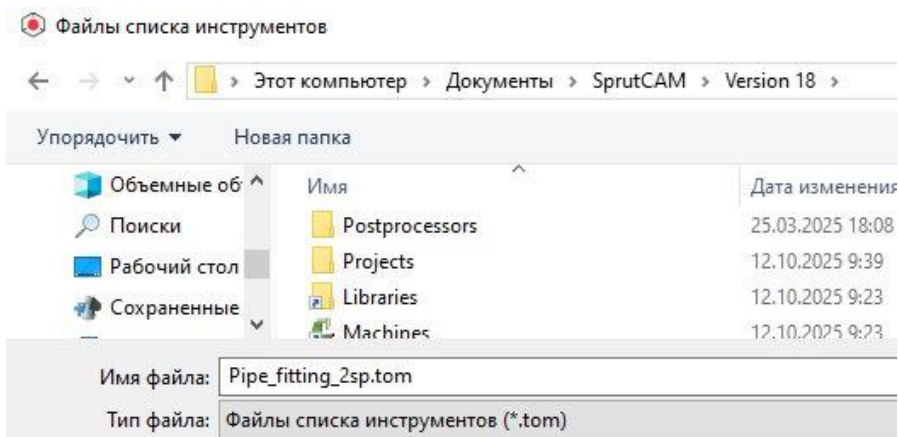


Рис. 17-10. Ввод имени файла с расположением инструментов.

Создайте новый проект. По умолчанию используйте тот же станок и инструменты из сохраненного файла подгрузятся автоматически.

Можно и явно загрузить инструменты из файла .tom через пункт меню **Загрузить инструменты проекта из файла** (рис. 17-11).

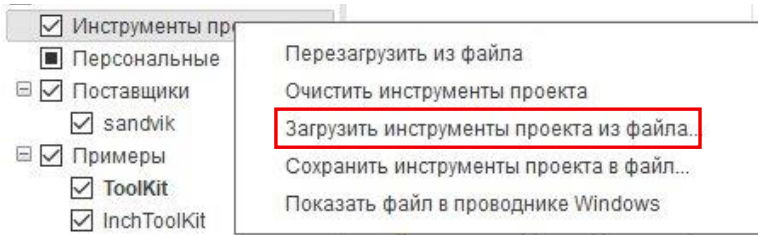


Рис. 17-11. Команда Загрузить инструменты проекта из файла.

Файлы наладки

Файл наладки – это файл с расширением .stms. Внутри себя он содержит информацию о наладке станка на определённую обработку и предназначен для быстрого создания проекта по шаблону.

Откройте проект game_remote.

Из меню сохранения проекта выполните команду Сохранить как файл наладки (рис. 17-12), задайте имя matrirtsa.

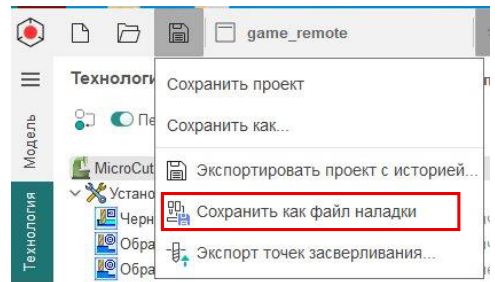


Рис. 17-12. Команда Сохранить как файл наладки.

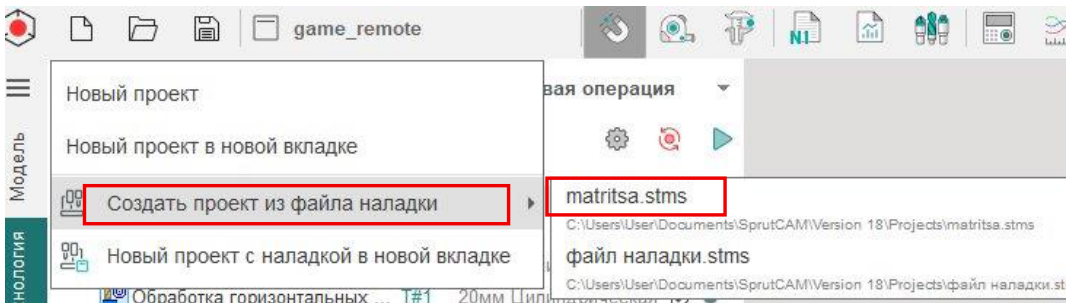


Рис. 17-13. Создание проекта из файла наладки.

В файле сохраняются следующие данные:

- станок
- установки и деталь как группа операций
- оснастка (включая положение)
- инструмент
- подводы/отводы
- список систем координат заготовки
- типы блоков инструмента, размещение инструмента в револьвере.

Создайте новый проект из файла наладки. Система запросит имя файла наладки (рис. 17-13).

Задайте имя сохраненного ранее файла.

В новом проекте будет объект Установ и в списке инструментов видны 4 инструмента (рис. 17-14).

Вы также сможете импортировать файл наладки в текущий проект. Для этого используйте пункт **Импорт из файла наладки** из выпадающего меню кнопки открытия проекта на панели инструментов. При импорте все данные из файла наладки добавляются к данным текущего проекта, за исключением станка.

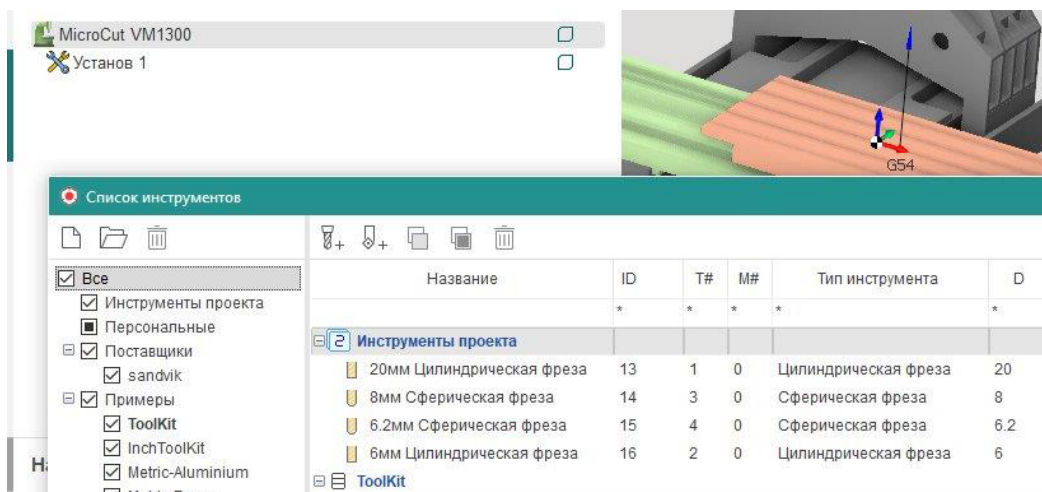


Рис. 17-14. Можно убедиться, что установ и инструменты перенесены.

СПРУТКАМ может работать с несколькими проектами одновременно и может копировать операции между проектами. Разберем эту возможность в этом разделе.

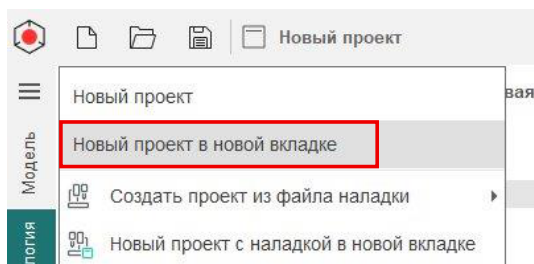


Рис. 17-15. Открытие проекта в новой вкладке.

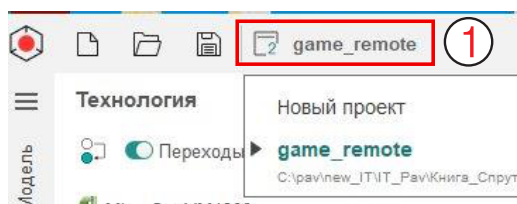


Рис. 17-16. Переключение между вкладками.

Откройте проект `game_remote` в новой вкладке через меню Новый проект в новой вкладке (рис. 17-15). В главном меню видно, что открыто 2 проекта (1 на рис. 17-16), при нажатии на имя проекта видны имена обоих проектов.

В проекте `game_remote` из контекстного меню первой операции выполните команду Копировать (рис. 17-17).

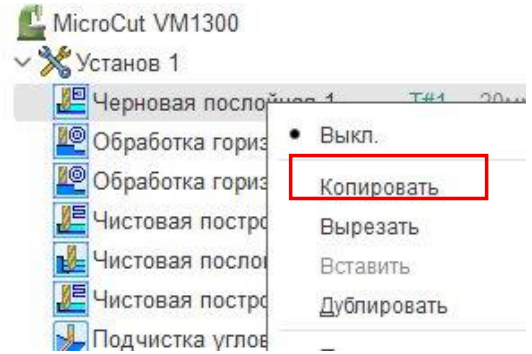


Рис. 17-17. Копирование операций между проектами.

В новом проекте выберите Установ 1 и выполните команду **Вставить**.

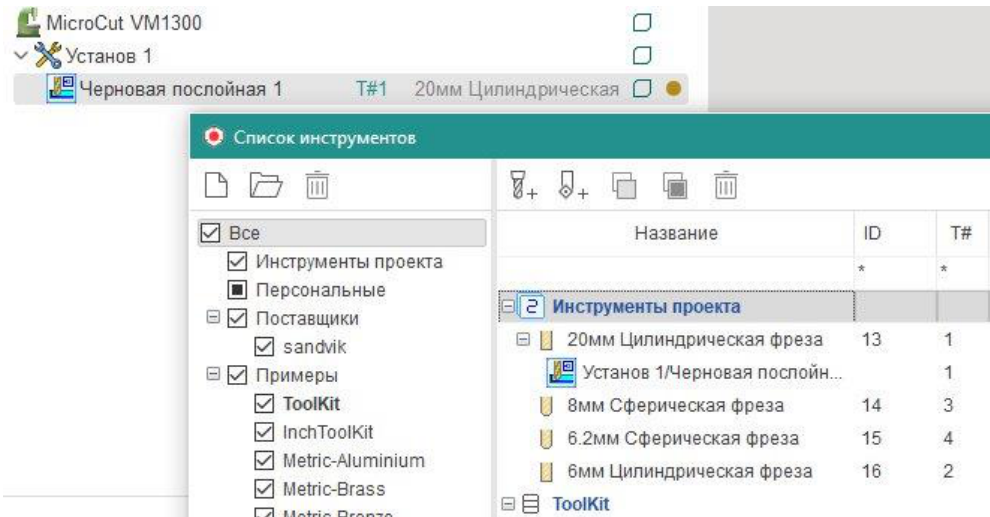


Рис. 17-18. Можно убедиться, что операция скопирована.

Как видно на рис. 17-18, новая операция появилась. В данном случае она использует существующий инструмент. Если бы в проекте такого инструмента не было, то он тоже был бы скопирован.

Пользовательские операции

Каждая операция в СПРУТКАМ может быть сохранена как пользовательская с конкретными настроенными параметрами в отдельный файл `*.stox` на диске. При обработке следующего похожего элемента можно загрузить этот набор параметров и, тем самым, существенно сократить время по настройке операции.

Откройте проект Plunge roughing0, который мы создавали в главе 6.

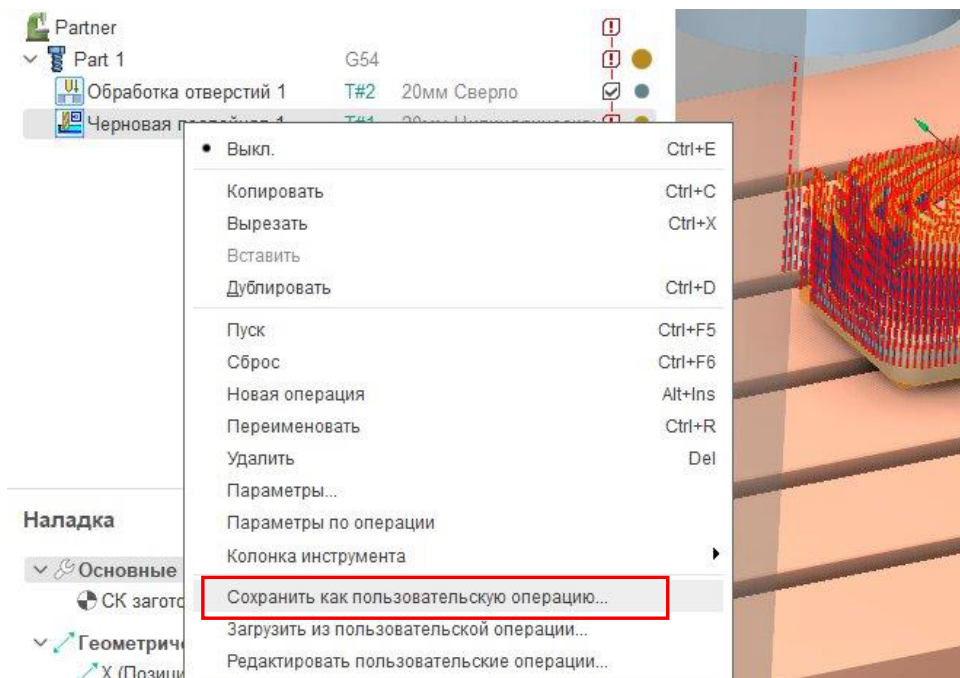


Рис. 17-19. Создание пользовательской операции.

Выберите операцию плунжерной обработки и из контекстного меню операции выполните Сохранить как пользовательскую операцию (рис. 17-19). Новое диалоговое окно появится (рис. 17-20), задайте в нем Заголовок – плунжерная (1) и нажмите Да.

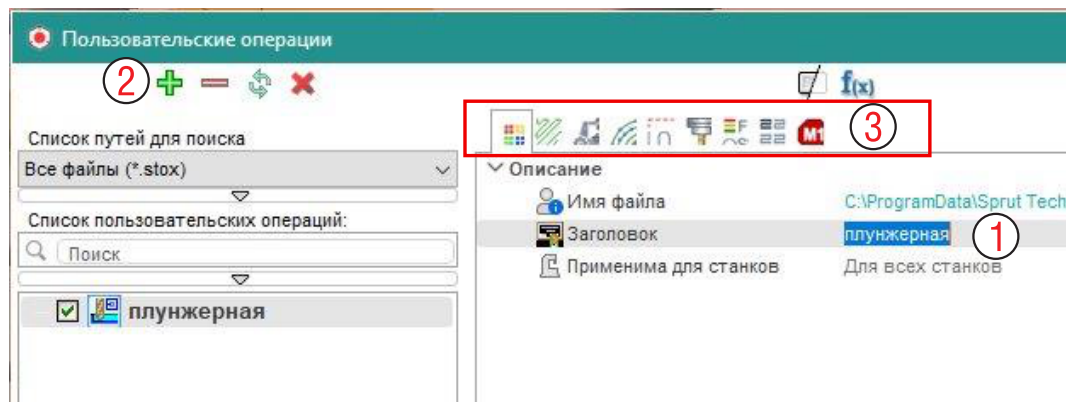


Рис. 17-20. Диалоговое окно пользовательской операции.

В принципе можно создавать новые пользовательские операции прямо в этом окне через кнопку с символом Плюс (2) и набор параметров (3).

Существует несколько способов добавления экземпляра ранее созданной пользовательской операции в новый проект. На рис. 17-21 показано, что при создании новой операции можно создать как стандартную **Черновую послынную** (1), так и операцию **Плунжерная** (2), которую мы сохранили ранее.

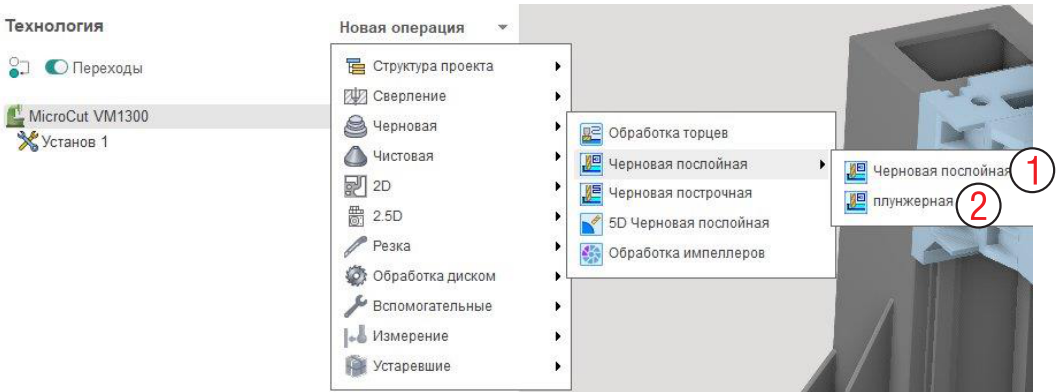


Рис. 17-21. Пользовательская операция появилась в меню новых операций.

Параметры из пользовательских операций могут быть применены не только к вновь создаваемой операции, но и к уже существующей. Для этого в контекстном меню операции следует выбрать пункт **Загрузить из пользовательской операции....**

Настройка отчета (карты наладки)

Отчет (карта наладки) создается для передачи в цех вместе с управляющей программой. Мы создавали такой отчет в главе 1, но использовали настройки по умолчанию. Здесь рассмотрим настройку шаблона карты наладки.

Откройте проект `game_remote`.

Нажмите на кнопку создания отчета (1 на рис. 17-22).

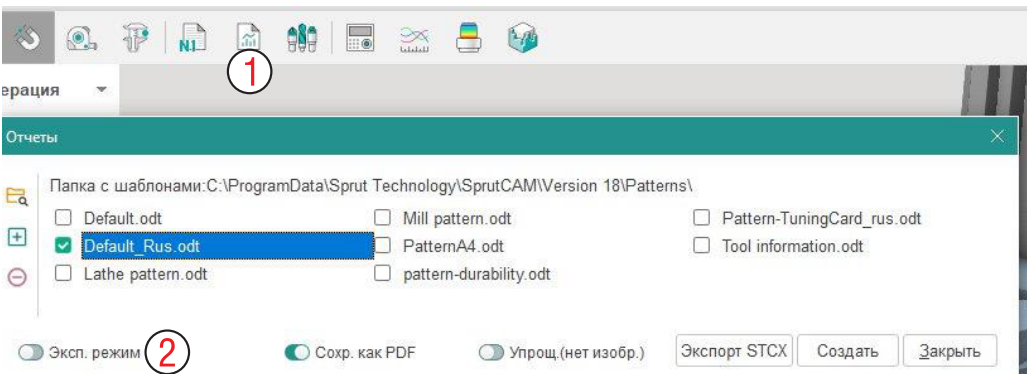


Рис. 17-22. Вызов команды создания отчета и параметр экспертный режим.

Включите кнопку **Экспертный режим** (2).
Диалоговое окно будет расширено (рис. 17-23).
Создайте отчет с настройками по умолчанию.

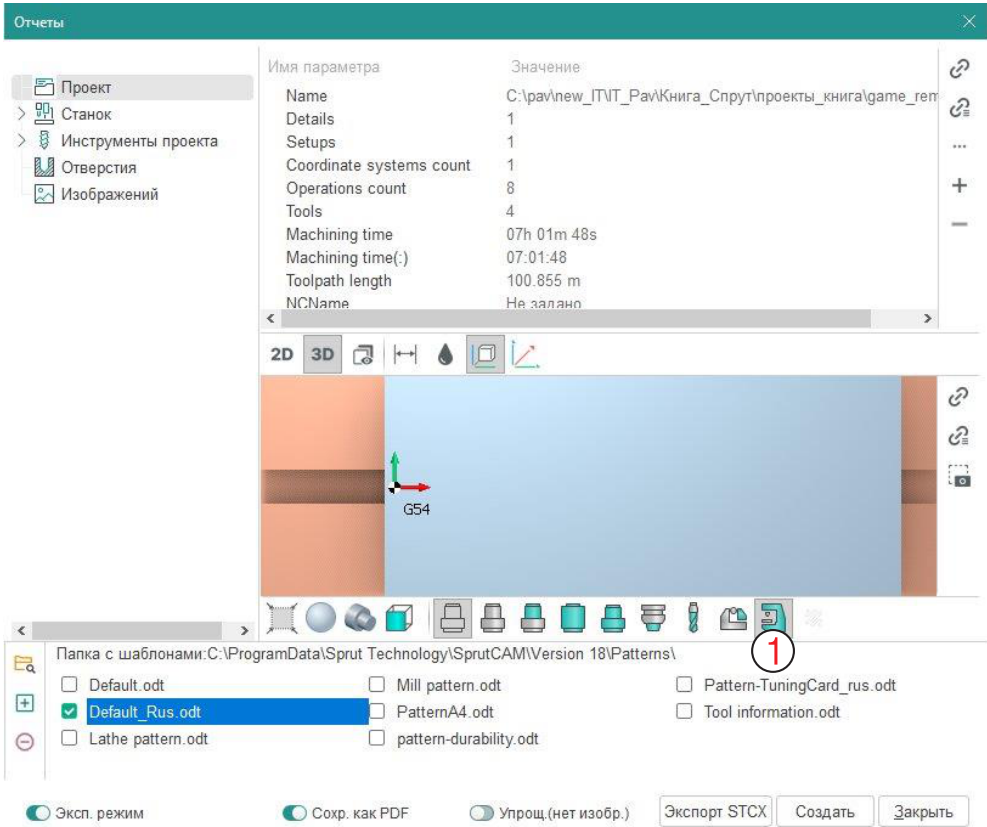


Рис. 17-23. Диалоговое окно в экспертном режиме.

В отчете графический скриншот выглядит как на рис. 17-24
Выключите изображение станка (1) и пересоздайте отчет.
Графический скриншот теперь выглядит как на рис. 17-25.

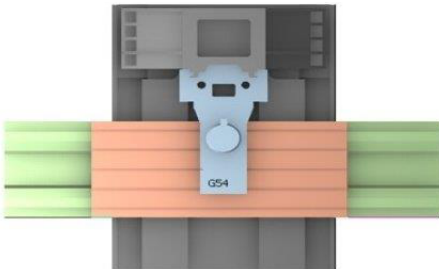


Рис. 17-24. Исходный скриншот отчета.



Рис. 17-25. Новый скриншот отчета.

Уже лучше, можно видеть расположение нулевой точки относительно детали. Но только по XY.

Прямо в диалоговом окне настройки отчета измените текущий вид как на рис. 17-26. Включите иконку показа нулевой точки (1) и нажмите кнопку Сделайте снимок экрана для текущего вида (2).

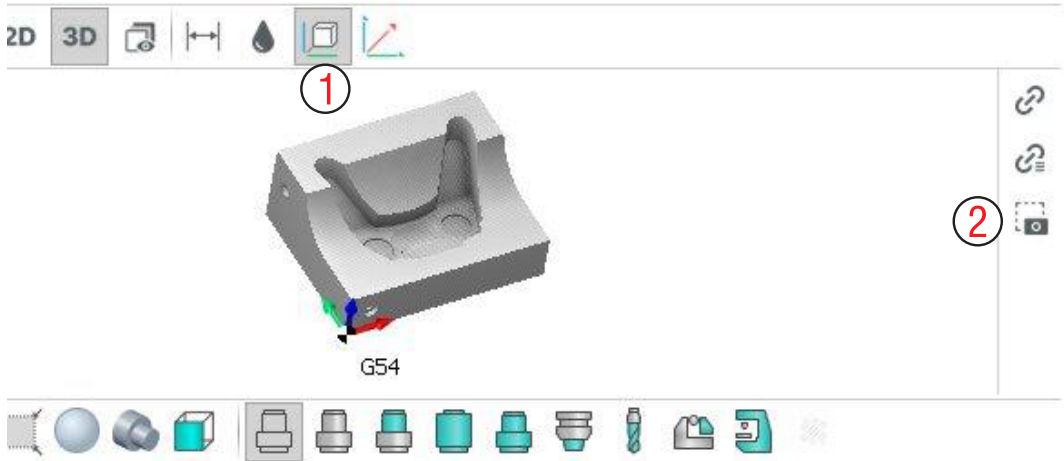


Рис. 17-26. Смена вида для скриншота отчета.

Пересоздайте отчет.

Теперь мы видим положение нулевой точки по всем координатам.

Глава 18. Обработка роботом, аддитивные операции

Из-за ограничения объема книги эти темы будут рассмотрены кратко на примерах готовых проектов.

Программирование обработки роботом

SprutCAM позволяет программировать промышленные роботы для обрезки, фрезеровки, окраски и других целей. Для программирования движения инструмента используются те же операции, что и при обработке на фрезерных станках. Но для робота операции имеют ряд дополнительных параметров для управления его конфигурацией и «лишними» степенями свободы. Программирование основано на реальной кинематике робота. Имеются дополнительные инструменты по оптимизации положения суставов робота.

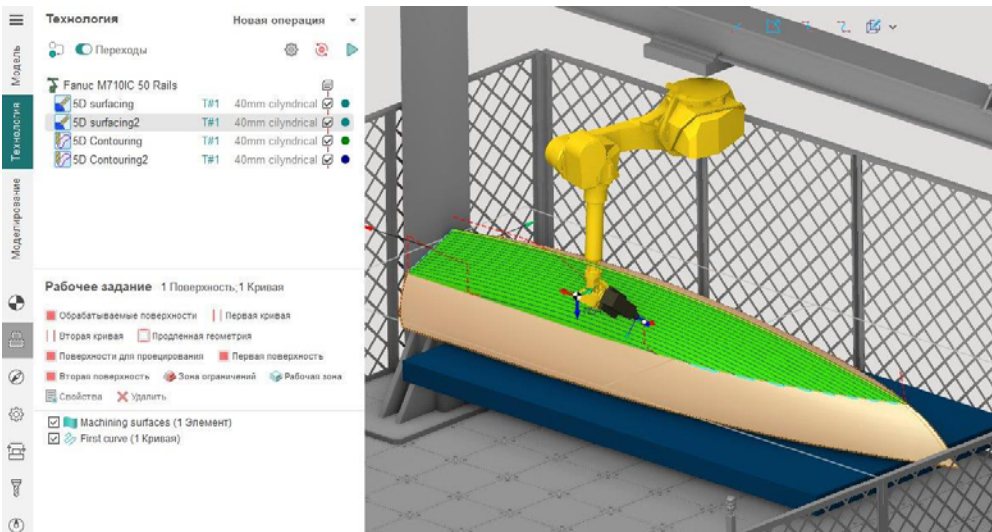


Рис. 18-1. Обработка роботом.

Откройте проект boat.

В этом проекте производится обработка с использованием робота Fanuc и дополнительной оси для перемещения самого робота (рис. 18-1).

Из рисунка видно, что для обработки используются операции **5D по поверхности** (5D surfacing). В рабочем задании задана обрабатываемая поверхность и кривая.

Рабочие оси робота можно увидеть на вкладке **Наладка** (рис. 18-2). Это оси от A1 до A6 самого робота (1) и ось E1 (2), которая обеспечивает переме-

щение самого робота по рельсу.

В отличие от станков, робот может иметь несколько состояний для позиционирования рабочего органа в одну и ту же позицию. Выбор конкретного состояния можно задать дополнительными параметрами: **Вывернуть базу**, **Вывернуть локоть**, **Вывернуть запястье** (3). В этом проекте некоторые из этих параметров включены. Обычно это определяется при анализе движений робота с помощью специального инструмента – **Карты осей** (4), который мы рассмотрим далее.

В кинематике робота описан шпиндельный узел (инструментальный блок), в который установлена фреза.

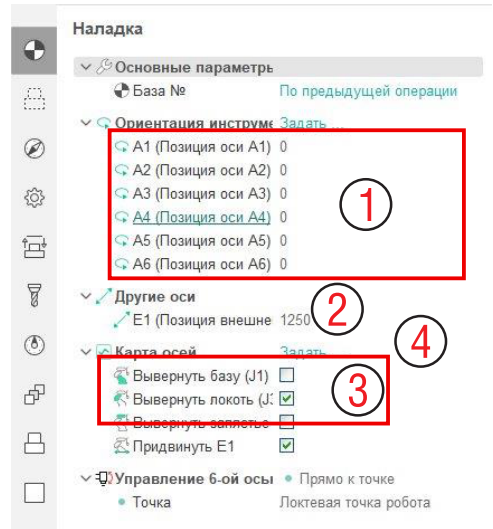


Рис. 18-2. Оси робота на вкладке Настройка.

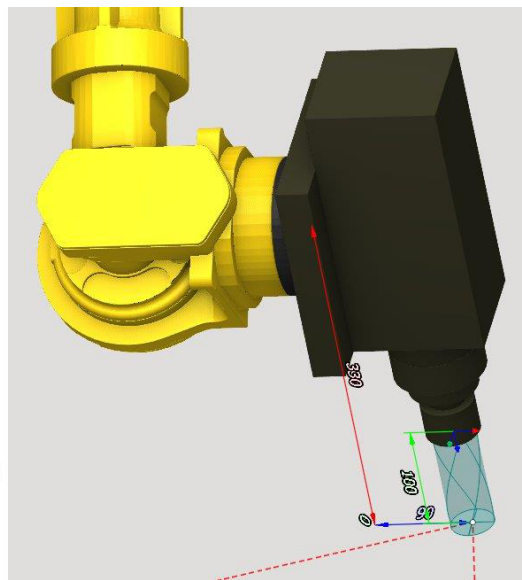
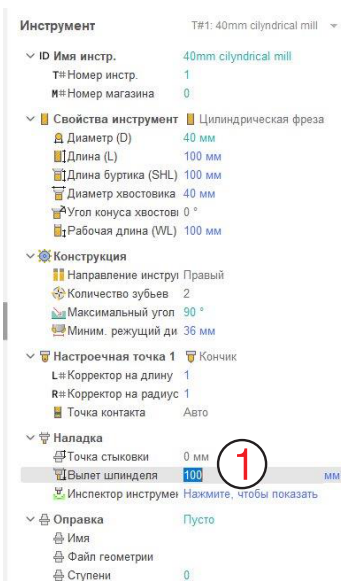


Рис. 18-3. Параметры вылета инструментального блока.

На вкладке **Инструмент** параметр **Вылет шпинделя** (1 на рис. 18-3) связан со смещениями инструментального блока от торца последнего сустава робота. Эти значения определяются при калибровке инструментального блока.

Выполните моделирование обработки для операции, показанной на рис. 18-1.

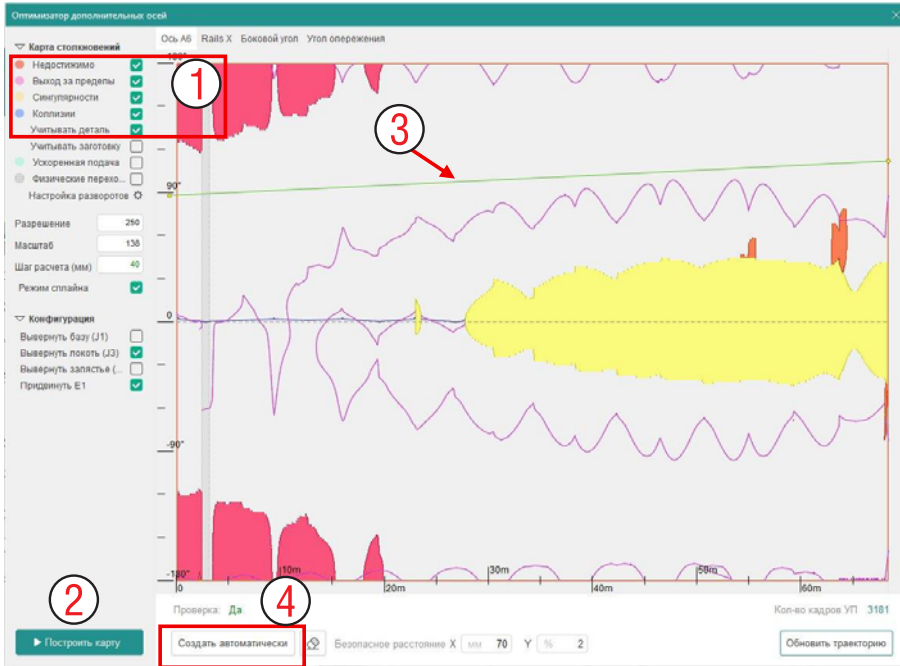


Рис. 18-4. Карта осей как инструмент устранения нежелательных перемещений.

Как можно заметить, суставы робота совершают довольно сложные движения, некоторые из которых могут быть нежелательными. Для визуализации движений и построения оптимальной траектории используется **Карта осей**.

Нажмите на кнопку **Задать** функции **Карта осей** (4 на рис. 18-2). Ранее рассчитанная карта осей появится в отдельном окне (рис. 18-4).

Карта осей – это визуальное представление зон столкновений в траектории. Вдоль оси X – положение инструмента на траектории с начала, измеренное по длине. Вдоль оси Y – значение оптимизированной оси. Цветом показываются следующие типы столкновений (1):

- Недостижимые зоны (бордовые) – это зоны, до которых робот не может дотянуться;
- Зоны за пределами осей (фиолетовые) – это зоны, в которые робот может попасть, но некоторые из осей робота выходят за установленные пределы;
- Зоны сингулярности (желтые) – это зоны, в которых суставы робота занимают близкое к соосности положение, что чревато резким перепозиционированием осей;
- Зоны столкновения (оранжевые) – это зоны, где детали робота сталкиваются друг с другом или с заготовкой.

При изменении параметров операции надо обновить карту с помощью кнопки **Построить карту** (2).

Безопасная траектория (3) не должна проходить через проблемные зоны. Для ее построения можно использовать кнопку **Создать автоматически** (4) или задавать вручную.

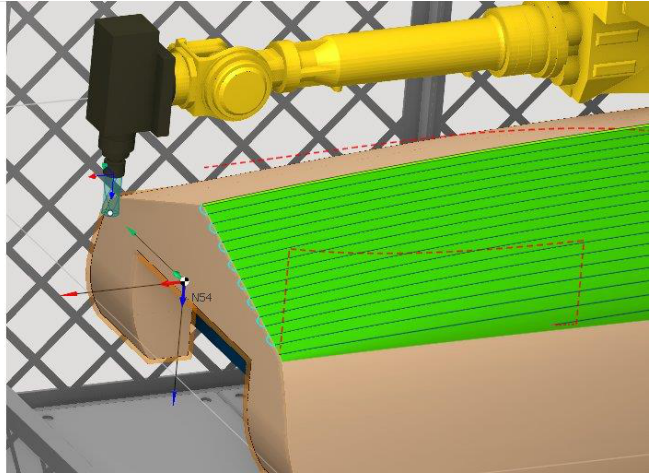
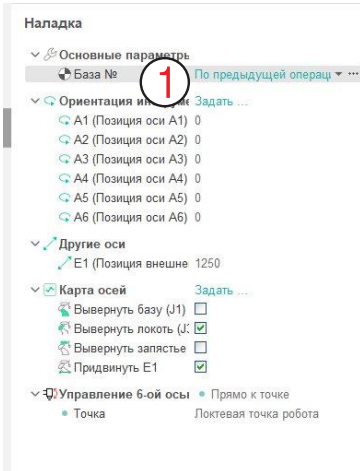


Рис. 18-5. Нулевая точка программы для робота.

Для привязки УП на работе используется аналог нулевой точки программы, называемый **База** (1 на рис. 18-5). Обычно это делается путем задания центра и направления осей системы координат. На рисунке видно, что положение Базы совмещено с системой координат, используемой для привязки.

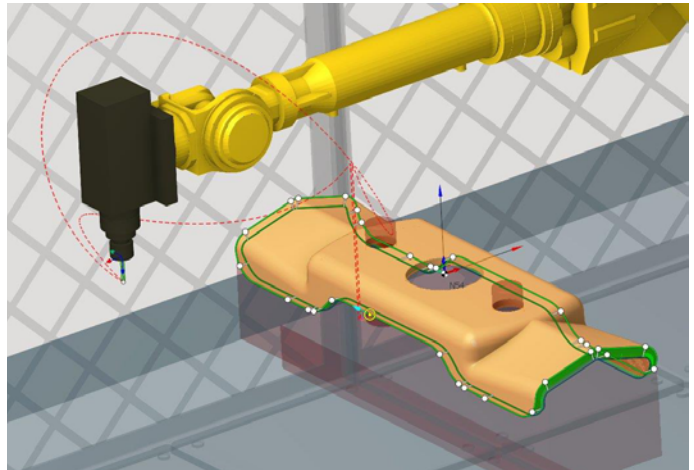


Рис. 18-6. Пример обрезки роботом листовой детали.

Рассмотрим другой пример.

Откройте проект 5d cutting. Здесь тот же робот используется для обрезки кромок листовой детали (рис. 18-6).

Для обрезки обычно используется операция **6D контур**. В рабочем задании задан контур по одной из сторон детали. Система обычно автоматически определяет обрабатываемую поверхность. Но если этого не произошло, то надо в рабочем задании выбрать кривую и в графическом окне из контекстного меню выполнить команду **Альтернативная передняя сторона**

(1 на рис. 18-7). Также система автоматически определяет кривые ориентации инструмента на обрабатываемой поверхности. В ряде случаев в это можно вмешаться и задать их вручную. Для этого в том же контекстном меню есть команда **Использовать произвольные вектора инструмента** (2).



Рис. 18-7. Дополнительное меню операции 6D контур.

Выполните моделирование обработки. Одно из положений инструмента показано на рис. 18-8.

Карта осей для этого примера выглядит так, как на рис. 18-9. Здесь больше нежелательных зон, но оптимальная траектория представляет собой прямую линию, проходящую около нулевого положения, что всегда предпочтительнее.

Выполните постпроцессирование операции, используя постпроцессор Fanuc robot. Результат показан на рис. 18-10.

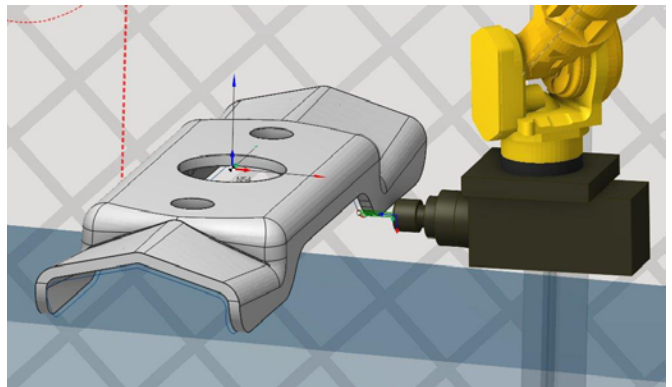


Рис. 18-8. Фрагмент моделирования обработки.

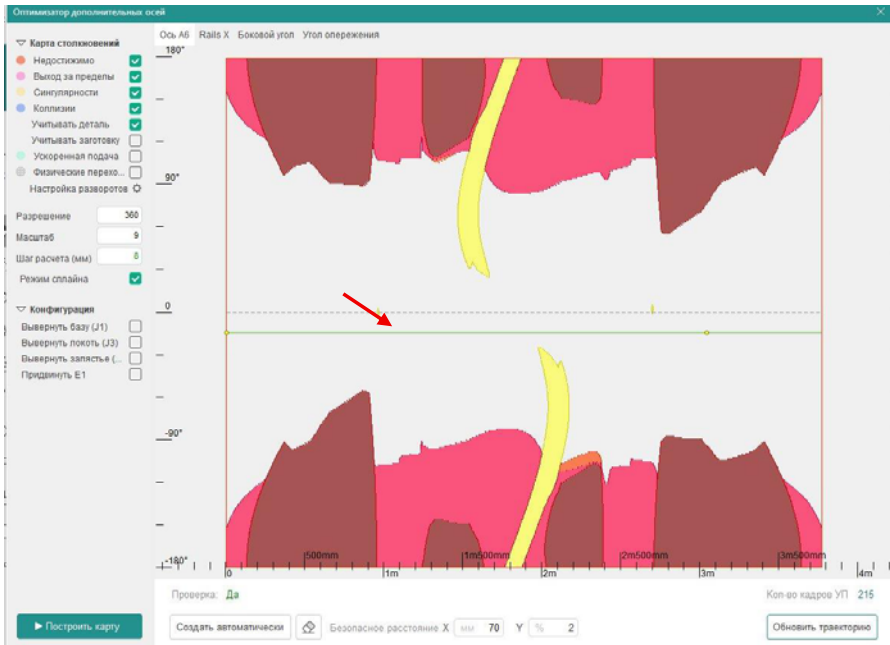


Рис. 18-9. Карта осей и оптимальная траектория.

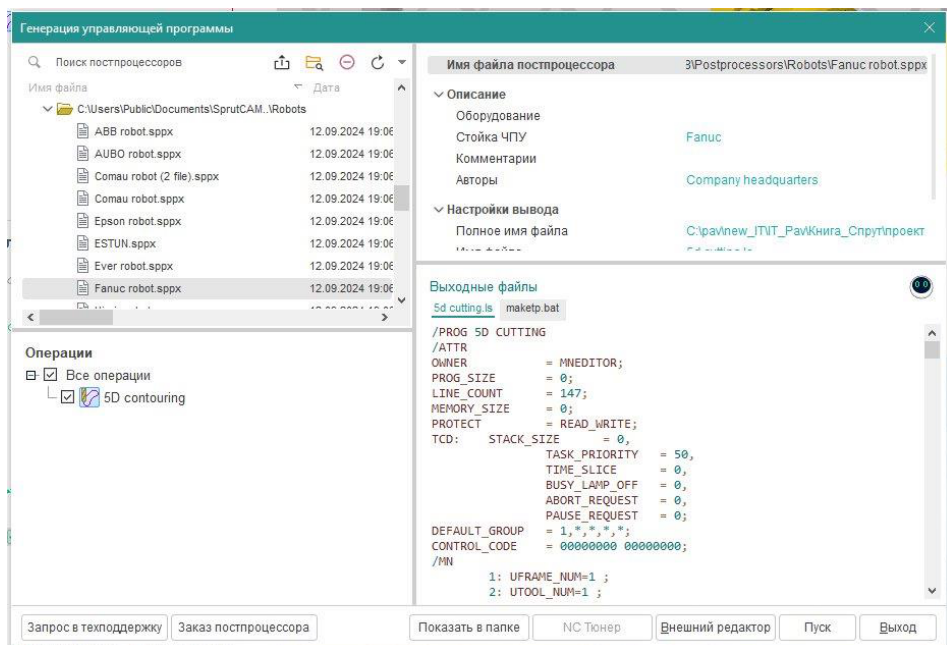


Рис. 18-10. Окно постпроцессорирования и формат УП.

Аддитивная гибридная обработка

Аддитивная обработка отличается от обработки резанием тем, что материал не удаляется инструментом, а, наоборот, добавляется к заготовке в месте прохождения инструмента. Аддитивные операции, реализованные в СПРУТКАМ, являются универсальными операциями, не привязанные к конкретной технологии или оборудованию.

Эти операции доступны, если выбран станок или робот, который поддерживает данный тип обработки. Аддитивная обработка на станке или роботе обычно сочетается с операциями резания, потому можно говорить о гибридной обработке.

Чтобы станок поддерживал наплавку, нужно в настройках держателя инструмента установить галочку Аддитивная обработка.

Откройте проект Hybrid part.

У станка в этом проекте есть возможность работать со специальной головкой по наращиванию материала (рис. 18-11).

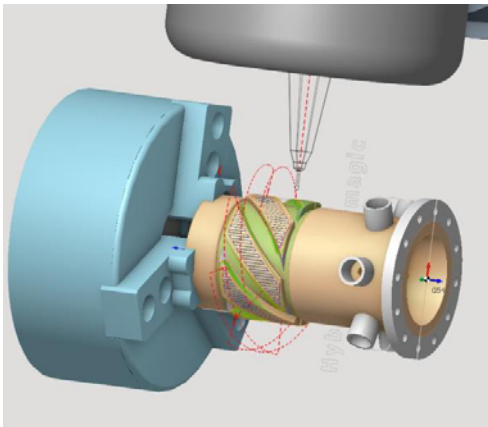


Рис. 18-11. Специальная головка для наращивания материала на станке.

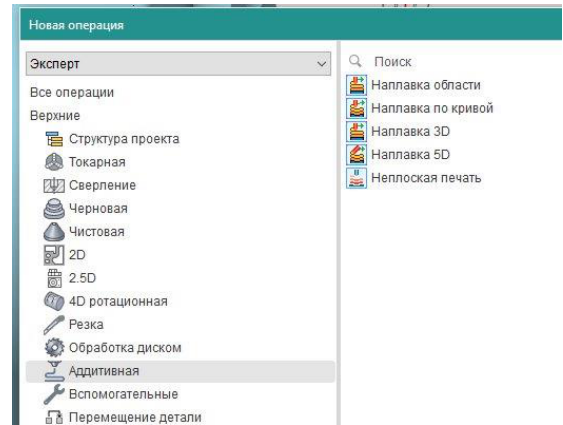


Рис. 18-12. Список аддитивных операций.

Если теперь создать новую операцию, то можно видеть список поддерживаемых операций (рис. 18-12).

Операция **Наплавка области** предназначена для добавления слоя материала на локальный участок детали, ограничиваемый кривыми. Интерфейс задания параметров и зоны обработки схож с операцией Выборка области.

Операция **Наплавка по кривой** генерирует траекторию вдоль кривых, указанных в рабочем задании снизу вверх по слоям. Она полезна для обработки тонкостенных моделей. Исходные кривые могут быть расположены на плоскости, цилиндре или теле вращения. Если включена опция «Про-

цировать траекторию на деталь», то наплавка может быть произведена на поверхности произвольной формы.

Операция **Наплавка 3D** очень похожа на операцию Черновая послойная за исключением того, что работает снизу вверх. Данная операция формирует слои наплавки путем пересечения исходной модели плоскостями с заданным шагом и генерирует траекторию для заполнения, полученной в результате пересечения области для каждого слоя.

Операция **Наплавка 5D** позволяет наращивать слой материала на поверхности детали стратегиями операции 5 осевая по поверхностям.

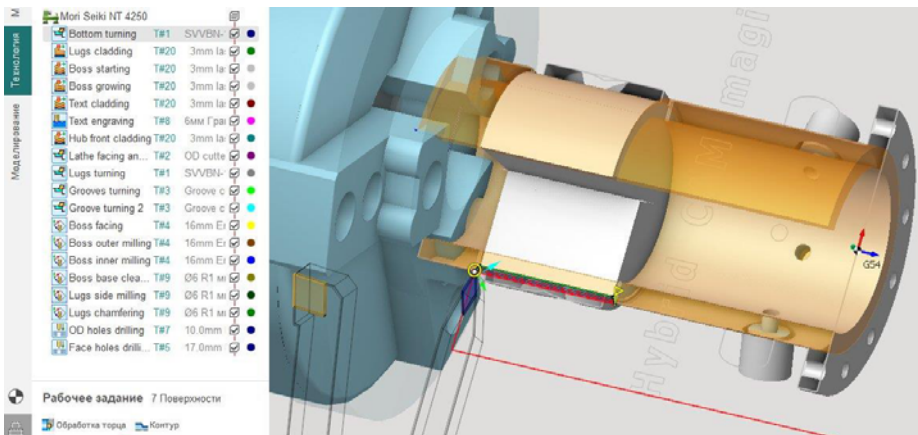


Рис. 18-13. Набор операций (и аддитивных, и операций резания).

В этом проекте первой операцией является точение области под дальнейшую операцию наплавки (рис. 18-13). Здесь же можно видеть весь набор операций проекта.

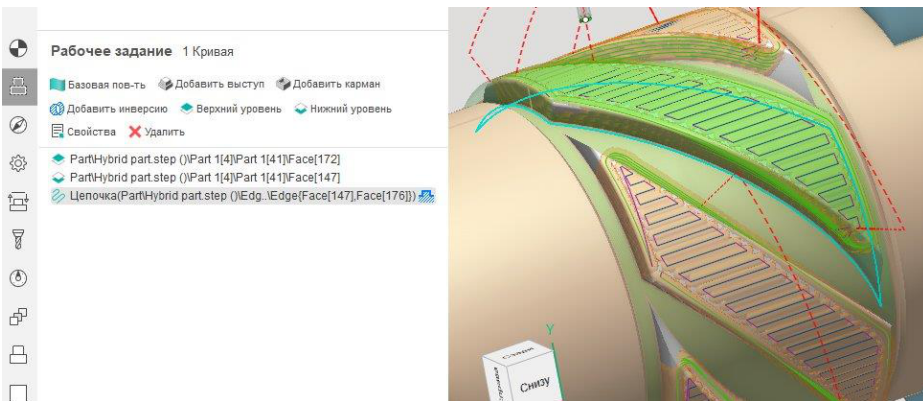


Рис. 18-14. Рабочее задание операции Наплавка области.

Операция Lugs cladding – это операция наплавки области. В рабочем задании заданы верхняя и нижняя поверхности и замкнутая кривая (рис. 18-14).

Операция Boss growing – это наплавка по кривой. Здесь задана поверхность, по которой ведется наплавка снизу вверх и нижний и верхний уровни (рис.18-15).

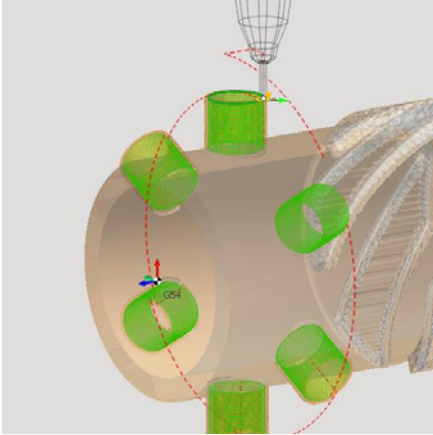


Рис. 18-15. Траектория операции Наплавка по кривой.

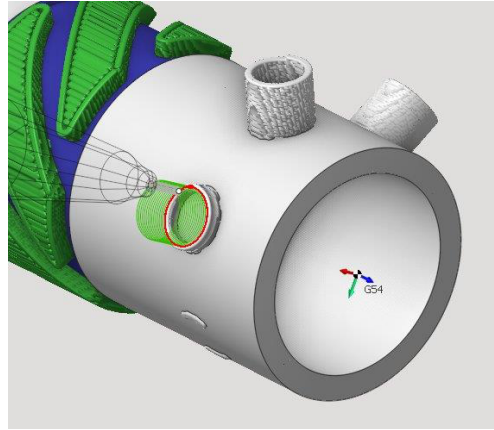


Рис. 18-16. Этап моделирования обработки аддитивных операций.

Этап моделирования обработки этой операции показан на рис. 18-16. Здесь же виден результат предыдущей аддитивной операции.

В проекте есть и операция наплавки текста. Она реализуется также операцией **Наплавка по кривой**.

Поверхности после наплавки должны быть обработаны резанием для получения требуемой точности и качества поверхности модели. В проекте представлены около 10 таких операций. На рис. 18-17 показан момент фрезерования бобышек.

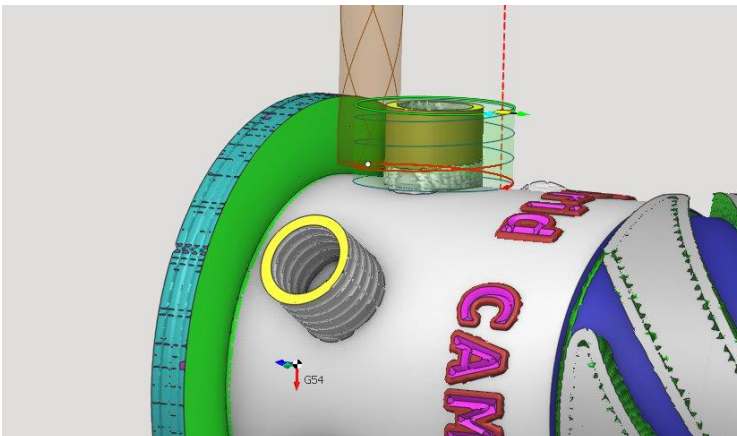


Рис. 18-17. Операции резания по наплавленным участкам детали.

Выполните моделирование обработки всех операций проекта

Содержание

Предисловие	1
Введение	3
Глава 1. Первые шаги	6
Идеология СПРУТКАМ и главное окно.....	6
Создание нового проекта	13
Глава 2. Черновые операции	20
Черновая послойная обработка – подробности.....	20
Операция – Обработка торцев.....	28
Ограничения области обработки.....	29
Глава 3. Чистовые 3D операции	32
Обработка горизонтальных участков	32
Операции – Чистовая построчная и 3D смещение	37
Обработка наклонных и ненаклонных участков.....	39
Карандашная операция.....	41
Глава 4. Обработка отверстий	44
Осевые операции.....	44
Фрезерование отверстий.....	48
Резьбофрезерование.....	49
Глава 5. 2D обработка и моделирование призматических деталей	52
Операция 2D контур	52
Коррекция радиуса инструмента.....	54
Обработка тел на основе контуров	56
Построение контуров и 3D модели.....	57
Гравировка текста.....	63
Глава 6. Высокоскоростная обработка	68
Высокоскоростные стратегии в Черновой послойной	68
Адаптивная стратегия обработки.....	70
Плунжерная обработка	71
ВСО в чистовых операциях.....	73
Морфинг в чистовых операциях.....	74
Глава 7. Чистовые 3D операции – продолжение	77
Подчистка углов.....	78
3D контур и 6D контур	79
Обработка фасок	82
Фасонный инструмент.....	84
Поднутрение послойное.....	89
Глава 8. 5-осевая позиционная или 3+2-осевая обработка	91
Настройки 3+2-осевой обработки для фрезерования	91
Настройки 3+2-осевой обработки для сверления.....	93
Операция FBM фрезерование.....	95
Глава 9. Моделирование обработки – подробности	104
Моделирование на основе CLDATA.....	104
Моделирование обработки по управляющей программе.....	108
Видимость узлов станка	110

Глава 10. Токарная обработка	112
Установка заготовки на станке. Нулевая точка программы	112
Операция – Обработка торца	114
Операции наружного черного и чистового точения	115
Режимы обработки токарных операций	119
Операция – Обработка канавок	119
Операция – Токарная обработка отверстий	119
Операции внутреннего черного и чистового точения	120
Операция – Внутренняя обработка канавок	123
Операция – Токарная отрезка	124
Моделирование обработки	124
Установ 2 – торцевая обработка канавки	125
Глава 11. Токарно-фрезерная обработка – основы	126
Поддержка приводного инструмента	126
Замена станка	130
Перехват заготовки и работа в контршпинделе	132
Токарные операции на фрезерном станке	135
Глава 12. 4-осевая ротационная обработка	139
Обработка винта	139
Обработка кулачкового вала	143
Использование цилиндрической интерполяции	145
Глава 13. 4-х и 5-осевая непрерывная обработка	148
5D по поверхностям – ориентация инструмента	149
Обработка лопатки	157
Вспомогательные построения в 5-осевой обработке	162
Обработка винта	163
Обработка боком фрезы	164
Глава 14. Обработка импеллеров и моноколес	166
Обработка импеллера	166
Обработка моноколеса	172
Глава 15. Операции измерения	174
Измерение фрезерного инструмента	174
Измерение детали	176
Глава 16. Токарно-фрезерная многоканальная обработка	180
Многозадачные (многоканальные) станки	180
Автоматы продольного точения	186
Глава 17. Пользовательские настройки в СПРУТКАМ	192
Меню настроек	192
Библиотеки инструментов	194
Файлы наладки	197
Пользовательские операции	199
Настройка отчета (карты наладки)	201
Глава 18. Обработка роботом, аддитивные операции	204
Программирование обработки роботом	204
Аддитивная гибридная обработка	210

Ведмидь П. А.

ОСНОВЫ СПРУТКАМ

ISBN 978-5-908126-14-4



Подписано в печать 10.03.2026 г.

Формат 166x235 мм.

Печать офсетная. Бумага

Тираж . Заказ №

Книга представляет собой практическое руководство по программированию обработки на станках с ЧПУ в системе СПРУТКАМ. В ней большое внимание уделяется порядку освоения информации. Материал каждой последующей главы базируется на материале, рассмотренном в предыдущих главах. В книге подчеркивается идеология системы, согласно которой проектирование технологических переходов ведется сразу с учетом кинематики и 3D модели станка и оснастки, что позволяет предотвратить аварийные ситуации в виде столкновений и зарезов.

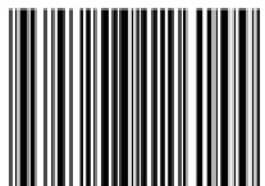
Рассмотрен функционал CAD и CAM модулей, в том числе: возможность создания и редактирования 2D и 3D моделей с применением параметрического проектирования, фрезерная и сверлильная обработка призматических деталей, пятиосевая непрерывная и позиционная обработка, токарная и токарно-фрезерная обработка, включая обработку на автоматах продольного точения. Рассмотрены вопросы настройки системы для повышения удобства работы.

Книга будет полезна технологам-программистам станков с ЧПУ, студентам и преподавателям ВУЗов и колледжей. Она использует готовые проекты обработки, при изложении был принят во внимание новый функционал программы. Все модели и проекты, рассмотренные в книге, вы сможете найти и скачать на корпоративном сайте компании СПРУТ-Технология.



www.sprut.ru

ISBN 978-5-908126-14-4



9 785908 126144 >

