

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

А. Н. ЖИДЯЕВ, М. А. БОЛОТОВ

РАЗРАБОТКА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДЕМ-VX 9.1

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве практикума для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

С А М А Р А
Издательство Самарского университета
2024

УДК 621.914(075)

ББК К634я7

Ж699

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Д. Г. Черников,
канд. техн. наук Г. О. Белов

Жидяев, Алексей Николаевич

Ж699 **Разработка траекторий движения инструмента при фрезеровании с применением ADEM-VX 9.1: практикум / А. Н. Жидяев, М. А. Болотов.** – Самара: Издательство Самарского университета, 2024. – 84 с.: ил.

ISBN 978-5-7883-2149-3

В данном пособии приведены основные сведения по разработке траекторий движения режущего инструмента при фрезеровании различных геометрических элементов: плоскости, колодца, паза, стенки, окна, уступа, поверхности. Рассмотрены основные настройки для выполнения доработки геометрического элемента после предварительной обработки. Описаны подходы к обработке отверстий различным осевым и расточным инструментом.

Подготовлено на кафедре технологий производства двигателей Самарского университета.

УДК 621.914(075)

ББК К634я7

ISBN 978-5-7883-2149-3

© Самарский университет, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ	5
1.1 Нулевые точки фрезерного станка с ЧПУ.....	5
1.2 Виды траекторий движения инструмента.....	7
1.3 Разработка траекторий движения инструмента.....	8
2 ЗАДАЧА «ОБРАБОТКА ПЛОСКОСТИ И КОЛОДЦА»	10
2.1 Задача «Обработка плоскости»	10
2.2 Задача «Обработка плоскости и колодца»	23
3 ЗАДАЧА «ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ И КОЛОДЦА»	30
3.1 Задача «Обработка отверстий»	30
3.2 Задача «Обработка колодца с подбором»	43
4 ЗАДАЧА «ОБРАБОТКА ПАЗА, СТЕНКИ, ОКНА»	55
4.1 Задача «Обработка пазов»	55
4.2 Задача «Обработка стенки, окна»	62
5 ЗАДАЧА «ОБРАБОТКА УСТУПА, МАССИВА, ПОВЕРХНОСТИ»	70
5.1 Задача «Обработка уступа и массива элементов».....	70
5.2 Задача «Обработка с одновременным перемещением по трём осям».....	77
5.3 Задача «Обработка на цилиндре»	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	83

*И вдоль, и поперек.
Вокруг носу вьется, а в руки не дается.
В.И. Даль «Пословицы русского народа»*

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка управляющих программ для металлообрабатывающих станков с ЧПУ может выполняться вручную или автоматизированным способом. Применение ручного способа, несмотря на более высокую трудоёмкость, находит применение, особенно при составлении коротких или параметрических программ, программ с обработкой, заданной циклами. Автоматизированная подготовка даже коротких программ происходит быстрее, но при условии наличия электронной геометрической модели детали и специализированной системы автоматизированного проектирования для технологической подготовки производства (САПР ТП).

Изготовление деталей современной сложной техники зачастую выполняется на многооперационных станках – обрабатывающих центрах, а подготовку программ для них сложно вообразить не автоматизированным способом.

Автоматизированная подготовка с применением САПР в своей основе имеет разработку траекторий движения инструмента относительно поверхностей электронной геометрической модели детали. Построенные траектории преобразуются с помощью пост-процессора в управляющую программу для выбранной модели станка с ЧПУ.

В представленном пособии рассмотрены действия для построения траекторий движения инструмента и получения управляющих программ для фрезерной 2,5X, 3X, 4X обработки при изготовлении деталей.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

1.1 Нулевые точки фрезерного станка с ЧПУ

Управляющие программы для фрезерных станков с ЧПУ содержат строки с координатами для перемещений рабочих органов станка. Значения координат задаются относительно системы координат (СК) детали. Началом СК детали является нулевая точка детали. В соответствии с ГОСТ 20523-80 нулевая точка детали – точка на детали, относительно которой заданы её размеры. Стоит заметить, что, во-первых, положение этой точки задаётся технологом в САПР ТП для каждой технологической операции отдельно и она часто не совпадает с началом СК, в которой построена электронная геометрическая модель детали. А во-вторых, под деталью понимается электронная геометрическая модель собственно изготавливаемой детали или заготовки, получаемой после определённой технологической операции.

Приведённое определение нулевой точки детали не даёт понимания того, как она располагается на станке. Взаимное положение нулевых точек фрезерного станка с ЧПУ показано на рисунке 1.

На фрезерном станке имеется нулевая точка станка (НТС), относительно которой в устройстве ЧПУ задаётся положение нулевой точки для обрабатываемой заготовки. Нулевая точка заготовки (НТЗ) – точка, определённая относительно НТС, привязанная к заготовке на станке и используемая для отсчёта перемещений инструмента при работе станка в автоматическом режиме. Настройку положения НТЗ производит наладчик или оператор станка, занося расстояния вдоль осей координат между НТС и НТЗ в таблицу нулевых точек. По координатам, заданным в управляющей программе, перемещается нулевая точка инструмента (НТИ), которая находится на пересечении оси инструмента и его режущего торца.

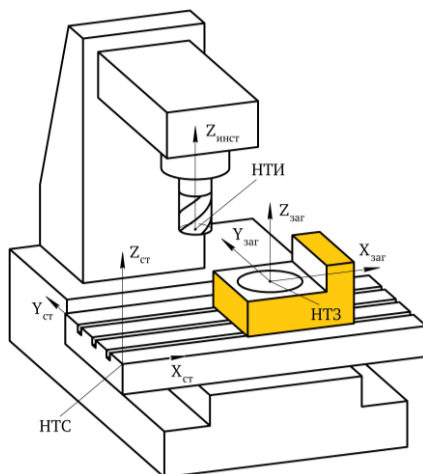


Рис. 1. Нулевые точки фрезерного станка

На рисунке 2, а представлена модель детали в САПР ТП, на которой указана исходная СК, а для операции задана СК детали. На операцию поступает заготовка в виде параллелепипеда (рисунок 2, б), для которой наладчик станка настраивает НТЗ, зная, например, операционные размеры A_1 , A_2 , A_3 . Результат обработки показан пунктирной линией.

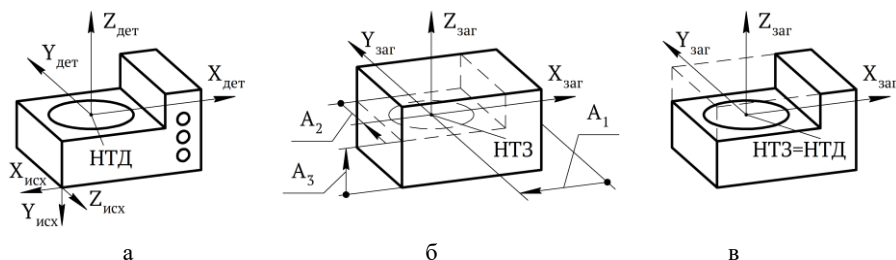


Рис. 2. Нулевые точки: а – детали в САПР ТП; б – заготовки на станке до обработки; в – заготовки на станке после обработки

После выполнения операции получается заготовка, а НТЗ совпадает с НТД. Модель детали (рисунок 2, а) использовалась для разработки траекторий движения инструмента, но она отличается от обработанной заготовки (рисунок 2, в) наличием трёх отверстий, кото­рых должны быть получены в последующих операциях.

1.2 Виды траекторий движения инструмента

На станке НТИ (рисунок 3, а, б) может выполнять движение вдоль отрезка прямой (G1 – линейная интерполяция) или по дуге окружности (G2 – круговая интерполяция по часовой стрелке, G3 – против часовой стрелки) [1]. Перемещение G1 задаётся координатами конечной точки (КТ). Начальная точка (НТ) – точка с координатами текущего положения инструмента. Система ЧПУ станка осуществляет перемещение в конечную точку по прямой. Для движения по дуге окружности G2 или G3 необходимо дополнительно указать координаты центра окружности (ЦО).

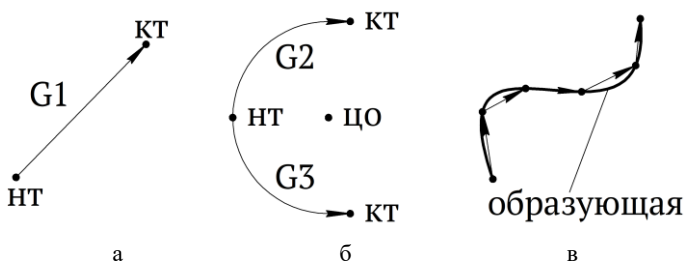


Рис. 3. Виды движений: а – линейная интерполяция;
 б – круговая интерполяция; в – замена сложной траектории

Движение вдоль образующей криволинейной поверхности (рисунок 3, в) заменяют на движение вдоль отрезков, которые строят по точкам, лежащим на образующей. Конечная точка первого отрезка

является начальной точкой для второго и т. д. Чем больше точек расположено на образующей (на кривой), тем точнее совпадает траектория движения инструмента с образующей.

Другие виды интерполяции, например, сплайновая интерполяция, в чистом виде применяются крайне редко.

Все траектории, формируемые САПР ТП, для обработки любых поверхностей будут состоять из отрезков прямых или дуг окружностей. Получение управляющей программы осуществляется с помощью постпроцессора, который переводит движения вдоль отрезков и дуг в соответствующую интерполяцию G1, G2 или G3.

1.3 Разработка траекторий движения инструмента

Построение траектории движения режущего инструмента осуществляется для типовых элементов, которые в ADEM именуются конструктивными элементами. Для каждого конструктивного элемента выбираются свои параметры и геометрические элементы на модели. В общем необходимо задать границы элемента, его контур или поверхность и ограничивающие поверхности. В некоторых случаях создаётся система координат обрабатываемого элемента.

Для переходов фрезерования 2,5X, как правило, ось Z используется для перемещения инструмента на заданную высоту, а обработка происходит с перемещением вдоль осей X и Y. Основные перемещения при обработке в переходах 3X происходят с задействованием всех трёх линейных осей станка. Для выполнения переходов 4X требуется наличие дополнительной поворотной оси, а для переходов 5X – двух поворотных осей.

В переходах 2,5X и 4X можно обработать такие конструктивные элементы, как плоскость, колодец, уступ, стенка, окно, паз. Для переходов 3X и 5X в качестве конструктивных элементов выступают поверхность или кривая.

Для предварительного построения траектории обработки необходимо выбрать конструктивный элемент, определить параметры режущего инструмента и указать схему обработки. Это позволит оценить сформированную траекторию.

Для полного создания перехода фрезерования необходимо, кроме обозначенных действий, задать параметры многопроходной обработки, подходов и отходов, врезания, коррекции, высокоскоростной обработки, назначить режим резания и скорости холостых перемещений. При этом действия по заданию параметров могут выполняться в любой последовательности.

Работа по практикуму выполняется последовательно для постепенного усвоения материала. В качестве деталей для выполнения обработки (разработки траекторий движения инструмента) могут быть использованы электронные геометрические модели, на примере которых рассматривается последовательность работы в практикуме, или заготовки наподобие показанных на рисунке 4 (по заданию преподавателя).

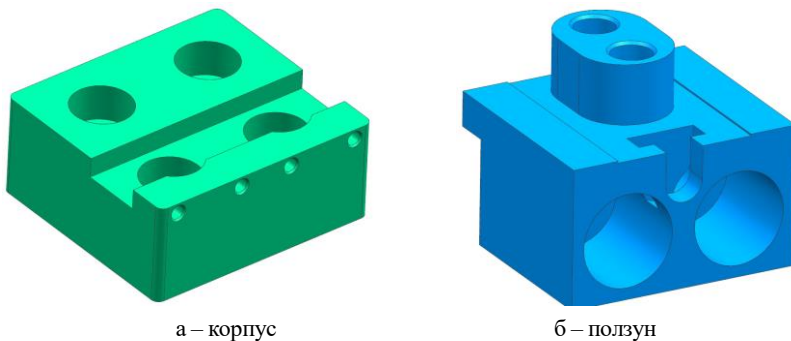



Рис. 4. Примеры деталей для разработки траекторий

2 ЗАДАЧА «ОБРАБОТКА ПЛОСКОСТИ И КОЛОДЦА»

2.1 Задача «Обработка плоскости»

Запустите ADEM91, например, из меню «Пуск» (по умолчанию исполнительный файл расположен по адресу C:\Program Files (x86)\Adem Group\Adem90\2-d\admsrv91r.exe).

Откройте файл «01-Плоскость.stp».

Меню «Файл»  → Открыть → Тип файлов = STEP (*.stp, *.step).

Сохраните файл с именем «01-фамилиястудента.adm» на диск D в папку с номером группы и фамилией студента.

Для управления видом электронной модели можно настроить сочетания клавиш клавиатуры и/или мыши, позволяющие вращать, приближать/удалять, перемещать модель. Предварительно в эмуляции команд сохранены настройки разных коммерческих САПР.

Меню «Файл» → Настройки → Совместимость.

Ленточный интерфейс системы с подписями и другие элементы управления показаны на рисунках 5 и 6.

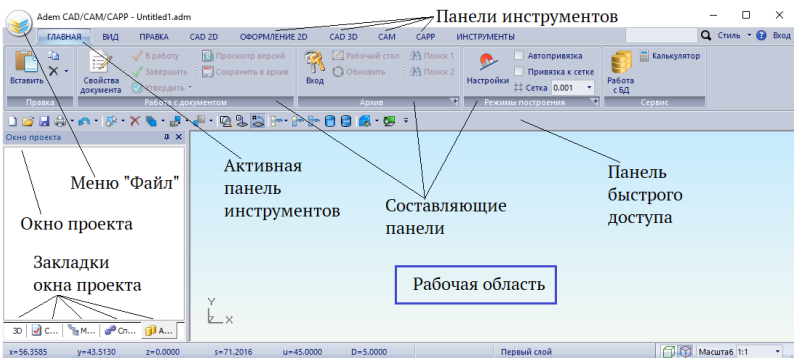


Рис. 5. Интерфейс системы

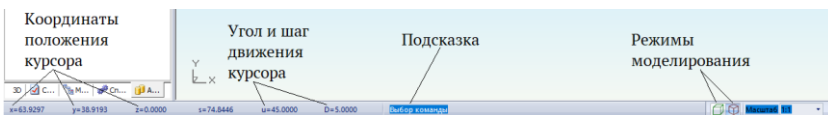



Рис. 6. Строка состояния

В закладках окна проекта перейдите в закладку «Маршрут»



Создайте новый технологический процесс . На рисунке 7 показано окно ввода общих данных технологического процесса.

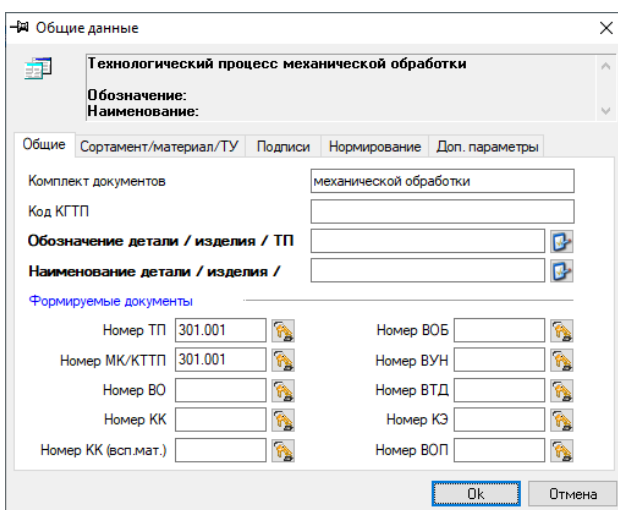




Рис. 7. Общие данные технологического процесса

Во вкладке «Сортамент/материал/ТУ» можно выбрать из базы данных (БД)  сортамент и материал, например, сталь 40ХН ГОСТ 4543-71. Это будет важным не только с точки зрения заполнения полей документации, но и для автоматического выбора режима резания (при условии наличия БД с режимами резания). Можно рас-

считать массу детали или заготовки по модели, а в других вкладках установить $t_{ум-к}$ или $t_{ум}$, выбрать фамилии исполнителей.


Заготовка должна быть получена ковкой. Создайте заготовительную операцию.

Операция  Операция → Прочие операции → Обработка давлением (21xx)... → Формоизменяющие → Ковка → Добро.

Подтвердите настройки по умолчанию.

Черновая обработка и подготовка установочных поверхностей должны выполняться на фрезерном станке с ручным управлением.


Операция → Фрезерная (426x, 427x)....

Выбираем станок для операции , например, вертикально-фрезерный станок 6Н10. Подтвердите замену оборудования (по умолчанию был назначен станок 6Р11).

Следующая операция выполняется на станке с ЧПУ.




Операция → Программная → Фрезерная с ЧПУ (4234)....



Далее операция наполняется переходами. Сначала необходимо выполнить установку заготовки.

Переход  Переход → Установочные переходы → Установить → Установить и закрепить заготовку → Добро.

Подтвердите настройки по умолчанию. Теперь можно выбрать элементы технологического оснащения. Выбираем приспособление «Прихват 7011-0575 ГОСТ 14732-69».


Оснащение  Оснащение → Приспособления → Прихваты....

После этого можно создавать переходы обработки. В панели инструментов перейдите в панель САМ   .

Переходы → Фрезеровать  Фрезеровать → Фрезеровать 2,5X → Конструктивный элемент (на вкладке «Параметры») → Плоскость .

Далее необходимо перейти во вкладку «Место обработки».

Параметры → Добавить → Контур.

В панели инструментов появляются варианты выбора элементов. Рёбра можно выбрать по одному или все рёбра грани сразу, предварительно включив «3D Рёбра грани»  3D Ребра грани . На заготовке необходимо выбрать верхнюю плоскость (рисунок 8) и подтвердить выбор нажатием средней кнопки мыши или клавишей Esc.

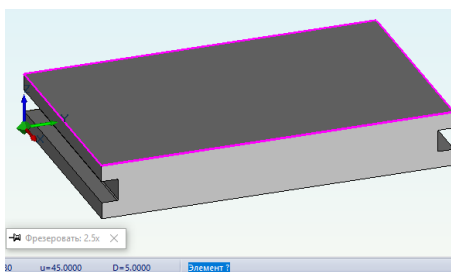



Рис. 8. Выбор рёбер грани

После выбора плоскости обработки можно выполнить расчёт траектории  непосредственно в окне настройки перехода. Траектория отображается под деталью на уровне ниже плоскости XY. Это происходит из-за того, что в настройках по умолчанию траектория строится на глубине 10 мм относительно глобальной системы координат (СК).

Добавим систему координат конструктивного элемента (КЭ), т. е. вспомогательную систему координат для перехода, относительно которой проще рассчитывать и задавать размерные параметры обработки.

Параметры → Добавить → Система координат КЭ → Центр грани → Выбрать верхнюю грань → Разворот → Задать -90° вокруг оси Z → Добро → Esc.

Изменим глубину обработки на ноль. Для безопасных перемещений зададим скорость подачи 5 000 мм/мин и плоскость безопасности на высоте 75 мм.

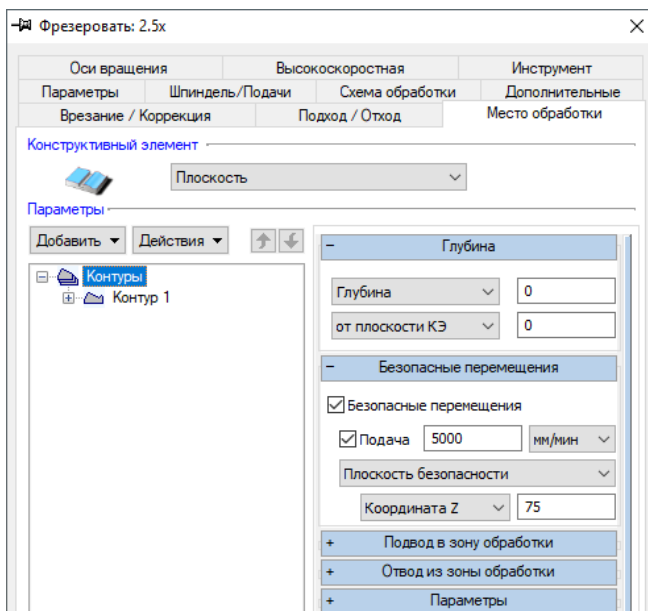



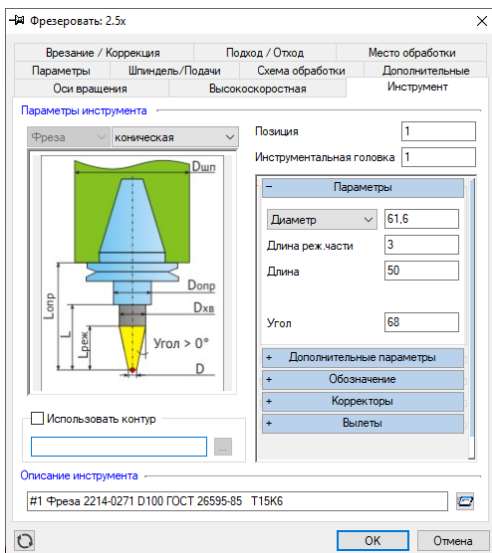
Рис. 9. Настройки места обработки

Произведём расчёт траектории . Траектория построена на уровне плоскости обработки.

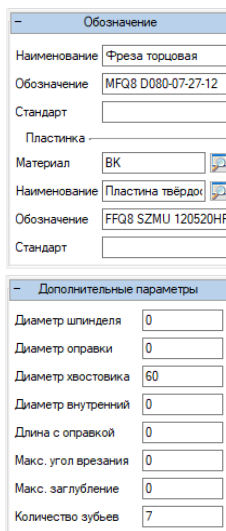
Изменим параметры инструмента. Для этого перейдём во вкладку «Инструмент». Под описанием инструмента выберем иконку доступа к БД . В появившемся меню указать «Выбрать оснастку из БД». Необходимо найти торцовую фрезу 2214-0271 диаметром 100 мм по ГОСТ 26595-85. Указываем вид и характер обработки как получистовое и чистовое фрезерование, а материал режущей части – T15K6.

Фреза отображается как коническая; для неё нет возможности указать радиус пластины, однако при фрезеровании плоскости это и не требуется.

Выберем фрезу по каталогу одного из производителей инструмента (рисунок 10, а), например, MFQ8 D080-07-27-12 производителя Iscar [3].



а



б

Рис. 10. Торцовая фреза: а – задание параметров; б – обозначение фрезы и пластины

Для данной фрезы можно использовать пластину (рисунок 10, б), например, FFQ8 SZMU 120520HF того же производителя.

Во вкладке «Схема обработки» зададим собственно схему обработки. Для обработки плоскости, заданной одним контуром, возможны следующие схемы:

1) Эквидистанта – эквидистантная обработка от центра к границам конструктивного элемента;

2) Эквидистанта обратная – эквидистантная обработка от границ конструктивного элемента к центру;

3) Эквидистанта II обратная – эквидистантная обработка от границ конструктивного элемента к центру (оптимизированная схема);

4) Петля – обработка во взаимопараллельных плоскостях, перпендикулярных плоскости XU , с сохранением выбранного (встречное или попутное) направления фрезерования;

5) Петля эквидистантная – обработка по ленточной спирали с сохранением выбранного (встречное или попутное) направления фрезерования;

6) Зигзаг – обработка во взаимопараллельных плоскостях, перпендикулярных плоскости XU , с чередованием встречного и попутного направления фрезерования;

7) Зигзаг эквидистантный – обработка по ленточной спирали с чередованием встречного и попутного направления фрезерования;

8) Спираль – обработка КЭ по спирали;

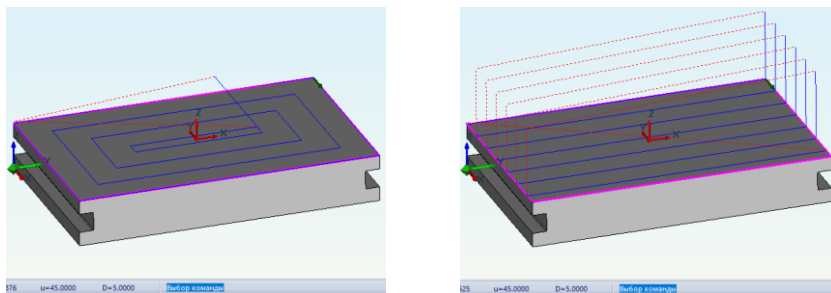
9) Спираль обратная – обработка КЭ по спирали от внешнего контура КЭ к центру.

Для рассматриваемой плоскости выбор эквидистанты и спирали приведут к одинаковому результату. «Эквидистанта обратная» и «Эквидистанта II обратная» также не будут отличаться. Применение зигзага не рекомендуется, поскольку некоторые ходы будут по схеме встречного фрезерования.

При выборе схемы «Эквидистанта» врезание будет происходить по центру выбранной плоскости и далее инструмент будет перемещаться к краям заготовки. Более предпочтительным вариантом будет врезание из-за переделов заготовки с постепенным движением к центру. Поэтому лучше выбрать схему «Эквидистанта обратная». Такого же результата при обработке плоскости можно добиться, если в схеме «Эквидистанта» включить реверс траектории.

При включении «НТК» (НТК – начальная точка контура) будет происходить смещение в начальную точку контура при соединении соседних эквидистантных проходов.

Рассмотрим две траектории: «Эквидистанта обратная» и «Петля». Построенные траектории представлены на рисунке 11.



а – эквидистанта обратная

б – петля

Рис. 11. Траектории обработки

В петле можно задать угол. При установке значения 0° движения будут происходить вдоль оси X , при значении 90° – вдоль оси Y .

Недостатком траектории, созданной по схеме «Эквидистанта обратная» (именно траектории, а не самой схемы), является отсутствие скругления (перехода по дуге окружности) в углах при смене направления движения фрезы. При таком движении происходит резкая остановка рабочего органа станка вдоль одной оси и затем резкий разгон вдоль другой оси, что приводит к увеличению времени обработки и снижению качества обработанной поверхности. Недостатки созданных траекторий «Эквидистанта обратная» и «Петля» – врезание вдоль оси Z в пределах контура; необходимо дополнительно задавать подвод и отвод.

Для работы по управляющей программе (УП) необходимо задать частоту вращения шпинделя и скорость подачи. Частота вращения шпинделя рассчитывается по диаметру фрезы $D = 61,6$ мм и скорости резания. Примем скорость резания, равной 100 м/мин (по реко-

мендациям производителя инструмента с учётом материала заготовки и сменными многогранными пластинами – СМП). Тогда частота вращения шпинделя будет равна 516,74 об/мин. Задавать частоту с такой точностью не требуется, поэтому округлим её до 520 об/мин (рисунок 12). Если переключиться с частоты n на скорость резания v , то можно заметить, что система пересчитала скорость резания с учётом округления частоты. Вращение для фрезерного инструмента включается по часовой стрелке (за исключением некоторых специальных случаев).

Рис. 12. Задание режима резания

Далее задаётся основная подача (при фрезеровании обычно скорость подачи v_s в мм/мин). Для этого примем подачу на зуб S_z , равной 0,4 мм/зуб (по рекомендациям производителя инструмента). При количестве зубьев фрезы $z = 7$ получим:

$$v_s = S_z \cdot z \cdot n = 0,4 \cdot 7 \cdot 520 = 1\,456 \text{ мм/мин.}$$

Округлим это значение до 1 500 мм/мин (рисунок 13). Подачу в ADEM можно задавать в мм/об, но этот вид подачи используют при сверлении, растачивании. Если включить подачу врезания, то можно задать более щадящий режим врезания. Подачу врезания можно задать в процентах от основной подачи. Переключимся на подачу в процентах и зададим 50%. Если вернуться к подаче в мм/мин, то значение при врезании составит 750 мм/мин.

Необходимо также определить способ подхода и отхода к траектории. На вкладке «Подход / Отход» зададим подход вида «Ради-

альный 1/4 окружности» с радиусом 35 мм (рисунок 13). При отрицательном радиусе движение против часовой стрелки меняется на движение по часовой стрелке. Врезание по радиусу предпочтительнее при торцевом фрезеровании. Подробнее можно узнать в видеороликах: Tips film: Golden rules – thick to thin milling machining и Tips film: roll in technique in milling machining.

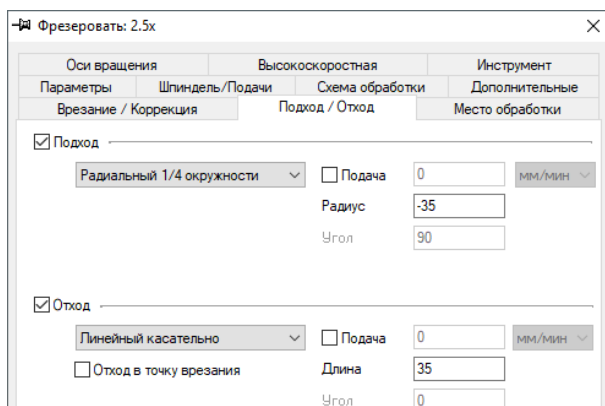


Рис. 13. Задание подхода и отхода

Выберем вид отхода «Линейный касательно» с длиной отхода 35 мм. Для подхода и отхода также можно задать отдельную величину подачи. Рассчитанная траектория представлена на рисунке 14.

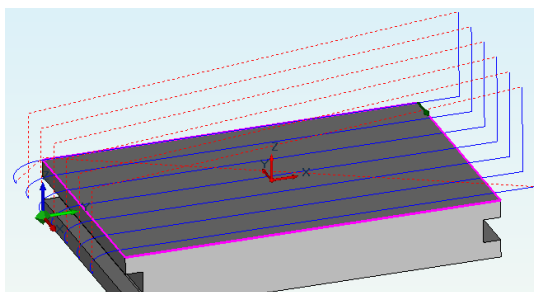


Рис. 14. Траектория «Петля» с подходом и отходом

Вернитесь на вкладку «Место обработки». Безопасные перемещения заданы на высоте 75 мм, что увеличивает время обработки из-за холостых перемещений. Однако, если никаких препятствий для инструмента нет, можно уменьшить координату по Z до 10 мм (рисунок 15). Сохраним значение плоскости безопасности на уровне 75 мм только для подвода в зону и отвода из зоны обработки. Также для подвода и отвода можно увеличить скорость подачи до 10 000 мм/мин. Траектория после задания новых значений для безопасных перемещений, подвода и отвода изображена на рисунке 16.

Безопасные перемещения	
<input checked="" type="checkbox"/>	Безопасные перемещения
<input checked="" type="checkbox"/>	Подача 5000 мм/мин
Плоскость безопасности	
Координата Z	10

Подвод в зону обработки	
<input checked="" type="checkbox"/>	Схема подвода
<input checked="" type="checkbox"/>	Подача 10000 мм/мин
Плоскость безопасности	
Плоскость	XY
Координата Z	75

Отвод из зоны обработки	
<input checked="" type="checkbox"/>	Схема отвода
<input checked="" type="checkbox"/>	Подача 10000 мм/мин
Плоскость безопасности	
Плоскость	XY
Координата Z	75

Рис. 15. Параметры безопасных перемещений, подвода и отвода

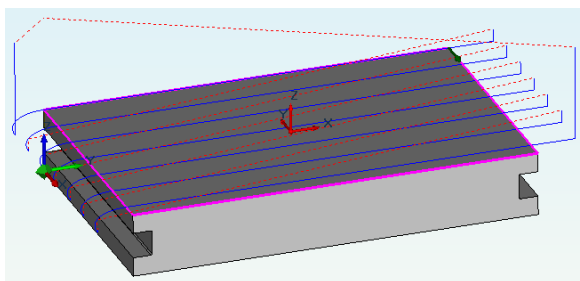
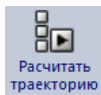


Рис. 16. Траектория «Петля» с новыми настройками

Закройте окно настроек перехода с сохранением всех изменений. В дереве окна проекта выберите операцию «015 ФРЕЗЕРНАЯ». Для получения УП для этой операции необходимо сначала расчи-



тать траекторию движения инструмента . Далее с помощью постпроцессора формируется УП. В АДЕМ это команда называется адаптер



. Для горизонтально-фрезерного универсального консольного станка с ЧПУ ГФ2171, который был назначен для операции по умолчанию, постпроцессор отсутствует. Для того, чтобы посмотреть пример УП, зададим станок «MILL 5x 3» с устройством ЧПУ SINUMERIK 840D. После отработки команды «Адаптер» на экране появляется окно с машинным временем 3 мин 6 сек и размером УП 1 килобайт (рисунок 17).

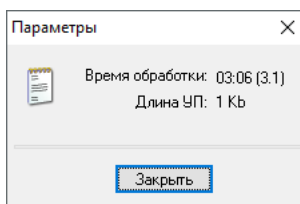
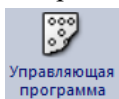


Рис. 17. Время обработки и длина УП

После закрытия окна со временем будет доступна кнопка про-



смотрa УП . Текст открывается по умолчанию в текстовом редакторе «Блокнот».

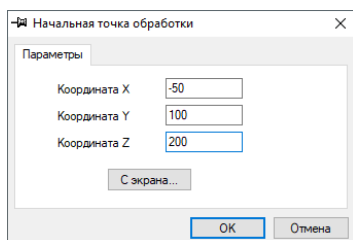
Рассмотрим некоторые кадры УП.

- N2 T1* – выбор инструмента
- N3 D1* – выбор его коррекции, учёт длины и радиуса
- N4 M6* – вызов инструмента из магазина
- ...
- N12 G54* – выбор смещения нулевой точки заготовки
- N13 Z0* – перемещение в координату 0 вдоль оси Z
- N14 X0 Y0* – перемещение в координату 0 вдоль оси X и Y
- N15 S520 M3* – задание частоты вращения 520 об/мин и включение вращения шпинделя по часовой стрелке.

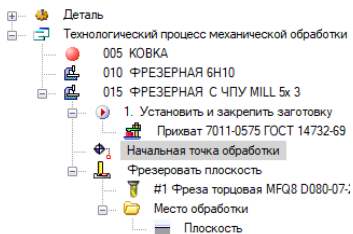
Тип перемещения $G0$ в кадрах 13 и 14 не указывается, т. к. он уже был задан в кадре 9. В этих кадрах осуществляется перемещение в координату 0 по всем трём осям, что приведёт к зарезу заготовки и возможно поломке инструмента. Чтобы избежать этого перемещения,



зададим начальную точку обработки . На рисунке 18 показаны координаты начальной точки и её положение в дереве проекта.



а – координаты точки



б – положение в дереве проекта

Рис. 18. Начальная точка обработки

Если начальная точка была создана под переходом фрезерования плоскости, её можно перетащить мышью в правильное место. Если это сделать не удаётся, необходимо изменить настройки и попробовать снова.

Меню «Файл» → Настройки →
→ Вкладка «Опции системы» →
→ Отключить функцию «Блокиро-
вать операцию «Drag'n'Drop» во
вкладках Маршрут и Архив».

После задания начальной точ-
ки, повторного расчёта траектории
(рисунок 19) и УП в кадрах 13 и 14
будут новые координаты:

$N13 X-50 Y100;$ $N14 Z200.$

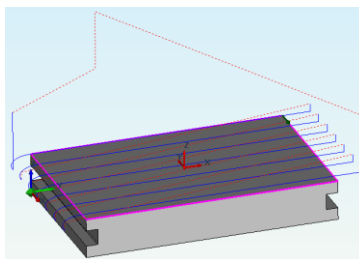




Рис. 19. Траектория с начальной точкой обработки

Выполним моделирование обработки по разработанной траектории.

Моделировать  → Плоское → Вперёд 
(в разделе «Управление»).

Результат плоского моделирования представлен на рисунке 20. Вертикальные и горизонтальные перемещения фрезы закрашиваются линией, толщина которой равна диаметру фрезы.

Плоское моделирование удобно использовать при фрезерной обработке, когда инструмент снимает материал в одной плоскости. При выборе объёмного моделирования будет видно только траекторию и перемещения инструмента, без закрашенной области.

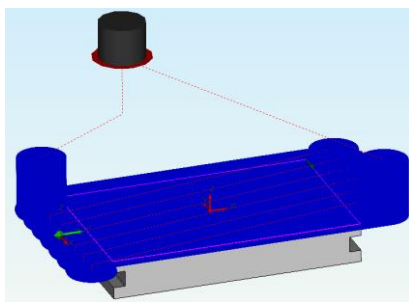

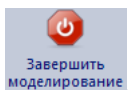


Рис. 20. Результат плоского моделирования

Для выхода из моделирования выберите «Стоп»  или «Завершить моделирование»



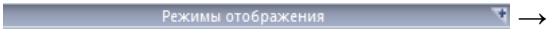
2.2 Задача «Обработка плоскости и колодца»



По УП обработки в предыдущем примере видно, что все координаты заданы в глобальной СК. В системе координат КЭ задаются только различные параметры при настройке перехода фрезерования плоскости. Такое положение глобальной СК не всегда будет удобно для настройки на станке, поэтому систему координат необходимо изначально сместить в необходимую точку. Эта точка должна быть связана с поверхностями, относительно которых задаются операци-

онные размеры, или с базовыми поверхностями заготовки; её положение отображается в технологической документации. В данном примере начнём с задания нового положения СК заготовки. Это необходимо сделать до начала настройки переходов обработки.


Откройте файл «02-Плоскость+колодец.str».

В модели присутствуют цилиндрические поверхности, которые могут отображаться с огранкой. Улучшить качество отображения

Вкладка «Вид» →  → «+» → Увеличить параметр сглаживания до 4...5.

Для смещения СК необходимо находиться во вкладке «Вид» или «CAD 2D». Перед смещением необходимо в режимах моделирования (в строке состояния) проверить, что выполнено переключение с режима работы в рабочей плоскости  на пространственный режим работы . В графической области экрана, но вне тела заготовки, нажмите одновременно правую и левую клавиши мыши. В выпадающем меню присутствуют варианты привязки к различным геометрическим объектам. Выберите «Центр грани» и наведите курсор мыши на верхнюю грань детали. Должна подсветиться точка, являющаяся геометрическим центром грани. На клавиатуре нажмите клавишу «О» (в латинском обозначении) и СК переместится в центр грани.

Если необходимо сместить СК на заданную величину, в выпадающем

 меню «Установка» можно выбрать «XYZ abs» или «XYZ отн» и указать смещения.

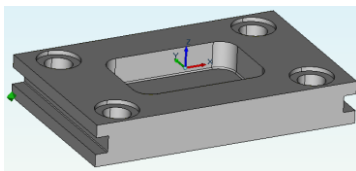
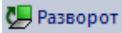


Рис. 21. Положение СК

Произведём также разворот СК вокруг оси Z. Выберите разворот  и в открывшемся окне для оси Z укажите 90°. Подтвердите разворот. В результате всех действий СК должна располагаться так, как показано на рисунке 21.

Откройте вкладку «САМ». После перехода во вкладку «САМ» положение СК должно сохраниться. Если этого не произошло, повторите действия по настройке положения СК.

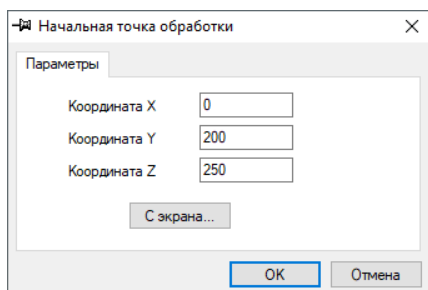




Рис. 22. Начальная точка обработки

В этом примере для упрощения не будем создавать полную структуру технологического процесса. Сначала создадим начальную точку обработки по данным рисунка 22.

Создайте переход «Фрезеровать 2,5X». Выберите КЭ «Плоскость» и задайте рёбра, как показано на рисунке 23. Если выбрать «3D Рёбра грани», то будут учтены также и контуры отверстий. Их выбор можно отменить, если включить только «3D Рёбра»  3D Рёбра. Более быстрый выбор внутреннего контура возможен с помощью «3D Цепочка рёбер»  3D Цепочка рёбер.

Сохраните настройки перехода. Фрезу можно скопировать из предыдущего файла обработки. Его необходимо открыть, выбрать в дереве фрезу и скопировать. В текущем файле в переход необходимо вставить фрезу и затем удалить существовавшую. Режим резания также повторим из предыдущего занятия. Во вкладке «Место обработки» зададим для глубины значение 0 и для смещения от плоскости КЭ также 0.

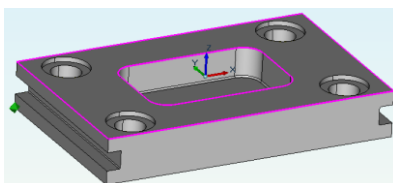
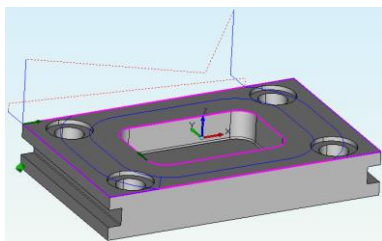
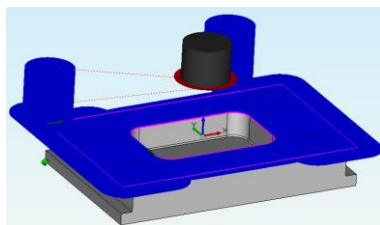


Рис. 23. Задание контуров КЭ

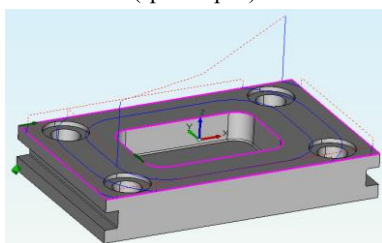
Для сравнения разных траекторий постройте и выполните плоское моделирование трёх траекторий: эквидистанта обратная; эквидистанта II обратная, спираль обратная (рисунок 24).



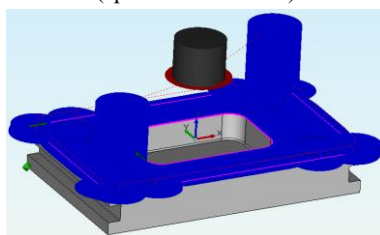
а – эквидистанта обратная
(траектория)



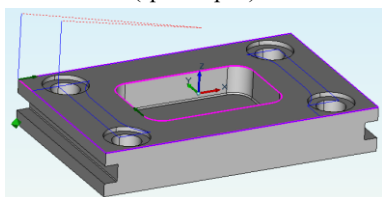
б – эквидистанта обратная
(время 1 мин 42 сек)



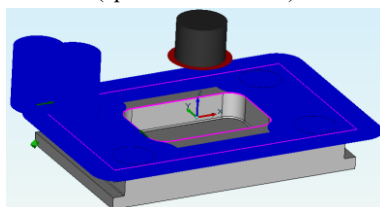
в – эквидистанта II обратная
(траектория)



г – эквидистанта II обратная
(время 1 мин 36 сек)



д – спираль обратная
(траектория)



е – спираль обратная
(время 1 мин 33 сек)

Рис. 24. Сравнение траекторий

Можно заметить, что есть разница во времени обработки, а также траектория «спираль» обрабатывает плоскость не целиком.

Обработка плоскости за пределами колодца возможно, если в заготовке присутствует колодец, полученный на предыдущих операциях. Считаем, что колодец ещё не обрабатывался, поэтому необходимо обработать верхнюю плоскость целиком. Удалите внутренний контур и сохраните только наружный контур. Задайте дополнительные настройки для траектории спираль обратная (рисунок 25).

Врезание / Коррекция	Подход / Отход	Место обработки
<input checked="" type="checkbox"/> Подход		
Радиальный 1/4 окружности	<input type="checkbox"/> Подача	0 мм/мин
	Радиус	-35
	Угол	90
<input checked="" type="checkbox"/> Отход		
Линейный касательно	<input type="checkbox"/> Подача	0 мм/мин
<input type="checkbox"/> Отход в точку врезания	Длина	35
	Угол	0

а – ПОДХОД/ОТХОД


Оси вращения	Высокоскоростная	Инструмент
<input checked="" type="checkbox"/> Высокоскоростная обработка		
Минимальный радиус скругления траектории	10	
Оптимальный радиус скругления траектории	20	


б – высокоскоростные параметры

Рис. 25. Дополнительные параметры траектории

Рассчитайте траекторию. В некоторых местах радиусы не построены; пропустите сообщение с предупреждением. Найдите место, где не было построено скругление.

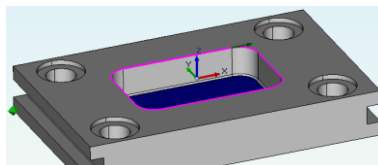
Следующим переходом выполним обработку колодца.

Переходы → Фрезеровать → Фрезеровать 2,5X → Конструктивный элемент (вкладка «Параметры») → Колодец 

Выбираем контур колодца (рёбра, сопряжённые по касательной, включением  **3D Цепочка ребер**), а также указываем плоскость, определяющую глубину КЭ – дно колодца (рисунок 26).

Врезание / Коррекция	Подход / Отход	Место обработки
Конструктивный элемент		
Колодец		
Параметры		
Добавить	Действия	Глубина
Контур		Плоскость
Глубина		от плоскости КЭ
Поверхность		0

а – параметры КЭ



б – геометрические элементы КЭ

Рис. 26. Задание КЭ «Колодец»

Для обработки колодцев как правило применяется тип обработки «Эквидистанта», а в редких случаях – «Спираль». Также иногда используются типы обработки «Петля» и «Зигзаг». Назначим тип «Эквидистанта», чтобы инструмент двигался от центра к периферии колодца.

Инструмент для обработки колодца – фреза, например, МТ190-025 W25R04BD10-ИК производителя Скиф [4].

Зададим параметры инструмента и номер 2 в поле «Позиция» (рисунок 27). Позиция инструмента должна соответствовать номеру ячейки накопителя (магазина) инструмента на станке.

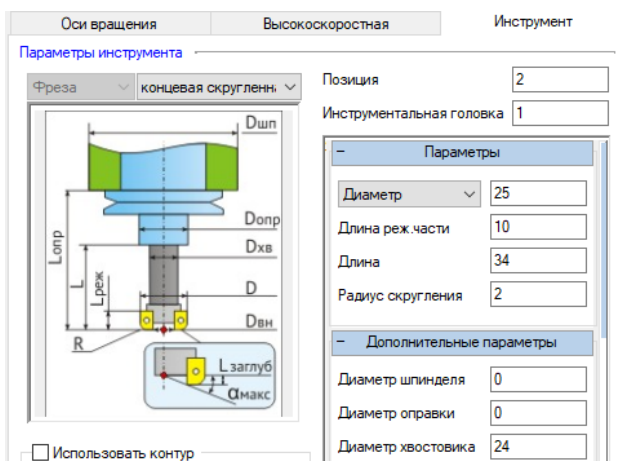

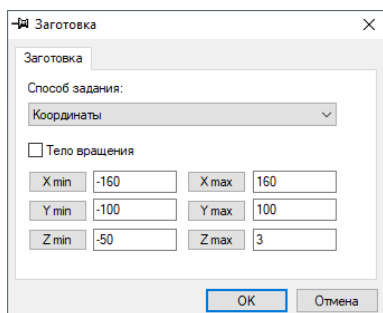


Рис. 27. Параметры инструмента

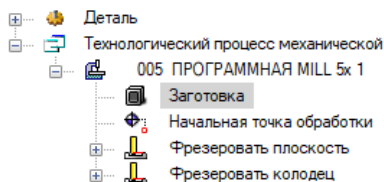
Во вкладке «Схема обработки» включите «Многопроходная обработка по Z». Можно выбрать количество проходов или глубину прохода: главное, чтобы полученная глубина прохода не превышала длину режущей части инструмента, которая равна 10 мм. Зададим это значение для глубины прохода.

Задайте тело заготовки  **Заготовка** с размерами, показанными на рисунке 28, а. Заготовка создаётся после переходов фрезерования.

Для учёта заготовки её необходимо поместить перед фрезерными переходами. При этом дерево приведено на рисунке 28, б.



а – параметры заготовки

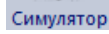



б – дерево проекта

Рис. 28. Задание заготовки

Проведите моделирование обработки.



Моделирование → Симулятор  → Старт (быстрый переход) .


Произойдёт моделирование обработки с движением фрезы по траектории и снятием материала с объёмной заготовки. Если выбрать «Вперёд», то будет сразу отображён результат выполнения перехода (операции) без движения фрезы. Красным цветом показаны участки поверхности, соответствующие той части траектории, где возникают ошибки при обработке: столкновение нережущей части инструмента с заготовкой, врезание в материал при ускоренном перемещении. Необходимо устранить ошибки изменением глубины прохода.

Для самостоятельного изучения. Во вкладке «Врезание / Коррекция» включите врезание и рассмотрите разные виды врезания. Выполните врезание под углом («... + наклон») $1,4^\circ$. Наибольшая величина этого угла определяется производителем инструмента, она записывается в технических данных инструмента.

3 ЗАДАЧА «ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ И КОЛОДЦА»

3.1 Задача «Обработка отверстий»

Откройте файл «03-Сверление.str». Сохраните файл с именем «03-фамилиястудента.adm» на диск D в папку с номером группы и фамилией студента.

Проверьте, что выбран пространственный режим работы . Поместите СК в центр верхней грани и поверните её на 90° вокруг оси Z, как это описано в разделе 3.2.

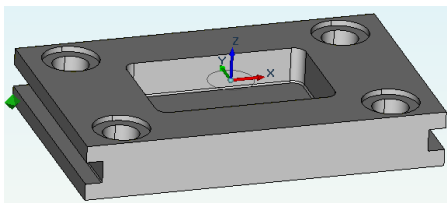

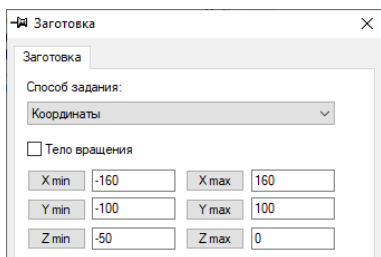


Рис. 29. Перенос СК и построенная окружность

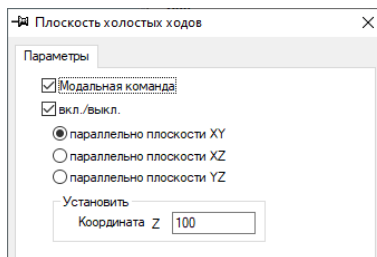
Постройте окружность с центром в начале СК. Диаметр можно задать произвольным (рисунок 29) [2].

Перейдите во вкладку CAPP, создайте программную фрезерную операцию и выберите  станок MILL 5х 3.

Создайте заготовку, как показано на рисунке 30, а. Считаем, что верхняя плоскость уже была обработана.




а – заготовка

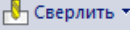


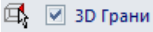
б – плоскость холостых ходов

Рис. 30. Задание заготовки и плоскости холостых ходов

Создайте начальную точку обработки с координатами X0 Y150 Z100. Затем создайте плоскость холостых ходов  (рисунок 30, б). Модальное действие команды означает, что эти настройки будут действовать для всех переходов в операции.

Создайте переход сверления и выберите поверхности.

Переходы → Сверлить  → Вкладка «Место обработки» → Параметры → Добавить → Отверстие.

Включите 3D Грани  и выберите четыре отверстия (рисунок 31).

Выберем инструмент. Можно применить сверло с СМП диаметром 31 мм (диаметр определяется корпусом сверла):

1) корпус сверла, например, TCF310R2SLR32ME производителя «Widia» [5];

2) пластина центральная TCF120405ECV34 (сплав WU40PH) того же производителя;

3) пластина периферийная TCF100408EPV34 (сплав WU40PH) того же производителя.

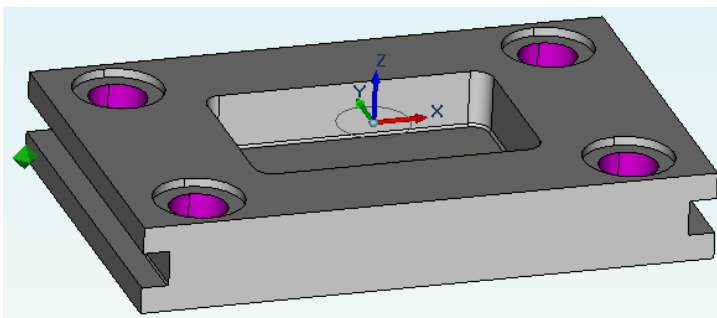


Рис. 31. Выбор отверстий

Также можно использовать сверло со сменной режущей вставкой диаметром от 31,0 до 31,9 мм (диаметр определяется режущей вставкой):

1) корпус сверла, например, TDMX310R3SL32M того же производителя

[D1] диаметр сверления	31,0...31,9 мм
[L1] общая длина сверла	149,0 мм
[L4] наибольшая глубина сверления	96,0 мм);

2) режущая вставка TDMX31750PKM (сплав WP40PD) с диаметром сверления 31,75 мм того же производителя

[D1] диаметр сверления	31,75 мм
[L5] длина режущей части	6,18 мм
угол при вершине	140°).

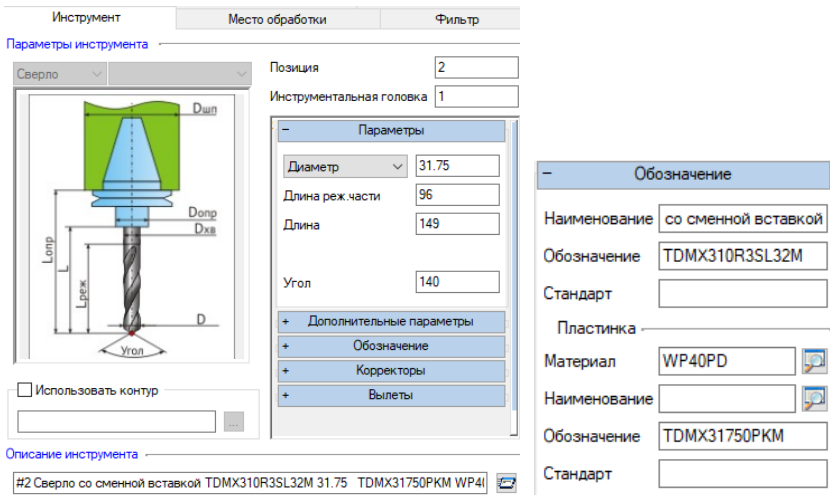
Выбранное сверло планируется использовать для сверления заходного отверстия перед расфрезеровыванием колодца.

Если выбрать для этих двух переходов сверло с СМП, то после сверления четырёх отверстий диаметром 32 мм на стенках останется припуск на сторону 0,5 мм, что может быть достаточно большой величиной для чистовой обработки. Тогда потребуется дополнительный получистовой переход.

Если выбрать сверло с режущей вставкой, то после сверления заходного отверстия для колодца на дне останется конус высотой 6,18 мм, тогда как после обработки сверлом с СМП будет практически плоское дно. Конус затруднит врезание фрезы на последнем проходе.

Если взять оба сверла, то увеличивается номенклатура используемого инструмента и появятся дополнительные затраты времени на смену инструмента в операции, что отрицательно скажется на себестоимости обработки.

Остановим свой выбор на сверле со сменной вставкой. Параметры заданы на рисунке 32. Настройте параметры места обработки (рисунок 33).



а

б

Рис. 32. Создание сверла: а – параметры корпуса; б – параметры вставки

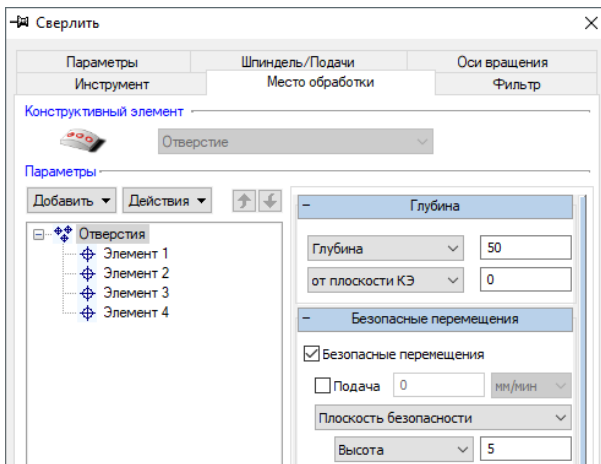
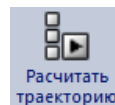

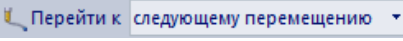



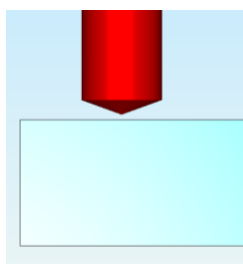
Рис. 33. Настройка глубины обработки

Рассчитайте траекторию перемещения инструмента
Проведите моделирование обработки.

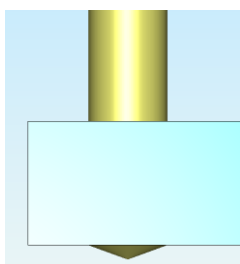


Моделирование → Симулятор  → В разделе переход выберите «Перейти к следующему перемещению» .

Последовательно нажимая «Старт (быстрый переход)» , посмотрите на пошаговое перемещение инструмента. Перед входом в отверстие сверло находится выше верхней плоскости на 2 мм (рисунок 34, а). После достижения глубины сверления (рисунок 34, б) сверло находится ниже с учётом угла при вершине 140° , чтобы получить цилиндрическую поверхность на всей глубине сверления. Расчёт дополнительного перемещения осуществляется автоматически.



а



б

Рис. 34. Положение сверла: а) перед сверлением; б) при достижении глубины сверления

Измените глубину с 50 на 51, чтобы гарантированно выйти из отверстия. Задайте режим резания: скорость резания 100 м/мин; подача на оборот 0,16 мм/об (рисунок 35).

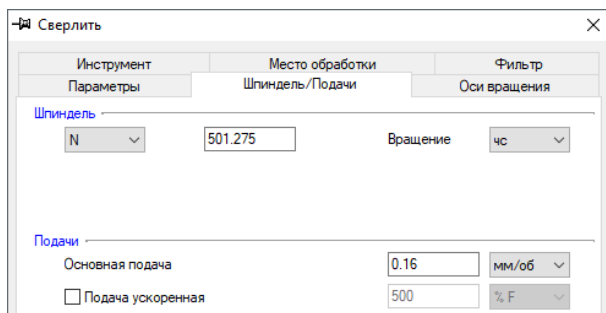


Рис. 35. Задание режима резания

Настройте параметры обработки (рисунок 36). По умолчанию задан недобег (безопасное расстояние) 2 мм. Обычно задаётся от 1 до 5 мм. Если поверхность была точно обработана, то можно сократить недобег до 1 мм. Начиная с этого расстояния, перемещение при сверлении будет происходить с рабочей подачей. Здесь также можно задать глубину отверстия. При значении 0 глубина будет определена по параметрам вкладки «Место обработки». Включите подачу смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Включите многопроходную обработку, чтобы лучше отводить стружку при сверлении глубоких отверстий. Задайте глубину прохода 5 мм. Схема многопроходного сверления показана на рисунке 37.

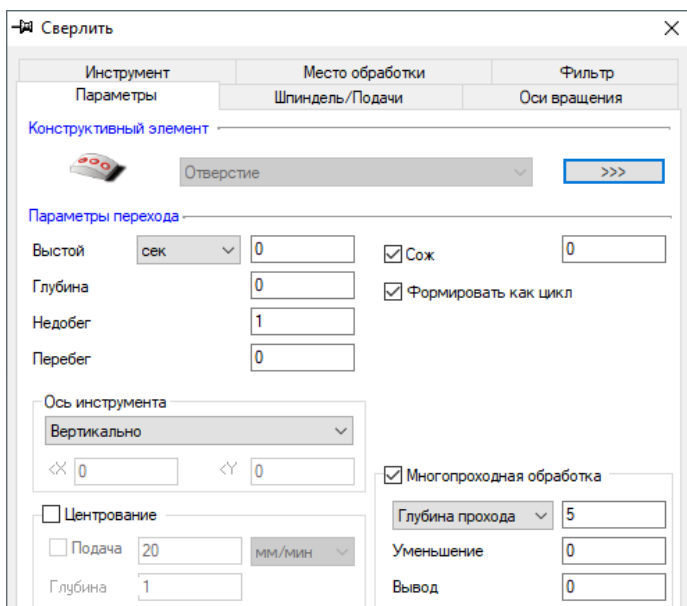


Рис. 36. Параметры перехода

Рассчитайте траекторию, выберите вид спереди и проведите моделирование перехода с пошаговым (покадровым) перемещением инструмента.

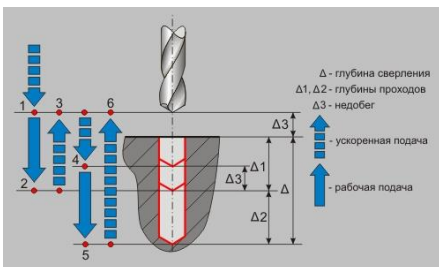


Рис. 37. Схема многопроходного сверления

N21 MCALL CYCLE83(5, 0, 1, -56.778, , -11.556, , 0, 0, 0, 1, 1).

Многопроходная обработка одного отверстия полностью запрограммирована в одном кадре в виде цикла сверления 83. Отредактируйте переход сверления отверстия: во вкладке «Параметры» отключите «Формировать как цикл». Рассчитайте траекторию, сформируйте УП и посмотрите текст полученной программы. Кадры для обработки одного отверстия выглядят следующим образом:

N20 G1 G95 Z-10.556 F0.16

N21 G0 Z1

N22 Z-9.556

N23 G1 Z-22.111

N24 G0 Z1

N25 Z-21.111

N26 G1 Z-33.667

N27 G0 Z1

N28 Z-32.667

N29 G1 Z-45.222



N30 G0 Z1

N31 Z-44.222



N32 G1 Z-56.778

N33 G0 Z5.

Движения на станке при сверлении выбранных отверстий будут абсолютно одинаковыми как при выводе кадров УП с помощью цикла, так и в виде отдельных кадров. Программирование с помощью циклов проще и быстрее особенно, если разработка УП выполняется вручную. Однако технолог-программист должен знать все параметры цикла и последовательность их задания.

Сформируйте УП
 Адаптер и посмотрите текст
 полученной программы
 Управляющая программа
 мы [1].

Кадр 21 выглядит следующим образом:

Создайте второй переход сверления. Во вкладке «Место обработки» добавьте отверстие, выбрав созданную окружность (рисунок 38). Для выбора отключите 3D Грани  3D Грани и включите 2D Элементы  2D Элементы .

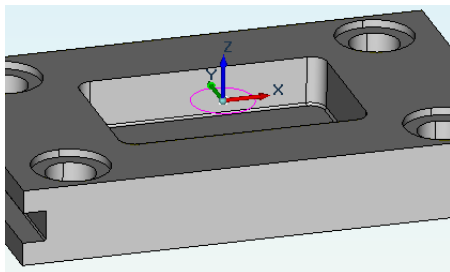


Рис. 38. Выбор отверстия

Нажмите клавишу Esc для подтверждения выбора. Зададим глубину отверстия. Глубина колодца составляет 32 мм. Оставим припуск для последующей обработки 0,1 мм, тогда глубина составит 31,9 мм. Необходимо также учесть высоту конуса

сверла, которая составляет 6,18 мм. Введите глубину, как показано на рисунке 39.

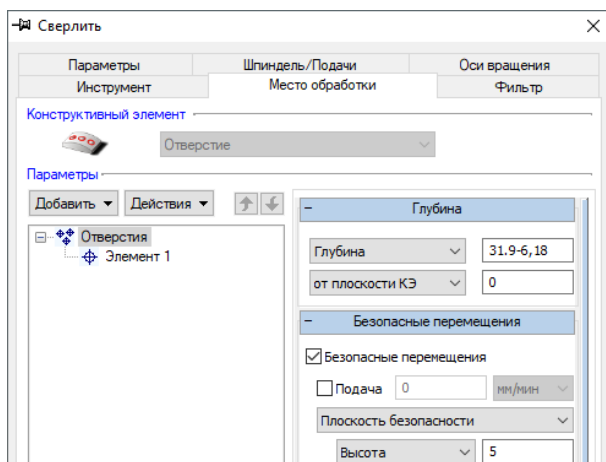


Рис. 39. Глубина отверстия

Выйдите из окна редактирования перехода с сохранением настроек. Скопируйте инструмент из первого перехода сверления и

вставьте как ссылку во второй переход сверления. После удалите сверло, созданное по умолчанию во втором переходе сверления (рисунок 40). Если требуется отредактировать параметры сверла, это можно выполнить и в первом, и во втором переходе.

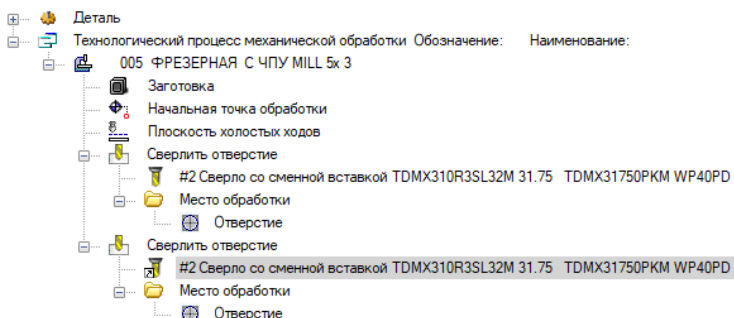


Рис. 40. Дерево проекта с двумя переходами

Продолжите редактирование перехода. Параметры и режим резания задайте, как показано на рисунке 31 и 32. Рассчитайте траекторию и проведите моделирование второго перехода сверления.

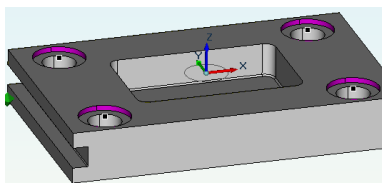


Рис. 41. Выбор поверхностей

Углубления большего диаметра в отверстиях можно получить цекованием или расфрезеровыванием. Создадим переход цекования. В ADEM это можно выполнить с помощью перехода «Сверлить» или перехода «Зенкеровать», в котором

меньше настроек. Создайте переход и выберите поверхности (рисунок 41).
 Переходы → в выпадающем меню «Сверлить» выбрать переход «Зенкеровать» → вкладка «Место обработки» → Параметры → Добавить → Отверстие.

Задайте глубину обработки, как показано на рисунке 42. Задайте параметры цековки (рисунок 43). Цековка – это зенковка с плоской вершиной.

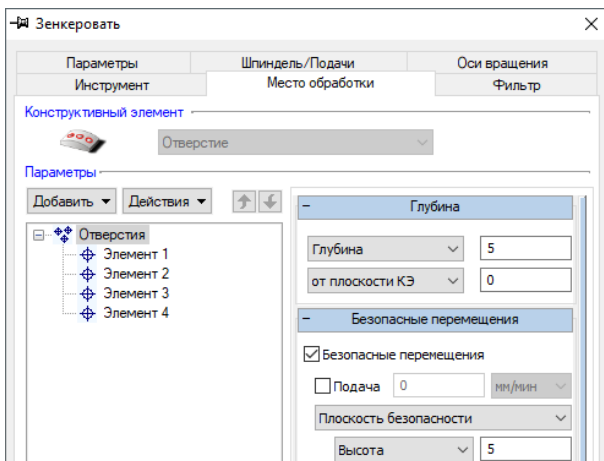


Рис. 42. Задание параметров КЭ

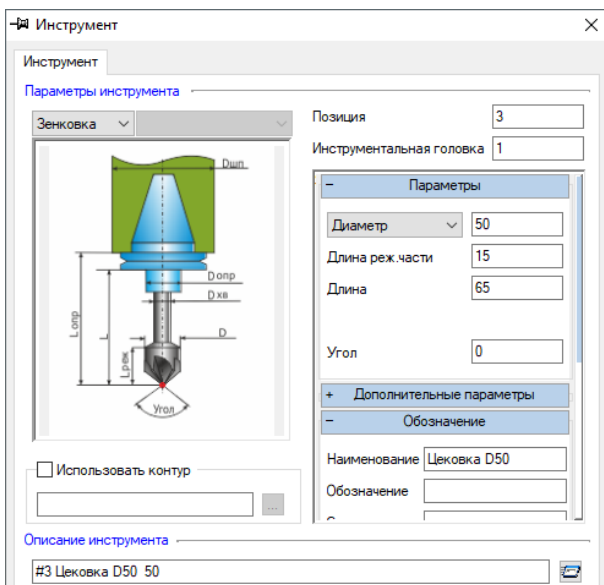


Рис. 43. Параметры цековки

Настройте параметры перехода (рисунок 44).

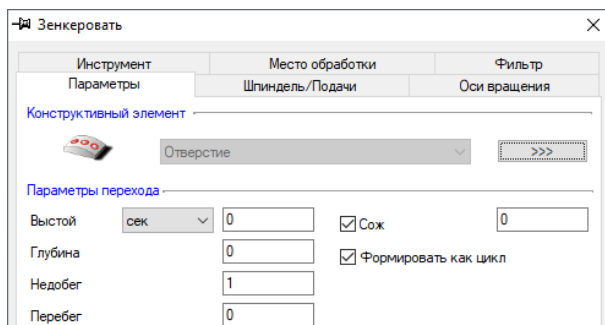


Рис. 44. Задание параметров перехода

Продолжайте редактирование перехода. Режим резания задайте, как для перехода сверления. Рассчитайте траекторию и проведите моделирование третьего перехода.

Окончательную обработку отверстия выполним растачиванием. В отличие от растачивания на токарном станке, где вращается заготовка и можно одним инструментом получить ступенчатое отверстие (с цилиндрическими поверхностями разного диаметра), на фрезерном станке при растачивании одним инструментом, диаметр которого не меняется, можно получить только отверстие постоянного диаметра. Создайте переход и выберите поверхности (рисунок 45).

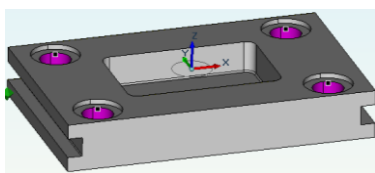
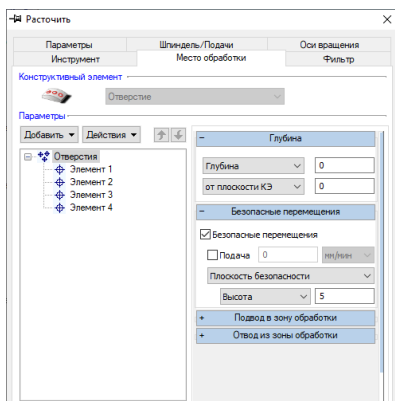


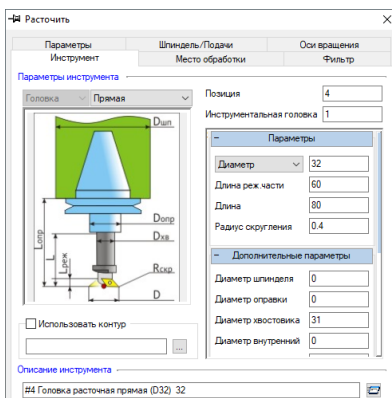
Рис. 45. Выбор поверхностей

Переходы → в выпадающем меню «Сверлить» выбрать переход «Расточить» → вкладка «Место обработки» → Параметры → Добавить → Отверстие.

Задайте параметры КЭ и расточного инструмента (рисунок 46), а также режим резания: скорость 80 м/мин и подача на оборот 0,04 мм/об (рисунок 47).



а



б

Рис. 46. Задание параметров: а – КЭ; б – расточного инструмента

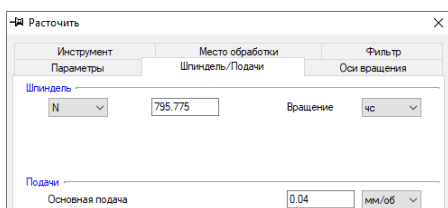


Рис. 47. Задание режима резания

Глубину отверстия зададим во вкладке «Параметры», а не «Место обработки». Начальная глубина с учётом уже обработанных углублений диаметром 50 мм составит 5 мм. Глубина обработки

составит 50 мм (высота заготовки) за вычетом 5 мм (начальная глубина). Включите СОЖ, задайте недобег 1 мм и перебег 0,8 мм для гарантированного выхода инструмента из отверстия (рисунок 48).

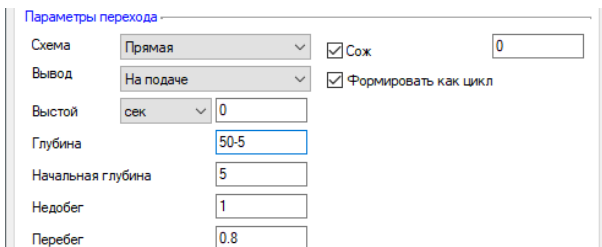



Рис. 48. Задание параметров перехода

Рассчитайте траекторию и проведите моделирование всех четырёх переходов. Для этого выберите в дереве проекта операцию

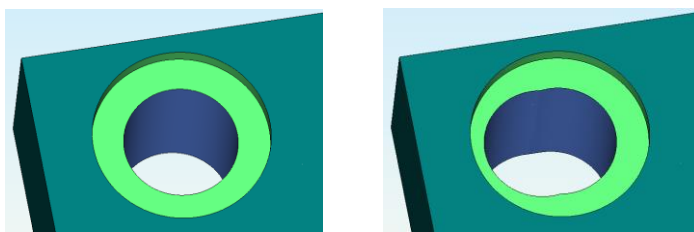
«005 ФРЕЗЕРНАЯ С ЧПУ» и запустите симулятор  .

После чистового растачивания инструмент выводят так, чтобы режущая кромка не касалась обработанной поверхности. Для этого необходимо остановить шпиндель с заданием его угла ориентации, отвести ось инструмента от её положения при растачивании в направлении движения режущей кромки от поверхности и вывести инструмент вверх из отверстия. Во вкладке «Параметры» включите ориентацию и величину отвода (рисунок 49).



Рис. 49. Задание ориентации

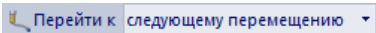
Рассчитайте траекторию и проведите моделирование всех четырёх переходов (рисунок 50).



а – без отвода инструмента

б – с отводом инструмента

Рис. 50. Моделирование растачивания

Если при моделировании выбрать  , можно посмотреть в пошаговом режиме перемещения инструмента с учётом отвода. После этого становится понятно образование зареза (рисунок 50, б). Это связано с тем, что в АДЕМ расточной инструмент моделируется не как токарный расточной резец, а как инструмент, образованный поверхностями

вращения, например, фреза. Поэтому образование зареза происходит при моделировании, но не произойдёт при обработке на станке.



При этом часть УП с выводом инструмента будет выглядеть следующим образом:

- N24 Z-50.8* – растачивание до заданной глубины;
- N25 SPOS=0* – ориентация шпинделя по углу 0°;
- N26 X-125* – отвод на 5 мм (из координаты *X-120*);
- N27 Z5* – вывод инструмента из отверстия.


При угловом положении $SPOS=0$ пластина расточной головки будет параллельна оси X и направлена в положительном направлении оси, поэтому отвод осуществляется в отрицательном направлении оси X .


3.2 Задача «Обработка колодца с подбором»



Продолжайте работать в файле на основе «03-Сверление.stp», в котором есть сверление центрального отверстия для врезания в колодец, или откройте файл «04-Колодец(подбор).stp» и создайте в нём переход сверления центрального отверстия. Сохраните файл с именем «04-фамилиястудента.adm» на диск D в папку с номером группы и фамилией студента.

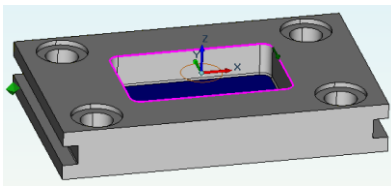
Если работа выполняется в новом файле проверьте, что выбран пространственный режим работы . Поместите СК в центр верхней грани и поверните её на 90° вокруг оси Z, как в разделе 3.2 Обработка плоскости и колодца. Создайте программную фрезерную операцию и выберите  станок MILL 5x 3. Создайте заготовку, начальную точку обработки и плоскость холостых ходов. В файле с уже созданными переходами из прошлого задания это не требуется.

Создадим переход фрезерования колодца в центре детали.

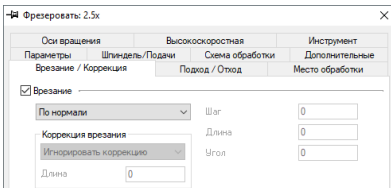
Переходы → Фрезеровать  → Фрезеровать 2,5X → Кон-

структивный элемент (на вкладке «Параметры») → Колодец  .

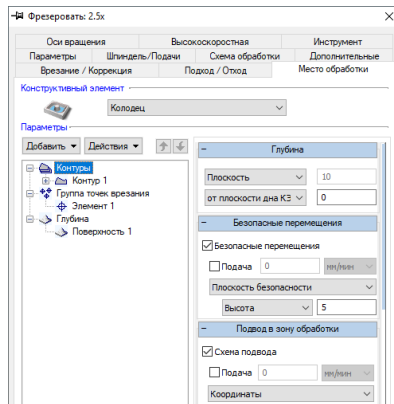
Добавьте контур, определяющий границы колодца, и плоскость, определяющую глубину КЭ (рисунок 51). Добавьте группу точек врезания для входа фрезы через просверленное центральное отверстие, выбрав окружность, созданную для сверления. Для выбора окружности необходимо включить 2D элементы   . Настройте глубину обработки и безопасные перемещения. Для того, чтобы фреза опускалась на глубину обработки через просверленное отверстие, необходимо указать не только точку врезания, но и тип врезания. Выбираем врезание по нормали (рисунок 51, б).



а – выбор геометрии



б – настройки врезания



в – задание глубины обработки

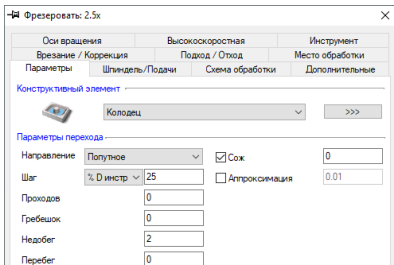
Рис. 51. Выбор геометрии КЭ и задание параметров

Настройте вкладку «Параметры» (рисунок 52, а).

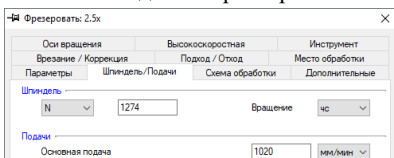
Для обработки применим четырёхзубую фрезу МТ190-025W25R04BD10-ИК (диаметр 25 мм, длина режущей части 10 мм). Другие параметры можно найти на сайте производителя «СКИФ-М». Для фрезы применим пластину BDMT10T320ER с пере-

ходным радиусом 2 мм. Настройте инструмент, как это показано на рисунке 52, в.

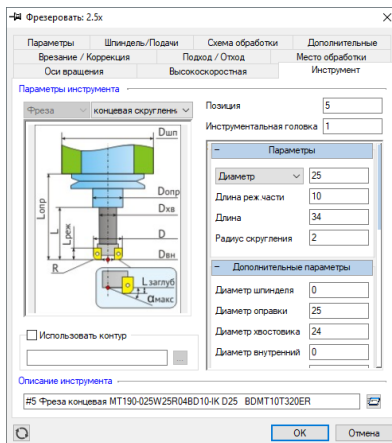
Задайте режим резания: скорость резания 100 м/мин, подача на зуб 0,2 мм/зуб. Пересчитайте параметры для частоты вращения в об/мин и скорости подачи в мм/мин (рисунок 52, б).



а – задание параметров



б – задание режима резания



в – задание параметров инструмента

Рис. 52. Настройка параметров КЭ, инструмента и режима резания

Данной фрезой выполняется черновая обработка колодца. Для чистовой обработки необходимо оставить припуск на стенках и дне по 0,2 мм. Во вкладке «Дополнительные» задайте остаточный припуск (рисунок 53). Настройте схему обработки (рисунок 54).

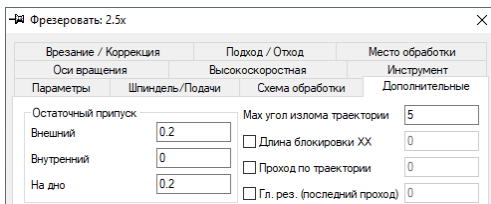
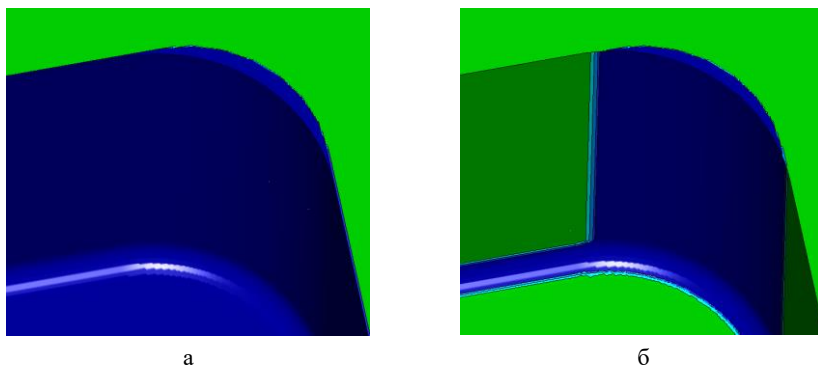


Рис. 53. Задание остаточного припуска

обработка с теми же настройками, но с заданием нулевого припуска, что нагляднее отображает оставшийся в углах припуск.



а
б
Рис. 56. Сравнение обработанной заготовки с деталью:
а – с припуском на дне и стенках; б – без припуска

При черновой обработке применяют фрезы большого диаметра и различные скругления в углах приходится дорабатывать, чтобы для чистовой обработки оставить равномерный припуск. На рисунке 57, показано сравнение поперечного сечения стружки, удаляемой одним зубом фрезы, при чистовом фрезеровании угла после обработки фрезой большого диаметра (рисунок 57, а) и при фрезеровании на прямолинейном участке (рисунок 57, б). На рисунке 57, вверху представлено поперечное сечение стружки на прямолинейном участке; посередине – на участке дуги после обработки черновой фрезой с радиусом, равным радиусу в углу колодца; снизу – на участке дуги после обработки черновой фрезой с радиусом больше радиуса в углу колодца. Для параметров в данном примере площадь поперечного сечения средней стружки вдвое больше площади верхней стружки, а площадь нижней – втрое больше верхней. Это говорит о росте нагрузки от силы резания на зуб фрезы при работе в углах или на вогнутых участках траектории. По этой причине необходимо снижать скорость подачи фрезы при движении в углах.

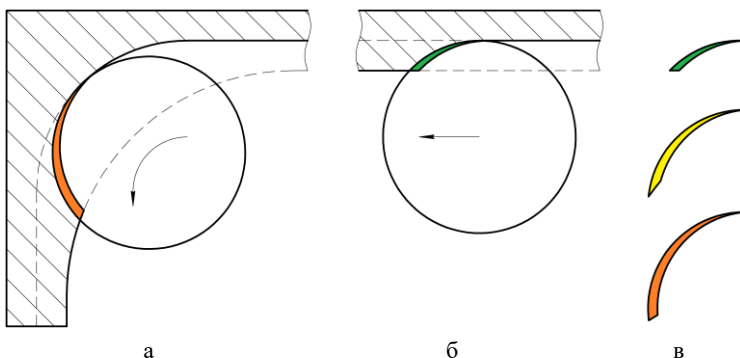


Рис. 57. Сравнение поперечного сечения стружки:
 а – на участке дуги окружности; б – на прямолинейном участке;
 в – поперечное сечение при разных условиях

Создадим переход доработки материала в углах. Для этого скопируем уже созданный переход фрезерования колодца.

Нажать правой кнопкой мыши по переходу «Фрезеровать колодец» → Копировать → Нажать правой кнопкой мыши по операции «005 ФРЕЗЕРНАЯ С ЧПУ MILL 5x 3» → Вставить.

Целесообразнее добавить описание переходов, чтобы не путаться при обращении к ним. Во вкладке «Параметры» снизу в описании перехода задайте имя для первого перехода фрезерования колодца «Фрезеровать колодец (черновой переход)», а для второго – «Фрезеровать колодец (получистовой переход)».

Для того, чтобы ADEM автоматически учитывал области, где остался необработанный материал, КЭ в месте обработки должен быть вставлен как ссылка на КЭ перехода, где произведён съём основной части материала.

Нажать правой кнопкой мыши по «Колодец» в «Место обработки» в переходе «Фрезеровать колодец (черновой переход)» → Копировать → Нажать правой кнопкой мыши по «Место обработки» в переходе «Фрезеровать колодец (получистовой переход)» → Вставить как ссылку.

После этого необходимо удалить «Колодец», не являющийся ссылкой. После этих действий фрезерные переходы в дереве проекта будут выглядеть, как это представлено на рисунке 58.

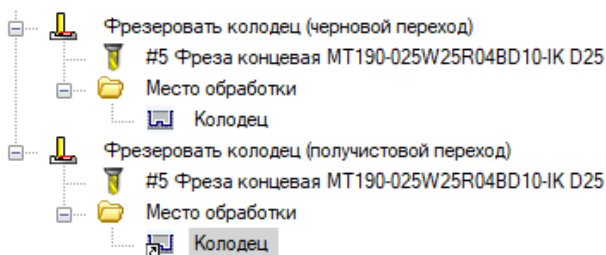


Рис. 58. Фрезерные переходы в дереве проекта

Для доработки используем четырёхзубую фрезу, например, R217.69-2020.0-06-4AN диаметром 20 мм производителя «Seco» с пластиной ХОМХ 060216R-M05 из сплава MS2050 с переходным радиусом 1,6 мм (того же производителя). Задание параметров инструмента представлено на рисунках 59, 60.

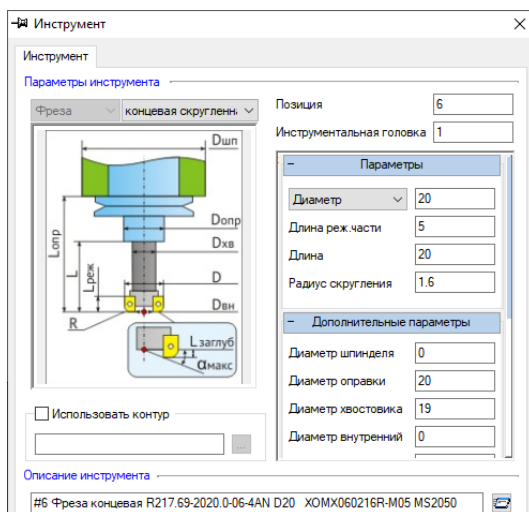


Рис. 59. Параметры инструмента для доработки

- Дополнительные параметры		- Обозначение	
Диаметр шпинделя	0	Наименование	Фреза концевая
Диаметр оправки	20	Обозначение	R217.69-2020.0-06-4A1
Диаметр хвостовика	19	Стандарт	
Диаметр внутренний	0	Пластинка	
Длина с оправкой	105	Материал	MS2050
Макс. угол врезания	0	Наименование	
Макс. заглабление	0	Обозначение	XOMX060216R-M05
Количество зубьев	4	Стандарт	

Рис. 60. Дополнительные параметры и обозначение инструмента для доработки

Во вкладке «Дополнительные» зададим остаточный припуск 0,15 мм, а также включим подбор (рисунок 61).

Фрезеровать: 2.5x			
Оси вращения		Высокоскоростная	
Врезание / Коррекция		Подход / Отход	
Инструмент		Место обработки	
Параметры	Шпиндель/Подачи	Схема обработки	Дополнительные
Остаточный припуск		Макс угол излома траектории	5
Внешний	0.15	<input type="checkbox"/> Длина блокировки XX	0
Внутренний	0	<input type="checkbox"/> Проход по траектории	0
На дно	0.15	<input type="checkbox"/> Гл. рез. (последний проход)	0
Модификация траектории		<input type="checkbox"/> Звучистый проход	
Внутренние углы:		<input type="checkbox"/> Аппроксимация траектории дугами	
Скругление		<input type="checkbox"/> Обкатка	
R 0		<input checked="" type="checkbox"/> Подбор	

Рис. 61. Дополнительные параметры перехода

Во вкладке «Схема обработки» (рисунок 62) можно оставить схему «Эквидистанта». В многопроходной обработке зададим глубину прохода 3,4 мм, что соответствует длине режущей части пластины за вычетом переходного радиуса.

Необходимо включить функцию «Последовательная обработка», чтобы обрабатывать углы по очереди. В противном случае будет производиться обработка четырёх углов на одном уровне вдоль оси Z, а затем переход к обработке на следующий уровень, что приведёт

к увеличению времени обработки из-за лишних холостых перемещений. Отключение последовательной обработки будет предпочтительным, когда длина пути к началу элемента больше длины холостого перемещения к следующему элементу.

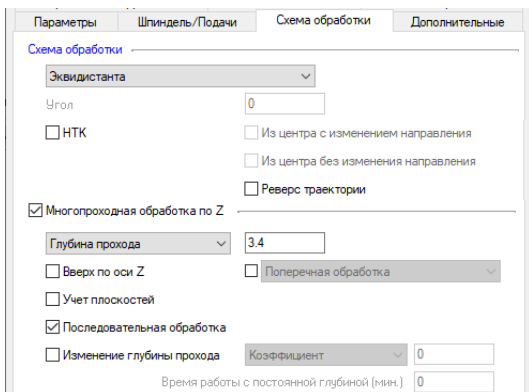


Рис. 62. Схема обработки

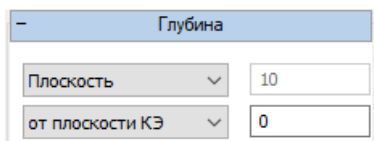


Рис. 63 Задание глубины

Рассчитайте траекторию. Если построенная траектория находится выше колодца, необходимо настроить место обработки. В разделе глубина необходимо выбрать «от плоскости КЭ» и установить значение 0 (рисунок 63). После этого пересчитайте траекторию (рисунок 64).

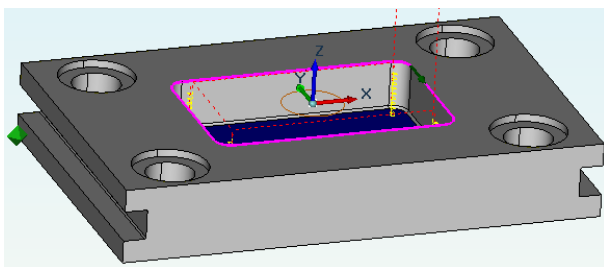


Рис. 64. Траектория доработки углов

Создадим переход чистовой обработки колодца. Для это применим цельную четырёхзубую концевую фрезу, например, M182-160092 R16 H24 диаметром 16 мм с переходным радиусом 1,6 мм производителя «НИР» [7].

Настройки перехода показаны на рисунках 65, 66, 67, 68. В режиме обработки задайте скорость резания 120 м/мин, пересчитайте частоту вращения и округлите значение.

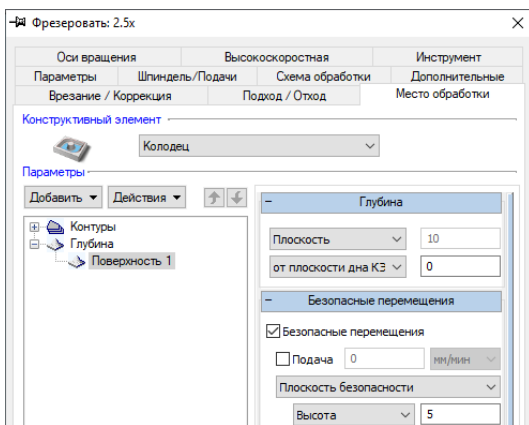


Рис. 65. Место обработки

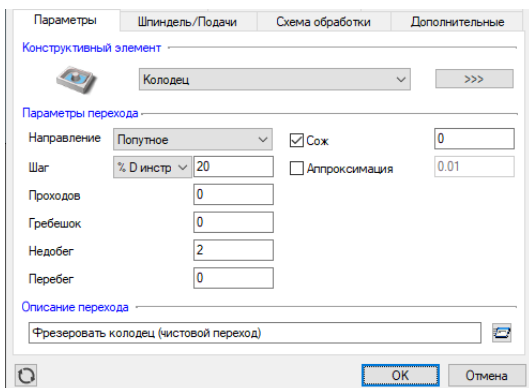


Рис. 66. Параметры перехода

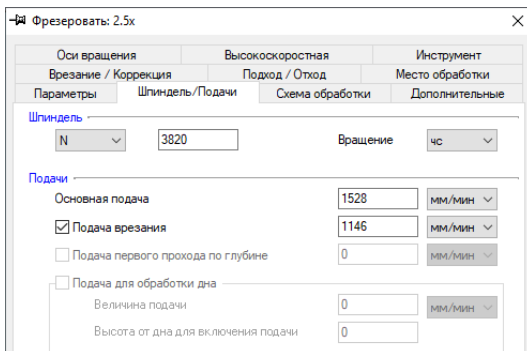


Рис. 67. Режим обработки

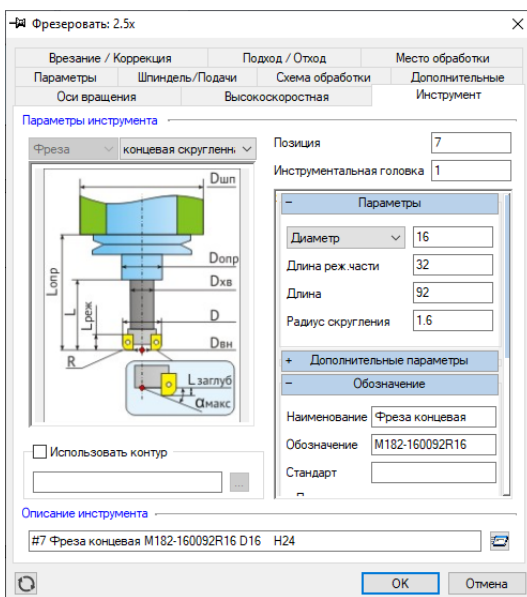


Рис. 68. Чистовой инструмент

Рассчитайте траекторию для всей операции (рисунок 69) и проведите моделирование. Результат моделирования и сравнения представлен на рисунке 70.

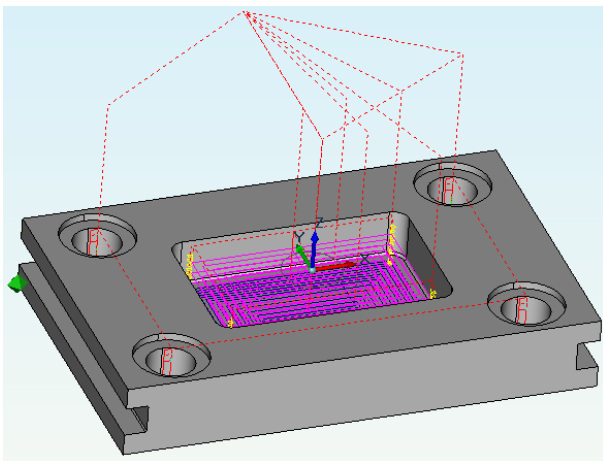


Рис. 69. Траектории всех переходов операции

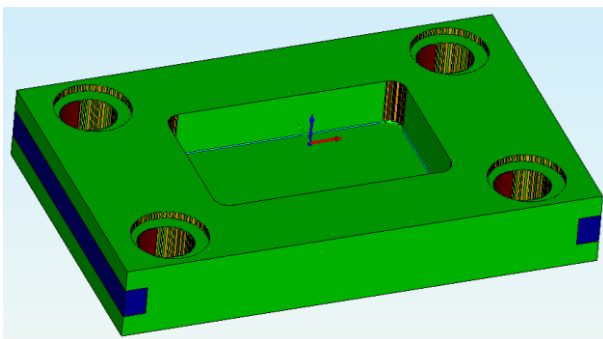


Рис. 70. Сравнение обработанной заготовки с деталью

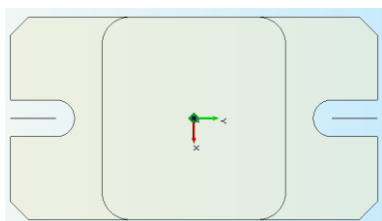
Зелёный цвет говорит о том, что обработка выполнена в соответствии с номинальной геометрией детали. Красно-оранжево-зелёная «зебра» на цилиндрических поверхностях появляется не из-за наличия зарезов, а связана с точностью построения обработанной модели, которая является фасетным телом. Цилиндрическая поверхность описывается как многогранник, соответственно при сравнении система говорит о наличии чередующихся зарезов и участков, обработанных «в ноль».

4 ЗАДАЧА «ОБРАБОТКА ПАЗА, СТЕНКИ, ОКНА»

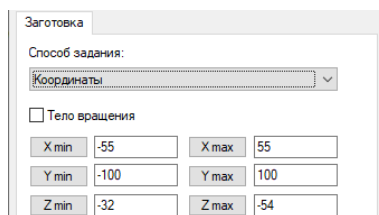
4.1 Задача «Обработка пазов»

Откройте файл «05-Паз.str». Сохраните файл с именем «05-фамилиястудента.adm» на диск D в папку с номером группы и фамилией студента.

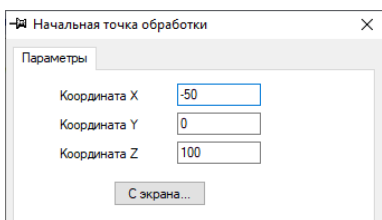
Траектория движения режущего инструмента рассчитывается по управляющей геометрии. В качестве управляющей геометрии для обработки пазы используется его ось симметрии. Однако эта ось обычно не создаётся в геометрической модели, поэтому её необходимо построить [2]. Перейдите в модуль CAD 2D и создайте два отрезка в плоскости XY, как это показано на рисунке 71, а. Выполните настройку операции в соответствии с рисунком 71.



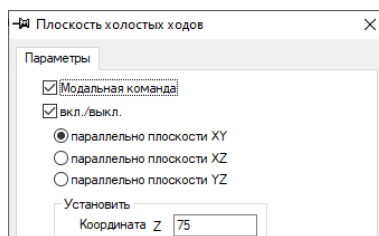
а



б



в



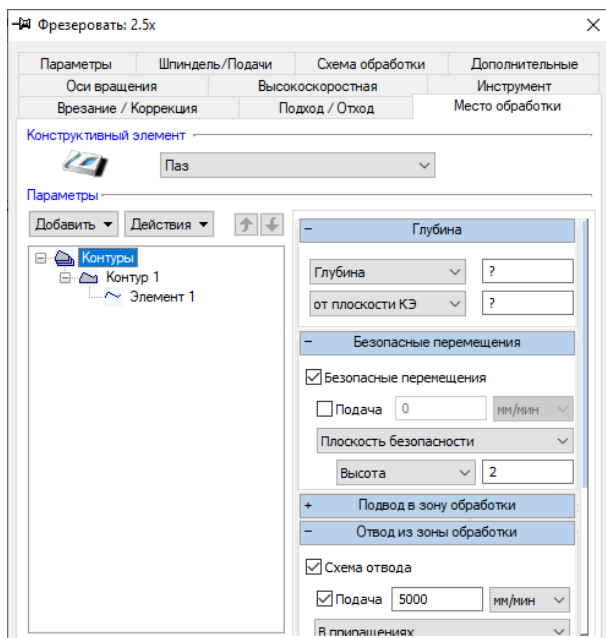
г

Рис. 71. Настройка операции:

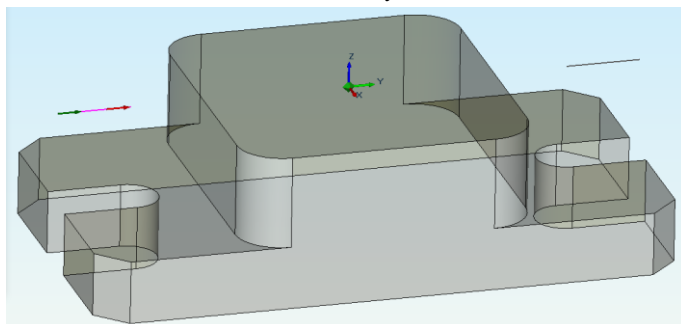
а – управляющая геометрия; б – создание заготовки;

в – задание начальной точки обработки; г – задание плоскости холостых ходов

Настройте переход «Фрезеровать 2,5X» на обработку первого паза (рисунки 72, 73, 74). Глубину обработки подберите самостоятельно с учётом переходного радиуса пластины фрезы.



а – задание глубины



б – выбор контура

Рис. 72. Настройка места обработки

Фреза должна двигаться своим центром чётко вдоль заданного контура. Если при выборе контура у зелёной и красной стрелок есть флажки (квадраты в начале стрелки), то фреза будет перемещаться слева или справа от контура со смещением на радиус фрезы. Необходимо в разделе **Действия** выбрать «Изменить положение материала».


а – выбор типа траектории

б – задание подхода и отхода

Рис. 73. Схема обработки

Параметры	Шпиндель/Подачи	Схема обработки	Дополнительные
Шпиндель			
	N	2865	Вращение: час
Подачи			
	Основная подача	917	мм/мин
<input type="checkbox"/>	Подача врезания	0	мм/мин
<input type="checkbox"/>	Подача первого прохода по глубине	0	мм/мин
<input type="checkbox"/>	Подача для обработки дна		
	Величина подачи	0	мм/мин
	Высота от дна для включения подачи	0	
<input type="checkbox"/>	Подача в углах	0	мм/мин
<input type="checkbox"/>	Подача на зачистном проходе	0	мм/мин
	Коз. коэффициент максимального увеличения подачи	0	
<input type="checkbox"/>	Оптимизация основной подачи		
	Оптимальное значение толщины стружки	0	
<input type="checkbox"/>	Диапазон толщин стружки	0	- 0

а – режим резания

Параметры	Шпиндель/Подачи	Схема обработки	Дополнительные
Конструктивный элемент			
		Паз	>>>
Параметры перехода			
Направление	Попутное	<input checked="" type="checkbox"/> Сох	0
Шаг	% D инструм 50	<input type="checkbox"/> Аппроксимация	0.01
Проходов	0		
Гребешок	0		
Недобег	2		
Перебег	0		

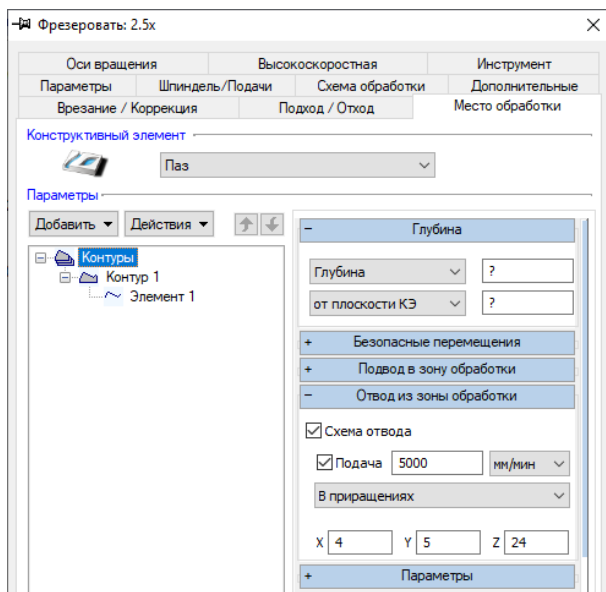
б – дополнительные параметры движения фрезы

Рис. 74. Режим обработки

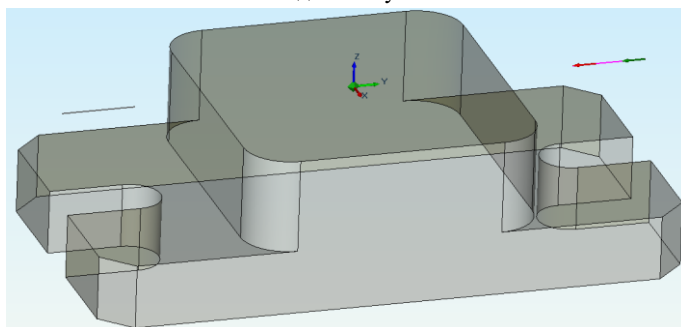
Для обработки воспользуемся сборной четырёхзубой фрезой, например, R217.69-2020.0-06-4AN диаметром 20 мм производителя «Seco» с пластиной XOMX060216R-M05 MS2050 с переходным радиусом 1,6 мм (того же производителя). Описание данной фрезы задано в разделе 4.2 при доработке углов колодца.

Рассчитайте траекторию обработки первого паза.

Настройте переход «Фрезеровать 2,5Х» на обработку второго паза (рисунки 75, 76, 77, 78). Глубину однопроходной обработки подберите самостоятельно с учётом переходного радиуса цельной фрезы.



а – задание глубины



б – выбор контура

Рис. 75. Настройка места обработки

Параметры	Шпиндель/Подачи	Схема обработки	Дополнительные
Схема обработки			
Эквидистанта <input type="text" value="0"/>			
Угол <input type="text" value="0"/>			
<input type="checkbox"/> НТК <input type="checkbox"/> Из центра с изменением направления <input type="checkbox"/> Из центра без изменения направления <input type="checkbox"/> Реверс траектории			
<input type="checkbox"/> Многопроходная обработка по Z			

а – выбор типа траектории

Врезание / Коррекция	Подход / Отход	Место обработки
<input checked="" type="checkbox"/> Подход		
Линейный касательно <input type="checkbox"/> Подача <input type="text" value="0"/> мм/мин		
Длина <input type="text" value="10.5"/>		
Угол <input type="text" value="0"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> Отход		
Эквидистантный <input type="checkbox"/> Подача <input type="text" value="0"/> мм/мин		
<input type="checkbox"/> Отход в точку врезания		
Длина <input type="text" value="0"/>		
Расстояние <input type="text" value="0"/>		

б – задание подхода и отхода

Рис. 76. Схема обработки

Параметры	Шпиндель/Подачи	Схема обработки	Дополнительные
Шпиндель			
N <input type="text" value="4775"/>		Вращение <input type="text" value="чс"/>	
Подачи			
Основная подача		<input type="text" value="2292"/>	мм/мин
<input type="checkbox"/> Подача врезания		<input type="text" value="0"/>	мм/мин
<input type="checkbox"/> Подача первого прохода по глубине		<input type="text" value="0"/>	мм/мин
<input type="checkbox"/> Подача для обработки дна			
Величина подачи		<input type="text" value="0"/>	мм/мин
Высота от дна для включения подачи		<input type="text" value="0"/>	
<input type="checkbox"/> Подача в углах		<input type="text" value="0"/>	мм/мин
<input type="checkbox"/> Подача на зачистном проходе		<input type="text" value="0"/>	мм/мин
Коэффициент максимального увеличения подачи		<input type="text" value="0"/>	

Рис. 77. Задание режима резания

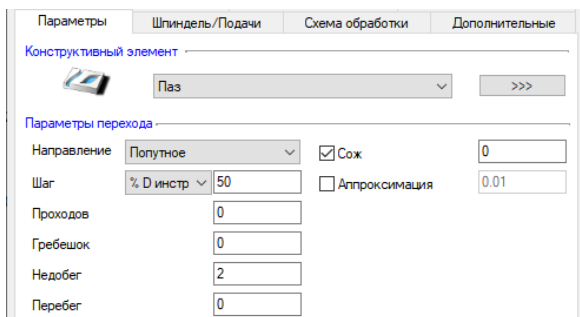


Рис. 78. Дополнительные параметры движения фрезы

Настройте высокоскоростную обработку с движением фрезы по трохоидальной траектории (рисунок 79). При такой траектории фреза может работать всей длиной режущей части, а глубина резания при этом мала по сравнению с глубиной при многопроходной обработке паза, как при обработке первого паза (там глубина резания равна диаметру фрезы). Для движения по трохоидальной траектории диаметр фрезы должен быть меньше диаметра паза. Такая траектория применяется не только для обработки пазов, но и для фрезерования между стенок со сложным контуром.

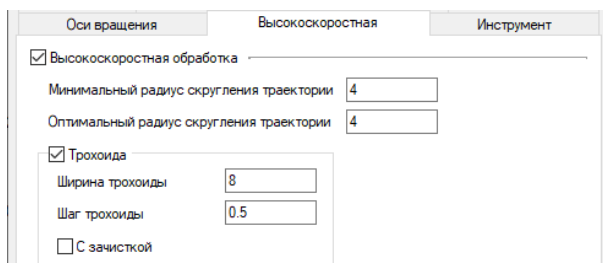


Рис. 79. Настройка высокоскоростной обработки

Для обработки используем цельную четырёхзубую фрезу, например, 554120R050Z4.0-SIRON-A диаметром 12 мм производителя «Sesco». Настройте параметры инструмента по данным сайта производителя инструмента.

Рассчитайте траекторию для фрезерования второго паза. На рисунках 80, 81 представлены траектории обработки пазов.

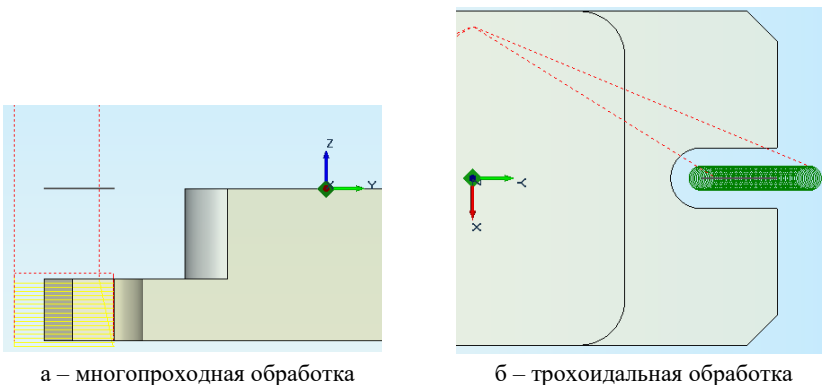


Рис. 80. Траектории обработки пазов

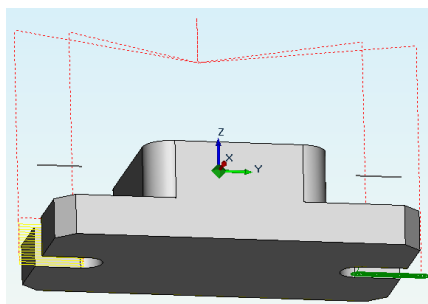


Рис. 81. Траектории двух переходов

4.2 Задача «Обработка стенки, окна»

Откройте файл «06-Стенка+окно.stp». Сохраните файл с именем «06-фамилиястудента.adm» на диск D в папку с номером группы и фамилией студента. Задайте расположение СК относительно детали, как это показано на рисунке 82.

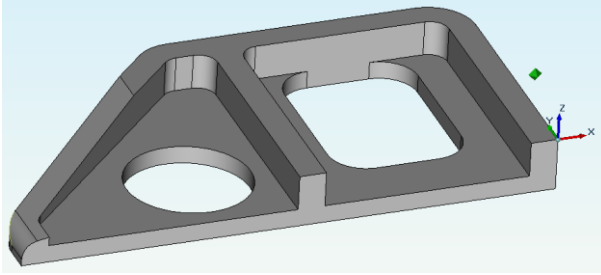


Рис. 82. Положение СК операции

На рассматриваемую операцию приходит сложная заготовка, для которой желательно задать соответствующую модель. Импортируйте файл заготовки «06-Стенка+окно-заг.stp».

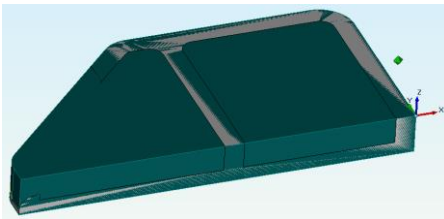



Рис. 83. Выбор тела заготовки

Файл  → Импорт
→ Тип файлов =
STEP (*.stp, *.step).

В дереве проекта необходимо правой кнопкой выбрать «Заготовка» (в дереве проекта она относится к элементу «Деталь», как

дочерний элемент). В выпадающем меню выберите «Выбрать тело для заготовки» и в графической области щёлкните по геометрической модели заготовки (рисунок 83). Теперь модель заготовки можно скрыть в графической области.

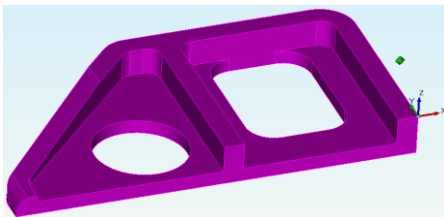



Рис. 84 Выбор тела детали

Сделать невидимым  → 3D только → Выберите модель заготовки и подтвердите выбор средней кнопкой мыши или клавишей Esc.

Зададим модель детали. В дереве проекта необходимо правой кнопкой выбрать «Деталь». В выпадающем меню выберите «Выбрать тело для детали» и в графической области щёлкните по геометрической модели детали (рисунок 84). Создайте начальную точку обработки и плоскость холостых ходов (рисунок 85).

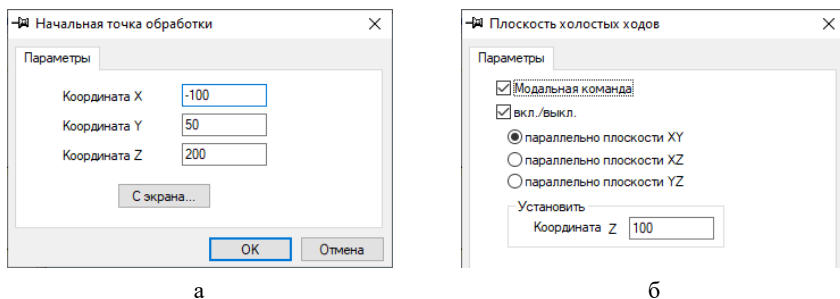


Рис. 85. Начальная точка обработки (а) и плоскость холостых ходов (б)

Сначала обрабатываем левое «треугольное» углубление. В настройках перехода выберите КЭ «Стенка» и соответствующие поверхности (рисунок 86). Самостоятельно определите настройки глубины обработки. Рассчитайте предварительную траекторию обработки. Если траектория строится вне контура, то во вкладке «Место обработки» необходимо для контура изменить положение материала (в меню по нажатию правой кнопкой мыши).

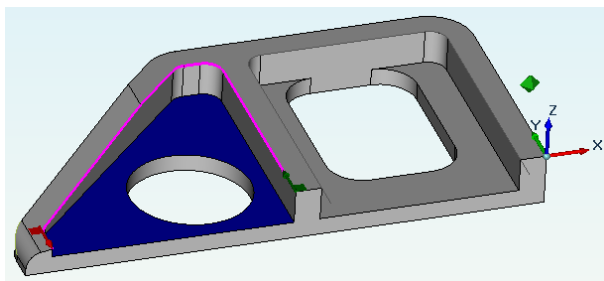


Рис. 86. Настройка места обработки

Сохраните настройки перехода. Подберите режущий инструмент из списка семейства ECA-B-3 производителя «Iscar» и задайте его параметры с номером (позицией) 2 в переходе фрезерования.

Настройте вкладку «Подход / Отход» (рисунок 87), где D – диаметр выбранного инструмента.

Рис. 87. Настройки подхода и отхода

Во вкладке «Шпиндель/Подачи» задайте частоту вращения шпинделя с учётом скорости резания 400 м/мин (материал заготовки – алюминиевый сплав) и скорость подачи v_s в мм/мин с учётом подачи на зуб 0,07 мм/зуб.

$$v_s = S_z \cdot z \cdot n,$$

где S_z – подача на зуб, мм/зуб;

z – количество зубьев выбранной фрезы;

n – частота вращения шпинделя, об/мин.

Настройте вкладку «Параметры» и предварительно задайте три прохода. Рассчитайте траекторию (рисунок 88).

Можно заметить, что заданные параметры подхода и отхода действуют только для окончательного прохода, поэтому на предварительных проходах фреза, перемещаясь вертикально до требуемой глубины, врезается в материал на ускоренной подаче (подаче холостого хода).

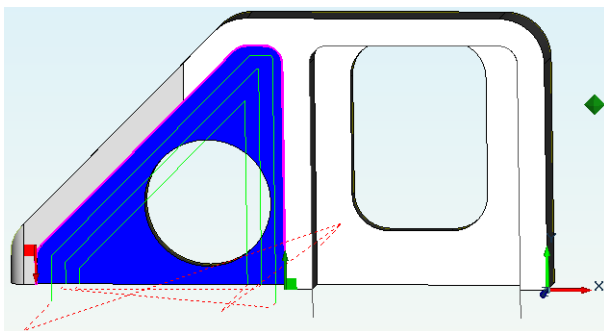


Рис. 88. Рассчитанная траектория из трёх проходов

Проверьте наличие этой ошибки: в симуляторе выберите «Перейти к следующей ошибке» и нажмите «Старт» (рисунок 89). Исправить ошибку можно, если во вкладке «Параметры» задать недобег больше, чем глубина прохода. Предпочтительно выполнять вертикальное перемещение вне материала (таким способом исправим эту ошибку при обработке «квадратного» углубления).

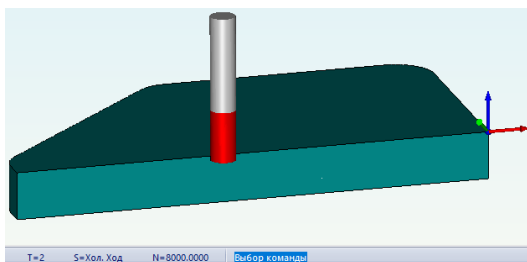
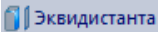


Рис. 89. Врезание в заготовку на холостом ходу

Во вкладке «Схема обработки» включите многопроходную обработку и задайте глубину прохода 5 мм. Задайте недобег равным 5,5 мм. Подберите необходимое количество проходов для обработки всего «треугольного» углубления. Рассчитайте траекторию и в симуляторе проверьте наличие ошибок.

Для обработки «квадратного» углубления создадим дополнительные геометрические элементы: перейдите во вкладку «CAD 2D» и создайте два отрезка длиной $D/2+1$ (рисунок 90, а). Перейдите во вкладку «CAD 3D» и выберите команду «Эквидистанта» . Затем выберите 3D цепочку рёбер (рисунок 90, б), для «дельта» введите значение 0, подтвердите и согласитесь с копированием без смещения.

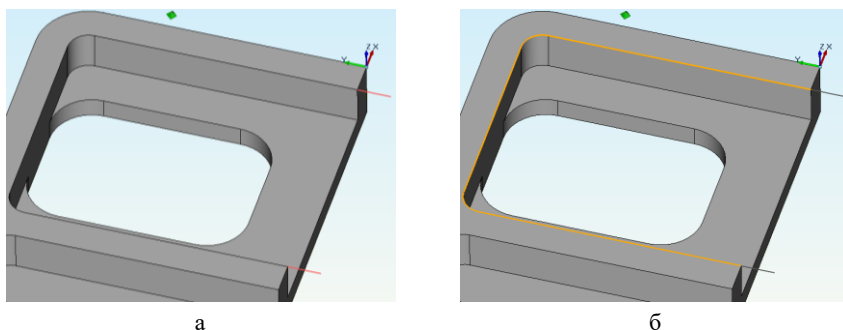


Рис. 90. Создание двух отрезков (а) и эквидистанты (б)

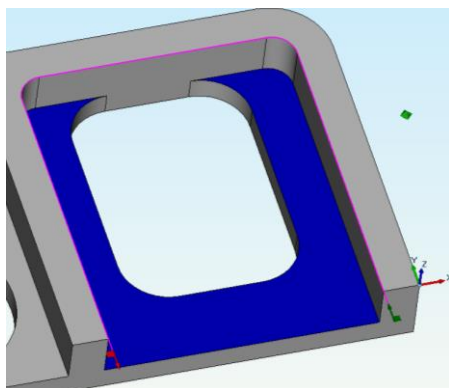
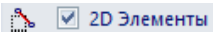


Рис. 91. Выбор контура и плоскости, определяющей глубину КЭ

Создайте второй переход фрезерования стенки. Во вкладке «Место обработки» при выборе контура (рисунок 91) отключите выбор всех 3D элементов и включите только «2D Элементы» .

Во вкладке «Место обработки» подберите необходимое значение для глубины и отключите безопасные перемещения.

Скопируйте инструмент из первого перехода и вставьте его как ссылку во второй переход. Повторите настройки вкладок «Шпиндель/Подачи», «Схема обработки», «Параметры». Дополнительно во вкладке «Параметры» установите для недобега значение 0 и подберите необходимое количество проходов. Рассчитайте траекторию и в симуляторе проверьте наличие ошибок.

Для обработки двух отверстий создайте новый переход фрезерования 2,5X. Оба отверстия (окна) можно выполнить в одном переходе, т. к. настройки глубины у них будут одинаковыми. Во вкладке «Место обработки» задайте КЭ «Окно» и выберите контуры и плоскость (рисунок 92), а также подберите необходимое значение для глубины. Заготовка показана снизу, т. к. на нижней плоскости выбираемые контуры являются полными. Если выбирать их на виде сверху, то контур прямоугольного окна будет неполным и придётся предварительно создать дополнительный отрезок во вкладке «CAD 2D».

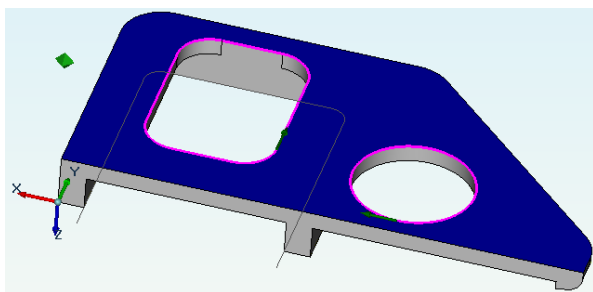


Рис. 92. Выбор контура и плоскости

Скопируйте инструмент из первого перехода и вставьте его как ссылку в третий переход. Повторите настройки вкладок «Шпиндель/Подачи», «Схема обработки», а также установите три прохода в многопроходной обработке по Z. Во вкладке «Параметры» включите СОЖ. Рассчитайте траекторию и в симуляторе проверьте наличие ошибок.

Включите спиральную траекторию, обеспечивающую более плавное врезание с обходом контура (рисунок 93). С такой настройкой траектория 2,5X превращается в полноценную траекторию 3X. Зачистка по дну обеспечивает окончательный проход фрезы на одном уровне для формирования ровного дна и стенки.

Устраните ошибку при переходе от одного окна ко второму (рисунок 94) за счёт установки безопасных перемещений до плоскости безопасности.

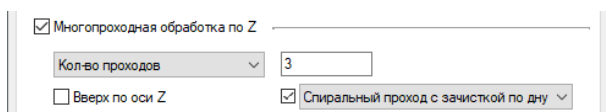


Рис. 93. Создание спиральной траектории

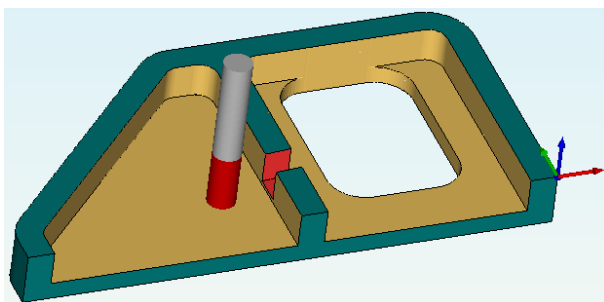


Рис. 94. Ошибка при переходе от одного окна ко второму

5 ЗАДАЧА «ОБРАБОТКА УСТУПА, МАССИВА, ПОВЕРХНОСТИ»

5.1 Задача «Обработка уступа и массива элементов»

Откройте файл «07-Уступ+массив.stp». Импортируйте файл заготовки «07-Уступ+массив-заг.stp». Сохраните файл с именем «07-фамилиястудента.adm» на диск D в папку с номером группы и фамилией студента. Задайте тела для детали и заготовки в дереве проекта для сравнения после моделирования, как это описано в разделе 5.2.

Создайте начальную точку обработки и плоскость холостых ходов (рисунок 95).

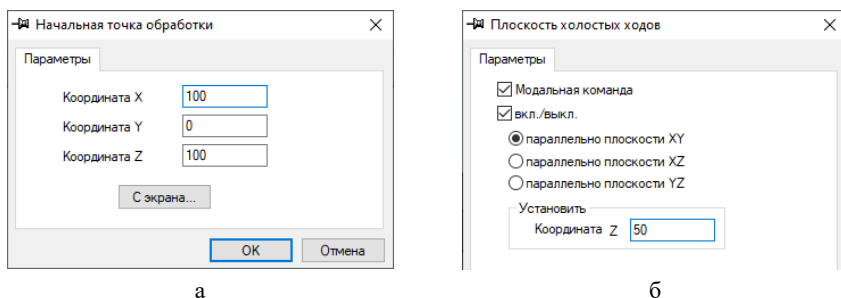


Рис. 95. Начальная точка обработки (а) и плоскость холостых ходов (б)

Рассмотрим два варианта обработки интересующего нас геометрического элемента: первый с помощью КЭ «Стенка», второй – «Уступ». Начнём с уже освоенного КЭ «Стенка». Создайте переход обработки стенки (рисунок 96). Выберите контур, задайте правильное положение материала, выберите плоскость, определяющую глубину КЭ (рисунок 97). Настройте параметры глубины и безопасных перемещений. Задайте способ выполнения и параметры подхода и отхода (рисунок 98).

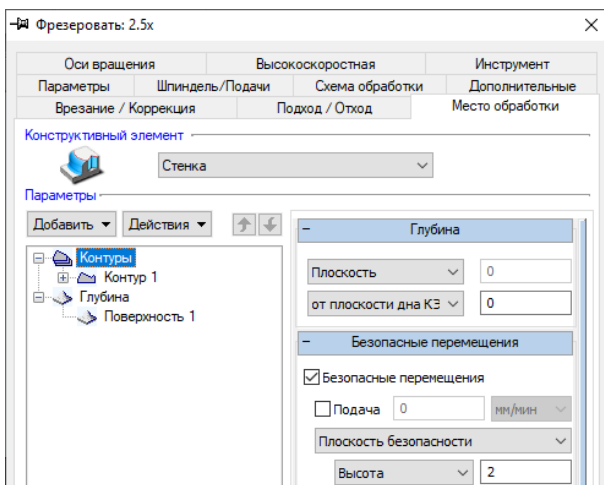


Рис. 96. Настройка параметров КЭ «Стенка»

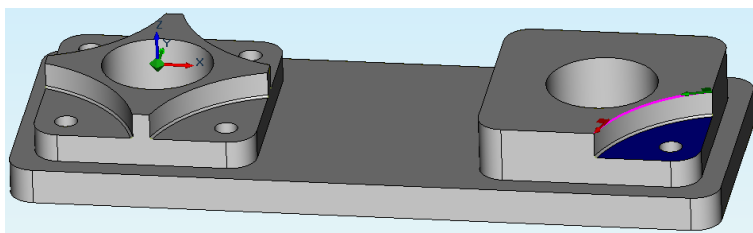


Рис. 97. Выбор геометрии КЭ «Стенка»

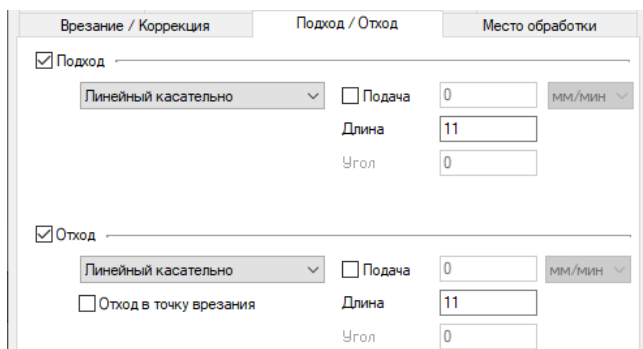


Рис. 98. Настройки подхода и отхода

Задайте тип траектории во вкладке «Схема обработки» без многопроходной обработки (рисунок 99). Укажите параметры режима резания для перехода (рисунок 100).

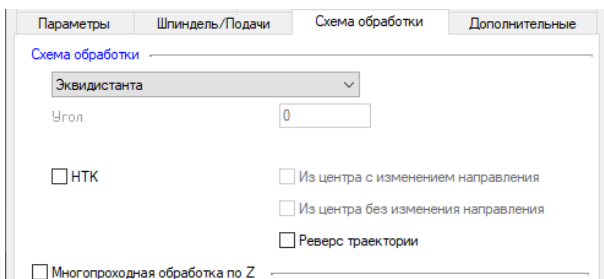


Рис. 99. Настройки схемы обработки

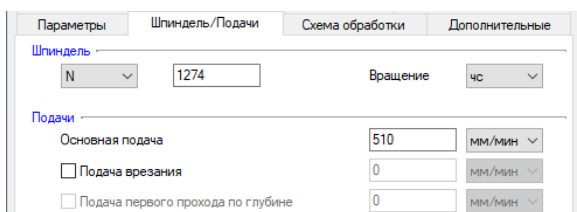


Рис. 100. Задание режима резания

Во вкладке «Параметры» укажите количество проходов, необходимое для обработки КЭ на одной высоте (без изменения координаты вдоль оси Z), как показано на рисунке 101.

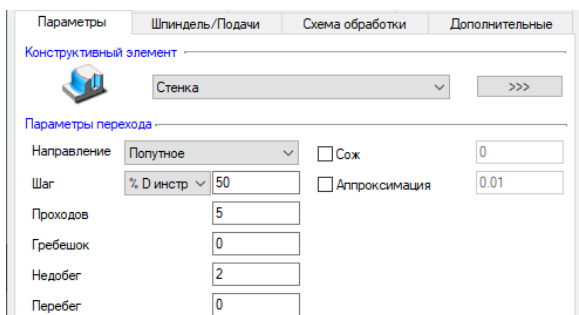


Рис. 101. Задание числа проходов

Задайте параметры инструмента (рисунок 102). Рассчитайте траекторию, проведите моделирование и определите наличие ошибок.

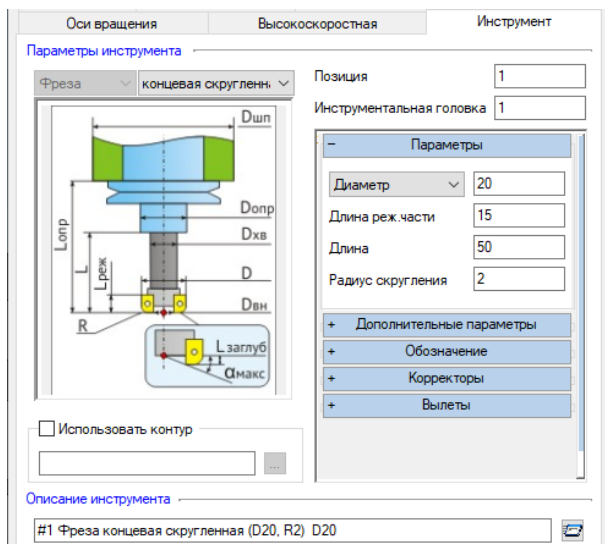


Рис. 102. Параметры режущего инструмента

Создайте переход для обработки уступа (рисунок 103).

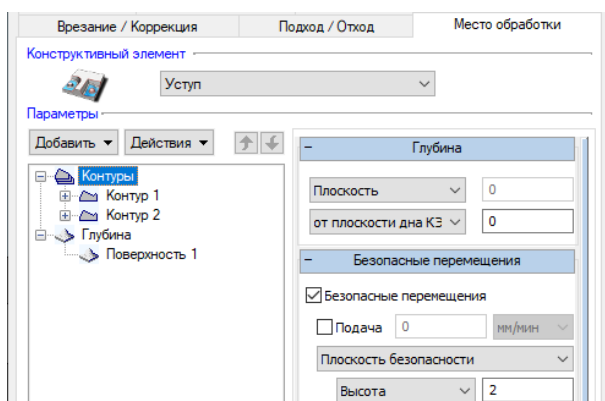


Рис. 103. Настройка параметров КЭ «Уступ»

Сначала выберите контур, задающий стенку, затем контур, ограничивающий дно уступа, и плоскость, определяющую глубину (рисунок 104). Задайте правильное положение материала для обоих контуров.

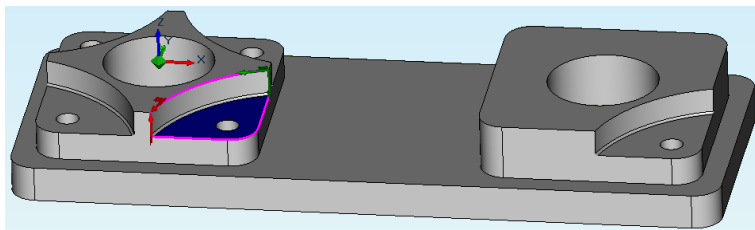


Рис. 104. Выбор геометрии КЭ «Уступ»

Для того, чтобы ADEM считал контур, ограничивающий дно уступа, таковым, необходимо для этого контура включить настройку «В плоскости дна» (рисунок 105).

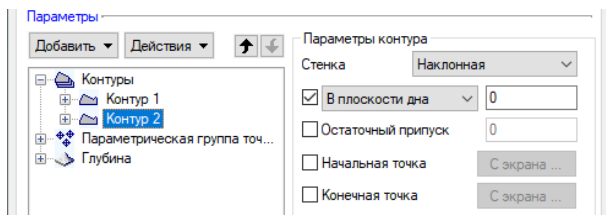


Рис. 105. Настройка контура, ограничивающего дно уступа

Выполните настройку подхода, отхода, как показано на рисунке 106. Для схемы обработки выберите «Петля эквидистантная» (рисунок 107). Частота вращения шпинделя и скорость подачи приведены на рисунке 108; они соответствуют режиму резания, применённому для обработки стенки в первом переходе.

Скопируйте инструмент из первого перехода и вставьте как ссылку в текущий переход.

Врезание / Коррекция	Подход / Отход	Место обработки
<input checked="" type="checkbox"/> Подход		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> <p>Линейный касательно ▼</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p><input type="checkbox"/> Подача <input type="text" value="0"/> мм/мин</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Длина <input type="text" value="1"/></p> <p>Угол <input type="text" value="0"/></p> </div> </div>		
<input checked="" type="checkbox"/> Отход		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> <p>Линейный касательно ▼</p> <p><input type="checkbox"/> Отход в точку врезания</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p><input type="checkbox"/> Подача <input type="text" value="0"/> мм/мин</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Длина <input type="text" value="1"/></p> <p>Угол <input type="text" value="0"/></p> </div> </div>		

Рис. 106. Настройки подхода и отхода

Параметры	Шпindelь/Подачи	Схема обработки	Дополнительные
Схема обработки			
Петля эквидистантная ▼			
Угол <input type="text" value="0"/>			
<input type="checkbox"/> НТК <input type="checkbox"/> Из центра с изменением направления <input type="checkbox"/> Из центра без изменения направления <input type="checkbox"/> Реверс траектории			
<input type="checkbox"/> Многопроходная обработка по Z			

Рис. 107. Настройки схемы обработки

Параметры	Шпindelь/Подачи	Схема обработки	Дополнительные
Шпindelь			
N ▼		<input type="text" value="1274"/>	Вращение чс ▼
Подачи			
Основная подача		<input type="text" value="510"/>	мм/мин ▼
<input type="checkbox"/> Подача врезания		<input type="text" value="0"/>	мм/мин ▼
<input type="checkbox"/> Подача первого прохода по глубине		<input type="text" value="0"/>	мм/мин ▼

Рис. 108. Задание режима резания

Во вкладке параметры количество проходов не задаётся.

Рассчитайте траектории двух созданных переходов. В симуляторе перед запуском моделирования в панели «Переход» установите «Перейти к следующей ошибке» для определения наличия ошибок, проведите моделирование.

Сравните разные типы КЭ для обработки одинаковых геометрических элементов. Если задать только контур стенки в переходе фрезерования уступа и отключить подход и отход, то траектория будет идентична переходу обработки КЭ «Стенка». Для каких-то элементов удобнее вести обработку с помощью КЭ «Уступ», для других – с помощью КЭ «Стенка», например, когда нет возможности задать контур, ограничивающий дно. Однако из данного примера понятно, какие преимущества имеет «Уступ». Во-первых, автоматически рассчитывается число проходов в радиальном направлении (для КЭ «Стенка» число проходов во вкладке «Параметры» подбиралось вручную). Во-вторых, опускание фрезы на требуемую глубину происходит за контуром дна и не происходит врезания на быстрой подаче, как при обработке «Стенки». В-третьих, подход и отход добавляются к каждому проходу (у КЭ «Стенка» только к окончательному проходу).

Для обработки четырёх одинаковых элементов во вкладке «Место обработки» добавьте параметрическую группу точек и выберите угловой массив (рисунок 109).

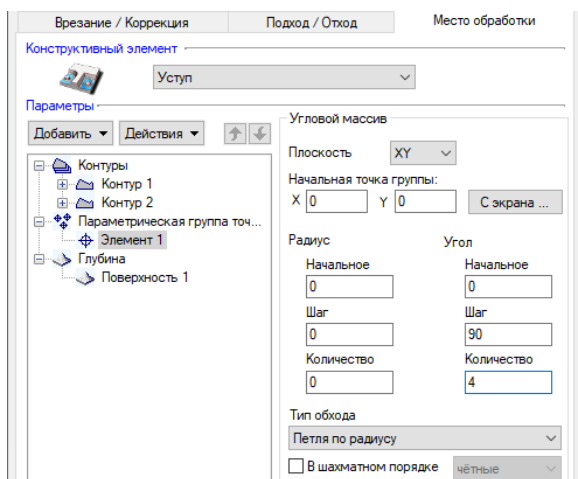


Рис. 109. Задание обработки углового массива

В настройках массива указываются шаги в угловом, радиальном направлении и количество повторений траектории. Применение массива (углового, линейного) позволяет обрабатывать повторяющиеся конструктивные элементы на заготовке, не выбирая геометрические элементы для каждого из них.

Итоговые рассчитанные траектории двух переходов приведены на рисунке 110.

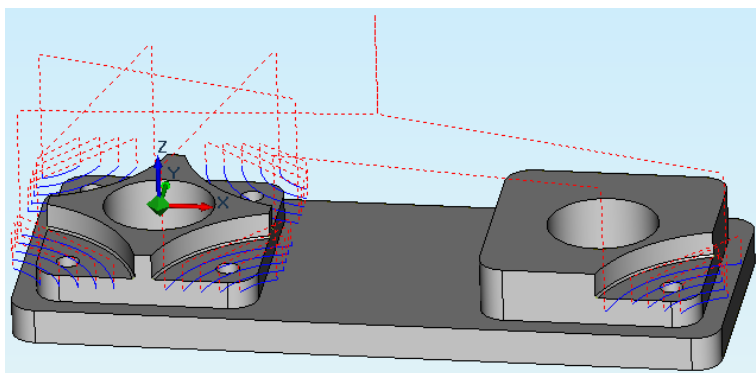


Рис. 110. Рассчитанные траектории двух переходов

5.2 Задача «Обработка с одновременным перемещением по трём осям»

Продолжайте работать в файле на основе модели «Об-Стенка+окно.stp». Создайте переход 3Х.



Переходы → Фрезеровать → Фрезеровать 3Х.

Фрезерование наклонных или сложнопрофильных поверхностей при 3Х обработке (с перемещением по трём осям) выполняется радиусными концевыми фрезами или концевыми фрезами с переходным радиусом от режущего зуба на цилиндре к режущему

зубу на торце. При этом обработанную поверхность формирует именно радиусная часть режущего зуба фрезы, а не торцевая или цилиндрическая. Для обработки выберите радиусную концевую фрезу, например, из списка семейства ALU-POWER [8] и настройте её параметры в переходе.

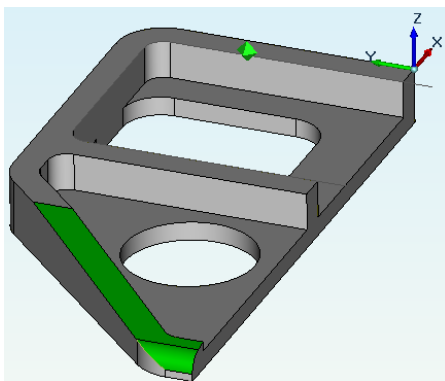


Рис. 111. Выбор поверхностей

Выберите поверхности для обработки, как показано на рисунке 111. Настройте перемещения во вкладке «Подход / Отход» (рисунок 112).

Врезание / Коррекция	Подход / Отход	Место обработки
<input checked="" type="checkbox"/> Подход		
<input type="checkbox"/> Линейный по нормали <input type="checkbox"/> Плоскость подхода <input checked="" type="checkbox"/> В вертикальной плоскости	<input type="checkbox"/> Подача: 0 мм/мин Длина: 3 Угол: 90	
<input checked="" type="checkbox"/> Отход		
<input type="checkbox"/> Эквидистантный <input type="checkbox"/> Плоскость отхода <input checked="" type="checkbox"/> В вертикальной плоскости	<input type="checkbox"/> Подача: 0 мм/мин Длина: 2 Расстояние: 0	
Формирование Подхода/Отхода		
<input checked="" type="checkbox"/> На каждом проходе		

Рис. 112. Настройки подхода и отхода

Во вкладке «Параметры» включите СОЖ и задайте величину гребешка 0,1 мм, чтобы расстояние между строчками (проходами фрезы) было рассчитано автоматически на основании диаметра фрезы для обеспечения высоты гребешка, влияющей на шерохова-

тость обработанной поверхности. Выполните настройки вкладки «Шпиндель/Подачи». Во вкладке «Схема обработки» выберите «Петля» и рассчитайте траекторию. Полученная траектория (рисунок 113) имеет большое количество холостых перемещений, что увеличивает время обработки.

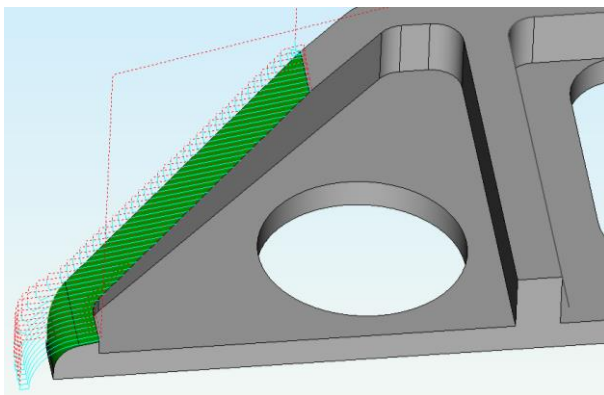


Рис. 109. Обработка по схеме «Петля»

Во вкладке «Схема обработки» установите угол 45° , чтобы движения резания выполнялись с меньшим количеством подъёмов и опусканий, выполняемых фрезой. Рассчитайте траекторию и в симуляторе проверьте её на наличие ошибок.

5.3 Задача «Обработка на цилиндре»

Откройте файл «08-Поверхность.stp». Импортируйте файл заготовки «08-Поверхность-заг.stp».

Задайте тело детали и заготовки для моделирования и сравнения. Создайте начальную точку обработки, плоскость холостых ходов. Начните настройку перехода фрезерования на цилиндре (4X). Добавьте поверхности для обработки и систему координат

КЭ, как это показано на рисунке 114. Выполнение такой обработки возможно на фрезерных станках при наличии четвёртой поворотной оси, на токарных станках с тремя линейными осями, программируемым поворотом шпинделя и фрезерной функцией или на токарно-фрезерных станках.

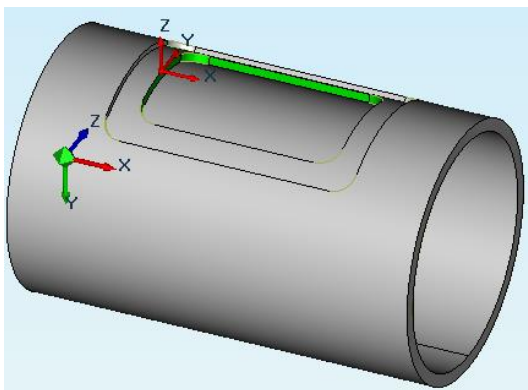


Рис. 114. Выбор поверхностей для обработки

В безопасных перемещениях, отводе и подводе в зону обработки задаётся цилиндр безопасности с осью X и радиусом 75 мм. В схеме обработки указывается, что фрезерование выполняется цилиндрической частью фрезы (рисунок 115).

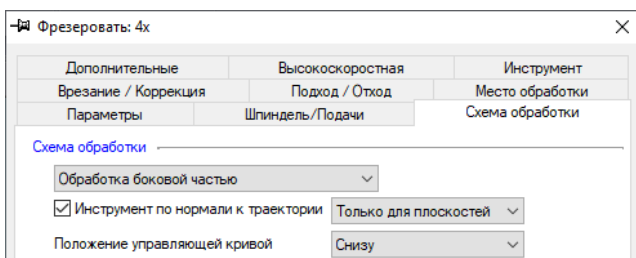


Рис. 115. Настройки схемы обработки

Для обработки используем концевую фрезу диаметром 12 мм с режущей частью 24 мм, длиной (вылетом из патрона) 50 мм и переходным радиусом 2 мм.

Во вкладке «Дополнительные» (рисунок 116) необходимо задать линейную ось станка, вокруг которой происходит вращение поворотной оси. Заметим, что обработка будет возможна, только если главная ось симметрии заготовки будет расположена параллельно указанной оси станка или будет совпадать с ней.

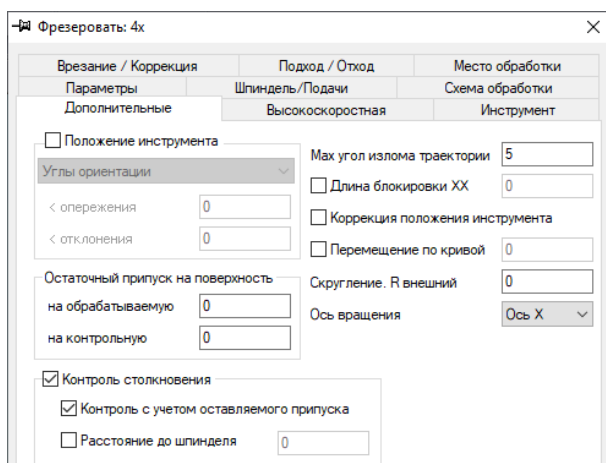


Рис. 116. Дополнительные настройки

Выполните настройку режима обработки во вкладке «Шпиндель/Подачи». Рассчитайте траекторию и проведите симуляцию. При необходимости настройте подход и отход инструмента, глубину обработки.

Создайте переход фрезерования на цилиндре (4X) для обработки ступенчатой части выборки. Добавьте поверхности для обработки и систему координат КЭ (рисунок 117). Отличием от первого перехода является необходимость задания цилиндрической поверхности дна обрабатываемого элемента в качестве контроль-

ной поверхности (рисунок 118). Это позволяет вести контроль положения торца фрезы для исключения зарезов дна.

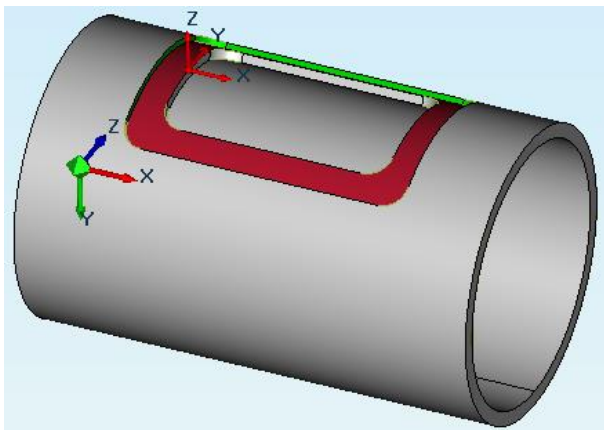


Рис. 117. Выбор поверхностей для обработки и контроля

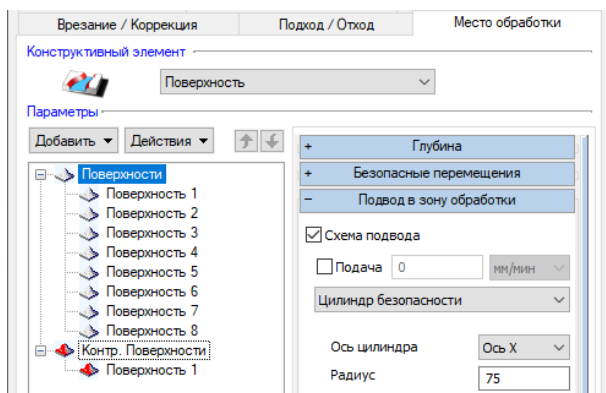


Рис. 118. Список выбранных поверхностей

Инструмент, режим обработки и другие настройки можно использовать из первого перехода. Проведите моделирование и определите наличие ошибок. Установите места с неснятым материалом и наметьте пути доработки этих участков или исправления траектории обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ [Текст] : справочник / Р. И. Гжиров, П. П. Серебренникий. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отделение, 1990. – 591 с.
2. Чемпинский, Л. А. Основы геометрического моделирования; Основы геометрического моделирования : [учеб. пособие] [Электронный ресурс. Компакт-диск] / Л. А. Чемпинский [Текст] : учеб. пособие / Л. А. Чемпинский ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. – Самара : СГАУ, 2005. – 189 с.
3. Iscar Electronic catalog URL: <https://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx?lang=RU> (дата обращения: 05.09.2024).
4. СКИФ-М Лучшее решение для фрезерования. Каталог URL: <https://skif-m.net/product/> (дата обращения: 09.09.2024).
5. WIDIA Продукция URL: <https://www.widia.com/ru/ru/products.html> (дата обращения: 12.09.2024).
6. Seco Milling Cutters URL: https://www.secotools.com/article/m_6888 (дата обращения: 16.09.2024).
7. НИР Каталог продукции URL: <https://www.zao-nir.com/catalog/> (дата обращения: 20.09.2024).
8. YG-1 E-CATALOG URL: https://product.yg1.solutions/resource/e_catalog (дата обращения: 15.11.2024).

Учебное издание

Жидяев Алексей Николаевич
Болотов Михаил Александрович

**РАЗРАБОТКА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ
ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ АДЕМ-VX 9.1**

Практикум

Редакционно-издательская обработка
издательства Самарского университета

Подписано в печать 27.12.2024. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печ. л. 5,25.
Тираж 27 экз. Заказ . Арт. – 19(Р2ПР)/2024.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.