

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Рязанский государственный радиотехнический
университет имени В.Ф. Уткина»**

О.В.МИЛОВЗОРОВ

**«РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕКОЙ 3D-МОДЕЛИ
ДЕТАЛИ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ СТАНКА
С ЧПУ В CAD-CAM СИСТЕМАХ»**

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине
«Автоматизированные системы конструкторско-технологической подготовки
производства» для студентов специальности 15.03.04 «Автоматизация
технологических процессов и производств»

Рязань 2026

ББК 34.5-5

М 60

УДК 621.

Миловзоров О.В.

Разработка параметрической 3D-модели детали и управляющей программы станка с ЧПУ в CAD-CAM системах: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Автоматизированные системы конструкторско-технологической подготовки производства» для студентов специальности 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств». Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», 2026.- 64 с.

Рецензент: зав. каф. АИТП Рязанского государственного радиотехнического университета, к.т.н., доцент М.В.Ленков

Рассматриваются вопросы разработки параметрических 3D-моделей деталей в системе T-Flex CAD 3D. Рассматриваются вопросы разработки управляющих программ для станков с ЧПУ на основе САМ-систем, в качестве которой используется система PEPS Milling 2,5 D.

Пособие рекомендуется студентам очного, очно-заочного и заочного отделений спец. 15.03.04.

Ил. 65. Библиогр.: 2 назв.

Ключевые слова: CAD-системы, 3D-моделирование, T-Flex CAD 3D, САМ-системы, PEPS Milling 2,5D, управляющие программы для станков с ЧПУ, типовые циклы обработки.

© Рязанский государственный радиотехнический
университет имени В.Ф. Уткина», 2026

© О.В. Миловзоров, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	4
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	5
ЗАДАНИЕ 1. РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ 3D-МОДЕЛИ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ В СИСТЕМЕ T-FLEX CAD 3D.....	6
ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА.....	6
ПОСТРОЕНИЕ ЧЕРТЕЖА	6
ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ 3D-МОДЕЛИ	12
ЗАДАНИЕ 2. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ С ЧПУ .	16
САМ-СИСТЕМЫ И БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ	16
Основные подходы при разработке управляющих программ.....	16
Понятие эквидистанты	17
Этапы разработки управляющей программы и варианты заданий.....	19
ВВОД ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛИ	24
Ввод геометрии обрабатываемых контуров с помощью команд CAD- подсистемы	24
Ввод геометрии обработки на основе 3D-модели	25
ФОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ	33
Определение исходных данных для управляющей программы	33
Определение заготовки	34
Определение операций обработки.....	35
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ	51
ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКСТА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ (NC- КОД):.....	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	61

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из двух заданий.

В первом задании осуществляется разработка параметрической 3D-модели корпусной детали в системе T-Flex CAD 3D.

Во втором задании осуществляется разработка программы управления для станка с ЧПУ. В качестве системы для разработки программы используется САМ-система PEPS V5.3.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для выполнения курсового проекта на компьютере должно быть установлено следующее программное обеспечение:

- ***CAD-система T-Flex CAD 3D*** – необходима для разработки 3D-модели детали в первом задании курсового проекта;
- ***Camtek Peps 5.3*** - объектно-ориентированная САМ-система для внешнего программирования любого станка с ЧПУ, необходима для выполнения второго задания курсового проекта.

построим кликом мышью оси координат в центре чертежа. Выйдите из команды построения осей кликом по правой клавише мыши.

Далее рассмотрим способы построения прямых. Первым кликом мыши активизируется команда - способ построения прямой, вторым - элемент, относительно которого выполняется построение. По умолчанию активна команда построения прямых  и она подсвечивается. В этой команде можно строить параллельные прямые, а также прямые, проходящие через узел. При построении параллельной прямой необходимо выбрать опорную прямую, параллельно которой будет построена новая. При наведении курсора на элемент чертежа он подсвечивается зеленым цветом. Так происходит при выполнении любой команды построения элементов чертежа, чтобы проектировщик мог убедиться, что элемент им выбран правильно. Выполните клик по вертикальной прямой. Опорный элемент выбран, теперь система ожидает значение параметра - расстояния от опорной прямой. Его можно ввести либо, отведя курсор в нужную сторону и сделав клик. В этом случае система привяжется к той точке экрана, на которую указывал курсор во время клика. Такой способ построения для точных чертежей не приемлем. Курсором удобно указать сторону - в нашем случае справа или слева. Точное расстояние при этом следует ввести, напечатав его с клавиатуры, например, 100. При этом на экране построится новая прямая. Если Вам нужно, чтобы она построилась с противоположной стороны от экрана, введите перед числом знак "-". Наблюдаем, как в зависимости от вводимого числа и его знака система строит разные прямые.

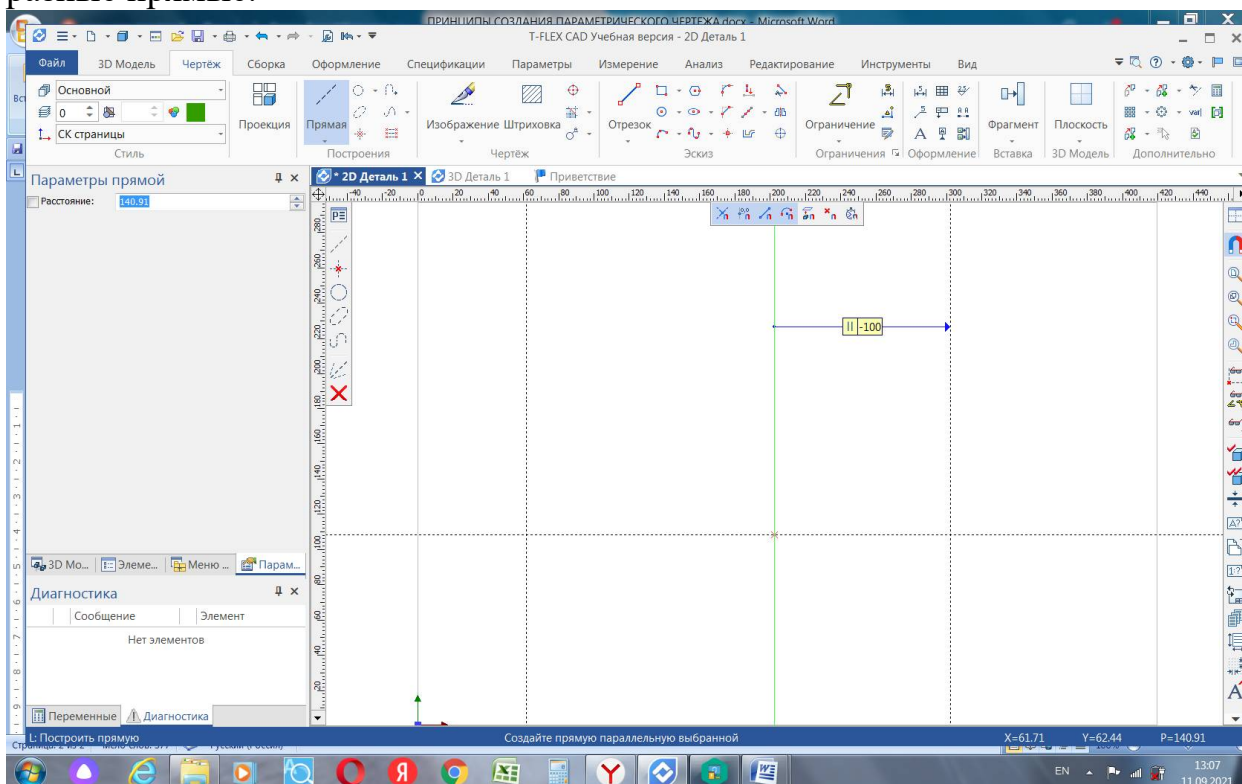


Рисунок 1.3 – Построение прямых

Обратите внимание, что знак минус соответствует прямым, расположенным справа от вертикальной, а знак плюс - слева. Для ввода значения параметра нажмите Enter и прямая будет построена и зафиксирована

системой. Нажмите левую клавишу мыши и выйдите из команды. Теперь укажите системе горизонтальную прямую в качестве опорной и построим прямую, параллельную ей и расположенную выше на расстоянии 50.

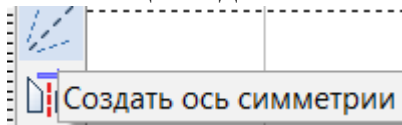
Порядок формирования параллельной прямой:

- активизация кликом ЛКМ команды 
- выбор кликом ЛКМ опорного элемента
- ввод численного значения параметра
- выход из команды.

Далее построим прямую, соединяющую два узла. Наведите курсор на правое верхнее пересечение прямых, при этом они обе подсвечиваются. Выполним клик ЛКМ. Узел в точке пересечения создан и выбран. Теперь выберем левый нижний узел, являющийся пересечением осей координат и выполним клик ЛКМ. Прямая построена. Здесь нет необходимости нажимать Enter, т.к. оба узла выбраны и численного значения вводить не нужно. Нажатием ПКМ выйдите из команды.

Далее построим прямую, проходящую через узел под углом. Если курсор наводится на уже имеющийся узел, подсвечивается он, если узла еще нет, то пересекающиеся прямые. Наведите курсор на правый верхний узел и выполните клик ЛКМ. Введите значение угла 120 и нажмите Enter.

Еще один способ построения прямой - создание оси симметрии



. Построим ось симметрии между основными прямыми, которые формируют оси координат под углом -45. Выполним клик по указанной команде, а затем- клик по горизонтальной прямой справа от точки (0,0), а затем пот вертикальной внизу от точки (0,0).

В результате всех построений получится следующее (рис.1.4):

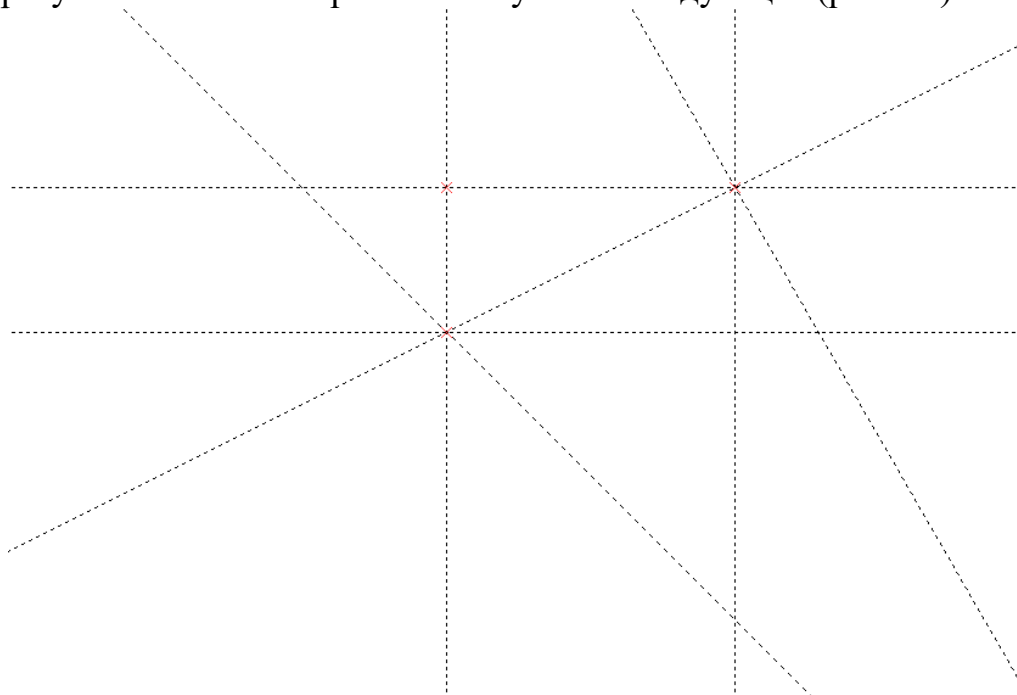


Рисунок 1.4 – Результат построений

Для построения горизонтальных  и вертикальных  прямых требуется указать узел, через которую должна пройти прямая. Освоим эти способы построения, используя полученные пересечения прямых. Вертикальную прямую построим в точке пересечения прямой - оси X с наклонной прямой под углом 120 градусов. Выполните клик по кнопке , после чего - по указанной точке пересечения. Выйдите из команды.

Горизонтальную прямую построим в точке пересечения прямой, построенной как ось симметрии, с вертикальной прямой (внизу рисунка). Выполните клик по кнопке , после чего - по указанной точке пересечения. Выйдите из команды. В результате построений имеем (рис.1.5):

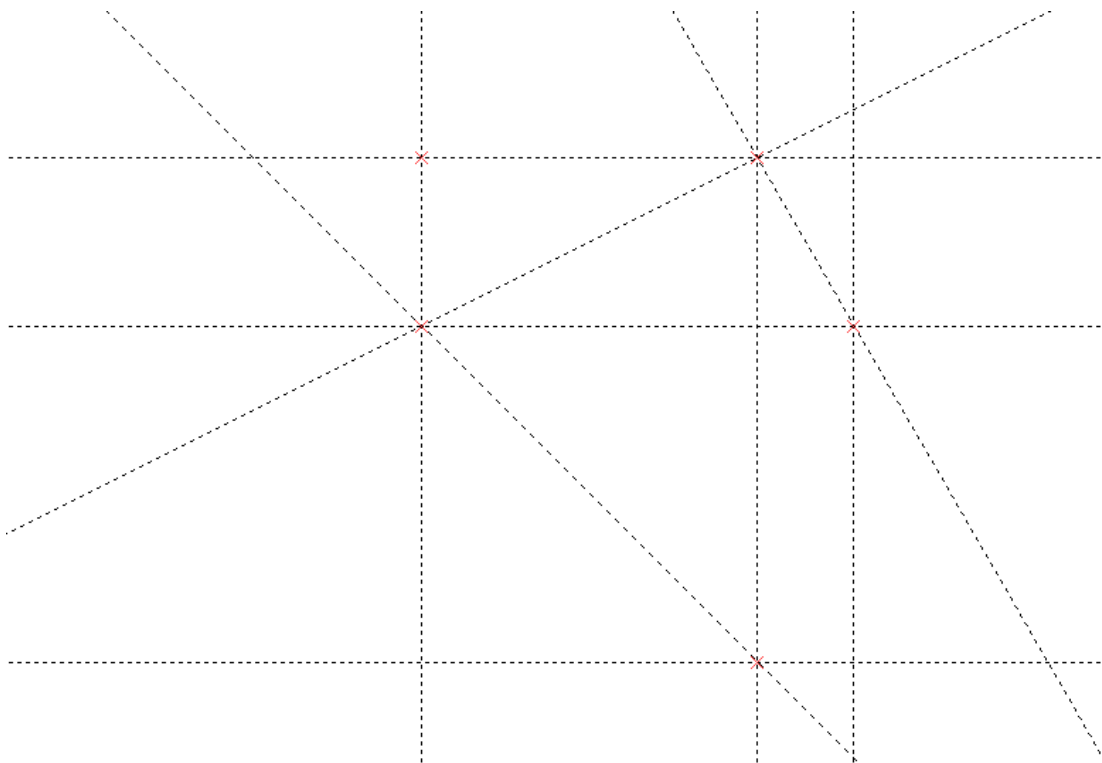


Рисунок 1.5 – Построение вертикальной и горизонтальной прямых через узел

Прямая также может быть построена как касательная к уже имеющимся на чертеже окружности или эллипсу. Эти способы опробуем позже.

Рассмотрим способы построения окружностей. Как и для прямых, команда построения окружности  имеет несколько способов построения, выбор которого осуществляется из вертикальной линейки кнопок. Для построения окружности необходимо либо задать ее центр и радиус окружности каким-либо способом, либо задать две точки на окружности, а центр система построит сама. По умолчанию система предлагает построение окружности из ее центра путем указания нужного узла. Построим окружность с центром в правом нижнем углу прямоугольника 100x50. Выполним клик по команде  в меню "Построения". Затем - клик по пересечению прямых - правый нижний угол прямоугольника. Введите с клавиатуры значение радиуса - 10 и нажмите Enter.

Очень часто в чертежах возникает необходимость выполнить сопряжение радиусом двух прямых. В этом случае окружность должна касаться

сопрягаемых элементов. Выполним это построение. Выполните клик по кнопке  - выбор касательной прямой, после чего выполните клики по диагонали прямоугольника 100x50 и оси симметрии. Затем введите значение радиуса - 20 и нажмите Enter. Выйдите из команды.

В результате всех построений имеем следующее (рис.1.6):

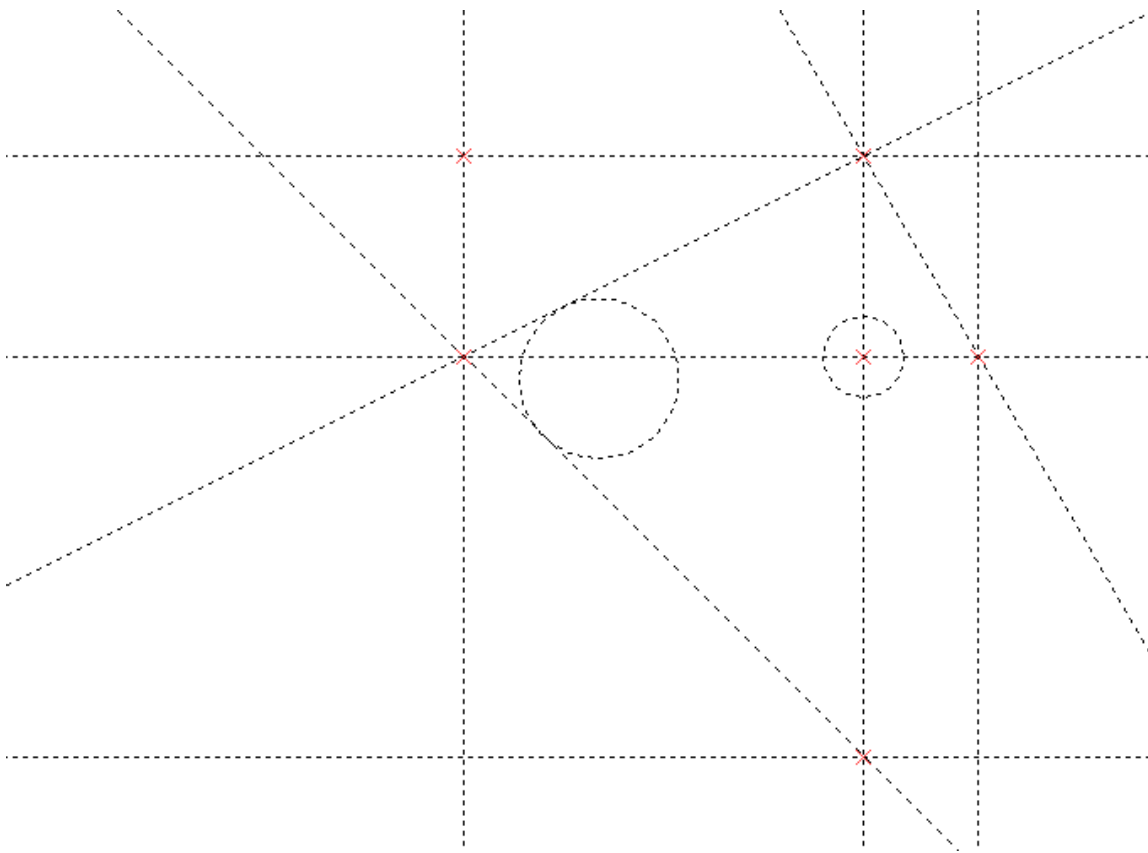
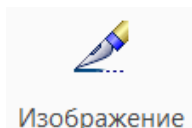


Рисунок 1.6 – Результат всех построений

Выполним обводку линий построения с помощью команды **Изображение**



Выполним клик по команде. Затем наведем на верхнюю точку касания окружности диагонали прямоугольника и выполним клик. Обводка начнется с этой точки. Далее системе нужно показать элементы, по которым должна быть выполнена обводка и узлы, в которых происходит переход от одного элемента к другому. Наведите курсор на диагональ прямоугольника, он при этом подсветится, и выполните клик. Далее выполним клик по правому верхнему углу прямоугольника, затем - по прямой, проведенной под углом 120 градусов, затем - по узлу, где прямая пересекается с вертикальной, затем - по вертикальной прямой, затем - по пересечению ее с горизонтальной, затем по горизонтальной, по узлу, по прямой - оси симметрии, затем по точке пересечения этой прямой с окружностью, затем по самой окружности и закончим в исходной точке. Нажмите ПКМ для окончания обводки. Для обводки целиковой окружности достаточно выполнить по ней клик.

В результате всех построений имеем следующее (рис.1.7):

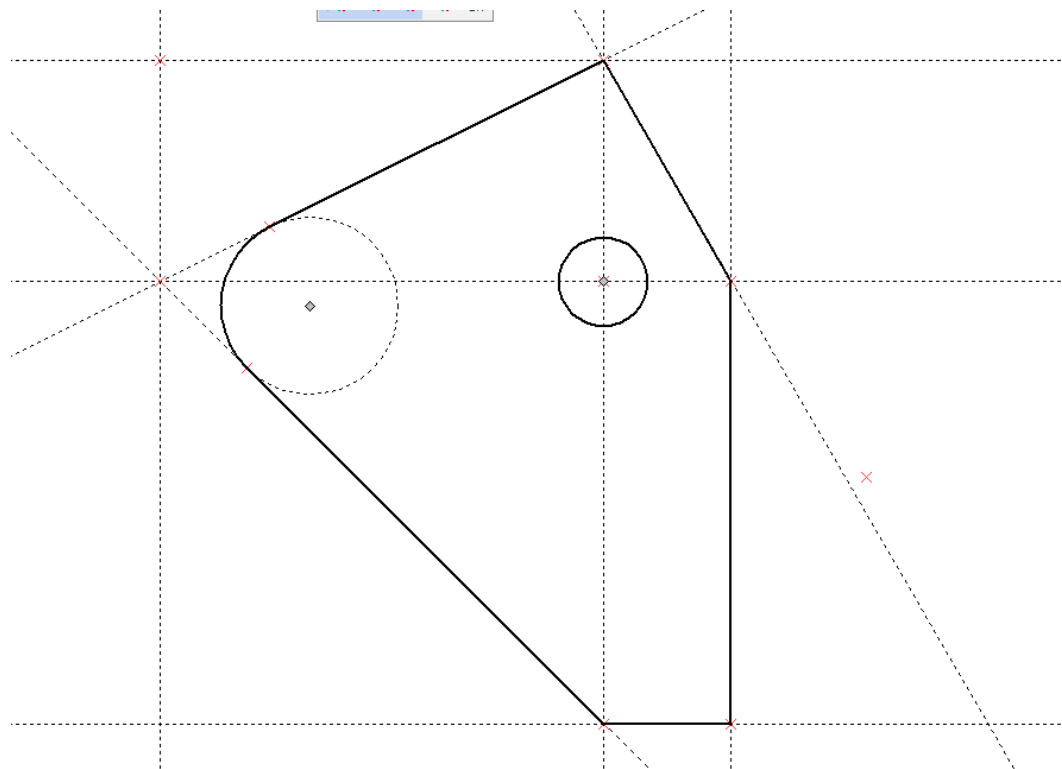


Рисунок 1.7 – Результат обводки линий построения

Теперь покажем, как просто происходит перестроение чертежа при изменении значений параметров.

Выйдите из команды Изображение нажатием ПКМ. Система готова к редактированию. Напомним, какие элементы в какой последовательности создавались

1. Оси координат
2. Горизонтальная и вертикальная прямые, параллельные осям
3. Диагональ прямоугольника
4. Прямая из верхнего угла под углом 120 градусов
5. Ось симметрии
6. Вертикальная и горизонтальные линии через точки пересечения
7. Окружность из центра с радиусом
8. Окружность как сопряжение прямых с радиусом.

Наведите курсор на верхнюю горизонтальную прямую, она подсветится, теперь нажмите ЛКМ и мышью перемещаем прямую. Наблюдаем, как происходит перестроение всех линий чертежа, за исключением окружности. Нажмите ПКМ.

Кликните ЛКМ по наклонной прямой под 120 градусов. Вращаем прямую и наблюдаем за перестроением чертежа. Нажмите ПКМ.

Кликните ЛКМ по оси X и перемещаем ее. Чертеж не изменяется, а только смещается по вертикали, т.к. эта прямая - базовая опорная. Нажмите ПКМ.

Кликните ЛКМ по окружности, построенной как сопряжение прямых. Чертеж изменяется только в части этого сопряжения, остальные элементы не изменяются. Нажмите ПКМ.

Выполните клик по крайней правой вертикальной линии. Она не подсвечивается и никаких изменений и перемещений при перетаскивании

мыши не происходит, т.к. линия построена через узел, который привязан к наклонной прямой под углом 120 градусов. Точно также не активизируется прямая - ось симметрии.

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ 3D-МОДЕЛИ

Разработку параметрической 3D-модели рассмотрим на примере (рис. 1.8).

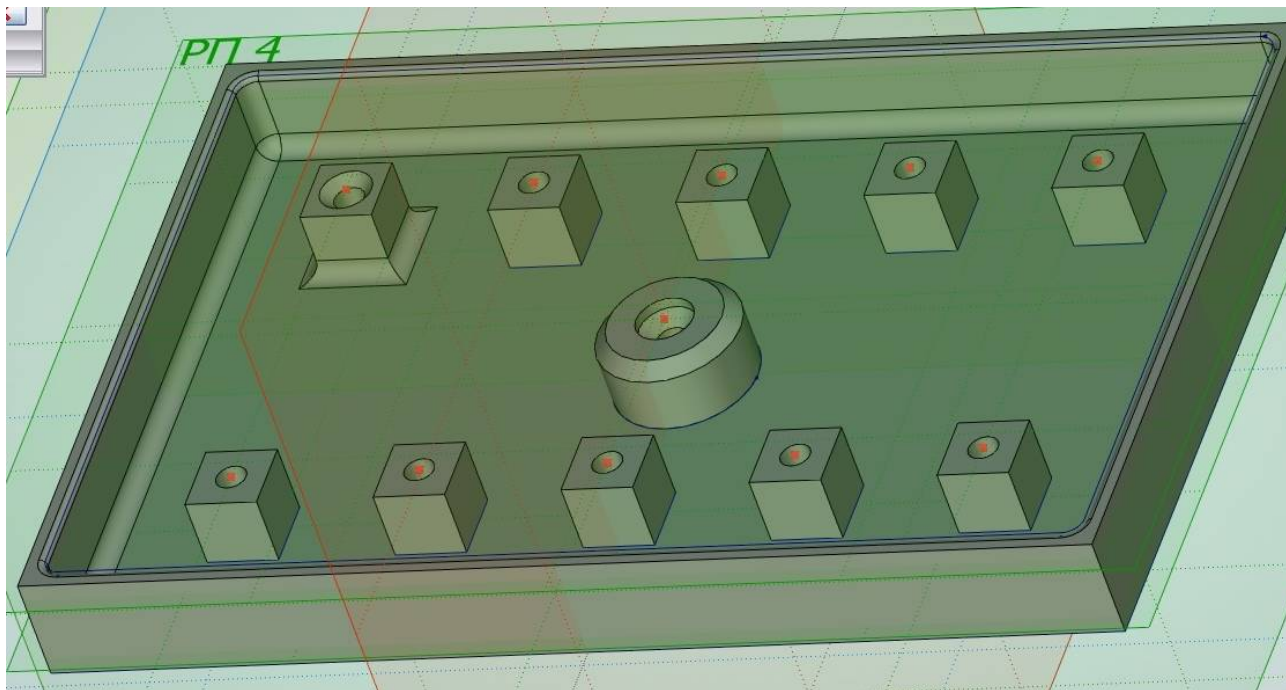


Рисунок 1.8 – 3D-модель детали

Создадим систему переменных для размеров детали.

- А – размер детали по горизонтали (ось X);
- В – размер детали по вертикали (ось Y);
- Н – размер детали по высоте (ось Z);
- G – глубина кармана (ось Z);
- Т – толщина стенок;
- R – радиус скругления в углах детали;
- С – расстояние между стенкой и бобышками по обеим осям;
- а – размер стороны бобышки;
- h – высота бобышек;
- D – диаметр центральной бобышки;
- dc – диаметр центрального отверстия;
- d – диаметр отверстий в бобышках;
- r – радиус скруглений и размер фасок

Оценим деталь и определим порядок формирования ее модели. Деталь – корпусная, сформирована из проката «плита» путем вырезания фрезой внутреннего кармана. Таким образом, сначала на рабочей плоскости «Вид сверху» формируем чертеж прямоугольного контура. Поскольку деталь симметрична, начало координат будет в центре симметрии. Вертикальные и

горизонтальные линии построения контура будут располагаться на расстояниях $\pm A/2$ и $\pm B/2$.

Выталкиванием выполним формирование плиты.

На верхней грани плиты формируем контур кармана через размеры А, В и толщину стенок Т. Выталкиваем контур на глубину G и вычитаем полученное тело из тела плиты.

На нижней грани кармана выполняем формирование контуров бобышек. Выполняем рисование контура дна кармана через размеры А, В и Т. Через размеры С (расстояние между стенками и бобышками) и размер а (размер стенки квадратной бобышки) формируем прямые, образующие контур верхней левой бобышки, точки опорных (нижний левый) углов крайней верхней правой бобышки и крайней нижней левой бобышки. Обводим контур верхней левой бобышки.

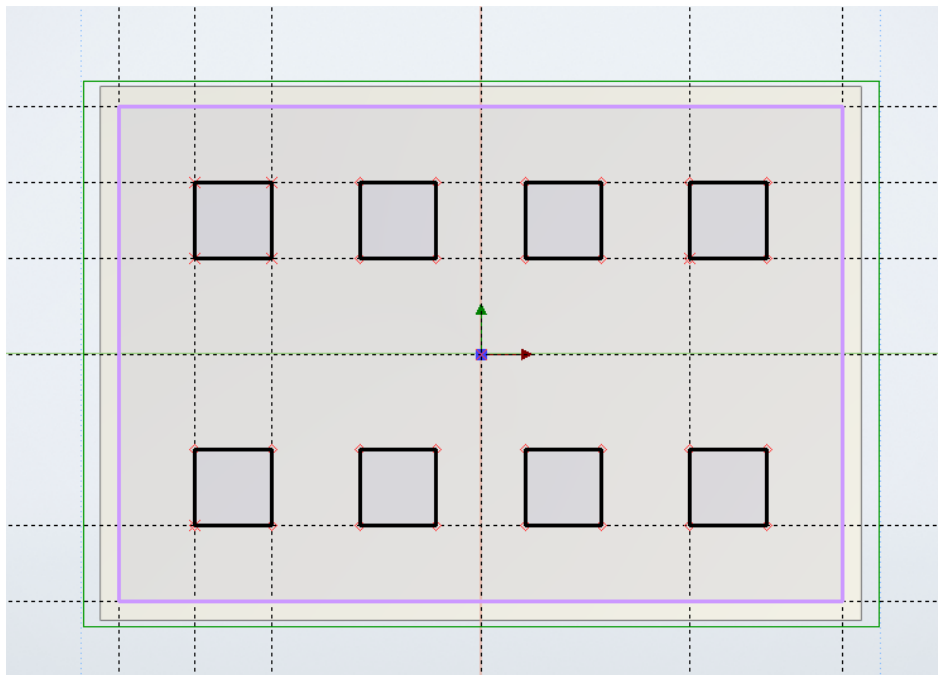


Рисунок 1.9 – Формирование контуров бобышек

С помощью операции формирования линейного массива  делаем копии верхнего ряда бобышек. Мышью выделяем контур бобышки. В опциях операции выбираем – количество копий и длина, в количестве копий по горизонтали указываем переменную KG, в количестве копий строк – 1. Затем мышью указываем исходную точку для массива – опорный угол бобышки, затем – место расположения опорного угла крайней правой бобышки.

Затем с помощью операции копирования с переносом  формируем нижний ряд бобышек в следующей последовательности. Выделяем мышью весь ряд контуров бобышек, кликаем мышью по опорной точке крайней левой бобышки, затем – по опорной точке нижней левой бобышки.

С помощью команды черчения окружности формируем окружность контура центральной бобышки диаметром D. Обводим окружность. Формирование профиля для команды выталкивания закончено (рис.1.10).

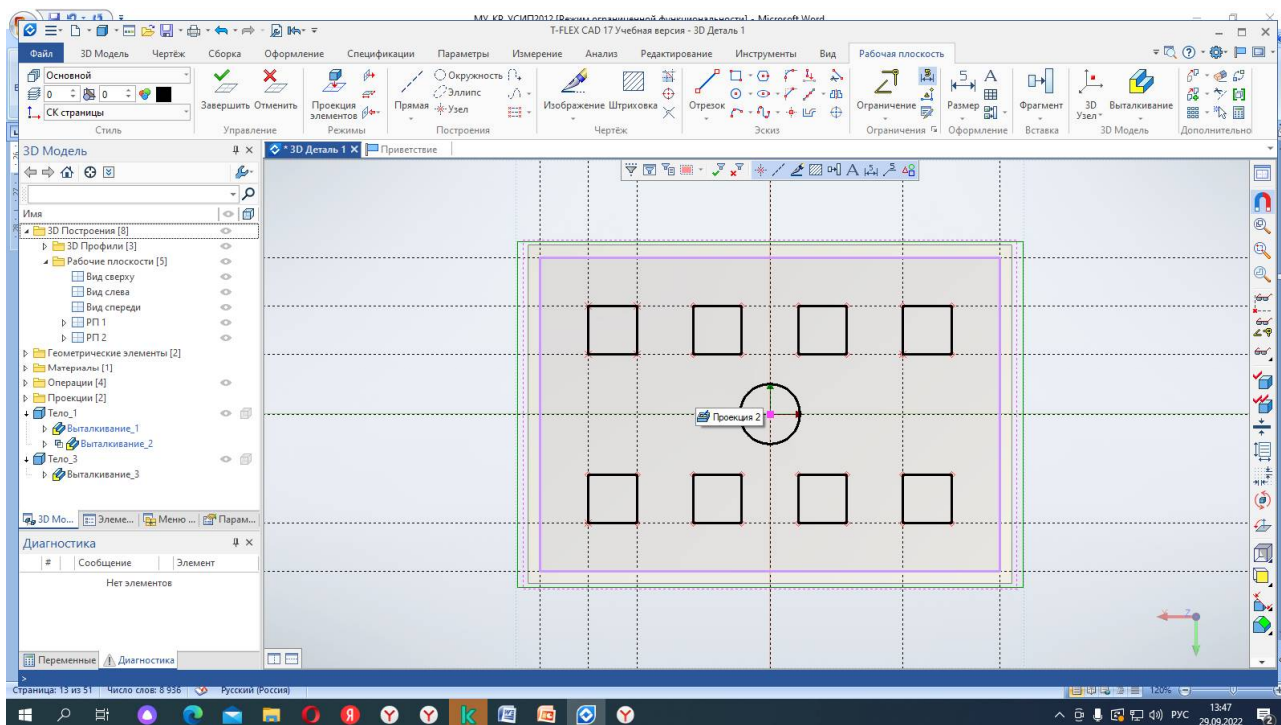


Рисунок 1.10 – Формирование профиля для контуров бобышек

Выполняем операцию выталкивания полученного профиля на величину h и булевым сложением объединяем все элементы в одно тело (рис.1.11).

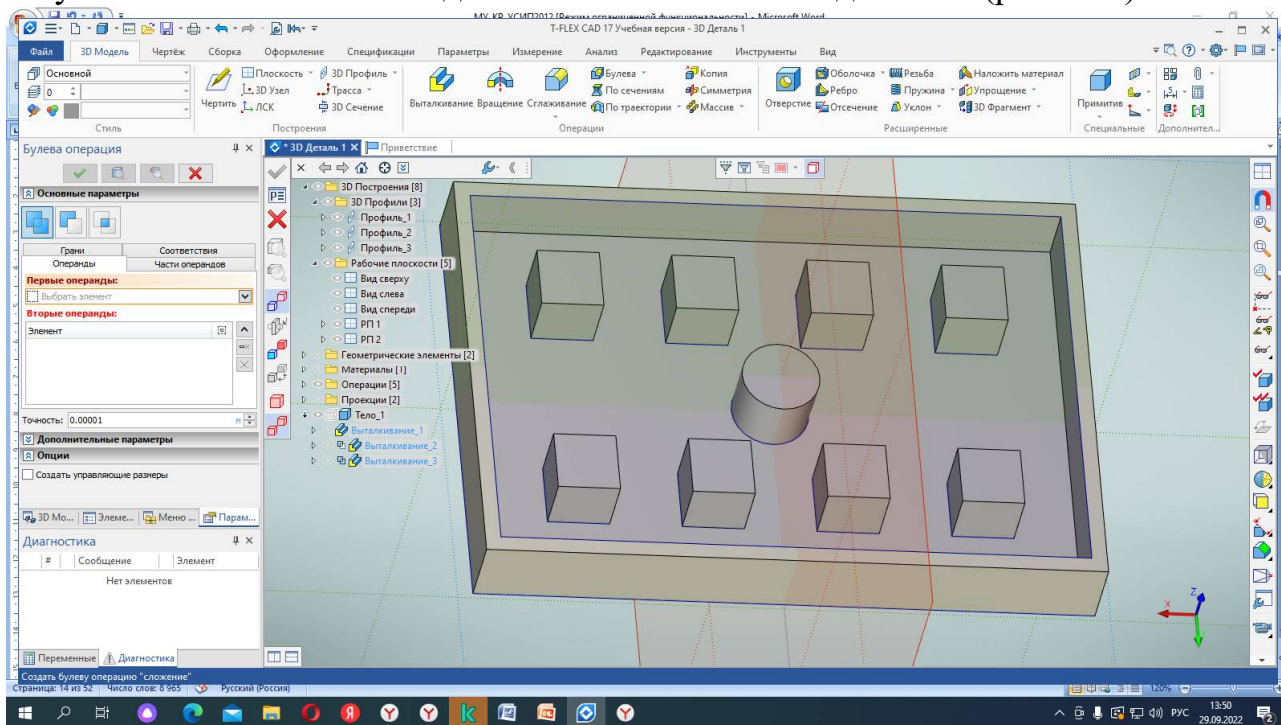


Рисунок 1.11 – Формирование тела

Далее выполняем операцию сглаживания радиусом R в углах кармана корпуса. Выполняем сглаживание радиусом r всех ребер на дне кармана, включая бобышки (рис 1.12).

Выполняем сглаживание фаской r х 45 всех верхних поверхностей бобышек (рис 1.13).

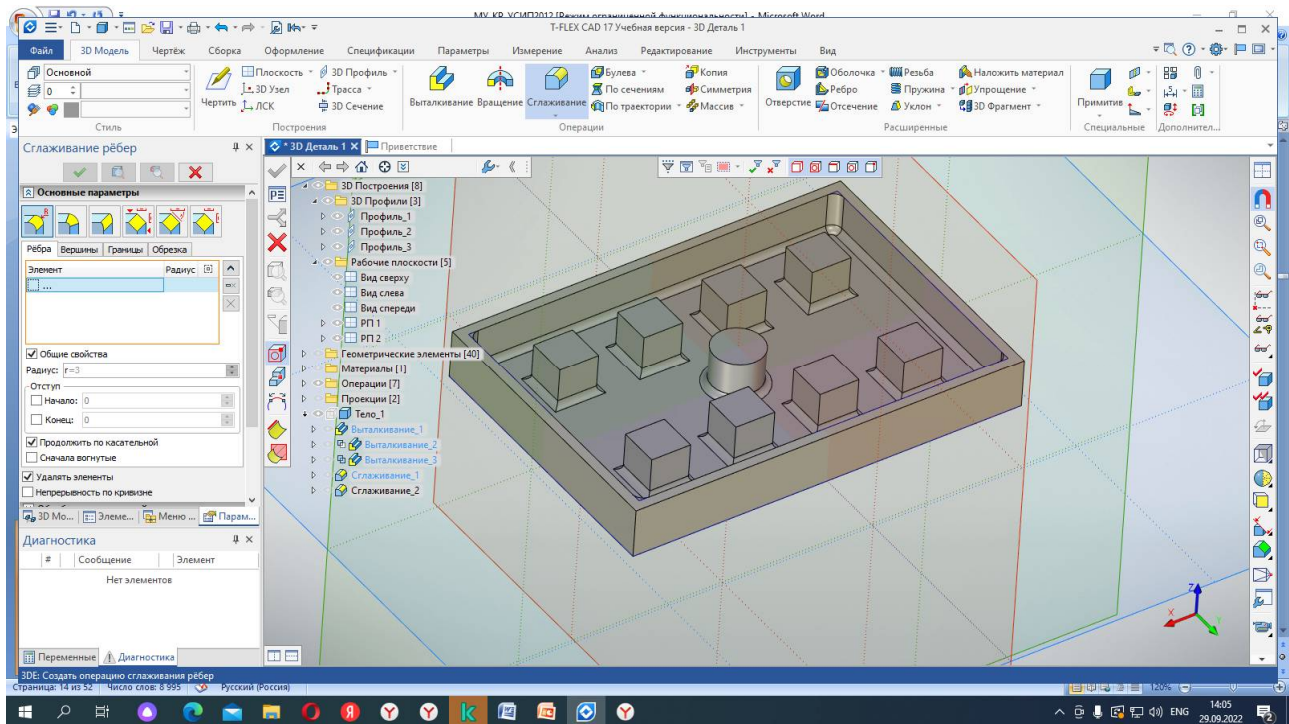


Рисунок 1.12 – Формирование сглаживания радиусом

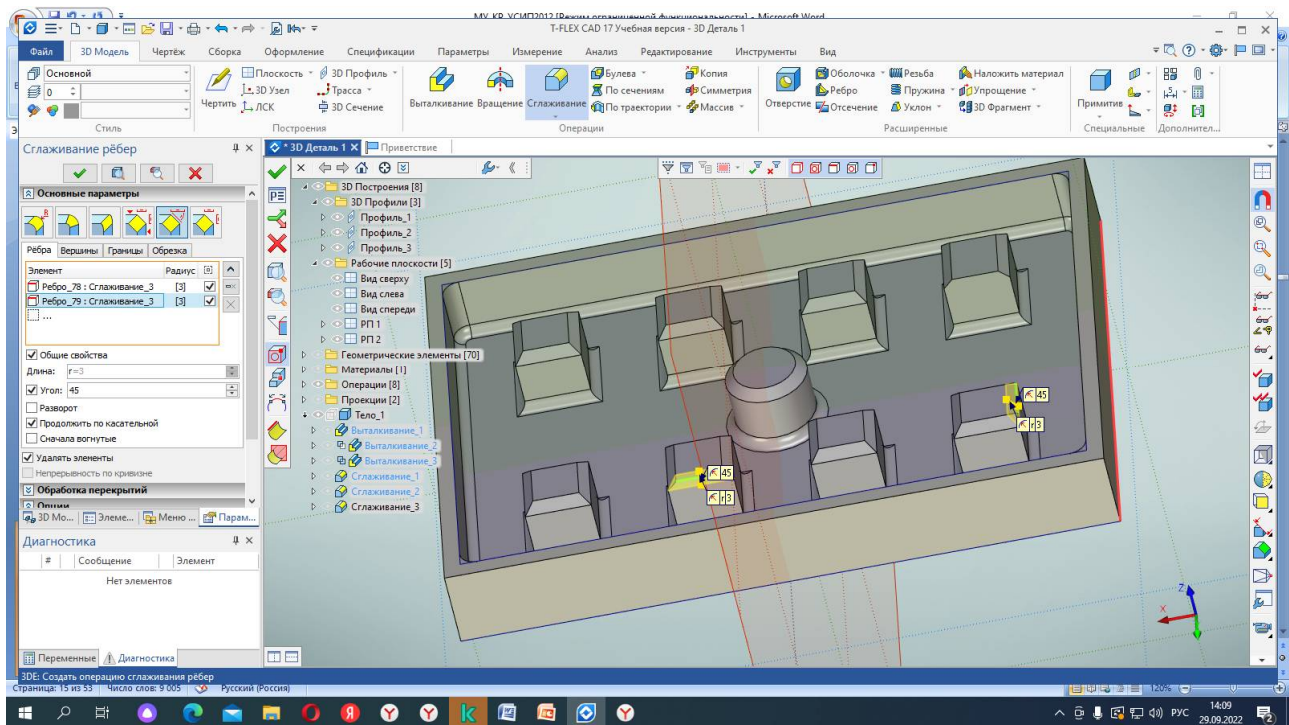


Рисунок 1.13 – Формирование фасок

ЗАДАНИЕ 2. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ С ЧПУ

САМ-СИСТЕМЫ И БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Основные подходы при разработке управляющих программ

Существует два основных подхода к разработке управляющих программ для станков с ЧПУ:

- разработка на самом станке на основе встроенной в УЧПУ (устройство числового программного управления) станка специализированного программного обеспечения – системы программирования;
- разработка вне станка на внешнем компьютере с использованием системы класса САМ (computer aided manufacturing).

Первый подход используется операторами станков с ЧПУ. Второй – инженерами технологических подразделений. В России традиционно разработкой управляющих программ занимаются инженеры-технологи. Львиная доля управляющих программ разработана именно с использованием САМ-систем.

Общее количество таких систем составляет несколько десятков и приближается к сотне. Их разработкой занимаются многие зарубежные и отечественные фирмы.

САМ-системы имеют модульную структуру. Модули ориентируются на определенный вид обработки и уровень сложности этой обработки. По видам обработки модули делятся на: токарную, фрезерную, для токарных обрабатывающих центров, сверлильно-расточную, электроэрозионную, лазерную.

Виды обработки реализуются разными модулями, в зависимости от количества управляемых осей (число одновременно работающих приводов подачи) они подразделяются на:

- 2D токарные;
- 2,5D фрезерные;
- 2,5D электроэрозионные (проволочные);
- 3D фрезерные;
- 4D для токарных обрабатывающих центров;
- 5D фрезерные;
- 5D для токарных обрабатывающих центров;
- 5D лазерные;

В Советском Союзе эти системы именовались системами автоматизированного программирования (САП) и в старой литературе еще можно встретить это название. В настоящее время используется международное название этих систем – САМ.

Система САМ имеет в своем составе ряд подсистем:

- подсистема ввода геометрической информации о детали (CAD-подсистема);
- подсистема «процессор», обеспечивающая формирование траектории перемещения режущего инструмента и описание этой траекторий на универсальном языке CLDATA (cutter location data – данные о положении режущего инструмента);
- подсистема трехмерного моделирования процесса обработки;
- набор подсистем – постпроцессоров, обеспечивающих формирование управляющих программ для конкретных стоек ЧПУ, конкретных станков.

Понятие эквидистанты

Во втором задании курсового проекта предлагается разработать управляющую программу обработки корпусной детали в САМ-системе PEPS Milling 2,5D. Эта система позволяет выполнять разработку управляющих программ для фрезерных 2,5 координатных станков, в которых основным рабочим перемещением режущего инструмента является перемещение в плоскости XY на фиксированной глубине, задаваемой координатой Z, т.е. обработка ведется так называемыми «строчками» - плоскими кривыми.

В управляющей программе закодированы перемещения режущего инструмента относительно неподвижной заготовки. Для однозначного описания его траектории перемещения вводят понятие эквидистанты.

Эквидистанта в системе ЧПУ – траектория, которую описывает некоторая точка режущего инструмента **P** в процессе обработки детали. У разных инструментов эти точки разные. Отметим, что в математике под эквидистантой понимают некоторую кривую, все точки которой смещены относительно базовой кривой на одно и то же смещение. Эквидистанта в системе ЧПУ может как совпадать с математическим понятием, так и не совпадать.

1) Обработка наружного контура

При обработке фрезой наружного контура понятие эквидистанты в ЧПУ совпадает с математическим определением. Действительно, все точки траектории, описываемой центром фрезы, смещены относительно обрабатываемого контура на радиус фрезы (рис.2.1).

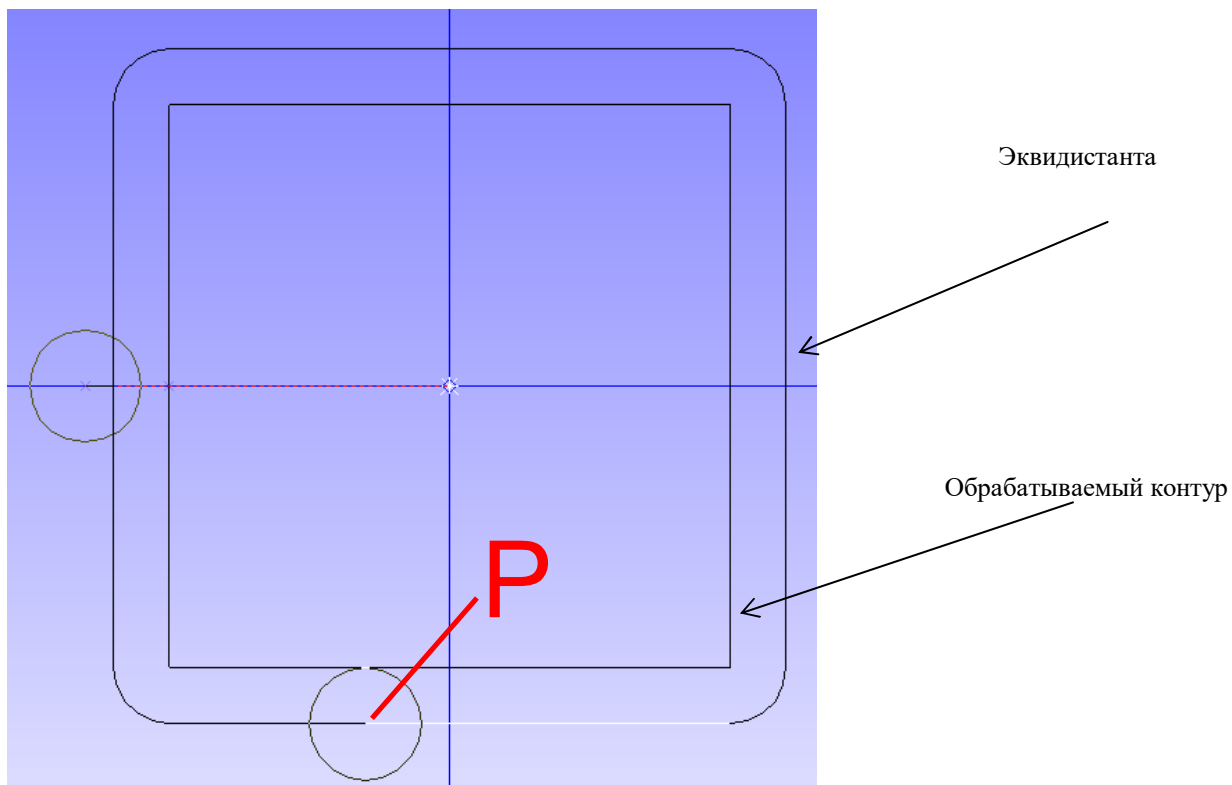


Рисунок 2.1 – Эквидистанта при обработке наружного контура

2) Обработка кармана

При обработке кармана (полость, паз внутри детали) режущий инструмент выполняет спиралевидное перемещение (рис.2.2). Обычно оно начинается из центра кармана.

Сначала на быстром ходу инструмент подводится к центру кармана. При этом плоскость перемещения на быстром ходу заведомо выше верхней плоскости детали (чтобы избежать столкновения инструмента с заготовкой). Затем инструмент быстро опускается к плоскости подвода (обычно это на 2-3мм выше верхней плоскости детали).

Затем следует переход на перемещение с рабочей подачей, инструмент врезается в заготовку. Возможны различные способы врезания:

- вертикально вниз, если предварительно в детали просверлено отверстие;
- врезание по спирали (инструмент, медленно опускаясь, как бы ввинчивается в заготовку);
- маятниковое врезание (инструмент «качается» из стороны в сторону и медленно опускается).

Опустившись на заданную глубину (величина одного прохода), начинается перемещение в плоскости XY (рис.2.2), пока не будет выбран весь материал на заданной глубине.

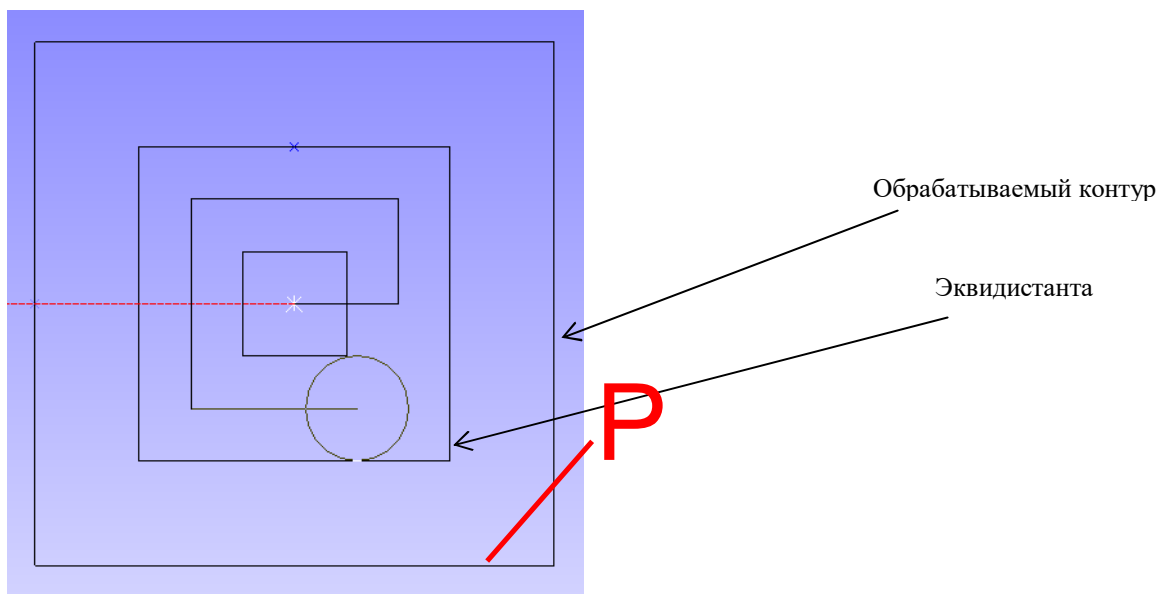


Рисунок 2.2 – Эквидистанта при обработке кармана

При этом траектория не совпадает с математической эквидистантой.

Этапы разработки управляющей программы и варианты заданий

Разработка управляющей программы разбивается на несколько этапов.

Первый этап – разработка геометрической модели детали. Модель детали должна содержать в себе информацию о том, как необходимо перемещать режущий инструмент для ее обработки. Эта информация содержится в обрабатываемых контурах и группах отверстий, выполняемых одним и тем же инструментом. Ввод геометрической информации возможен с помощью средств встроенной подсистемы CAD (черчение вида «сверху»), или с помощью импорта готовой 3D-модели детали, выполненной в любой системе трехмерного твердотельного моделирования, в частности, в системе T-Flex 3D. На основе геометрии детали, линий, формирующих ее контур, создаются фигуры обработки – обрабатываемые контура и группы отверстий одного диаметра.

Второй этап – формирование операций обработки. Операции создаются на основе готовых шаблонов, в которые необходимо ввести недостающую информацию: указать обрабатываемый контур, припуски, параметры технологического процесса, используемого режущего инструмента. При этом подсистема «процессор» формирует все необходимые проходы, подводы и отводы инструмента.

Третий этап – процесс 3D моделирования процесса обработки. Моделирование наглядно демонстрирует весь процесс обработки, при можно обнаружить ошибки в обработке, зарезы и недорезы. По результатам моделирования осуществляется корректировка операций обработки.

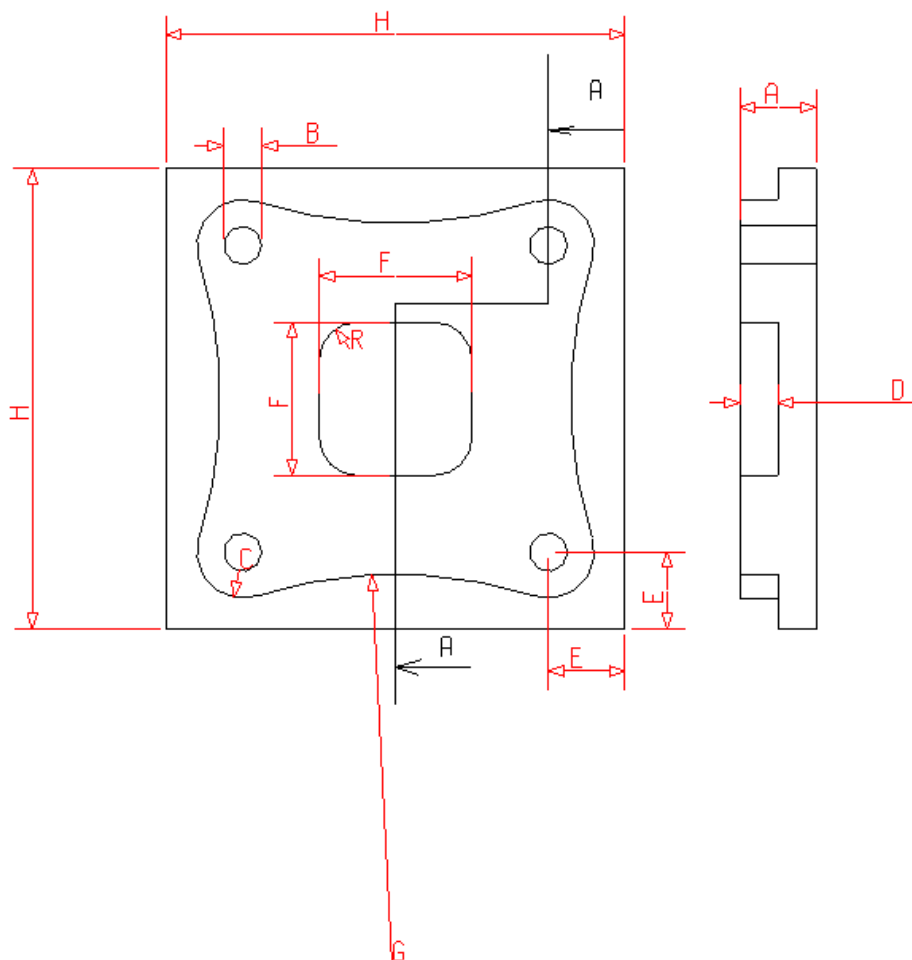
Четвертый заключительный этап – автоматическое формирование управляющей программы в кодах NC с помощью выбранного постпроцессора.

При получении задания тип постпроцессора согласовывается с преподавателем.

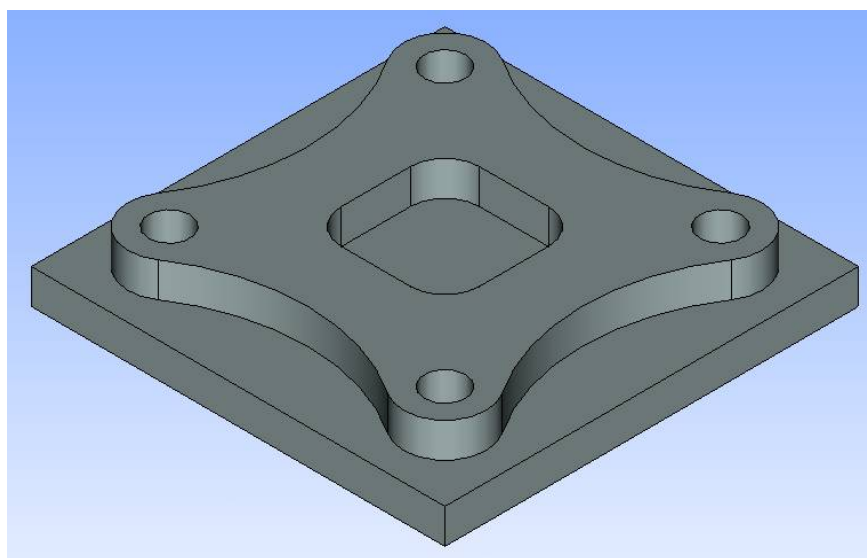
Вариант детали выбирается в соответствии с номером варианта задания. Чертеж (или 3D-модель) детали необходимо согласовать с преподавателем.

Ниже представлены все варианты деталей.

Деталь для курсового проекта студентов заочной формы обучения представлена на рисунке 2.3.



a)



б)

Рисунок 2.3 – Чертеж (a) и 3D-модель (б) детали для студентов заочной и вечерней форм обучения

Таблица 6 – Размеры вариантов детали для студентов заочной и вечерней форм обучения

Размер	Значение				
	Вар 1	Вар 2	Вар 3	Вар 4	Вар 5
A	20	22	24	26	28
B	Ø12	Ø10	Ø12	Ø10	Ø8
C	5	6	7	8	10
D	10	15	14	16	10
E	20	22	24	26	28
F	50	40	50	40	50
G	100	110	120	90	105
H	120	125	130	135	140
R	12	10	8	6	5
Размер	Значение				
	Вар 6	Вар 7	Вар 8	Вар 9	Вар 10
A	30	25	20	25	30
B	Ø12	Ø10	Ø12	Ø10	Ø8
C	10	10	6	8	10
D	16	18	14	20	25
E	25	25	20	25	30
F	50	40	50	40	50
G	100	110	120	90	105
H	140	130	120	125	135
R	10	12	6	5	8
Размер	Значение				
	Вар 11	Вар 12	Вар 13	Вар 14	Вар 15
A	40	42	44	46	48
B	Ø12	Ø10	Ø12	Ø10	Ø8
C	10	10	10	5	5
D	10	15	10	5	10
E	20	25	20	15	20
F	50	40	50	40	50
G	Ø120	Ø140	Ø100	Ø160	Ø180
H	120	120	120	120	120
K	12	10	12	8	12

Детали для курсового проекта студентов очной формы обучения представлены на рисунках 2.4, 2.5.

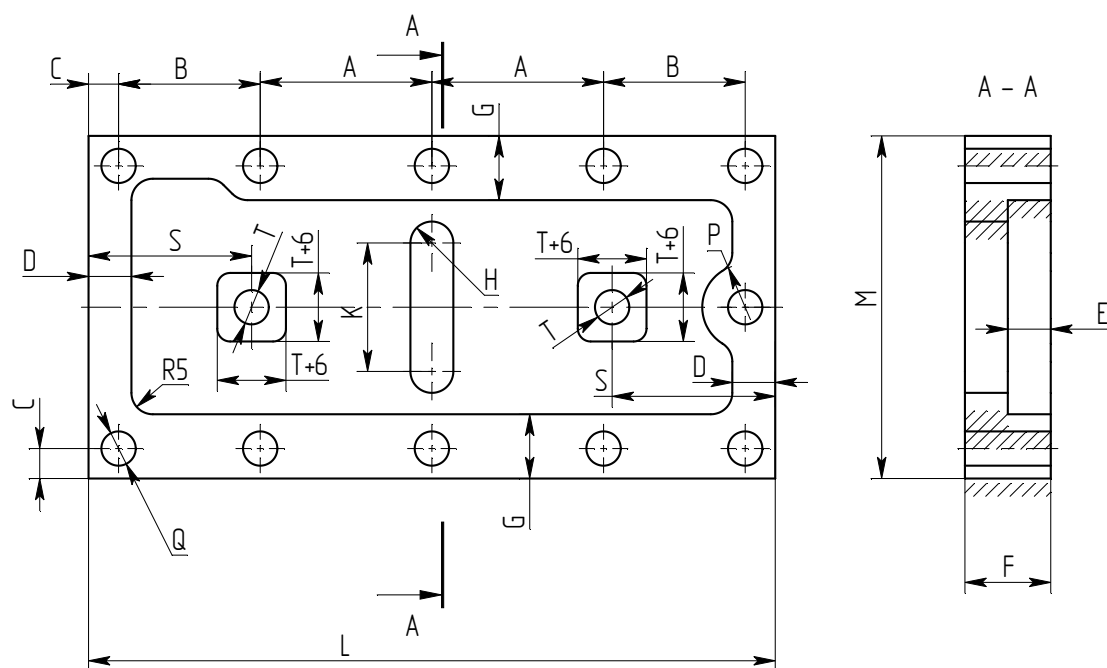


Рисунок 2.4 – Деталь для вариантов 1-15

Таблица 7 – Размеры вариантов детали, представленной на рисунке 2.4

Размер	Значение				
	Вар 1	Вар 2	Вар 3	Вар 4	Вар 5
A	40	35	36,5	40	35
B	33	38	36,5	33	38
C	7	7	7	7	7
D	10	11	12	13	14
E	10	12	14	16	18
F	20	22	24	26	30
G	15	16	17	18	20
H	20	25	30	35	40
K	5	5	5	5	5
L	160	160	160	160	160
M	80	85	90	95	100
P	14	13	13,5	13	14
Q	Ø8	Ø6	Ø7	Ø6	Ø8
S	40	41	42	43	44
T	M8	M7	M6	M5	M9
Размер	Значение				
	Вар 6	Вар 7	Вар 8	Вар 9	Вар 10
A	43	41	39	44	40
B	34	36	38	33	37
C	8	8	8	8	8
D	11	12	13	14	15
E	10	12	14	16	18
F	20	22	24	26	30
G	15	16	17	18	20
H	20	25	30	35	40
K	6	6	6	6	6
L	170	170	170	170	170
M	88	92	96	100	110
P	13	13,5	14	13	13,5
Q	Ø6	Ø7	Ø8	Ø6	Ø7
S	41	42	43	44	45
T	M8	M7	M6	M5	M9
Размер	Значение				
	Вар 11	Вар 12	Вар 13	Вар 14	Вар 15
A	43	48	46	41,5	50
B	40	35	37	41,5	33
C	9	9	9	9	9
D	13	14	15	16	17
E	10	12	14	16	18
F	20	22	24	26	30
G	15	16	17	18	20
H	30	35	40	45	50
K	7	7	7	7	7
L	180	180	180	180	180
M	90	95	100	105	110
P	14	13,5	13	13,5	14
Q	Ø8	Ø7	Ø6	Ø7	Ø8
S	43	44	45	46	47
T	M8	M7	M6	M5	M9

Примечания:

1. Недостающие размеры выполняются произвольно.
2. Высота бобышек определяется исходя из расстояния в 5 мм от верхней плоскости бобышки до верхней плоскости детали

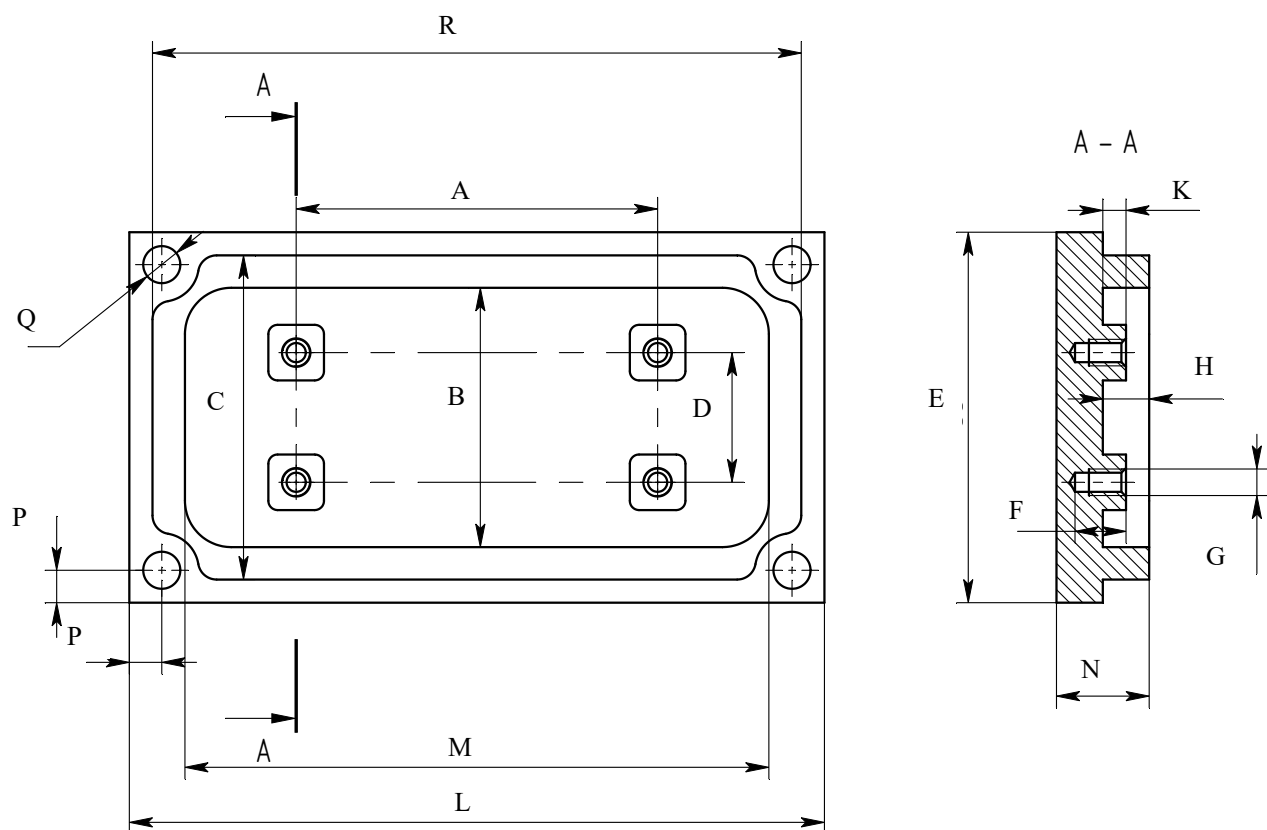


Рисунок 2.5 – Деталь для вариантов 16-30

Таблица 7 – Размеры вариантов детали, представленной на рисунке 2.5

Размер	Значение				
	Вар 16	Вар 17	Вар 18	Вар 19	Вар 20
A	95	90	85	80	75
B	55	76	67	88	100
C	70	90	80	100	110
D	25	46	30	50	65
E	80	100	90	110	120
F	10	12	11	9	13
G	M4	M4,5	M5	M5,5	M6
H	10	12	10	15	8
K	5	5	5	5	5
L	150	150	150	150	150
M	125	126	127	128	130
N	20	25	20	25	20
P	7	7	7	7	7
Q	Ø8	Ø6	Ø8	Ø6	Ø8
R	140	140	140	140	140
Размер	Значение				
	Вар 21	Вар 22	Вар 23	Вар 24	Вар 25
A	100	95	90	85	80
B	62	80	68	87	95
C	70	90	80	100	110
D	32	50	38	57	65
E	85	105	95	115	125
F	10	12	11	9	13
G	M5	M6	M7	M8	M9
H	10	12	10	15	8
K	6	6	6	6	6
L	160	160	160	160	160
M	137	135	133	132	130
N	20	25	20	25	20

P	5	6	7,5	8	10
Q	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø6
R	145	145	145	145	145
Размер	Значение				
	Вар 26	Вар 27	Вар 28	Вар 29	Вар 30
A	105	100	105	95	90
B	51	69	68	90	96
C	76	96	86	106	116
D	25	35	40	60	55
E	88	108	98	118	128
F	10	12	11	9	13
G	M10	M11	M12	M13	M14
H	10	12	10	15	8
K	7	7	7	7	7
L	170	170	170	170	170
M	135	135	135	135	135
N	20	25	20	25	20
P	8	9	10	10	12
Q	Ø8	Ø8	Ø10	Ø12	Ø10
R	150	152	153	154	155

Примечания.

Размер бобышки определяется исходя из резьбы, как диаметр + не менее 3мм на оставшуюся толщину.

Радиусы скруглений наружного контура выступа – 5 мм, для угловых отверстий – исходя из диаметра отверстия.

Радиус скруглений внутреннего кармана – 10мм.

ВВОД ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛИ

Ввод геометрии обрабатываемых контуров с помощью команд CAD-подсистемы

Процесс ввода геометрии детали рассмотрим на примере. Пусть с использованием САМ-системы PEPS Milling 2,5D необходимо разработать программу обработки на станке с ЧПУ, оснащенного стойкой Fanuc 10M, для детали, чертеж которой представлен на рисунке 2.3, вариант выполнения детали – 3.

Для формирования управляющей программы необходимо в систему PEPS ввести геометрию обрабатываемых контуров.

Поскольку обработка ведется на фрезерном 2,5 координатном станке, то для разработки управляющей программы необходимо иметь вид детали сверху – так, как она будет располагаться на столе фрезерного станка.

Для этого воспользуемся возможностями модуля черчения системы PEPS. Для фрезерной 2,5D обработки детали необходимо на виде сверху ввести геометрию контуров, задающих перемещение режущего инструмента.

Основными геометрическими элементами детали (вид сверху) являются

- прямоугольник (квадрат) внешнего контура;
- скругленный прямоугольник (квадрат) внутреннего кармана;
- четыре угловых отверстия диаметром 12мм;
- контур выступа, образованный восемью сопрягающимися окружностями.

Для ввода указанных элементов геометрии воспользуемся командами CAD-подсистемы PEPS:

- черчение прямоугольника;
- черчение окружности;
- черчение сопряженных окружностей;
- обрезка объектов;
- скругление углов радиусом.

Основные геометрические элементы вида сверху:

1. Основной внешний контур – прямоугольник с координатами X0Y0, X120Y120;
2. Карман – скругленный прямоугольник с координатами X35Y35, X85Y85 и радиусом скругления $K=12$;
3. Четыре угловых отверстия с координатами центров X20Y20, X100Y100, X20Y100, X100Y20 и радиусом $R=12$.

Построения для формирования контура выступа

Выступ состоит из участков четырех окружностей диаметром $A=26$ мм и участков четырех окружностей диаметром $G=100$ мм, касающихся окружностей диаметром 26мм. Поскольку окружности касаются, то для их построения необходимо выполнить вспомогательные построения – окружности из центров отверстий радиусом $R=G/2+A/2$, т.е. 63мм. Точки пересечения указанных окружностей будут соответствовать центрам окружностей, сопрягающих окружности диаметром 26мм.

С помощью опции **Удаление выбранных объектов** удалим вспомогательные построения. С помощью опции **Обрезка объектов** сформируем контур выступа.

Формирование контура кармана

Для формирования контура необходимо выполнить скругления в углах квадрата с угловыми координатами X35Y35, X85Y85. Для этого воспользуемся опцией **Скругление дугой двух элементов**.

Ввод геометрии обработки на основе 3D-модели

Геометрию можно ввести также путем импорта трехмерной модели детали. Для этого ее необходимо создать в T-Flex CAD 3D и экспортировать в формате **Parasolid**.

Рассмотрим на примере. 3D-модель детали представлена на рис. 2.6

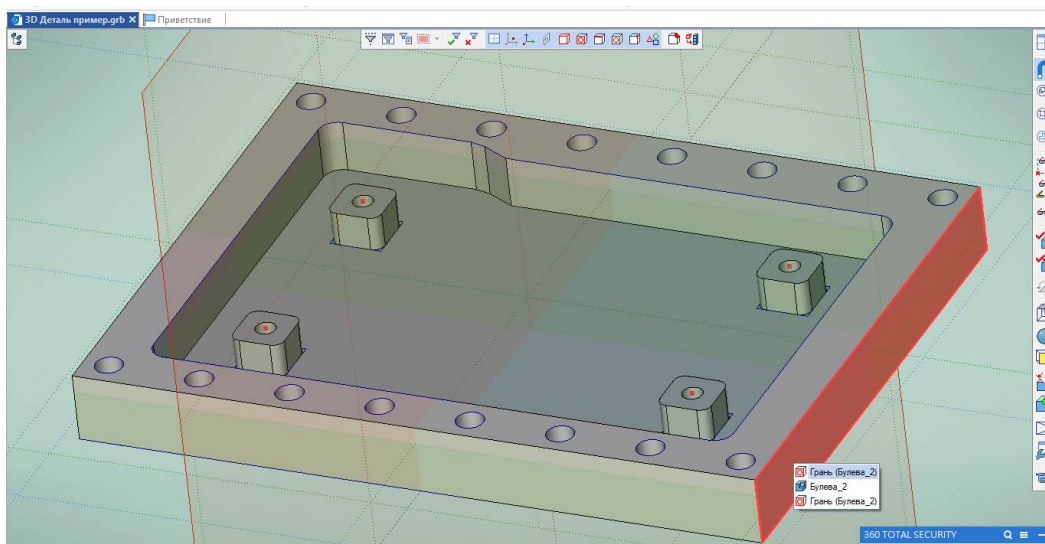


Рисунок 2.6 – 3D-модель детали в T-Flex CAD3D

Выполним экспорт модели в формате Parasolid – рис. 2.7 На поле Parasolid делаем двойной клик. Экспортируем модель на флешку.

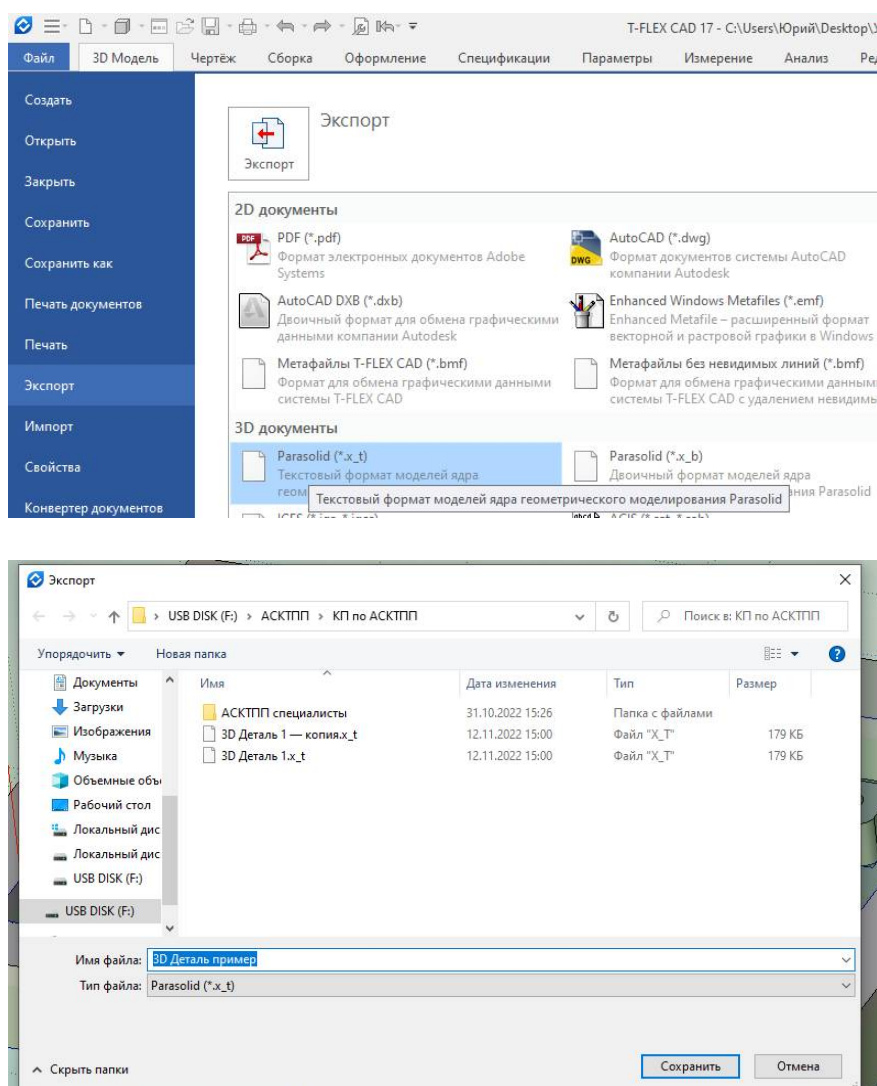


Рисунок 2.7 – Экспорт 3D-модели в T-Flex CAD3D в формате Parasolid

Далее переходим в работу на виртуальную машину. Запускаем виртуальную машину и включаем работу системы PEPS в постпроцессоре Fanuc10: PEPS V5.3/2D Milling/Fanuc 10M (рис.2.8).

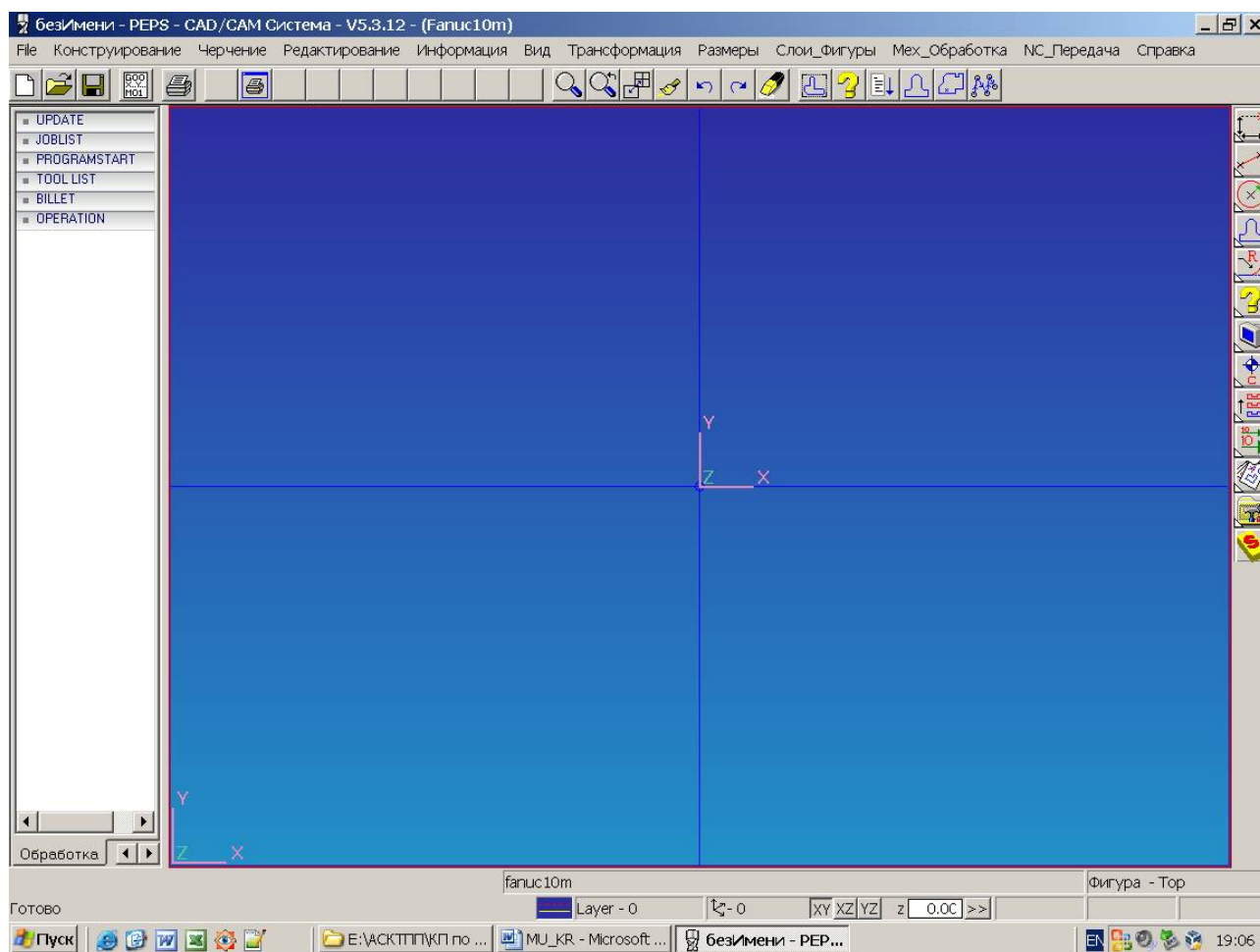


Рисунок 2.8 – Рабочее окно системы PEPS Milling 2,5D

Затем в программе PEPS выполните операцию импорта: File/Data Exchange/Import (рис.2.9).

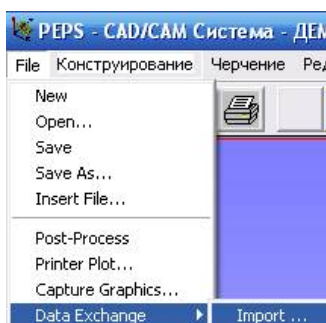


Рисунок 2.9 – Импорт 3D-модели детали в систему PEPS

В окне импорта найдите флешку, свой файл и нажмите «Открыть» (рис.2.10).

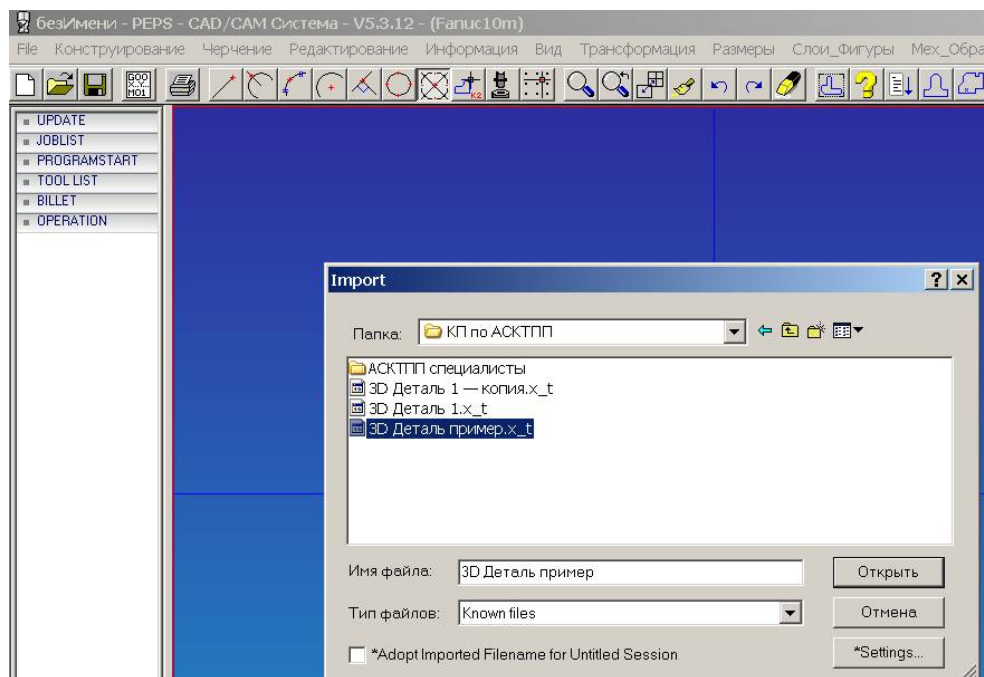


Рисунок 2.10 – Ввод 3D-модели детали в систему PEPS

В результате 3D модель детали будет импортирована в PEPS (рис.2.11).

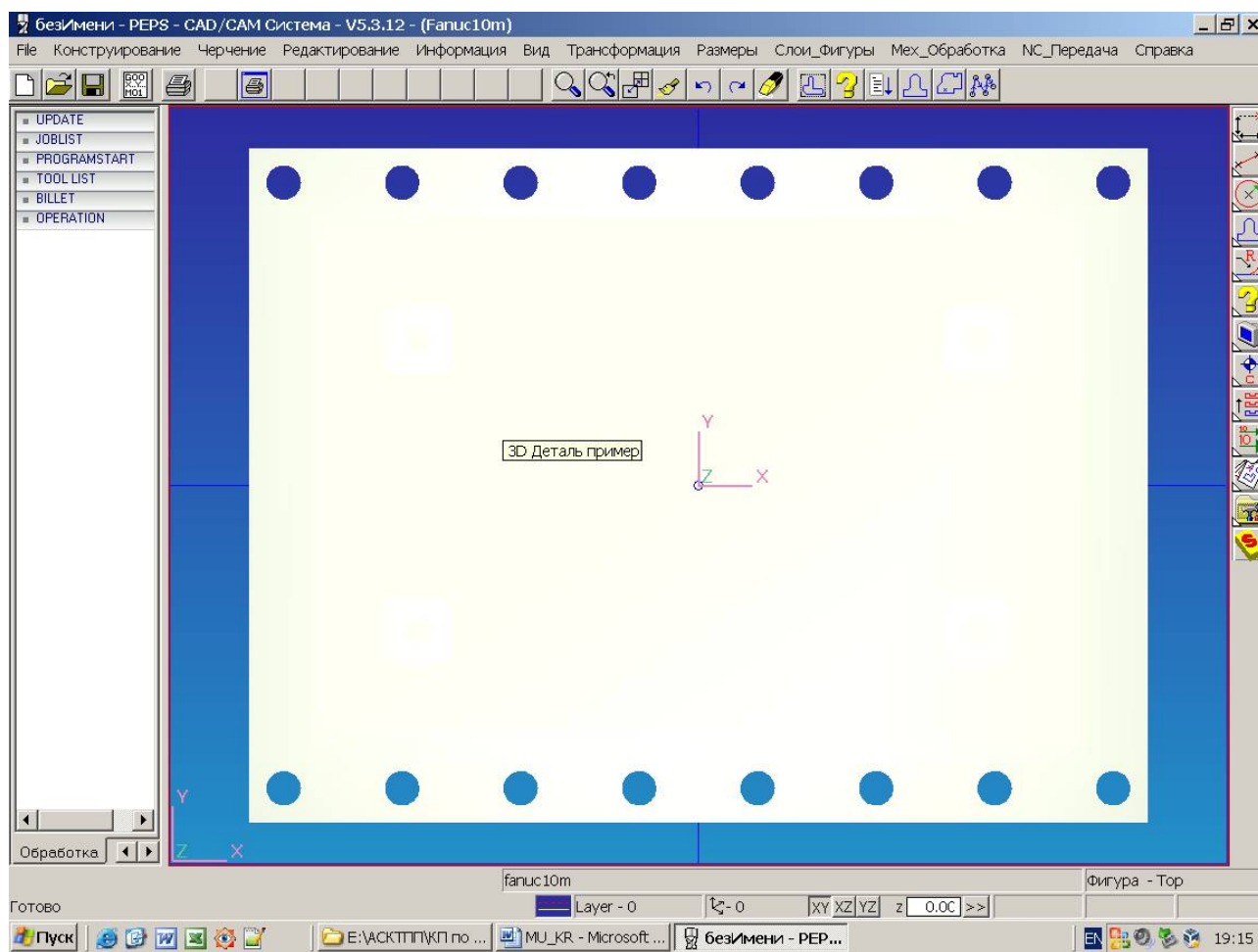


Рисунок 2.11 – Результат импорта 3D-модели детали в систему PEPS

Разверните модель так, чтобы хорошо просматривались верхняя выступающая поверхность, дно кармана и верхние поверхности всех бобышек (рис.2.12).

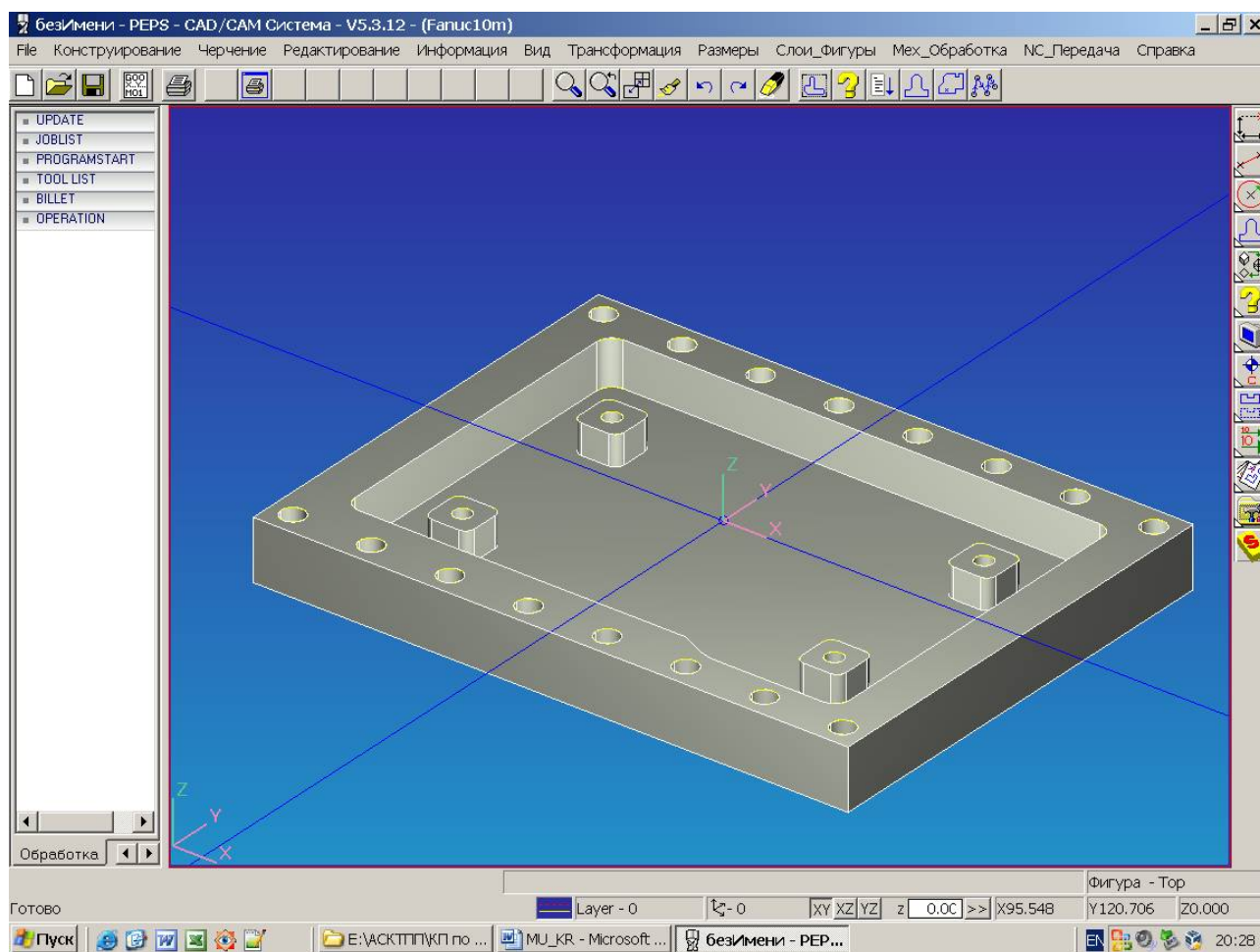


Рисунок 2.12 – Положение 3D-модели детали для работы

Теперь нужно на основе модели сформировать отрезки прямых и дуги окружностей, из которых будут состоять обрабатываемые контура.

Активизируем с помощью ЛКМ в вылетающем меню команду **Различные операции для изменения геометрии** (рис.2.13).



Рисунок 2.13 – Активизация команды **Различные операции для изменения геометрии**

Будет отображено диалоговое окно для конвертирования элементов (рис.2.14).

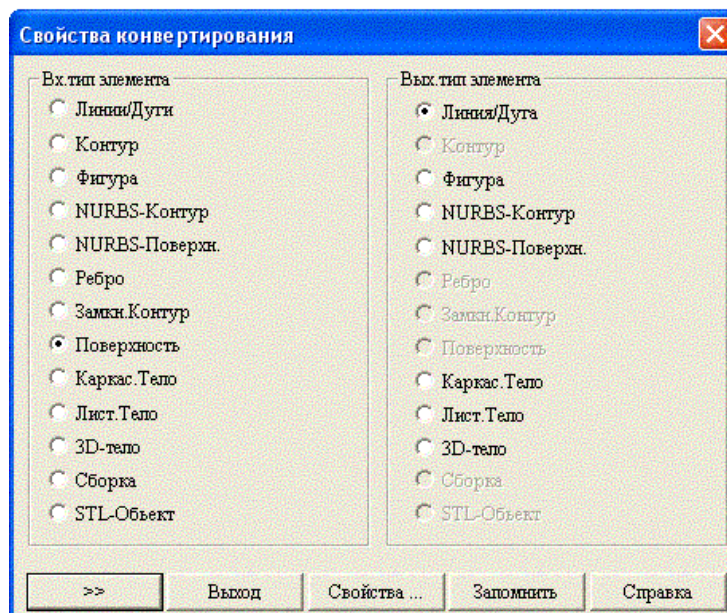


Рисунок 2.14 – Диалоговое окно для конвертирования элементов

Проставьте в поле **Входной тип элемента** флажок **Поверхность**, а в поле **Выходной тип элемента** – флажок **Линия/Дуга**, как показано на рисунке 2.14.

Нажмите кнопку  в нижней части окна, чтобы обеспечить доступ к модели. Последовательно выделяем кликами ЛКМ все поверхности модели – верхнюю, дно кармана и верхние плоскости всех бобышек, выделяемая поверхность при наведении на нее курсора окрашивается в коричневый цвет, а после клика ЛКМ становится зеленой. После выделения всех поверхностей нажимаем Enter. Контура сформированы, но они пока не видны. Убедитесь, что контура есть. Для этого удалите модель. Вызовите команду «Удалить»  и кликните ЛКМ по модели, после чего нажмите Enter. Модель пропадет и покажутся все контура желтым цветом. Проверьте наличие всех нужных контуров. В нашем случае это все бобышки, дно кармана и верхняя поверхность детали.

Если контура не все, отмените удаление модели командой «Отмена»  и повторите процедуру формирования контуров.

Так как деталь должна быть сориентирована таким образом, чтобы ее верхняя плоскость находилась на уровне $Z=0$, а вид сверху детали находился в плоскости XY, нужно выполнить смещение контуров. В примере модель имеет высоту 20мм. Сместим контура на 20 мм вниз с помощью команды смещения CAD элементов (рис. 2.15):

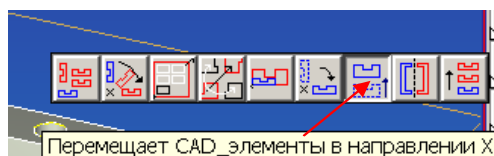


Рисунок 2.15 – Вызов команды смещения элементов модели

Выделим всю сформированные контура мышью с нажатой ЛКМ и нажмем Enter (контура подсветятся зеленым цветом) – рисунок 2.16.

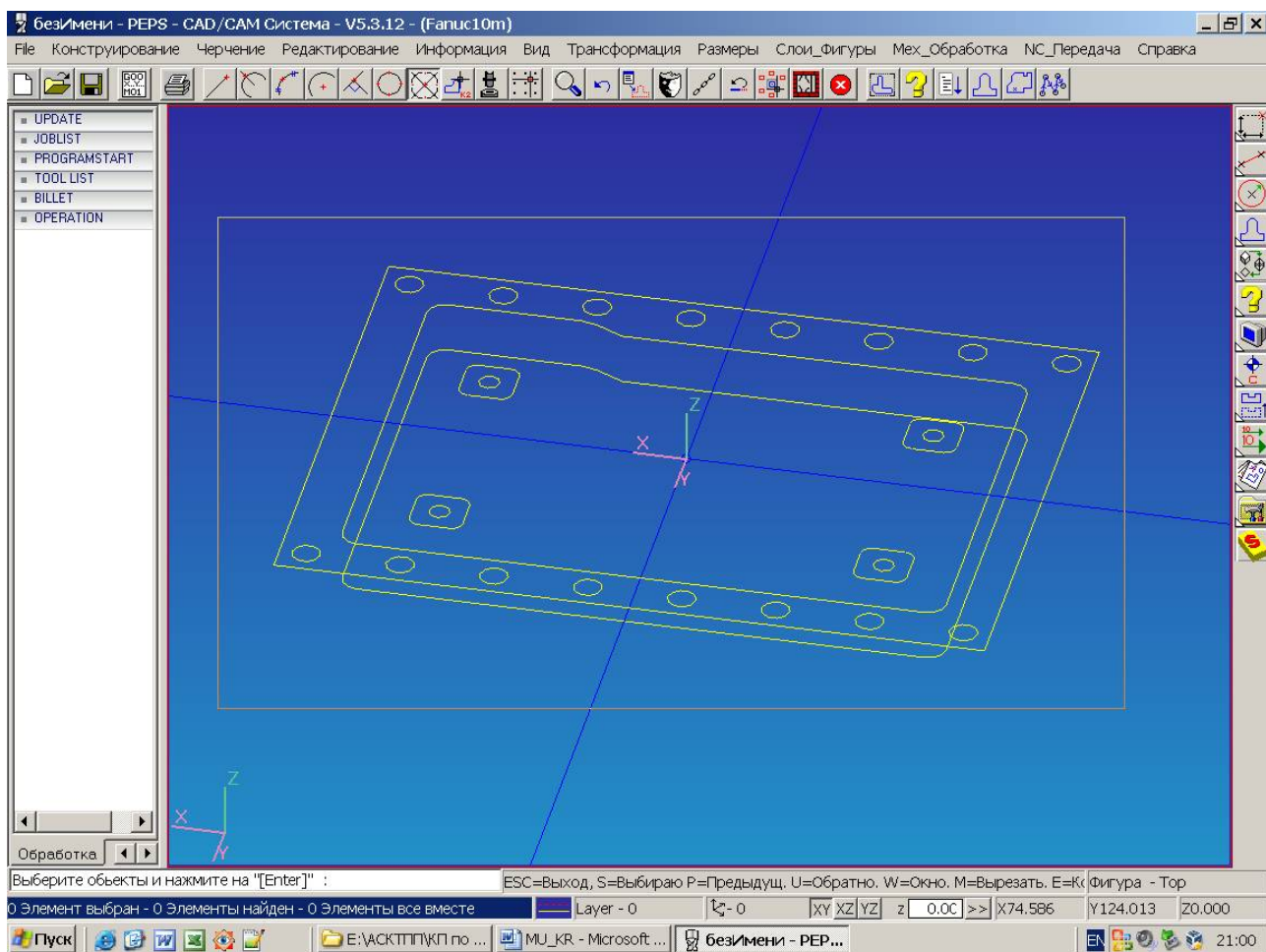


Рисунок 2.16 – Выделение CAD элементов

Далее введем вектор смещения: введем с клавиатуры: Z0 – Enter – Z-20 – Enter. Модель и все контура смещаются на 20 мм вниз и теперь верхняя плоскость соответствует Z=0.

Формирование фигур обработки

Формирование фигур обработки выполним с помощью соответствующей команды «Создать фигуру обработки из линий/дуг» (рис.2.17) с

использованием команды **Соединить цепь** .

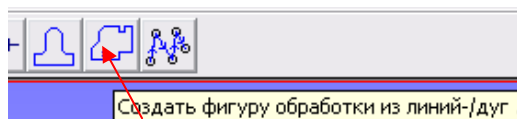


Рисунок 2.17 – Выбор опции «Создать фигуру обработки из линий/дуг»

В нашем примере необходимо сформировать фигуры обработки:

- 1) Основной контур в форме прямоугольника;
- 2) Контур кармана;
- 3) 4 контура бобышек.

После выбора команды создания фигуры обработки можно в окне «Создание фигуры» вместо **Fig 000** (рис.2.18) ввести свое наименование

фигуры латиницей – например, «kartan». Можно вводить и на русском, но при этом есть опасность сбоя, если после ввода названия не перейти в английский алфавит и с русской раскладкой клавиатуры продолжить работу в PEPS.

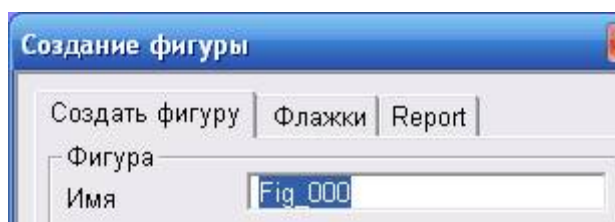


Рисунок 2.18 – Окно «Создание фигуры»

Затем нажимаем нижнюю кнопку «Выбор линий/дуг», расположенную внизу диалогового окна, затем нажимаем кнопку , наводим курсор на любой участок контура и делаем щелчок левой клавишей мыши. При этом выбранный контур подсветится, после чего нажимаем **Enter**. Фигура будет сформирована, а система выдаст окно для формирования следующей фигуры.

В нашем примере карман имеет два контура: верхний образовался при преобразовании геометрии верхней плоскости, нижний – при преобразовании дна кармана. Для обработки нужен какой-то один из них.

По окончании всех фигур нажмем кнопку «Принять».

Формирование группы отверстий

Для обработки отверстий одного диаметра, которые будут обрабатываться в одной операции одним инструментом необходимо сформировать группу G. Формирование группы осуществим с помощью соответствующей команды (рис.2.19).

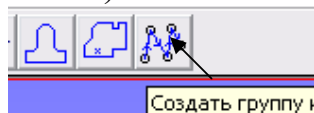


Рисунок 2.19 –Выбор команды «Создать группу»

После вызова этой команды в окне формирования группы нажмите левую нижнюю кнопку . При этом откроется доступ к чертежу, на котором последовательно, в том порядке, в котором будет выполняться сверление, нужно щелчком мыши отметить все отверстия одного диаметра. Для этого включите команду «Поймать центр» (рис.2.20).

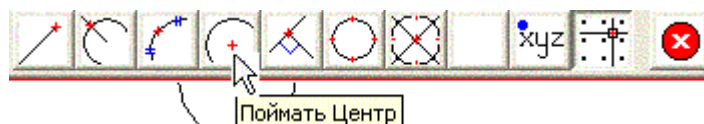


Рисунок 2.20 –Выбор команды «Поймать центр»

Курсор следует наводить на **контур окружности**, при этом система автоматически найдет ее центр и отметит его крестиком.

Всего для модели сформировано две группы отверстий – G1 и G2.

В результате выполненных действий будет сформирована вся геометрическая информация, необходимая для работы подсистемы «процессор» – обрабатываемые контуры и группы отверстий одного диаметра.

Это можно проверить, последовательно наводя курсор на элементы контуров. Если раньше при наведении на элемент высвечивалось «линия» или «дуга», то теперь будут высвечиваться наименования сформированных контуров. При наведении на любой из центров отверстий будет высвечиваться обозначение группы отверстий – G1 или G2.

Сформированную геометрию необходимо сохранить, нажав на кнопку . При этом система запросит ввести имя файла. Его необходимо ввести в поле имени файла вместо «*». Расширение файла «vdm» следует оставить.

ФОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ

Формирование осуществляется поэтапно, сначала необходимо выполнить начальную установку, затем определить форму заготовки, после чего последовательно сформировать все операции обработки.

Определение исходных данных для управляющей программы

Для определения исходных данных используется окно **Установка** (рисунок 2.21).

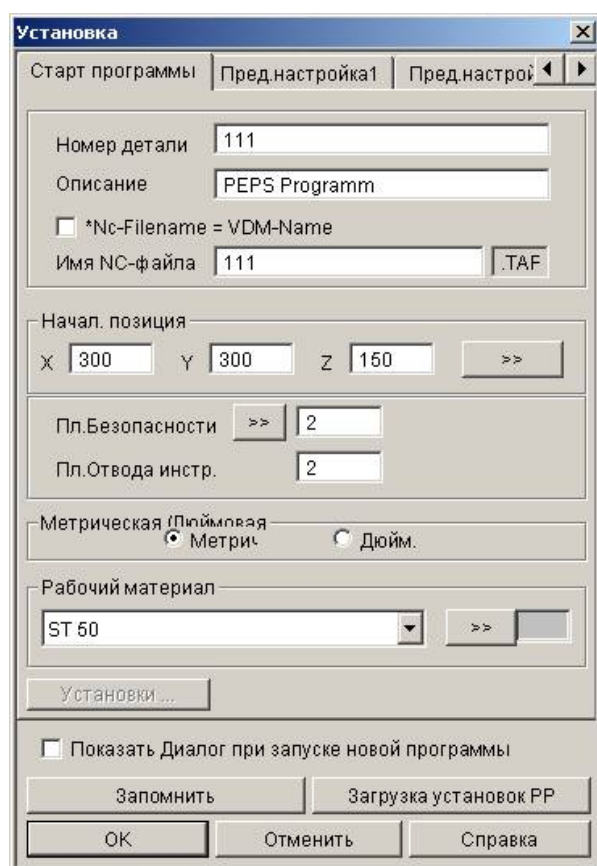


Рисунок 2.21 – Панель **Установка**

Место смены инструмента на станке с ЧПУ определяется его конкретной конструкцией. Определим координаты точки смены инструмента как X300Y300Z150, т.е. смещенными относительно нуля системы координат детали на 300мм по осям OX и OY и поднятыми над верхней плоскостью детали на 150мм.

Также определим задаваемые параметры плоскости безопасности и отвода инструмента – на 2мм выше верхней плоскости детали.

Плоскость безопасности – это плоскость уровне которой происходит холостое перемещение инструмента во избежание врезания в заготовку.

Плоскость отвода инструмента определяет уровень, на который инструмент перемещается сверху при его быстром подводе к заготовке. На этот же уровень выводится инструмент после

выполнения очередного рабочего прохода. Начиная с уровня, указанного как плоскость отвода инструмента, станок переходит на рабочую подачу.

Определение заготовки

В качестве заготовки в данном примере будем использовать заготовку в форме прямоугольного параллелепипеда (блок) с припусками относительно готовой детали по 3 мм на каждую сторону по осям OX и OY и 2 мм по высоте.

Таким образом, координаты противоположных углов заготовки составят X-103Y-78 и X103Y78, соответственно.

Координаты верхней и нижней плоскостей составят Z2 и Z-22 (с припусками по 2 мм к верхней и нижней плоскостям), соответственно. Диалоговое окно для определения параметров заготовки представлено на рисунке 2.22.

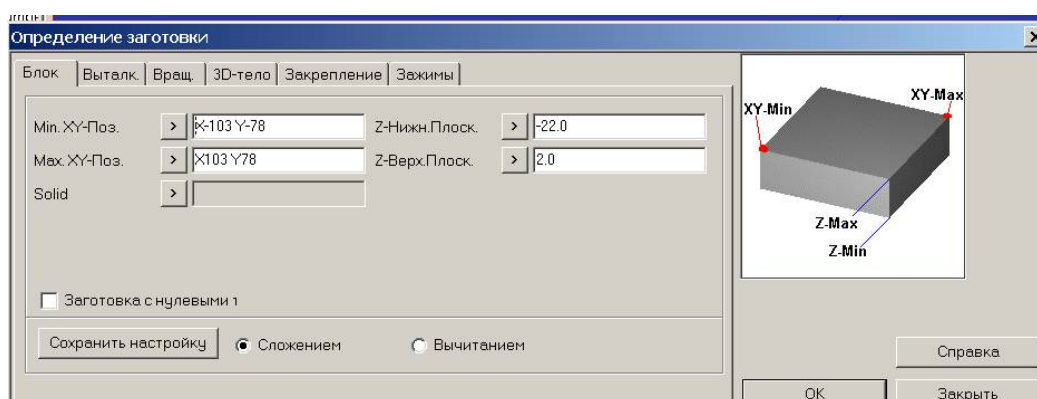


Рисунок 2.22 – Диалоговое окно **Определение заготовки**

После проставления всех координат точек нажмите кнопку ОК. При этом в левой части окна сформируется строка Billet – команда описания заготовки. Затем нажмите в окне кнопку «Заккрыть». **Внимание: повторное нажатие на ОК приведет к дублированию команд описания заготовки.**

В результате на экране отобразится вид заготовки.

Если вы ошиблись при определении координат, выполните двойной щелчок по строке Billet в левой части окна, где система отображает дерево сформированных операций обработки (пока еще ни одной операции нет).

При этом окно для формирования заготовки откроется вновь, где можно исправить координаты точек. Обратите внимание, как располагается указатель системы координат XYZ: начало координат – в левом нижнем углу детали, зеленая ось Z – вертикально вверх, оси OX и OY – так, что ограничивают контур детали.

На рисунке 2.23 показан окончательный вид обрабатываемых контуров и заготовки. Для работы по формированию операций обработки нужен аксонометрический вид, как показано на рисунке 2.23.

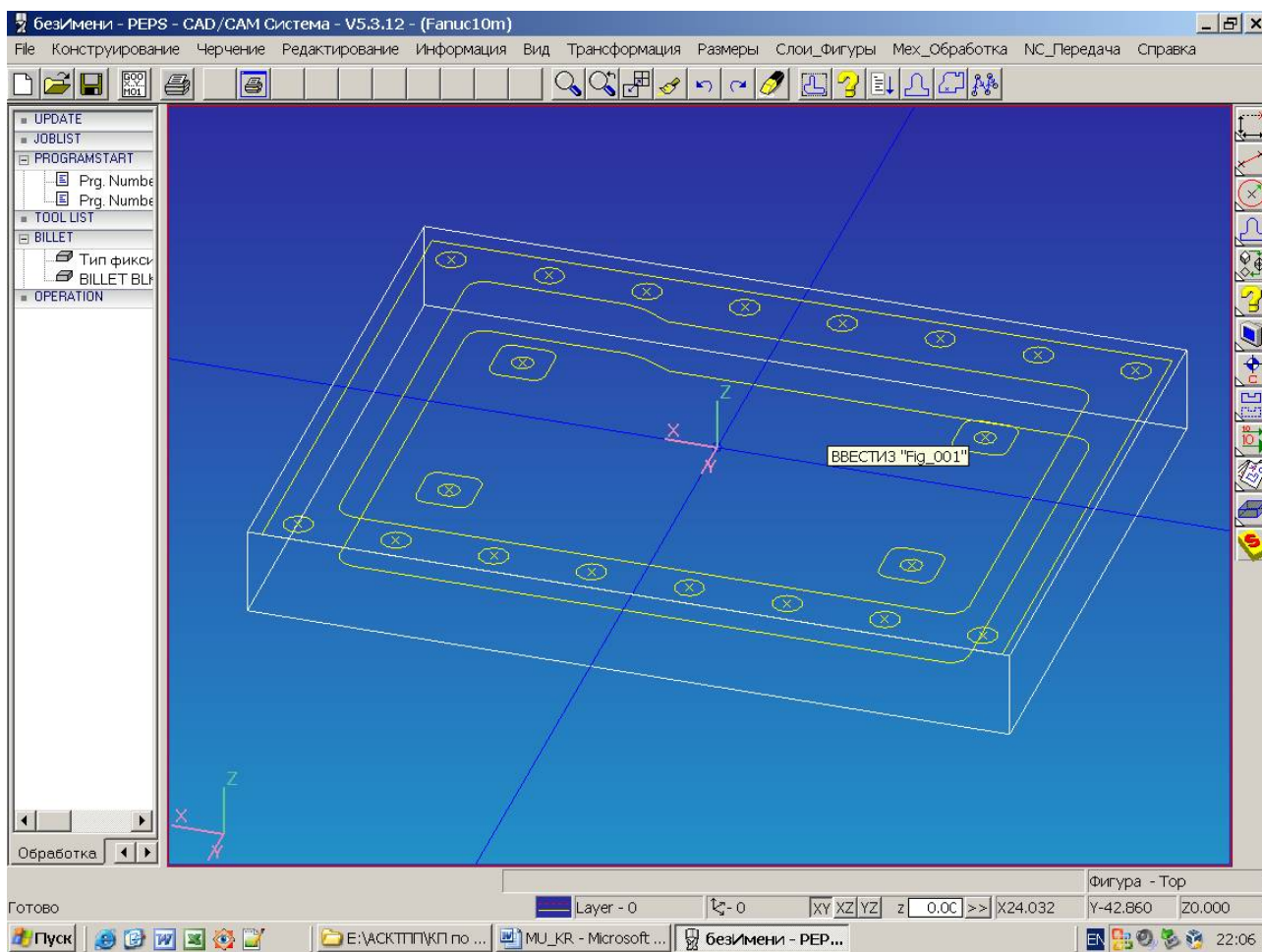


Рисунок 2.23 – Вид заготовки и обрабатываемых контуров

Определение операций обработки

Определим следующий порядок обработки заготовки.

- 1) Фрезерование верхней плоскости детали.
- 2) Черновая обработка наружного контура.
- 3) Обработка кармана выше бобышек.
- 4) Обработка кармана ниже бобышек.
- 5) Выборка остаточного материала в кармане.
- 6) Чистовая обработка контура кармана.
- 7) Сверление 4-х отверстий в бобышках.
- 8) Нарезание резьбы в бобышках.
- 9) Сверление 8-ми отверстий.
- 10) Чистовая обработка наружного контура.

Все операции обработки выбираются из линейки команд, показанной на рисунке рис.2.24. Для обработки нам понадобятся три основные команды – «Фрезерование кармана, профиля и поверхности» и «Простой цикл сверления» и «Доработка углов радиусом и фаской».



Рисунок 2.24 – Основная линейка команд для формирования операций обработки

Операция 1 «Фрезерование верхней плоскости детали»

Данную операцию выполним с помощью типового цикла **Поверхность** со следующими параметрами обработки:

- фигура обработки – контур заготовки (BILLET);
- точка быстрого подвода инструмента – X-133Y75 (выбираем торцовую фрезу диаметром 50мм, центр фрезы будет находиться слева от края заготовки – X-103, Y75 – на 30 мм - см. рис. 2.25);
- начальная глубина – 2;
- глубина – 0 (что соответствует верхнему уровню плоскости готовой детали);
- количество проходов – 1 (по вертикали);
- перекрытие – 70 (будем выполнять обработку таким образом, чтобы при новом проходе 70% захода инструмента приходилось на необработанную область, а 30% приходилось на уже обработанную в предыдущем проходе);
- припуск на сторону – 1мм (это значит, что инструмент будет выводиться за пределы контура заготовки на 1мм. **Внимание:** такая интерпретация припуска действует только в операции фрезерования верхней плоскости детали);
- охлаждение – «Наружное охлаждение»;
- опция – «К позиции смены инструмента» – ВКЛ, так как выбранный инструмент больше использоваться не будет;
- инструмент – торцовая фреза диаметром 50мм, его будем выбирать из базы данных PEPS в самом конце работы над операцией. В базе данных указаны и рекомендованные режимы резания.

Вид окна для программирования операции фрезерования лицевой поверхности на рисунке 2.25.

Все параметры обработки набираются вручную с клавиатуры. Обработываемый контур – верхний контур заготовки. Чтобы его выбрать, нажмите кнопку «Новый» в верхнем левом углу окна и щелкните ЛКМ по одному из ребер верхнего контура заготовки. Контур подсветится зеленым цветом, нажмите Enter.

Система запросит ввести стартовую точку подвода центра торцовой фрезы, откуда начнется обработка верхней плоскости (рис. 2.26). Ее координаты нужно вычислить, как координаты дальнейшей левой точки контура заготовки, смещенные влево на радиус фрезы и зазор в 5 мм (рис. 2.27).

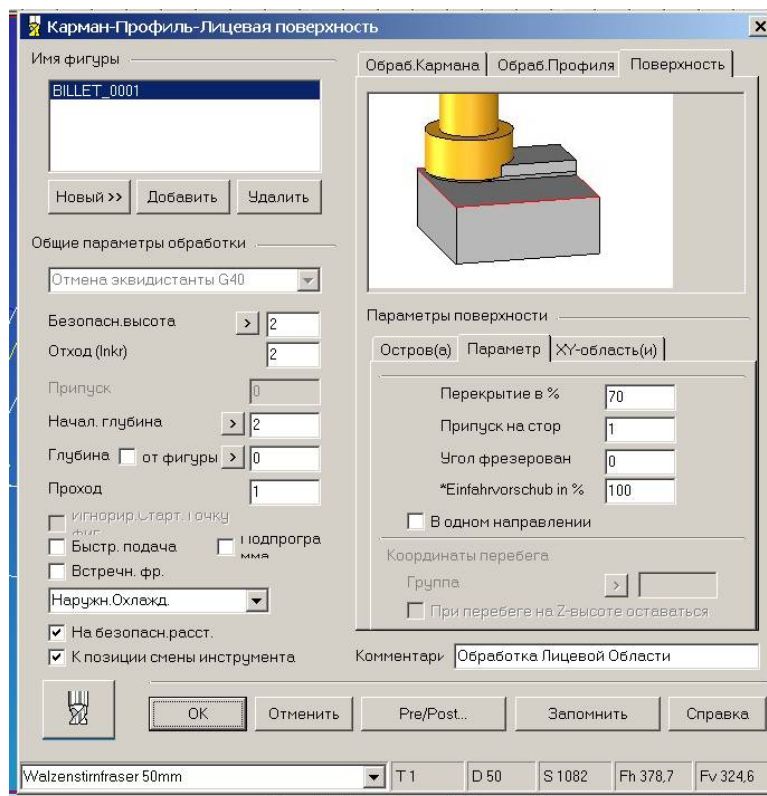


Рисунок 2.25 – Окно параметров операции 1 «Фрезерование лицевой поверхности»

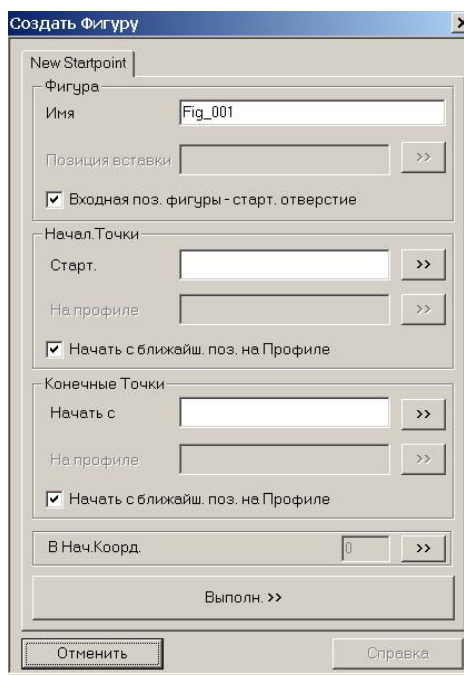


Рисунок 2.26. Окно ввода координат точки «Старт»

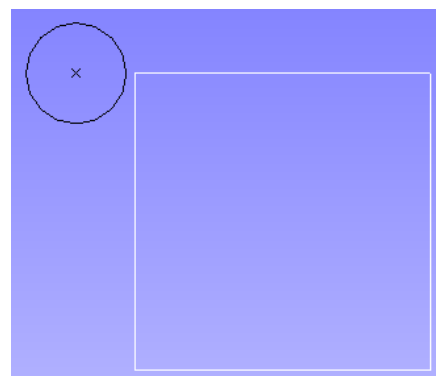


Рисунок. 2.27. К определению точки подвода торцевой фрезы

Для ввода инструмента кликните ЛКМ по кнопке с изображением фрезы внизу окна. Откроется окно базы данных (рис. 2.28)

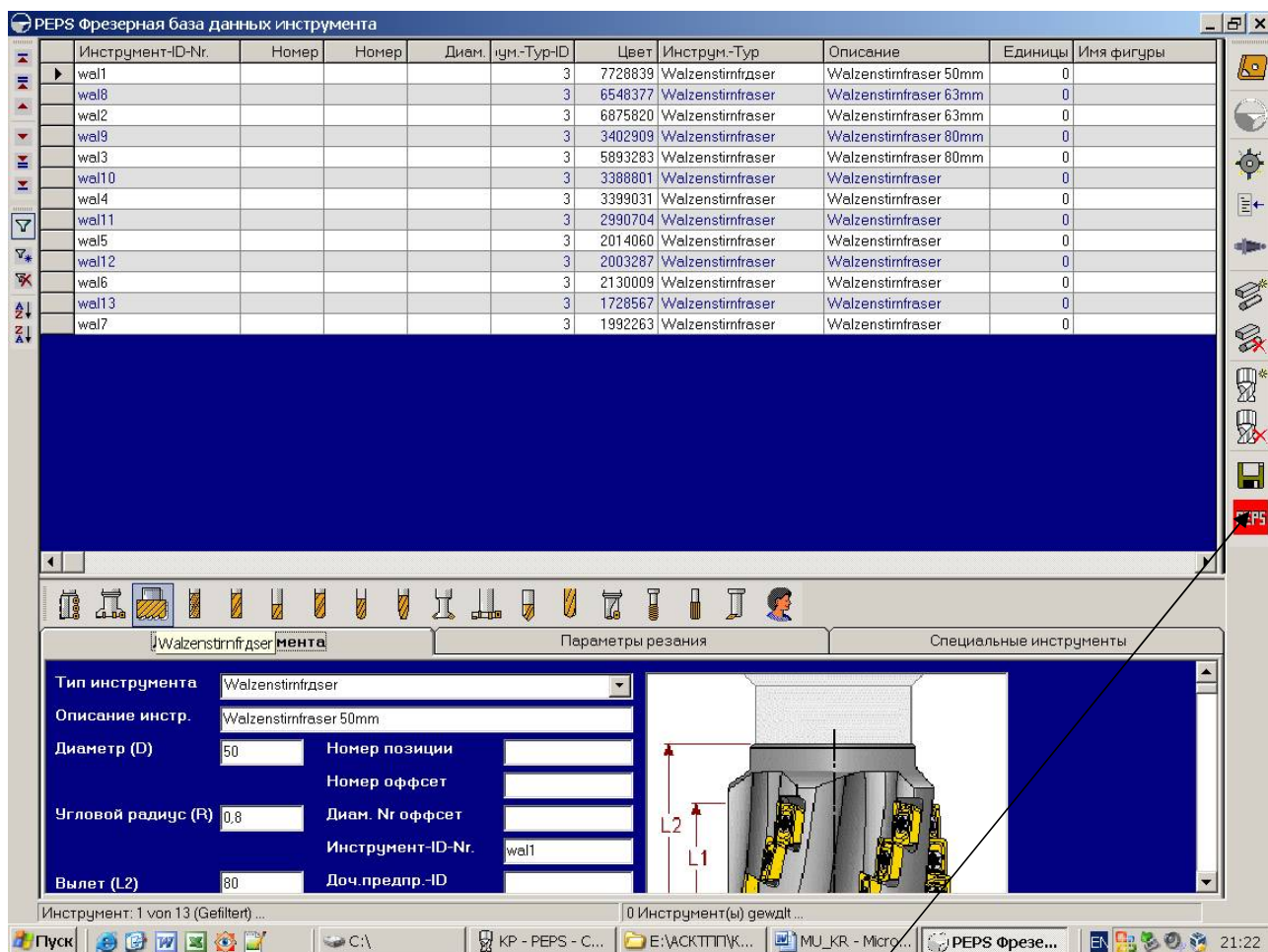


Рисунок 2.28 – Окно базы данных инструмента

Кликнем по изображению торцевой фрезы (третья слева), затем по кнопке «Применить», затем по верхней строке с фрезой диаметром 50мм. Выбранная фреза отображается внизу. Для ввода инструмента в программу обработки кликните по красной кнопке PEPS (нижняя справа). Инструмент введен и отображается окно программирования операции. Чтобы исправить немецкий комментарий кликнем внизу окна по букве T, введем свое название – например, *torcovaya freza* и нажмем ОК.

Запустим выполнение операции клавишей ОК. Промоделируем операцию (см. раздел Моделирование обработки). Скриншот результата выполнения операции вставьте в пояснительную записку.

Операция 2 «Черновая обработка наружного контура»

Данную операцию выполним концевой фрезой диаметром 20мм с помощью типового цикла **Обработка профиля** со следующими параметрами обработки:

- фигура обработки – наружный контур;
- точка быстрого подвода инструмента – x-118y0 (концевая фреза d=20мм, ее центр смещен относительно края заготовки на 15мм – 10мм радиус фрезы и зазор 5мм, край заготовки – x-103);
- начальная глубина – 0 (поскольку верхняя плоскость заготовки уже обработана);
- глубина – -24 (на 2 мм ниже нижнего уровня детали);

- количество проходов – 1 (по вертикали);
- припуск, оставляемый на чистовую обработку – 0,5мм;
- подход – «Прямо» (врезание – перпендикулярно обрабатываемому контуру)
- охлаждение – «Наружное охлаждение»;
- опция – «К позиции смены инструмента» – ВЫКЛ, так как инструмент – концевую фрезу будем использовать в следующей операции обработки кармана.

Вид окна параметров операции на рисунке 2.29.

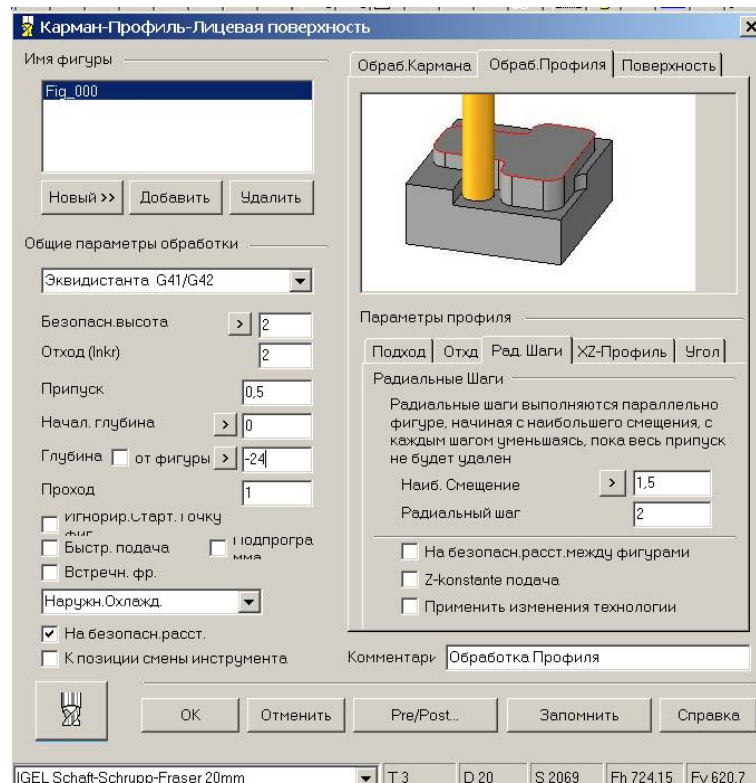


Рисунок 2.29 – Окно параметров операции черновой обработки наружного контура

Вводим инструмент. Кликаем по кнопке  и входим в базу данных инструмента (рис. 2.30).

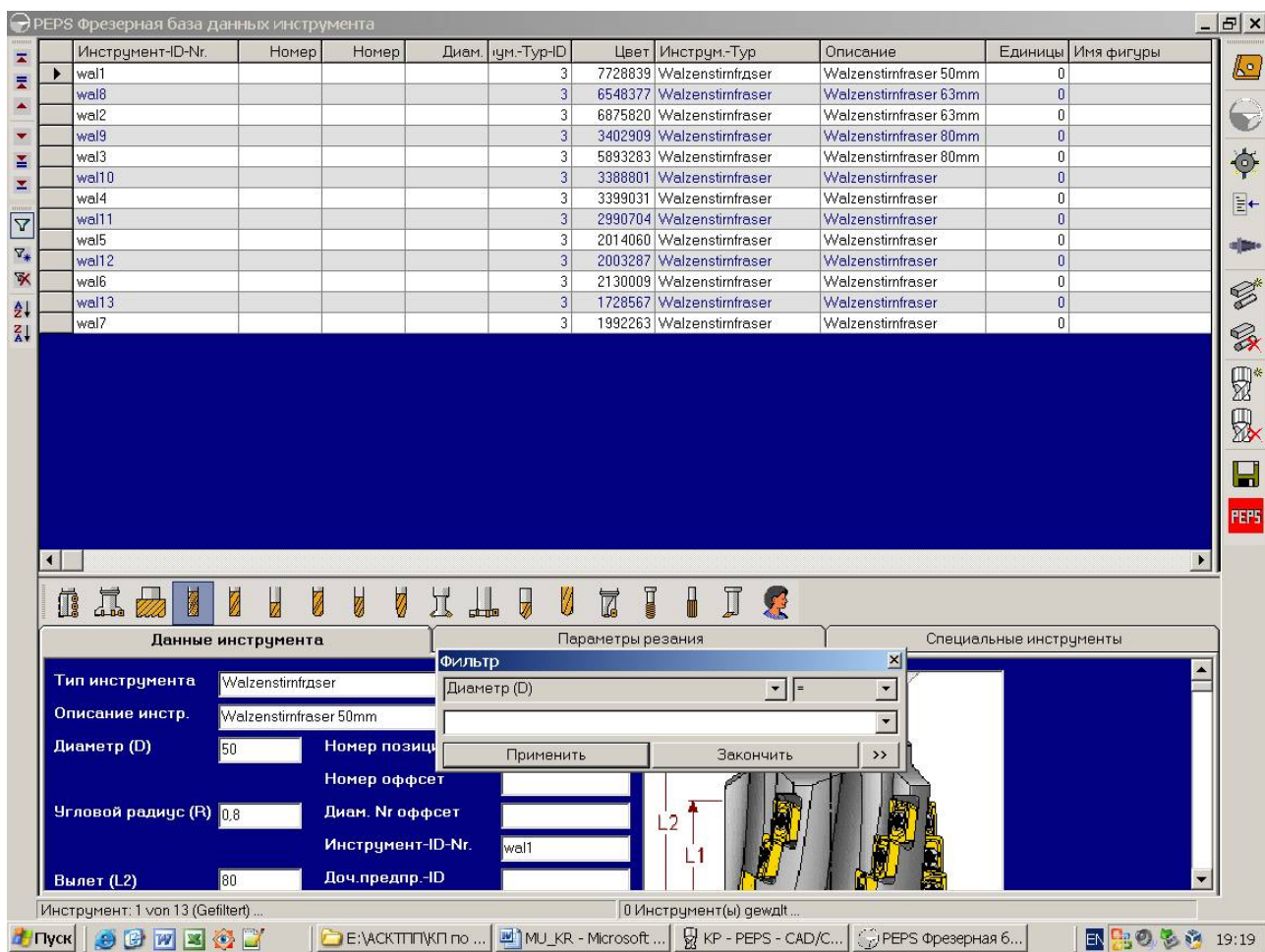


Рисунок 2.30 – Окно базы данных инструмента

Кликаем по концевой фрезе (четвертая слева), нажимаем «Применить» и входим в список фрез. Выбираем фрезу диаметром 20мм и нажимаем кнопку PEPS (рис. 2.31).

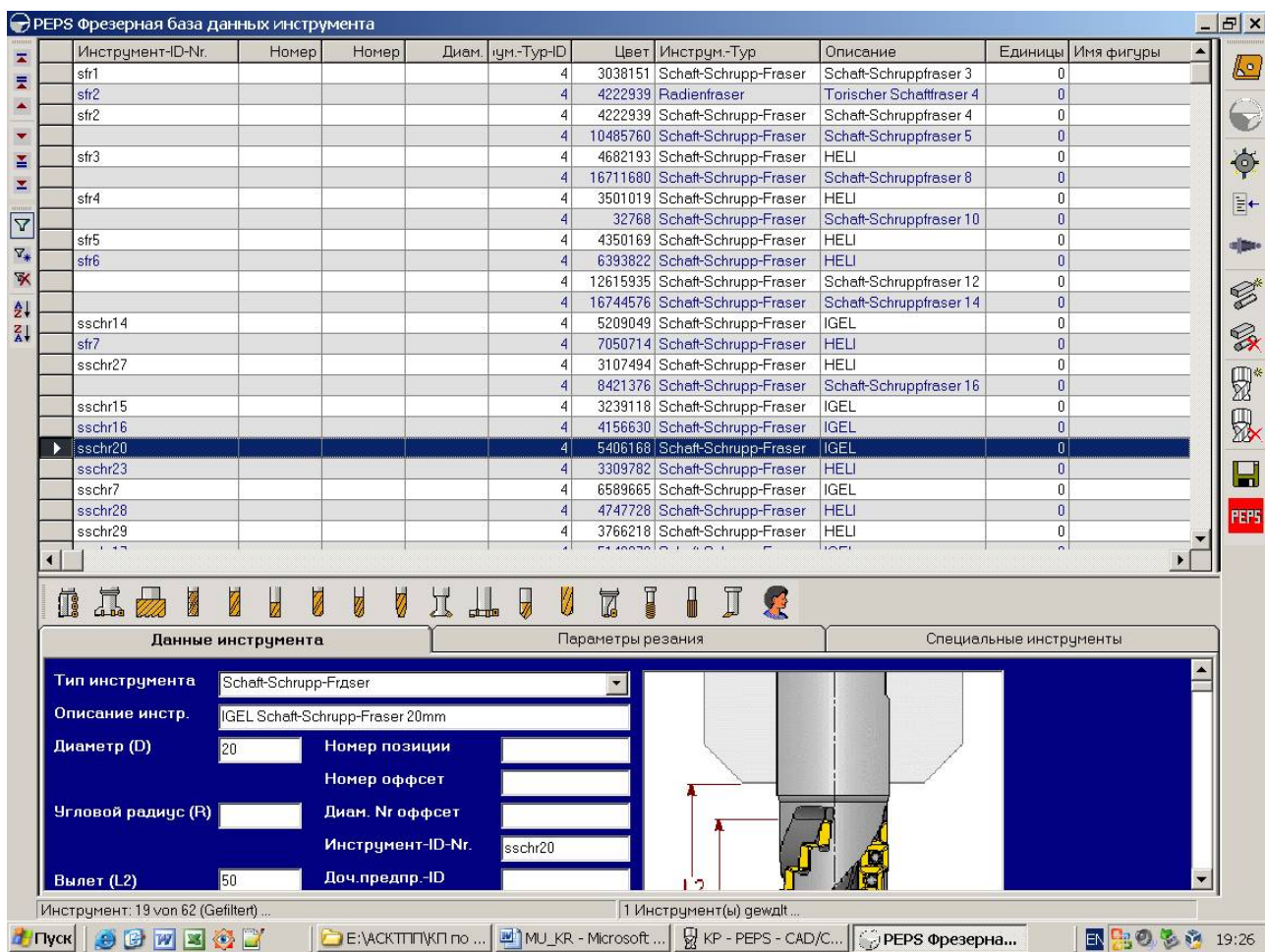


Рисунок 2.31 – Выбор фрезы диаметром 20мм

В окне настроек операции переходим в закладку «Радиальные шаги». Проставим количество проходов, называемых радиальными шагами – 2 и величину наибольшего смещения при выполнении первого прохода – 1,5. Наибольшее смещение показывает, какой припуск остается у контура после выполнения первого прохода. В нашем случае останется неснятым припуск 1,5 мм. Следующие проходы система рассчитывает, исходя из того, сколько еще материала необходимо снять (в нашем случае это 1 мм, т.к. после черного прохода осталось 1,5 мм, а на чистовую обработку нужно оставить еще 0,5 мм). Поскольку общее количество радиальных шагов – 2, а один проход уже сделан, остается еще один проход, за который будет снят 1 мм. Если вы укажете количество радиальных шагов – 3, то этот миллиметр будет снят за два прохода по 0,5 мм за каждый.

Запустим исполнение операции клавишей ОК. Промоделируем операции. Скриншот результата выполнения всех операций вставьте в пояснительную записку.

Операция 3 «Обработка кармана выше бобышек»

Данную операцию выполним с помощью типового цикла **Обработка кармана** со следующими параметрами обработки:

- фигура обработки – карман;

- стартовая точка быстрого подвода инструмента – X0Y0 (центр заготовки);
- начальная глубина – 0;
- глубина – -5;
- количество проходов – 1 (по вертикали);
- припуск на чистовую обработку – 0.5 мм;
- в закладке Технолог (способ врезания в заготовку):
 - форма траектории – по спирали;
 - угол спуска – 10 градусов;
 - радиус спирали – 10 мм;
- охлаждение – «Наружное охлаждение»;
- инструмент – концевая фреза диаметром 20мм (тот же, что и в предыдущей операции).

Вид окна для ввода параметров операции показан на рисунке 2.32.

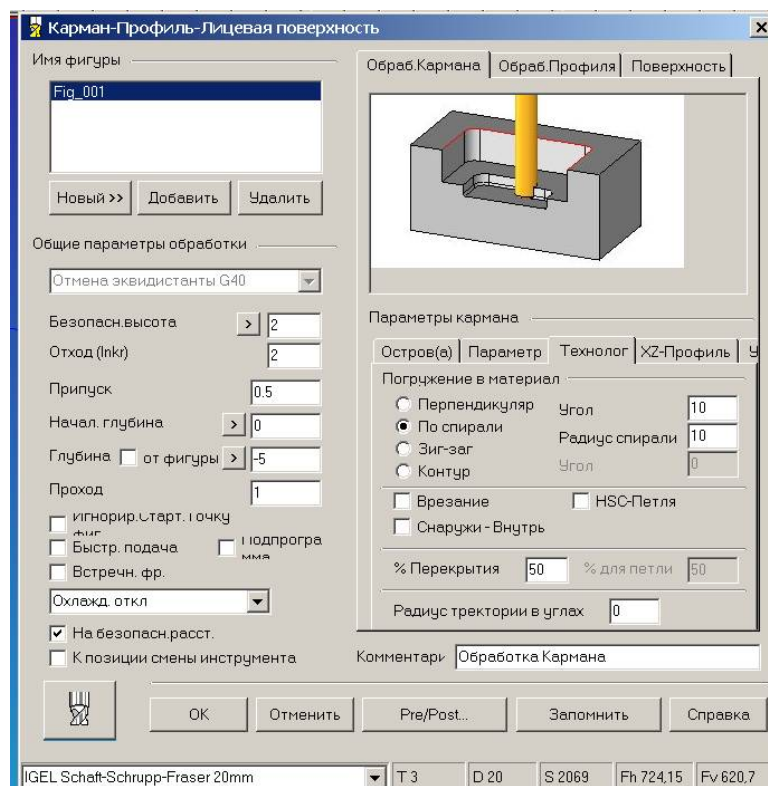


Рисунок 2.32 – Окно параметров операции «Обработка кармана»

Запустим формирование операции обработки кармана и промоделируем. Скриншот результата выполнения всех операций вставьте в пояснительную записку.

Операция 4 «Обработка кармана ниже бобышек»

Операцию сформируем путем копирования и редактирования предыдущей. Наведем курсор на последнюю операцию, кликнем правой клавишей, скопируем ее (Copy), затем еще раз кликнем по ней и вставим (Paste). Двойным кликом откроем окно формирования последней операции и исправьте в ней параметры:

- Начальная глубина – -5;
- Глубина (конечная) – -15;
- Проход – 2 (вырезаем 10 мм за два прохода);

К позиции смены инструмента – активна (следующий инструмент будет другим).

Переходим в закладку «Остров(а)». Клик по кнопке «Новый» и клик по контуру одной из бобышек и два нажатия на Enter – введен первый остров. Для ввода остальных трех бобышек кликаем по кнопке «Добавить», после чего клик по контуру и двойное нажатие на Enter. В результате имеем следующий вид окна настройки операции (рис.2.33).

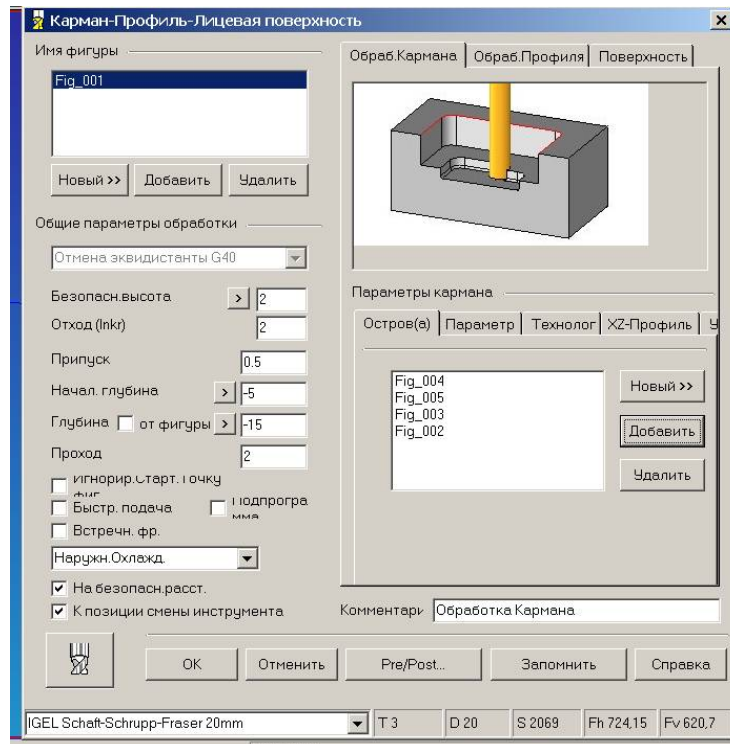


Рисунок 2.33 – Окно параметров операции фрезерования кармана ниже бобышек

В данной операции важно правильно подобрать инструмент и способ врезания. При врезании инструмент может повредить обрабатываемый контур, т.к. перемещение инструмента при врезании задается параметрами врезания, независимо от положения обрабатываемых контуров. Самый безопасный вид врезания здесь - перпендикулярное, т.е. вертикально вниз по оси Z. Другая опасность связана с появлением островов, и, вследствие этого, областей, недоступных для инструмента данного диаметра. В тоже время, инструмент большего диаметра обеспечивает более высокую производительность.

Запустим и промоделируем обработку со старым инструментом – фрезой диаметром 20мм, если при моделировании система выдаст ошибку – повреждение контура – замените его на фрезу меньшего диаметра из базы данных. В нашем случае подошел следующий по убыванию диаметр фрезы – 16мм (рис.2.34).

Для лучшей наглядности при моделировании сменим цвет инструмента. Для этого кликнем по низу окна параметров, где показаны параметры инструмента и в открывшемся окне изменим цвет (рис.2.35).

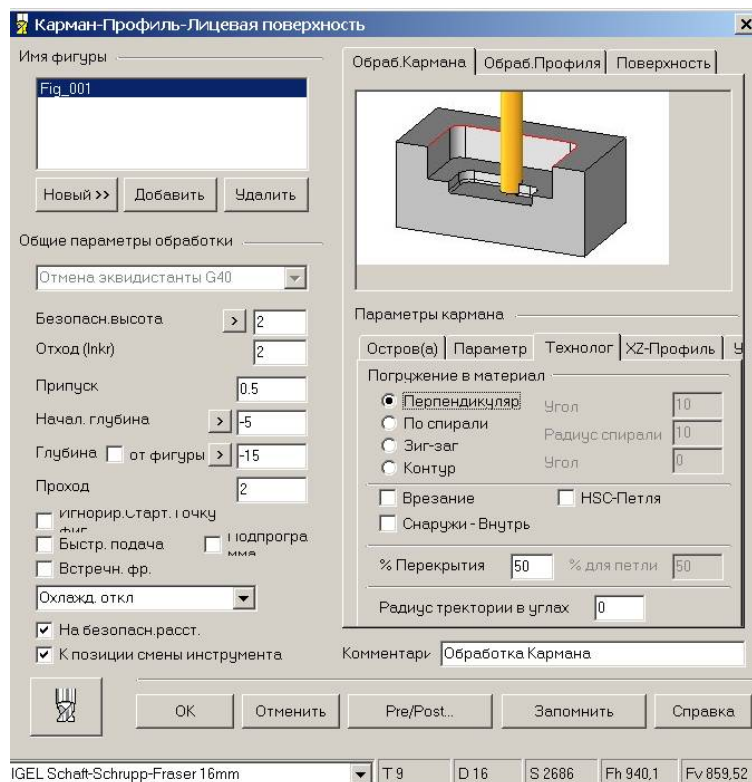


Рисунок 2.34 – Окно параметров операции после замены инструмента

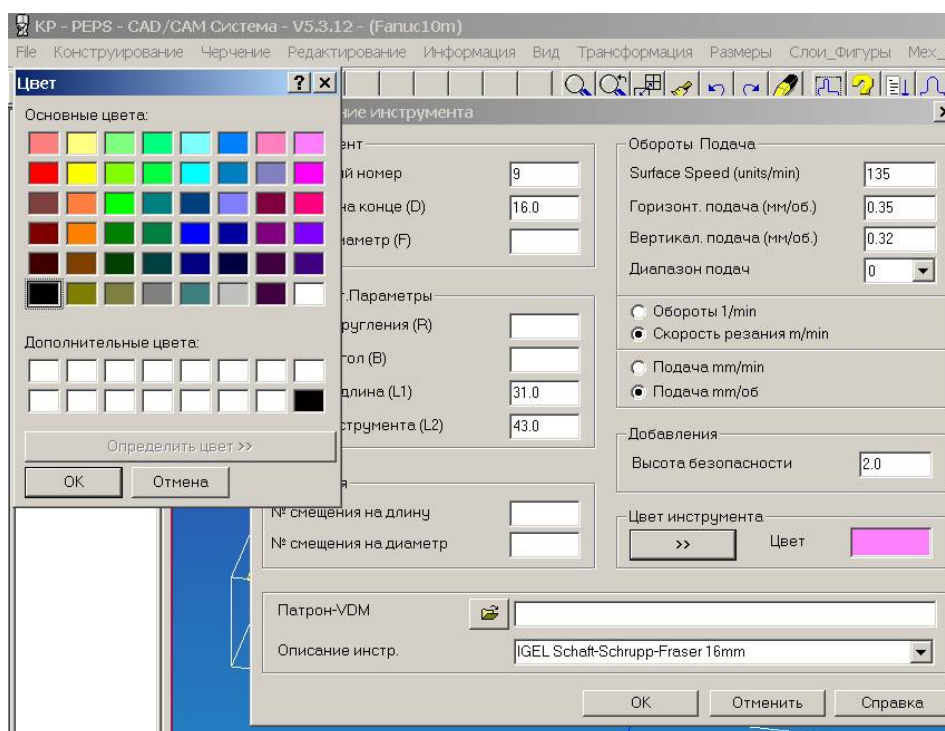


Рисунок 2.35 – Смена цвета инструмента

Запустим формирование операции и промоделируем. Скриншот результата выполнения всех операций вставьте в пояснительную записку.

Операция 5 «Выборка остаточного материала»

Операция выполняется с помощью следующей команды (рис.2.36):

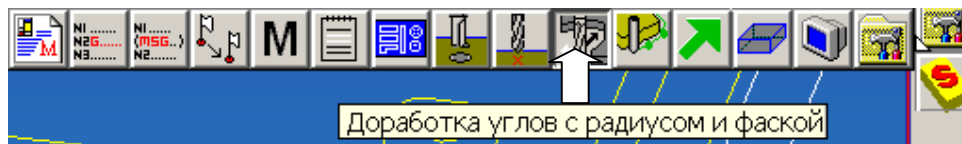


Рисунок 2.36 – Выбор команды для операции выборки остаточного материала

В окне команды откроем закладку команды «Остаточный материал» (рис.), кнопкой «Предыд. Операции Обработки» введем последнюю операцию. Параметры операции останутся от предыдущей операции (рис.2.37).

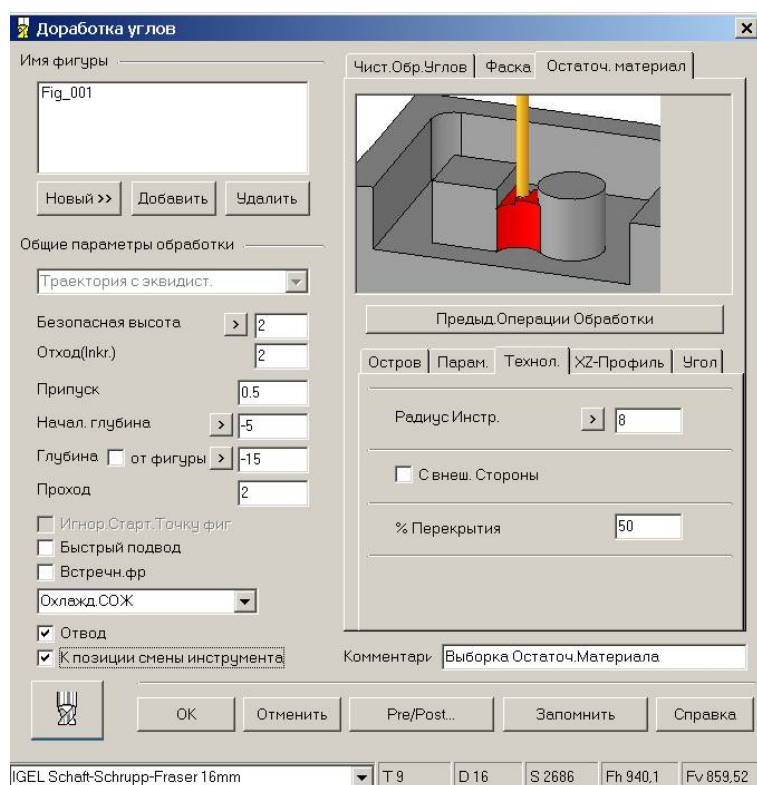


Рисунок 2.37 – Окно параметров операции выборки остаточного материала

Введем в операцию из базы данных новый инструмент – концевую фрезу диаметром 8 мм, заменим цвет инструмента, запустим операцию и промоделируем обработку. Скриншот результата выполнения всех операций вставьте в пояснительную записку.

Операция 6 «Чистовая обработка контура кармана»

У кармана оставался неснятым припуск 0,5 мм. Выполним его обработку операцией «Обработка профиля». Инструмент – из предыдущей операции. Параметры обработки:

- фигура обработки – карман, стартовая точка быстрого подвода инструмента для кармана была определена, как центр детали;
- начальная глубина – 0;
- глубина – -15;
- количество проходов – 1 (по вертикали);
- припуск на чистовую обработку – 0 мм;

- охлаждение – «Наружное охлаждение»;
Вид окна параметров операции показан на рисунке 2.38.

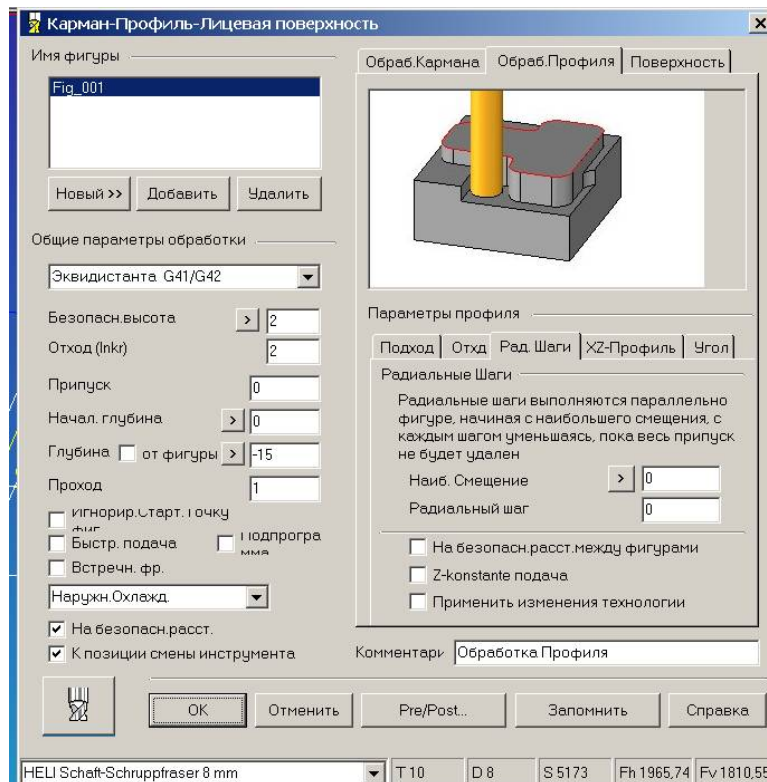


Рисунок 2.38 – Окно параметров операции чистовой обработки кармана

Операция 7. «Сверление 4-х отверстий диаметром 5мм под резьбу М6 в бобышках»

Операцию сверления 4-х отверстий выполним с помощью типового цикла **Простой цикл сверления** (рис.2.39)

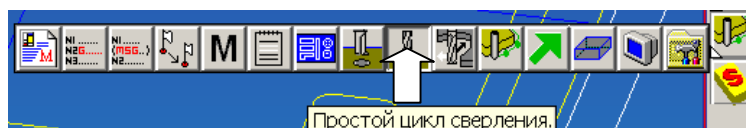


Рисунок 2.39 – Ввод команды «Простой цикл сверления»

Кликните по кнопке «Новый», затем на виде детали – по крестику внутри любого отверстия в бобышке, после этого нажмите Enter. В окне операции появится выбранная группа.

Параметры обработки:

- группа обработки – G2;
- быстрый подвод – -5 (уровень верхней плоскости бобышек);
- глубина – -13 (глубина отверстия);
- охлаждение – «Наружное охлаждение»;
- опция – «К позиции смены инструмента» – ВКЛ, так как инструмент не будет использоваться в следующей операции;

Вид окна параметров показан на рисунке 2.40.

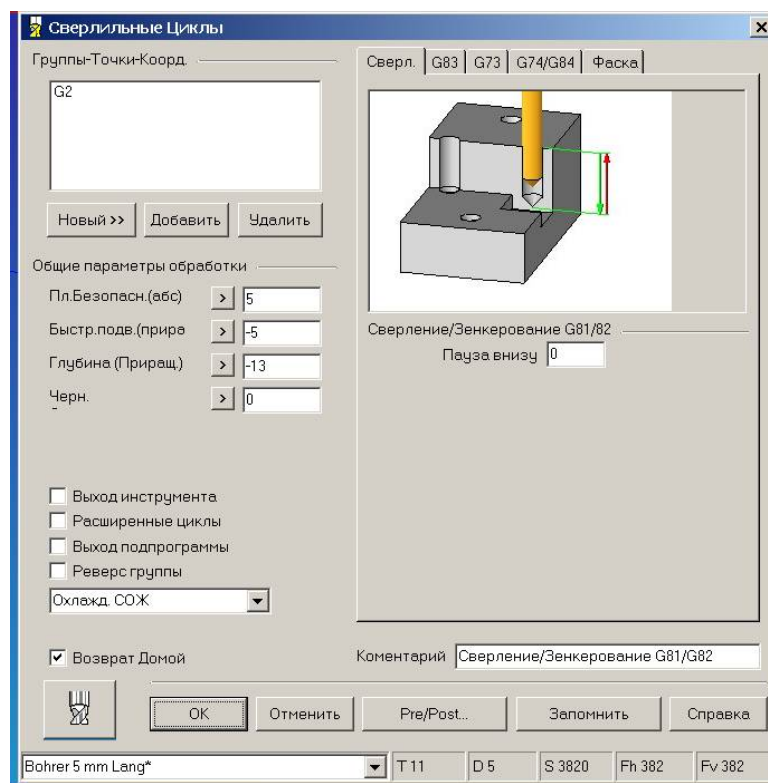


Рисунок 2.40 – Окно параметров операции сверления отверстий в бобышках

Введите инструмент – спиральное сверло 5 мм из базы данных (см. рис.2.41).

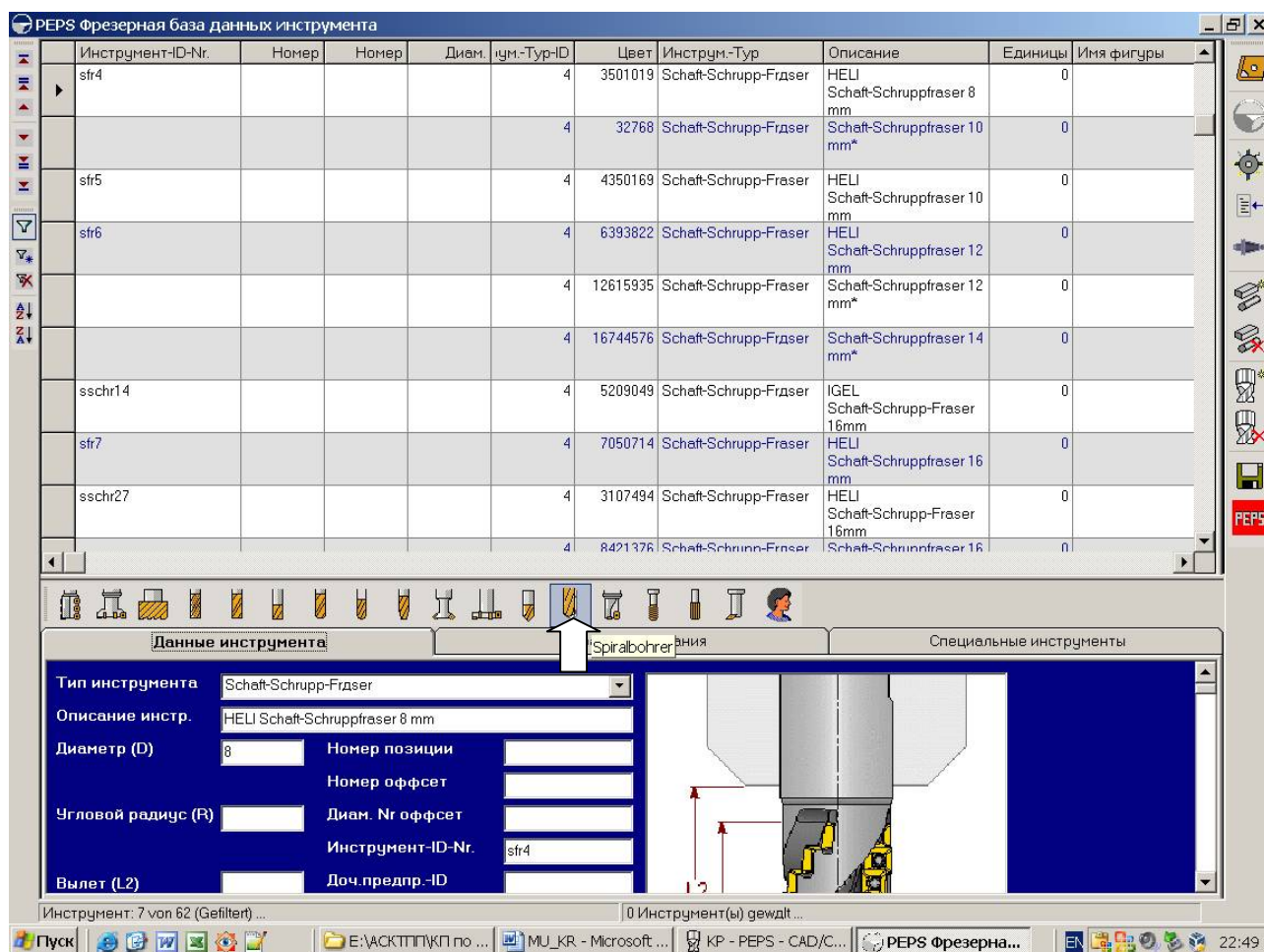


Рисунок 2.41 – Ввод сверла из базы данных

После клика по сверлу в окне Фильтр введем «5» и нажмем «Применить». Выберем сверло из базы данных и введем его в операцию.

Запустим и промоделируем операцию.

Убедитесь, что отверстия просверлены правильно. Для этого нажмите

кнопку  в линейке команд моделирования . Подбором параметров местоположения сечения (рис.2.42) наведите плоскость сечения на центр отверстия (рис.2.43)

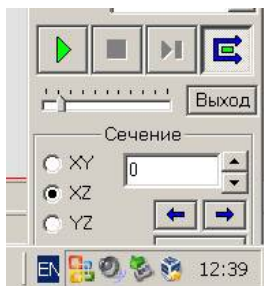


Рисунок 2.42 – Подбор параметров сечения

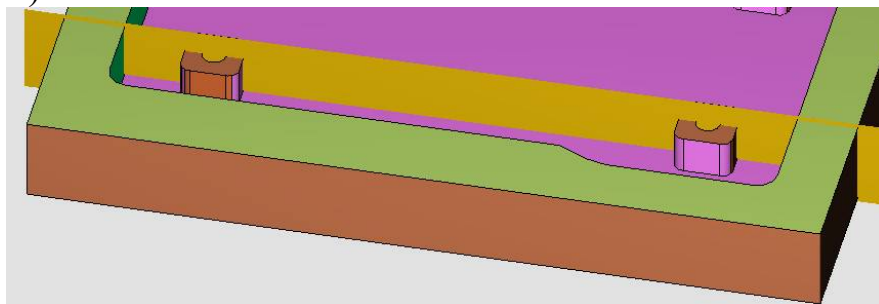


Рисунок 2.43 – Наведение плоскости сечения на центр отверстия

Нажмите кнопку  и убедитесь, что глубина отверстия корректная (рис.2.44).

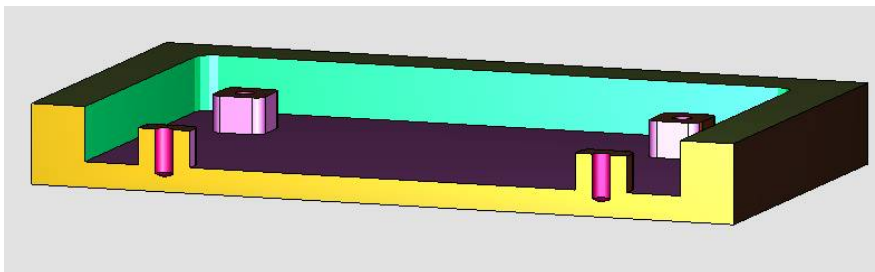


Рисунок 2.44 – Проверка корректности отверстий

Скриншот результата выполнения всех операций вставьте в пояснительную записку.

Операция 8. «Нарезание резьбы М6 в бобышках»

Операцию выполним путем копирования и редактирования предыдущей. Двойным кликом откроем окно скопированной операции и изменим параметры:

- Закладка G74/G84;
- Пл. безопасности – 5;
- Быстрый подвод – 5;
- Глубина – -10;
- Охлаждение СОЖ;
- Возврат домой.

Выберите в базе данных метчик и введите его в операцию.
Окно операции показано на рисунке 2.45.

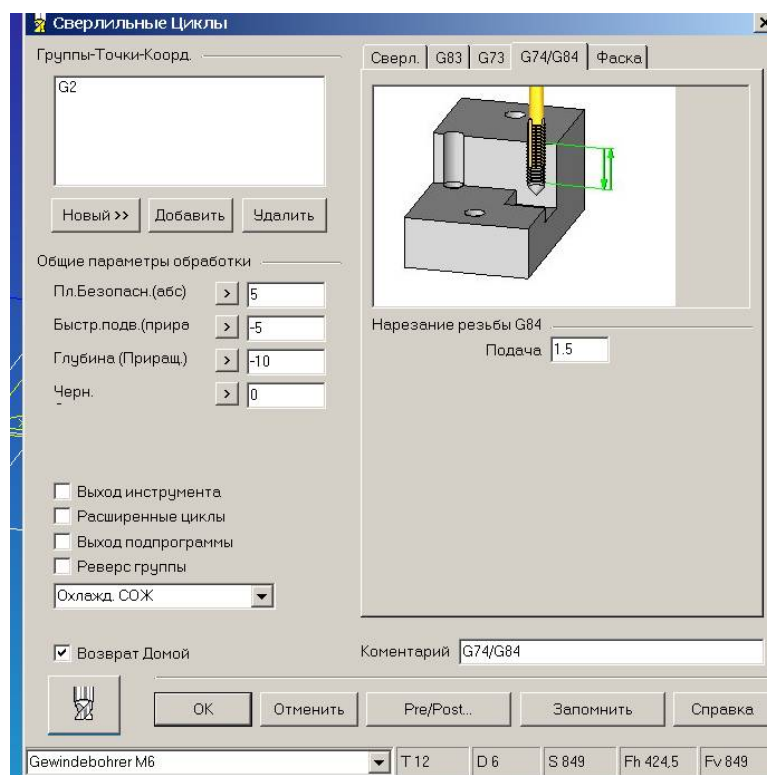


Рисунок 2.45 – Окно параметров операции нарезания резьбы

Кликнем по низу окна параметров и убедимся, что инструмент – правильный. Запустим операцию и промоделируем ее. Убедимся, что нарезание резьбы выполнено корректно (рис.2.46).

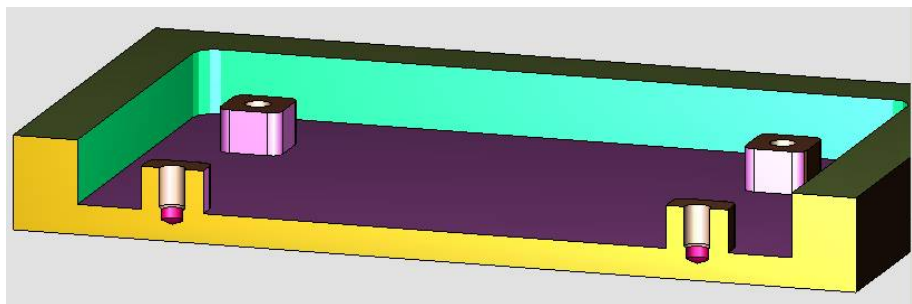


Рисунок 2.46 – Проверка корректности нарезанной резьбы

Операция 9. «Сверление 16-и отверстий диаметром 10мм»

Операцию выполним аналогично операции сверления отверстий под резьбу.

Параметры обработки:

- группа обработки – G1;
- начальная глубина – 0;
- глубина – -22 (с учетом выхода инструмента за пределы заготовки);
- опция «Выход инструмента» - активна;
- охлаждение – «Наружное охлаждение»;

- опция – «К позиции смены инструмента» – ВКЛ, так как инструмент не будет использоваться в следующей операции.

В отличие от предыдущего сверления, эти отверстия – сквозные, конечная глубина отверстия – это точка, до которой доходит конечная точка конусообразного наконечника сверла, поэтому здесь используется опция «Выход инструмента», в которой система рассчитывает, насколько нужно увеличить глубину погружения сверла, чтобы оно полностью вышло из отверстия.

Введите в операцию инструмент – спиральное сверло диаметром 10мм. Перед нажатием кнопки «Применить» введите в окне Фильтра для поиска нужного инструмента его диаметр – 10.

Окончательный вид окна параметров операции показан на рисунке 2.47.

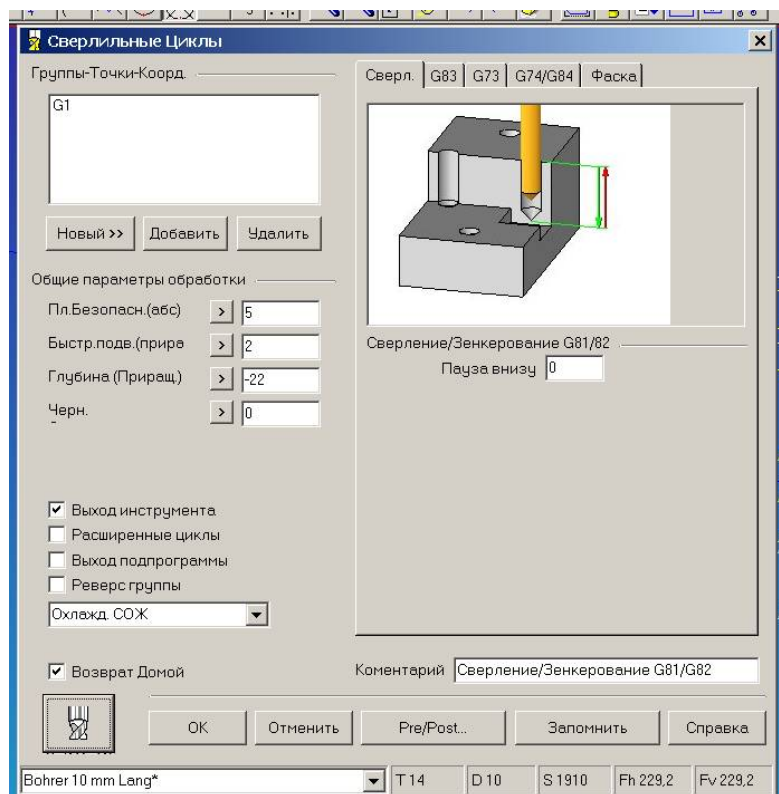


Рисунок 2.47 – Окно параметров сверления 16 отверстий диаметром 10мм

Запустим и промоделируем операцию. Скриншот результата выполнения всех операций вставьте в пояснительную записку.

Операция 10 «Чистовая обработка наружного контура»

Операцию выполним путем редактирования операции черновой обработки контура. Скопируем ее и вставим. Отредактируем операцию следующим образом:

- Припуск – 0;
- Проход – 1;
- Опция «радиальные шаги – обнулим все параметры;
- Подход – по дуге с радиусом 3;
- Отход – как подход.

Окно параметров операции показано на рисунке 2.48.

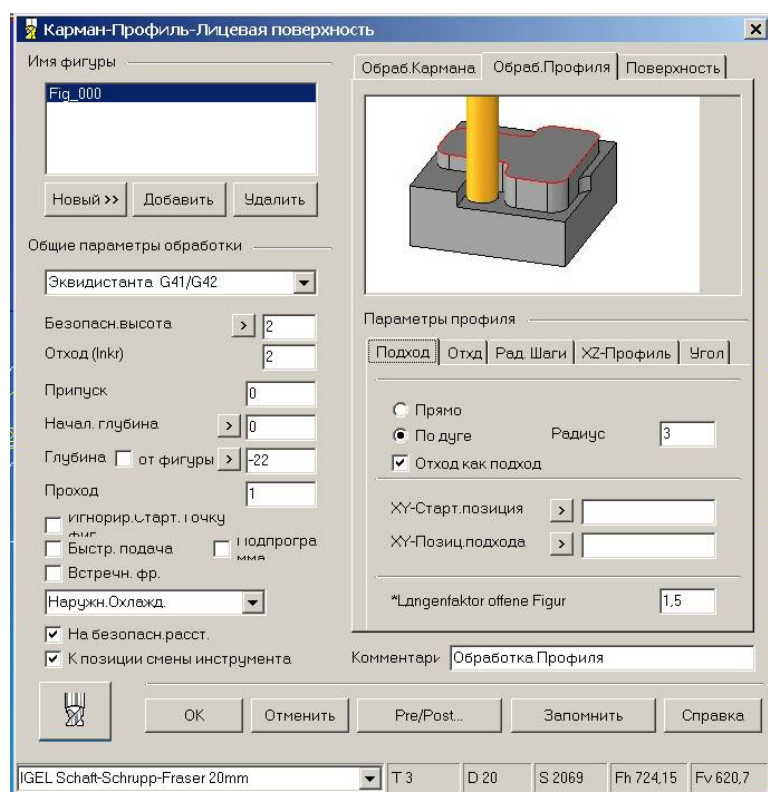


Рисунок 2.48 – Окно параметров чистовой обработки контура детали

Запустим операцию и промоделируем работу всей программы. Скриншот готовой детали вставьте в пояснительную записку.

После окончания обработки заготовку необходимо переустановить и отфрезеровать нижнюю плоскость, на которой остался припуск 2 мм. Операция выполняется аналогично первой. При этом можно использовать ранее сформированный для первой операции программный код управляющей программы.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ

Отобразим на экране изометрическое изображение детали.

Нажмем кнопку **Моделирование обработки** на Инструментальной панели (на рисунке 2.49 показана стрелкой).

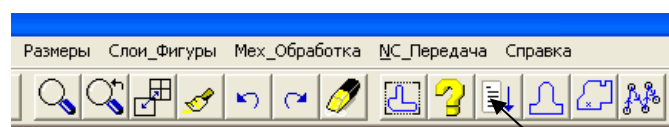


Рисунок 2.49 – Включение моделирования обработки

В открывшемся окне выберите опцию Solid. Будет отображено трехмерное тело, представляющее заготовку.

Также на экране будет отображено диалоговое окно управления моделированием (рис.2.50).

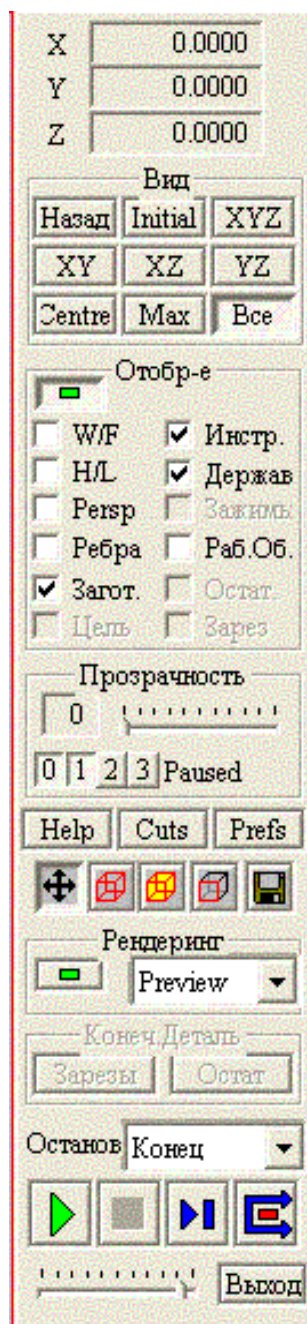


Рисунок 2.50 – Панель управления моделированием обработки

Устанавливая флажки в поле «Отобр-е» (отображение), можно оставлять видимыми в процессе моделирования державку инструмента, сам инструмент, заготовку и другие элементы модели.

С помощью регулировки «Прозрачность» можно управлять прозрачностью модели заготовки и детали (крайнее левое положение регулятора – прозрачность равна нулю).

С помощью регулятора, расположенного в низу панели, можно управлять скоростью моделирования. С помощью нажатой левой клавиши мыши переместите регулятор в среднее положение.

Чтобы начать процесс моделирования, необходимо нажать кнопки в нижней части панели. Кнопка  обеспечивает непрерывное отображение всех сформированных операций от первой до последней. Возможна настройка остановок моделирования с помощью переключателя «Конец». При этом в

выпадающем списке можно выбрать отображение до конца программы (Конец), с остановками при смене инструмента или при выполнении быстрых перемещений.

Кнопка  обеспечивает пошаговый просмотр всех операций, включая отдельные рабочие проходы.

С помощью кнопки  можно формировать сечения детали и рассматривать результат обработки внутренних полостей детали. При нажатии этой кнопки система выдает окно для управления показом сечений (рис.2.51).

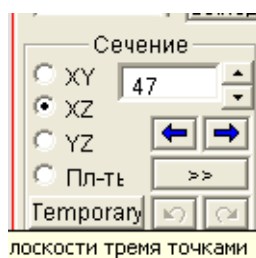


Рисунок 2.51 – Панель управления сечениями

Плоскость сечения можно перемещать с помощью кнопок . При этом плоскость будет перемещаться в указанном направлении XY, XZ, или YZ.

Само сечение реализуется с помощью кнопок .

В заключении система покажет окончательный вид обработанной детали и последний инструмент, если он не была включена команда «Сменить инструмент» (рис. 2.52).

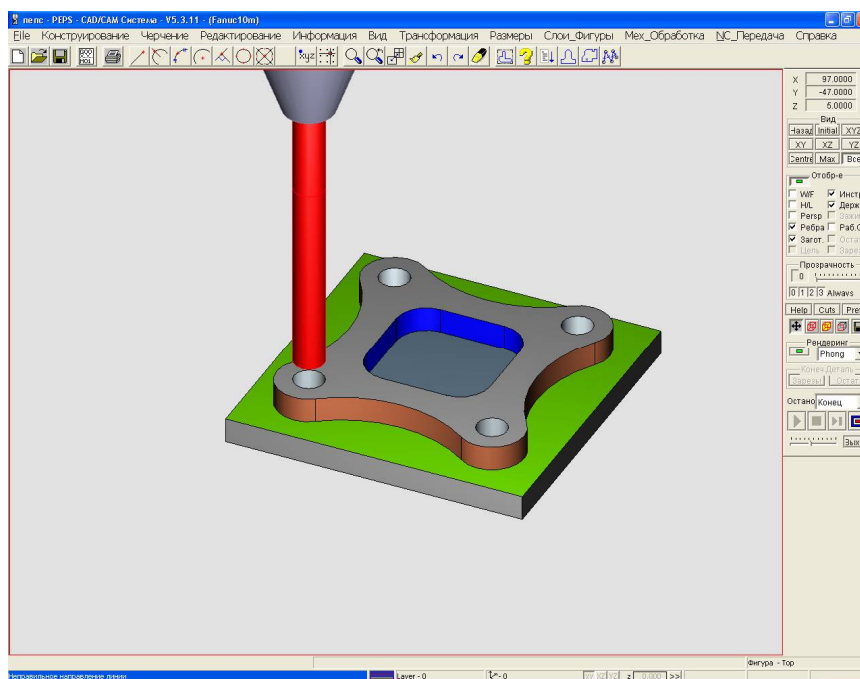


Рисунок 2.52 – Пример обработанной детали

Когда моделирование закончено, нажмите кнопку **Выход**, чтобы выйти из моделирования.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКСТА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ (NC-КОД):

Для того, чтобы получить NC-код управляющей программы, необходимо



нажать кнопку в верхней панели команд. При этом в открывшемся диалоговом окне с запросом на открытие текста управляющей программы нужно нажать клавишу ОК. В результате на экран будет выведен текст управляющей программы в кодировке ISO 7 bit, именуемый NC-кодом.

%

ОДеталь (Деталь)

N1 (пепс)

N2 G00 G17 G40 G61 G80 G90 H0

N3 T4

N4

N5 T4 M06 (SCHAFT-SCHLICHT-FRASER 20MM)

N6 G54

N7 G40 G80 G90

N8 S1658 F365 M3

N9 (Обработка Профиля *ЭквиАЕистанта G41/G42)

N10 M8

N11 G0 X59.305 Y-108.179

N12 G43 H4 Z2.0

N13 G1 Z-2.5 F315

N14 G41 D04 X30.655 Y-59.9 F365

N15 G2 X10.859 Y-38.19 I-7.655 J12.9

N16 G3 X10.859 Y18.19 I-38.849 J28.19

N17 G2 X31.81 Y39.141 I12.141 J8.81

N18 G3 X88.19 Y39.141 I28.19 J38.849

N19 G2 X109.141 Y18.19 I8.81 J-12.141

N20 G3 X109.141 Y-38.19 I38.849 J-28.19

N21 G2 X88.19 Y-59.141 I-12.141 J-8.81

N22 G3 X60.0 Y-49.99 I-28.19 J-38.849

N23 G3 X31.81 Y-59.141 I0.0 J-48.0

N24 G2 X30.655 Y-59.9 I-8.81 J12.141

N25 G1 G40 X59.305 Y-108.179

N26 G0 Z2.0

N27 G0 Z-0.5

N28 G1 Z-5.0 F315

N29 G41 D04 X30.655 Y-59.9 F365

N30 G2 X10.859 Y-38.19 I-7.655 J12.9

N31 G3 X10.859 Y18.19 I-38.849 J28.19

N32 G2 X31.81 Y39.141 I12.141 J8.81

N33 G3 X88.19 Y39.141 I28.19 J38.849

N34 G2 X109.141 Y18.19 I8.81 J-12.141

N35 G3 X109.141 Y-38.19 I38.849 J-28.19

N36 G2 X88.19 Y-59.141 I-12.141 J-8.81

N37 G3 X60.0 Y-49.99 I-28.19 J-38.849

N38 G3 X31.81 Y-59.141 I0.0 J-48.0
 N39 G2 X30.655 Y-59.9 I-8.81 J12.141
 N40 G1 G40 X59.305 Y-108.179
 N41 G0 Z2.0
 N42 G0 Z-3.0
 N43 G1 Z-7.5 F315
 N44 G41 D04 X30.655 Y-59.9 F365
 N45 G2 X10.859 Y-38.19 I-7.655 J12.9
 N46 G3 X10.859 Y18.19 I-38.849 J28.19
 N47 G2 X31.81 Y39.141 I12.141 J8.81
 N48 G3 X88.19 Y39.141 I28.19 J38.849
 N49 G2 X109.141 Y18.19 I8.81 J-12.141
 N50 G3 X109.141 Y-38.19 I38.849 J-28.19
 N51 G2 X88.19 Y-59.141 I-12.141 J-8.81
 N52 G3 X60.0 Y-49.99 I-28.19 J-38.849
 N53 G3 X31.81 Y-59.141 I0.0 J-48.0
 N54 G2 X30.655 Y-59.9 I-8.81 J12.141
 N55 G1 G40 X59.305 Y-108.179
 N56 G0 Z2.0
 N57 G0 Z-5.5
 N58 G1 Z-10.0 F315
 N59 G41 D04 X30.655 Y-59.9 F365
 N60 G2 X10.859 Y-38.19 I-7.655 J12.9
 N61 G3 X10.859 Y18.19 I-38.849 J28.19
 N62 G2 X31.81 Y39.141 I12.141 J8.81
 N63 G3 X88.19 Y39.141 I28.19 J38.849
 N64 G2 X109.141 Y18.19 I8.81 J-12.141
 N65 G3 X109.141 Y-38.19 I38.849 J-28.19
 N66 G2 X88.19 Y-59.141 I-12.141 J-8.81
 N67 G3 X60.0 Y-49.99 I-28.19 J-38.849
 N68 G3 X31.81 Y-59.141 I0.0 J-48.0
 N69 G2 X30.655 Y-59.9 I-8.81 J12.141
 N70 G1 G40 X59.305 Y-108.179
 N71 G0 Z2.0
 N72
 N73 T8 M06 (HELI SCHAFT-SCHRUPP-FRASER 20MM)
 N74 G54
 N75 G40 G80 G90
 N76 S1989 F696 M3
 N77 (Обработка Профиля *ЭквиАЕистанта G41/G42)
 N78 G0 X59.305 Y-108.179
 N79 G43 H8 Z2.0
 N80 G1 Z-2.5 F636
 N81 G41 D08 X29.634 Y-58.18 F696
 N82 G2 X12.478 Y-39.365 I-6.634 J11.18
 N83 G3 X12.478 Y19.365 I-40.468 J29.365
 N84 G2 X30.635 Y37.522 I10.522 J7.635
 N85 G3 X89.365 Y37.522 I29.365 J40.468
 N86 G2 X107.522 Y19.365 I7.635 J-10.522
 N87 G3 X107.522 Y-39.365 I40.468 J-29.365

N88 G2 X89.365 Y-57.522 I-10.522 J-7.635
 N89 G3 X60.0 Y-47.99 I-29.365 J-40.468
 N90 G3 X30.635 Y-57.522 I0.0 J-50.0
 N91 G2 X29.634 Y-58.18 I-7.635 J10.522
 N92 G1 G40 X59.305 Y-108.179
 N93 G0 Z2.0
 N94 G0 Z-0.5
 N95 G1 Z-5.0 F636
 N96 G41 D08 X29.634 Y-58.18 F696
 N97 G2 X12.478 Y-39.365 I-6.634 J11.18
 N98 G3 X12.478 Y19.365 I-40.468 J29.365
 N99 G2 X30.635 Y37.522 I10.522 J7.635
 N100 G3 X89.365 Y37.522 I29.365 J40.468
 N101 G2 X107.522 Y19.365 I7.635 J-10.522
 N102 G3 X107.522 Y-39.365 I40.468 J-29.365
 N103 G2 X89.365 Y-57.522 I-10.522 J-7.635
 N104 G3 X60.0 Y-47.99 I-29.365 J-40.468
 N105 G3 X30.635 Y-57.522 I0.0 J-50.0
 N106 G2 X29.634 Y-58.18 I-7.635 J10.522
 N107 G1 G40 X59.305 Y-108.179
 N108 G0 Z2.0
 N109 G0 Z-3.0
 N110 G1 Z-7.5 F636
 N111 G41 D08 X29.634 Y-58.18 F696
 N112 G2 X12.478 Y-39.365 I-6.634 J11.18
 N113 G3 X12.478 Y19.365 I-40.468 J29.365
 N114 G2 X30.635 Y37.522 I10.522 J7.635
 N115 G3 X89.365 Y37.522 I29.365 J40.468
 N116 G2 X107.522 Y19.365 I7.635 J-10.522
 N117 G3 X107.522 Y-39.365 I40.468 J-29.365
 N118 G2 X89.365 Y-57.522 I-10.522 J-7.635
 N119 G3 X60.0 Y-47.99 I-29.365 J-40.468
 N120 G3 X30.635 Y-57.522 I0.0 J-50.0
 N121 G2 X29.634 Y-58.18 I-7.635 J10.522
 N122 G1 G40 X59.305 Y-108.179
 N123 G0 Z2.0
 N124 G0 Z-5.5
 N125 G1 Z-10.0 F636
 N126 G41 D08 X29.634 Y-58.18 F696
 N127 G2 X12.478 Y-39.365 I-6.634 J11.18
 N128 G3 X12.478 Y19.365 I-40.468 J29.365
 N129 G2 X30.635 Y37.522 I10.522 J7.635
 N130 G3 X89.365 Y37.522 I29.365 J40.468
 N131 G2 X107.522 Y19.365 I7.635 J-10.522
 N132 G3 X107.522 Y-39.365 I40.468 J-29.365
 N133 G2 X89.365 Y-57.522 I-10.522 J-7.635
 N134 G3 X60.0 Y-47.99 I-29.365 J-40.468
 N135 G3 X30.635 Y-57.522 I0.0 J-50.0
 N136 G2 X29.634 Y-58.18 I-7.635 J10.522
 N137 G1 G40 X59.305 Y-108.179

N138 G0 Z2.0
N139
N140 T10 M06 (SCHAFT-SCHLICHT-FRASER 10MM)
N141 G54
N142 G40 G80 G90
N143 S4393 F615 M3
N144 (Обработка Кармана *Отмена эквивалентности G40)
N145 M8
N146 G0 X60.0 Y-10.0
N147 G43 H10 Z2.0
N148 G1 Z-2.5 F527
N149 X63.0 F615
N150 Y-7.0
N151 X57.0
N152 Y-13.0
N153 X63.0
N154 Y-10.0
N155 X68.0
N156 Y-2.0
N157 X52.0
N158 Y-18.0
N159 X68.0
N160 Y-10.0
N161 X73.0
N162 Y3.0
N163 X47.0
N164 Y-23.0
N165 X73.0
N166 Y-10.0
N167 X78.0
N168 Y3.0
N169 G3 X73.0 Y8.0 I-5.0 J0.0
N170 G1 X47.0
N171 G3 X42.0 Y3.0 I0.0 J-5.0
N172 G1 Y-23.0
N173 G3 X47.0 Y-28.0 I5.0 J0.0
N174 G1 X73.0
N175 G3 X78.0 Y-23.0 I0.0 J5.0
N176 G1 Y-10.0
N177 X73.0
N178 G0 Z2.0
N179 G0 X60.0
N180 Z-0.5
N181 G1 Z-5.0 F527
N182 X63.0 F615
N183 Y-7.0
N184 X57.0
N185 Y-13.0
N186 X63.0
N187 Y-10.0

N188 X68.0
N189 Y-2.0
N190 X52.0
N191 Y-18.0
N192 X68.0
N193 Y-10.0
N194 X73.0
N195 Y3.0
N196 X47.0
N197 Y-23.0
N198 X73.0
N199 Y-10.0
N200 X78.0
N201 Y3.0
N202 G3 X73.0 Y8.0 I-5.0 J0.0
N203 G1 X47.0
N204 G3 X42.0 Y3.0 I0.0 J-5.0
N205 G1 Y-23.0
N206 G3 X47.0 Y-28.0 I5.0 J0.0
N207 G1 X73.0
N208 G3 X78.0 Y-23.0 I0.0 J5.0
N209 G1 Y-10.0
N210 X73.0
N211 G0 Z2.0
N212 G0 X60.0
N213 Z-3.0
N214 G1 Z-7.5 F527
N215 X63.0 F615
N216 Y-7.0
N217 X57.0
N218 Y-13.0
N219 X63.0
N220 Y-10.0
N221 X68.0
N222 Y-2.0
N223 X52.0
N224 Y-18.0
N225 X68.0
N226 Y-10.0
N227 X73.0
N228 Y3.0
N229 X47.0
N230 Y-23.0
N231 X73.0
N232 Y-10.0
N233 X78.0
N234 Y3.0
N235 G3 X73.0 Y8.0 I-5.0 J0.0
N236 G1 X47.0
N237 G3 X42.0 Y3.0 I0.0 J-5.0

N238 G1 Y-23.0
N239 G3 X47.0 Y-28.0 I5.0 J0.0
N240 G1 X73.0
N241 G3 X78.0 Y-23.0 I0.0 J5.0
N242 G1 Y-10.0
N243 X73.0
N244 G0 Z2.0
N245 G0 X60.0
N246 Z-5.5
N247 G1 Z-10.0 F527
N248 X63.0 F615
N249 Y-7.0
N250 X57.0
N251 Y-13.0
N252 X63.0
N253 Y-10.0
N254 X68.0
N255 Y-2.0
N256 X52.0
N257 Y-18.0
N258 X68.0
N259 Y-10.0
N260 X73.0
N261 Y3.0
N262 X47.0
N263 Y-23.0
N264 X73.0
N265 Y-10.0
N266 X78.0
N267 Y3.0
N268 G3 X73.0 Y8.0 I-5.0 J0.0
N269 G1 X47.0
N270 G3 X42.0 Y3.0 I0.0 J-5.0
N271 G1 Y-23.0
N272 G3 X47.0 Y-28.0 I5.0 J0.0
N273 G1 X73.0
N274 G3 X78.0 Y-23.0 I0.0 J5.0
N275 G1 Y-10.0
N276 X73.0
N277 G0 Z2.0
N278
N279 T9 M06 (HELI SCHAFT-SCHRUPPFRASE 10 MM)
N280 G54
N281 G40 G80 G90
N282 S4138 F1572 M3
N283 (Обработка Профиля *Эквивалента G41/G42)
N284 G0 X60.0 Y-10.0
N285 G43 H9 Z2.0
N286 G1 Z-10.0 F1448
N287 G41 D09 Y-35.0 F1572

N288 X73.0
N289 G3 X85.0 Y-23.0 I0.0 J12.0
N290 G1 Y3.0
N291 G3 X73.0 Y15.0 I-12.0 J0.0
N292 G1 X47.0
N293 G3 X35.0 Y3.0 I0.0 J-12.0
N294 G1 Y-23.0
N295 G3 X47.0 Y-35.0 I12.0 J0.0
N296 G1 X60.0
N297 G40 Y-10.0
N298 G0 Z2.0
N299
N300 T6 M06 (BOHRER 8 MM)
N301 G54
N302 G40 G80 G90
N303 S1393 F488 M3
N304 (Сверление/Зенкерование G81/G82)
N305 M8
N306 G0 G43 H6 Z5.0
N307 X23.0 Y-47.07
N308 G81 G98 Z-22.403 R2.0
N309 X23.0 Y27.0
N310 X97.0 Y27.0
N311 X97.0 Y-47.0
N312 G80
N313
N314 T7 M06 (BOHRER 12 MM)
N315 G54
N316 G40 G80 G90
N317 S928 F371 M3
N318 (Сверление/Зенкерование G81/G82)
N319 G0 X23.0 Y-47.07
N320 G43 H7 Z5.0
N321 G81 G98 Z-23.605 R2.0
N322 X23.0 Y27.0
N323 X97.0 Y27.0
N324 X97.0 Y-47.0
N325 G80
N326 M30
%

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. T-Flex CAD 17. Руководство пользователя.
<https://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/files.php>
2. Миловзоров О.В. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ на базе САМ-системы PEPS Milling 2,5D: Методические указания по выполнению лабораторных работ [Электронный ресурс]. Рязань, 2022 – 300 с.

Учебное издание

МИЛОВЗОРОВ Олег Владимирович

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ-АВТОМАТОМ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ СТАНКА С ЧПУ»

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Автоматизированные системы конструкторско-технологической подготовки производства» для студентов специальности 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Методические указания

ПД № 6-0011 от 13.06.2000. Подписано в печать 14.05.2026.
Формат 60x84 1/16. Бумага типографская Печать офсетная.
Усл.п.л. 3,0. Уч.-изд. л. 3,0. Тираж 100 экз. Заказ №

Рязанский государственный радиотехнический
университет имени В.Ф. Уткина»

390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Ленков Михаил
Владимирович, Заведующий кафедрой АИТП

02.07.26 12:54 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Ленков Михаил
Владимирович, Заведующий кафедрой АИТП

02.07.26 12:54 (MSK)

Простая подпись