

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

**ПРОЕКТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ИК

\_\_\_\_\_ А.А. Захарова  
« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**Автоматизированное управление  
технологическим оборудованием**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Автоматизированное управление технологическим оборудованием» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 261400.62 (29.03.04) «Технология художественной обработки материалов», профиль «Технология художественной обработки материалов»

**Составитель Д.П. Крауиньш**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2015

УДК  
ББК  
К787

**Крауиньш Д.П.**

К787 Автоматическое управление процессами и системами: Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Автоматизированное управление технологическим оборудованием» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 261400.62 (29.03.04) «Технология художественной обработки материалов», профиль «Технология художественной обработки материалов» / Составитель Д.П. Крауиньш. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 46 с.

УДК 000000  
ББК 00000

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры автоматизации и роботизации в машиностроении ИК «\_\_»\_\_\_\_\_2015 г.

Зав. кафедрой АРМ

кандидат технических наук \_\_\_\_\_ *С.Е. Буханченко*

Председатель учебно-методической  
комиссии \_\_\_\_\_

*М.Г. Гольдшмидт*

*Рецензент*

Кандидат технических наук, доцент кафедры АРМ Сикора Е.А.

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2015

© Крауиньш Д.П., 2015

Методический практикум по курсу «Автоматизированное управление технологическим оборудованием» включает необходимый минимум лабораторных работ, необходимый для закрепления знаний, полученных в теоретической части курса.

**Цель:** формирование знаний и умений, необходимых для программного автоматизированного управления технологическим оборудованием: станков с числовым программным управлением, промышленных роботов и другого технологического оборудования с помощью систем циклового и числового программного оборудования. Обучение составлению управляющих программ при помощи различных CAD/CAM систем.

## **ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Для обработки (получения) сложных, объемного рельефа художественных деталей на станках необходимо создать электронную модель этой детали и получить управляющую программу для соответствующего станка.

### **Автоматическая подготовка УП**

Для автоматического создания управляющих программ обработки деталей в САМ-программах необходимо выполнить следующие действия:

1. В САД-программе (SolidWorks, Inventor и др.) создать 3D-модель детали собственного САД-формата и дополнительно получить деталь в формате STL.
2. Загрузить САМ-программу и загрузить (импортировать) деталь (STL формата расширения или собственного формата САМ-программы).
3. Создать заготовку.
4. Задать исходную точку или ввести плавающий нуль.
5. Определить плоскость безопасных переходов.

6. Задать инструмент обработки.
7. Задать правила врезания по касательной (по линии или по дуге).
8. Задать вид траектории обработки выбранных поверхностей (например: зигзагом, по спирали, круговой карман, с постоянной величиной Z, боком фрезы, перпендикулярно профилю обработки и т.д.).
9. Запустить внутренний процессор с получением файла CLDATA (для программы ArtCAM - это «Расчитать (Calculate)»).
10. Визуализировать процесс обработки.
11. Выбрать технологическое оборудование, на котором будет производиться обработка изделия.
12. Задать систему управления или выбрать постпроцессор для заданной системы управления.
13. Визуализировать процесс обработки. При наличии неправильных параметров обработки - откорректировать пункты 3...10, а в некоторых случаях даже пункт 1.
14. Окончательную программу сохраните в виде текстового файла с соответствующим расширением для чтения конкретной системой ЧПУ.

Примечание:

Итак, что же такое постпроцессор?

Постпроцессор - это модуль, который последовательно читает запись из файла траектории движения инструмента и технологических команд (далее CLDATA-файл) и выполняет преобразование этих записей в один или несколько кадров управляющей программы по *некоторым правилам, отличным для разных станков и систем ЧПУ*. CL файл - это некий общий формат представления графической траектории в текстовом виде ISO код (или G-код) получается путем преобразования CL в тот формат, который понимается станком. Постпроцессор выполняет немало функций, например:

- кодирует линейные перемещения согласно цене импульса;
- выполняет линейную или круговую интерполяцию перемещений по дуге окружности, а также кодирует их в импульсах;
- рассчитывает динамику перемещений, отслеживая и, если нужно, уменьшая слишком большую подачу на малом перемещении ("станок не успеет разогнаться");
- автоматически выдает в кадр вектора или функции коррекции на радиус инструмента;
- строит текущий кадр по шаблону, автоматически нумеруя кадры под адресом N;
- превращает подачи, назначенные технологом, в конкретный набор символов с адресом F и выдает в нужное место кадра;
- оформляет как начало, так и конец УП, а также структуру кадра.

На самом деле число функций, выполняемых среднестатистическим постпроцессором больше, значительно больше! Как, например, научить постпроцессор выдавать в кадр перемещения только по тем координатам, движения по которым имело место? Или как определить выпуклость/вогнутость контура детали для правильного расчета вектора коррекции?

# Импорт готовой модели в ArtCAM

Ход работы:

## I. Создание модели в программе SolidWorks

1. Создать 3D модель средствами программы

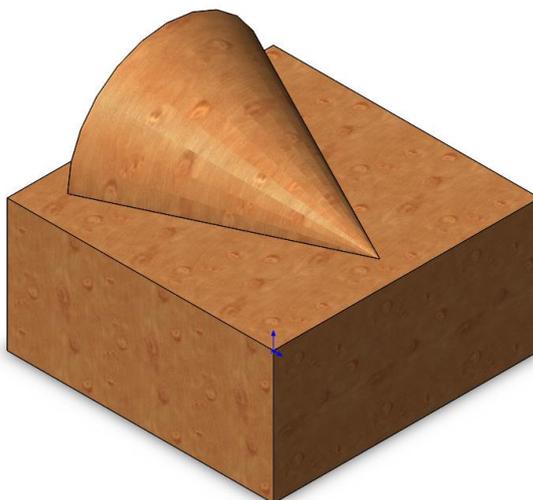


Рисунок 1

2. Сохранить готовую модель в формате STL

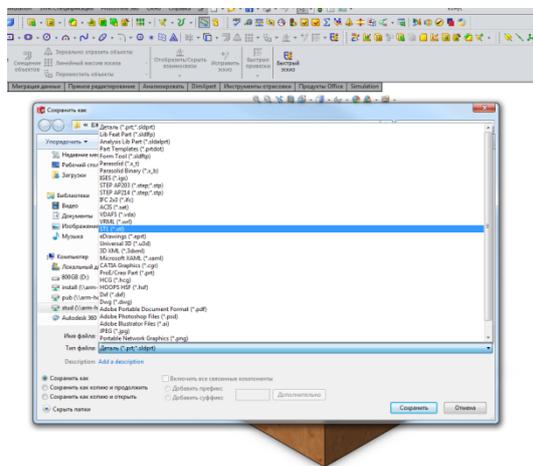


Рисунок 2

## II. Импорт модели

1. File – New – Model, задать размеры модели

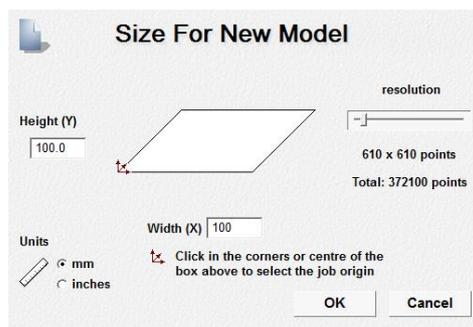


Рисунок 3

2. На заданный лист модели импортировать 3D модель Reliefs – Import 3D model
3. Выбрать модель
4. В появившемся окне настройте параметры выравнивания

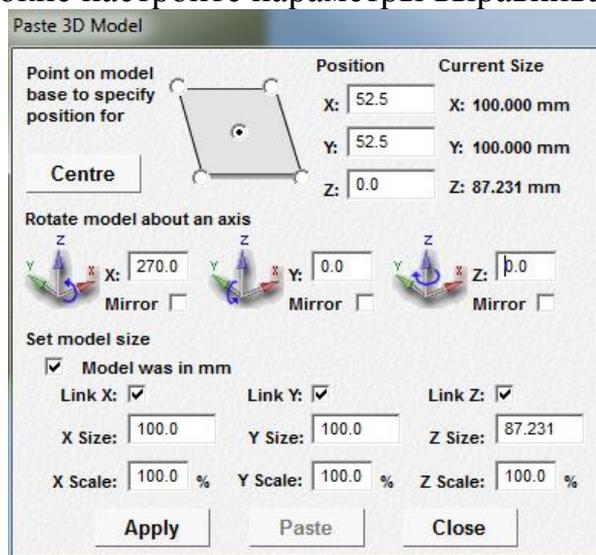


Рисунок 4

5. Полученная модель

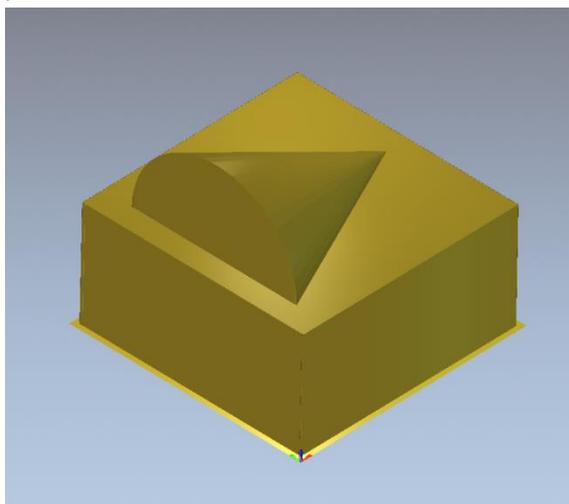


Рисунок 5

### III. Создание обрабатывающей программы

1. Выбрать вкладку Toolpath – 3D toolpath – machine relief  ;

2. Выбрать стратегию обработки Raster in X and Y (помимо Raster есть ещё Spiral и 3D Offset, которые выбираются в зависимости от сложности конфигурации детали);
3. Поставить Machine Safe Z=10 мм (расчет Safe Z ведется для каждой детали – свой);
4. В окне задать инструмент (рисунок 6) и материал (рисунок 7);
5. В базе ArtCAM есть множество инструментов с настраиваемыми параметрами, такими как диаметр, вид инструмента, подача и т.д.

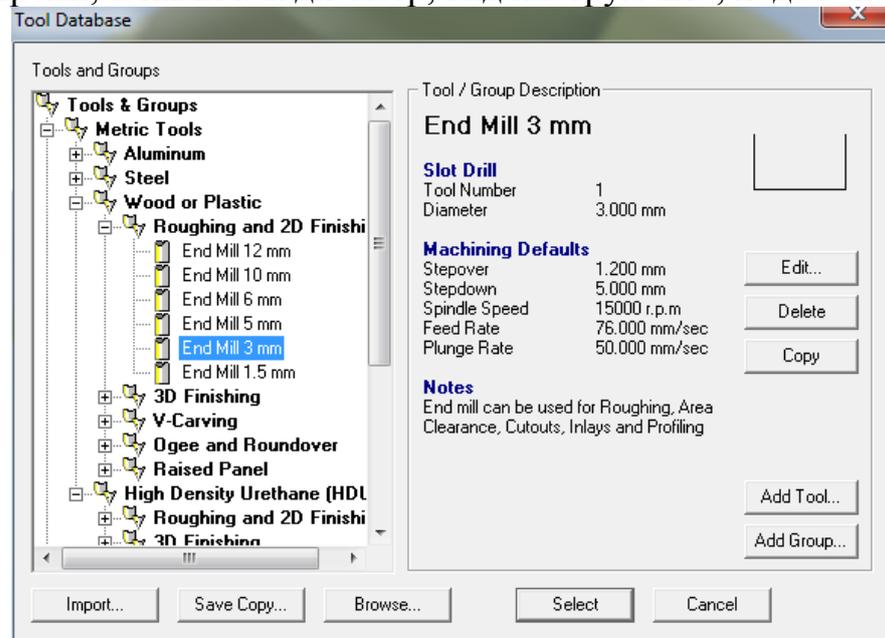


Рисунок 6

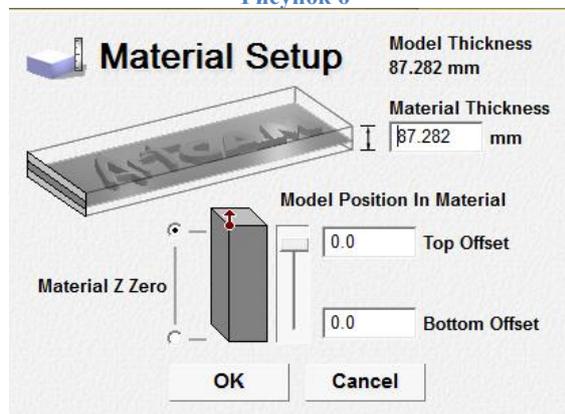


Рисунок 7

6. Также в ArtCAM можно задавать другие виды обработки, которые делятся на 2D и 3D:
  - а. 2D-обработка:
    - Поверх контура;
    - Внутри контура;
    - По контуру и другие.
  - б. 3D-обработка:
    - 3D вырезка;
    - 3D резка лазером;
    - Обработка по Z и другие.
7. Рассчитать (Calculate)

8. Программа рассчитывает ход инструмента, по окончании загрузки, будет проложен путь обработки, обозначенный красными линиями по X и Y, а передвижение инструмента по Z – синей линией.

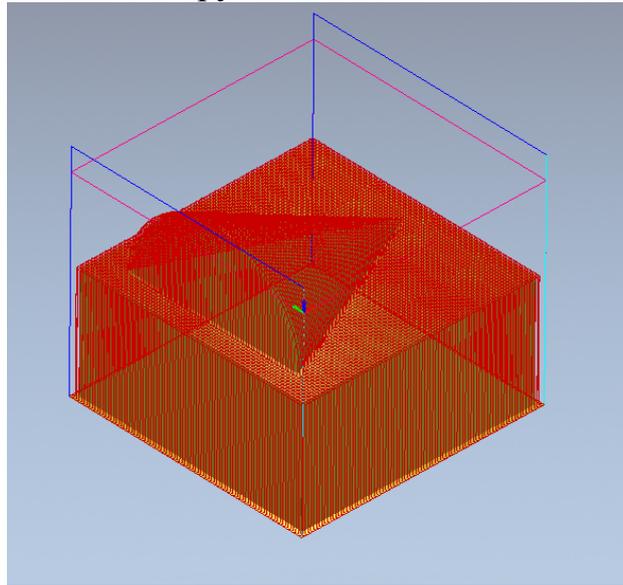


Рисунок 8

9. Сохранить путь , поставив оптимальное расширение файла Mach2 mm (\*.cnc)

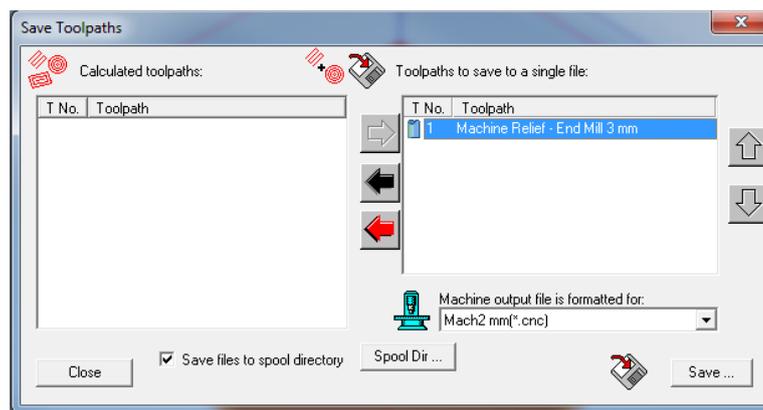


Рисунок 9

#### IV. Импортрование STL-модели

1. Reliefs – Create triangle mesh
2. В окне настройки параметров нажать Create triangles

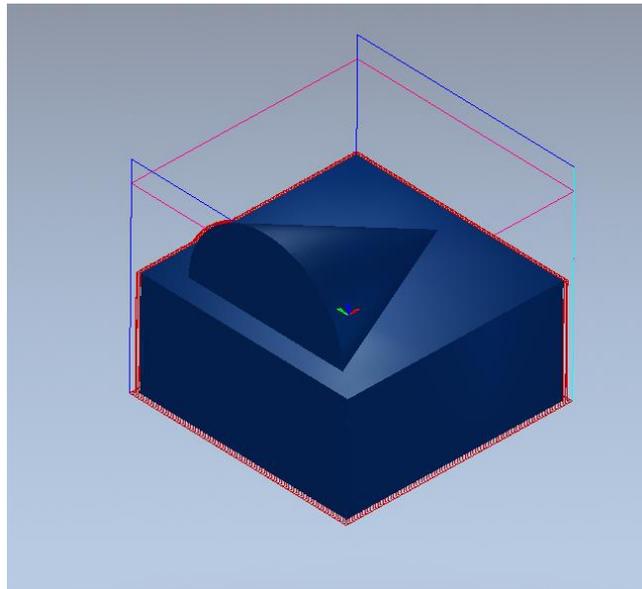


Рисунок 10

3. Далее нажать Save triangles, сохранить в формате ASCII STL Files

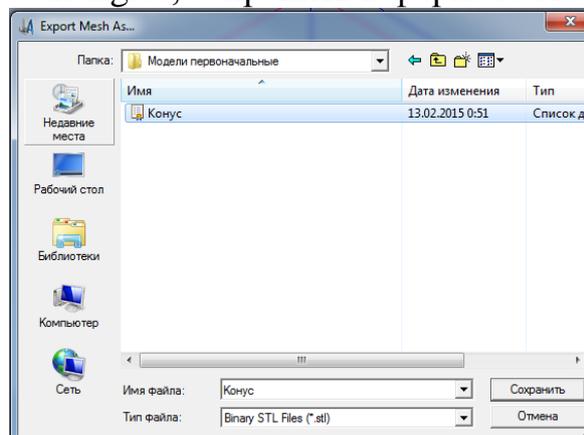


Рисунок 11

## Создание рельефа

Цель работы: научиться создавать простейший рельеф из черно-белого изображения, используя также импорт 3D модели.

Ход работы:

### I. Создание основного рельефа

1. Выбрать черно-белое изображение



Рисунок 12

2. Открыть ArtCAM
3. Перетащить изображение в рабочую среду программы
4. Автоматически выскакивает окно настройки высоты рельефа

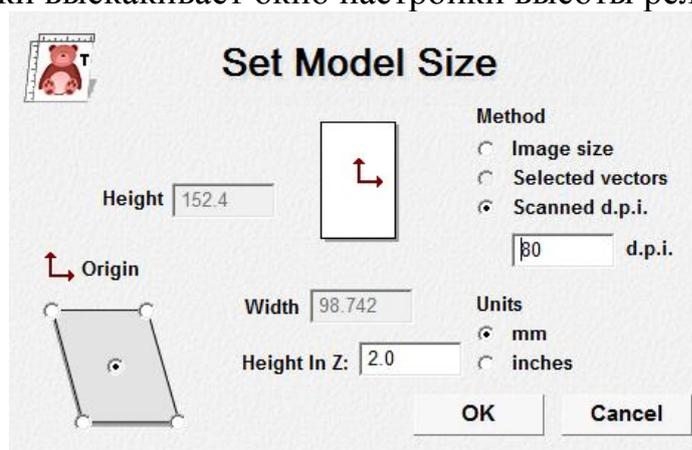


Рисунок 13

5. Задать параметры: Высота по Z – 2 мм.; 80 dpi
6. Полученный рельеф

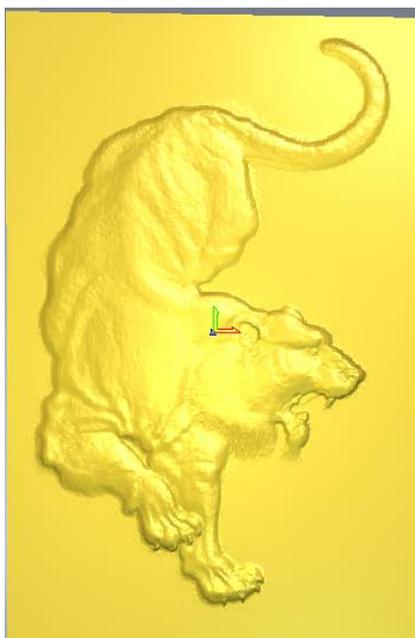


Рисунок 14

## II. Создание рамки

1. Открыть программу SolidWorks
2. В программе создать модель рамки

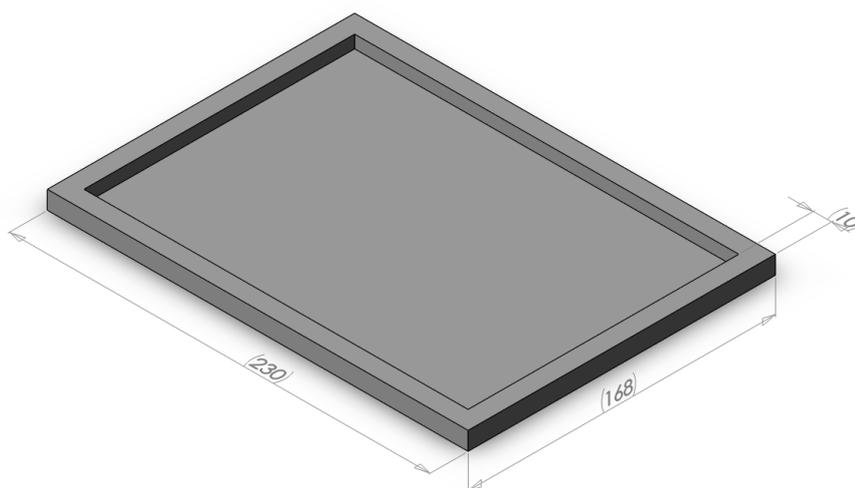


Рисунок 15

3. Сохранить файл в формате STL

## III. Сборка всех элементов рельефа

1. К уже готовому рельефу необходимо добавить сделанную ранее рамку
2. Reliefs – Import 3D model, выбрать модель в формате STL
3. В диалоговом окне “Paste 3D Model” задать необходимые параметры расположения модели

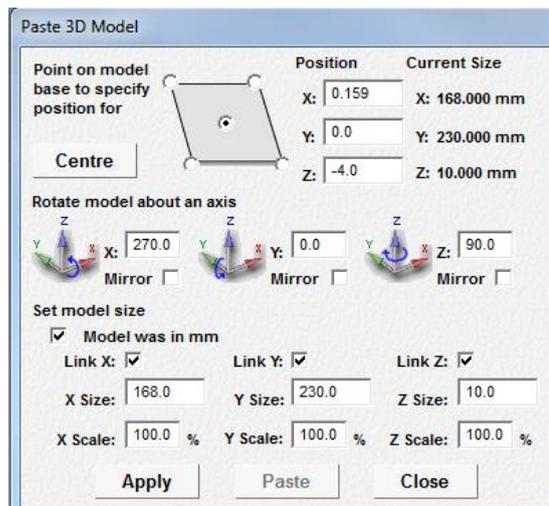


Рисунок 16

#### 4. Готовая модель

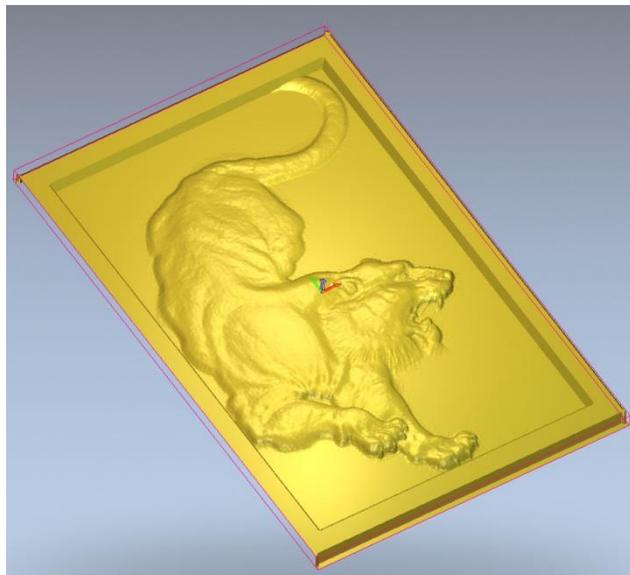


Рисунок 17

### IV. Создание обрабатывающей программы

1. Выбрать вкладку Toolpath – 3D toolpath – machine relief  ;
2. Выбрать стратегию обработки Raster in X and Y;
3. Поставить Machine Safe Z=4 мм;
4. В окне задать инструмент (рисунок 18) и материал (рисунок 19);

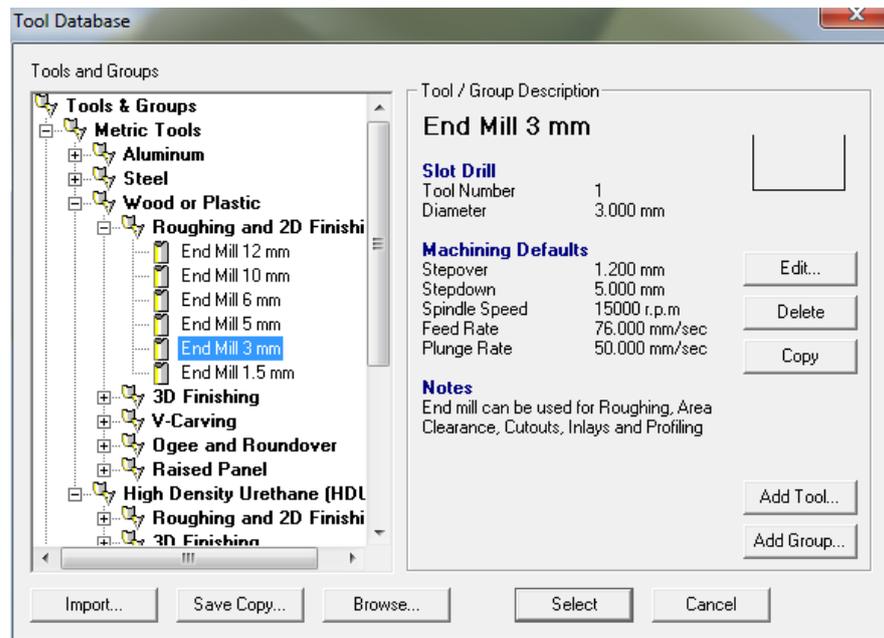


Рисунок 18

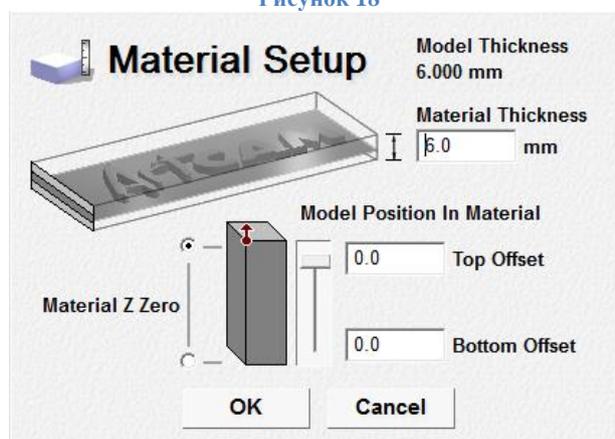


Рисунок 19

5. Рассчитать (Calculate)
6. Программа рассчитывает ход инструмента, по окончании загрузки, будет проложен путь обработки, обозначенный красными линиями по X и Y, а передвижение инструмента по Z – синей линией.

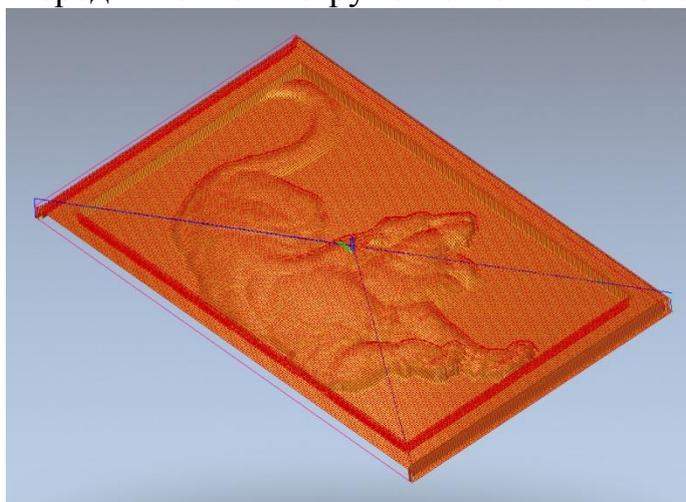


Рисунок 20

7. Сохранить путь , поставив оптимальное расширение файла Mach2 mm (\*.cnc)

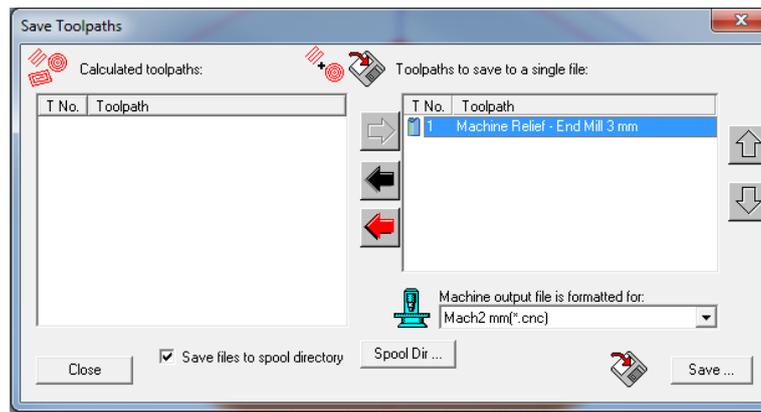


Рисунок 21

## V. Импортирование STL-модели

1. Reliefs – Create triangle mesh
2. В окне настройки параметров нажать Create triangles

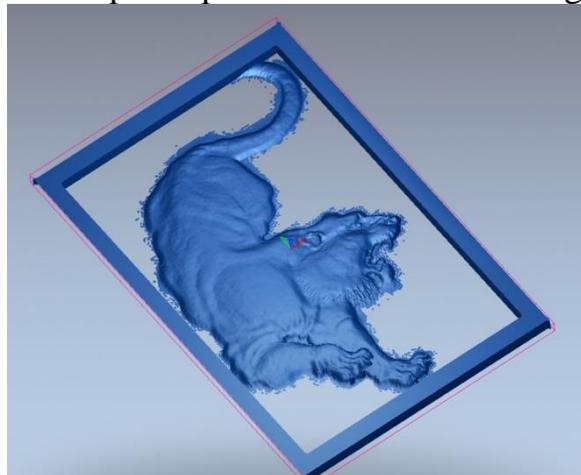


Рисунок 22

3. Далее нажать Save triangles, сохранить в формате ASCII STL Files

## Создание листка дерева средствами ArtCAM

Цель работы: создать рельеф дубового листа, используя возможности векторов и с помощью функции Constant height Letters

Ход работы:

### I. Создание векторного рисунка

1. Выбрать изображение листа



Рисунок 23

2. Открыть ArtCAM
3. Перетащить файл изображения на рабочую область ArtCAM
4. Задать параметры основного рабочего листа

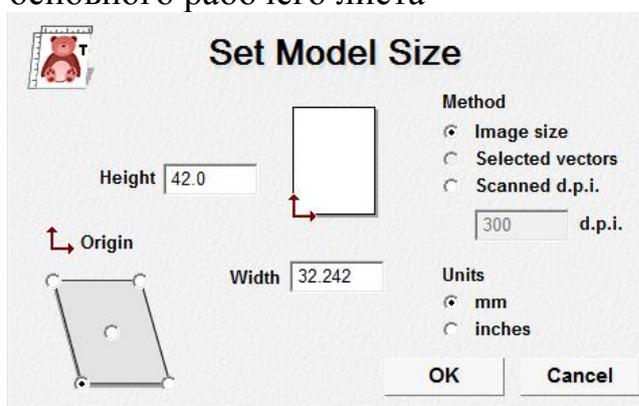


Рисунок 24

5. Обрисовать с помощью векторов контур листа и прожилок (контур должен быть замкнутым) (рисунок 2)



Рисунок 25

6. Выделить контур основы листа
7. Выбрать инструмент «Constant height Letters» 
8. Выбрать параметры в окне инструмента

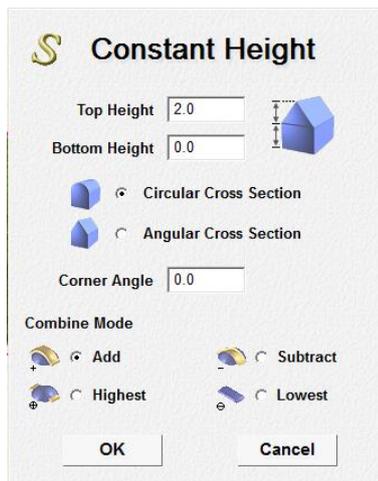


Рисунок 26

9. Готовая основа листа (рисунок 27)

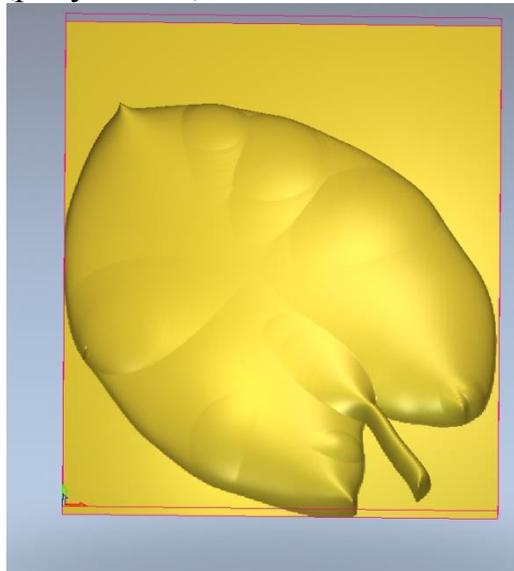
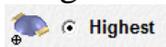


Рисунок 27

10. Повторить операцию для прожилок листа, изменив параметр «Top Height» на 2,5 и в подменю «Combine mode» выбрать «Highest»



11. Готовые прожилки листа (рисунок 28)

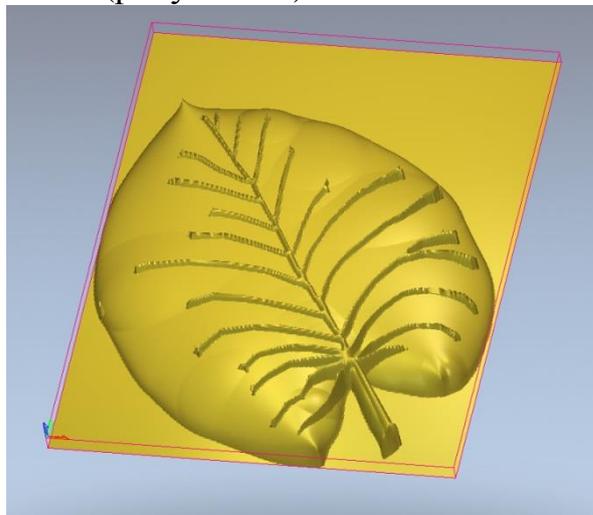


Рисунок 28

12.Используя инструмент «Smooth relief», разгладить модель, поставив параметр «Smoothing Passes» равным 3 (рисунок 29)



Рисунок 29

13.Готовый лист кубышки (рисунок 30)

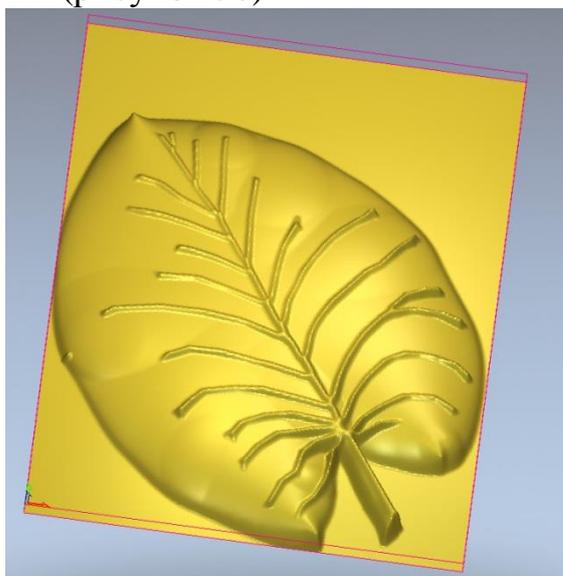


Рисунок 30

### Создание обрабатывающей программы

1. Выбрать вкладку Toolpath – 3D toolpath – machine relief  ;
2. Выбрать стратегию обработки Raster in X and Y;
3. Поставить Machine Safe Z=4 мм;
4. В окне задать инструмент (рисунок 31) и материал (рисунок 32);

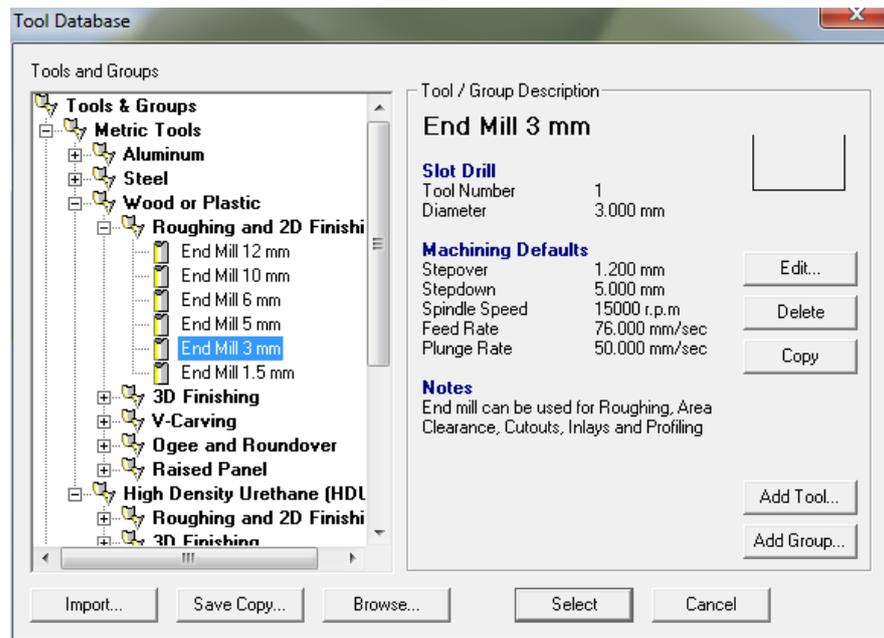


Рисунок 31



Рисунок 32

5. Рассчитать (Calculate)
6. Программа рассчитывает ход инструмента, по окончании загрузки, будет проложен путь обработки, обозначенный красными линиями по X и Y, а передвижение инструмента по Z – синей линией.

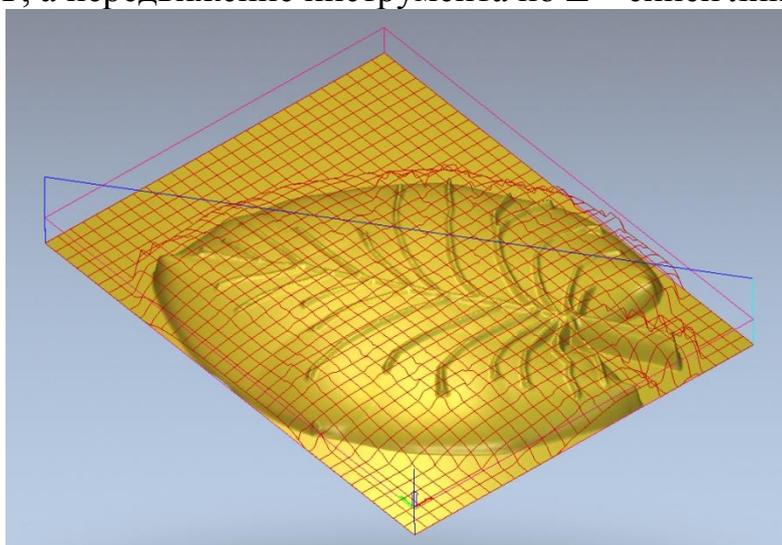


Рисунок 31

7. Сохранить путь , поставив оптимальное расширение файла Mach2 mm (\*.cnc)

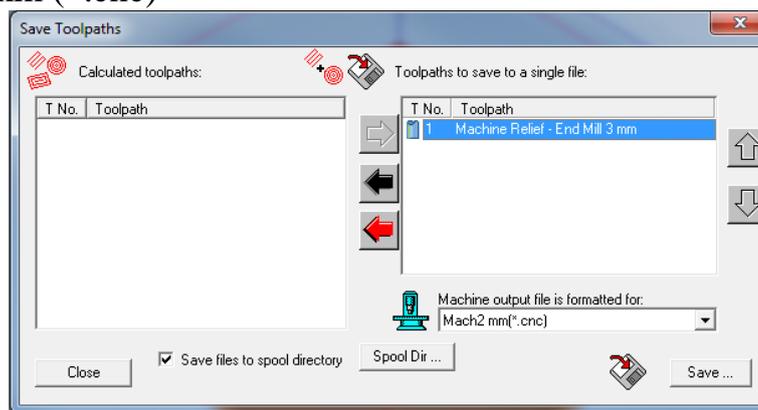


Рисунок 32

\*При необходимости более точной обработки изделия, настроить программу обработки с другим инструментом, например гравировальным.

### Импортирование STL-модели

1. Reliefs – Create triangle mesh
2. В окне настройки параметров нажать Create triangles

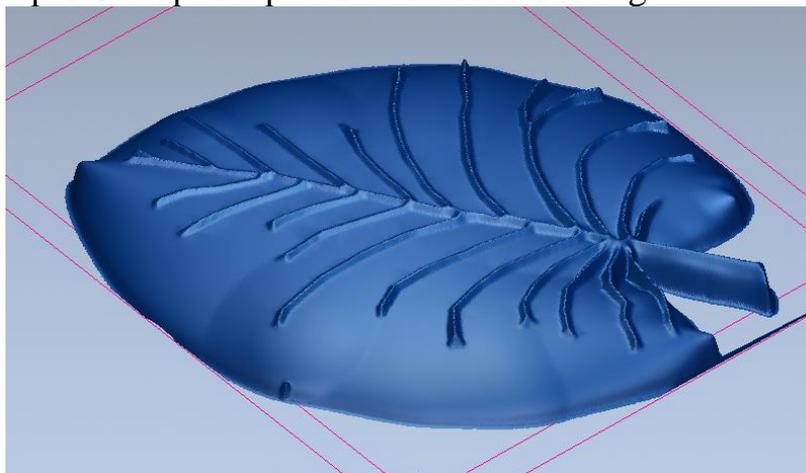


Рисунок 33

3. Далее нажать Save triangles, сохранить в формате ASCII STL Files

### Создание моделей разными инструментами ArtCAM

Цель работы: Используя инструменты ArtCAM, создать различные модели. Изучить способы создания моделей в ArtCAM.

- I. Создание барельефа с помощью заранее подготовленных векторных контуров
  1. В любой программе для обработки векторной графики (CorelDRAW, Adobe Illustrator и т.п.) создать рисунок с замкнутыми контурами



Рисунок 34

2. Выберите контур основы



Рисунок 35

3. Сделайте красный цвет Первичным Цветом нажатием левой кнопки мыши поверх красного квадрата в Цветовой Палитре
4. Нажмите иконку «Flood Fill Vectors» на панели инструментов «Vector» , чтобы залить красным цветом основу.

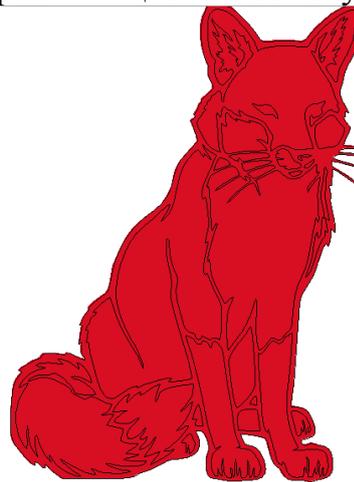


Рисунок 36

5. В диалоговом окне «Shape Editor» выставите параметры для создания сферичного рельефа  . Необходимо выбрать режим выдавливания. Выбираем режим «Add», далее нажимаем на «Apply» и закрываем диалоговое окно.

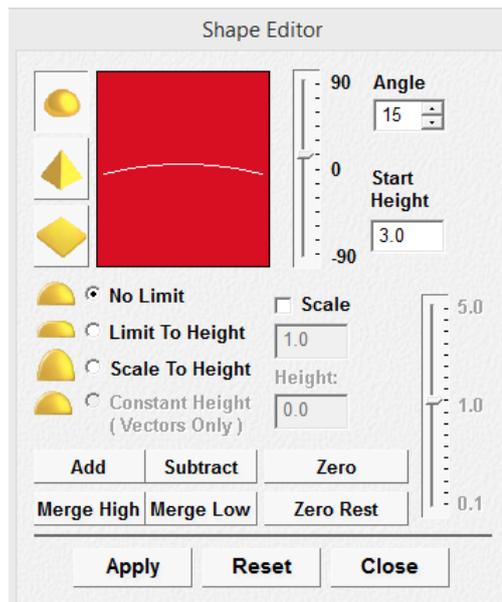


Рисунок 37

6. Выбираем белый цвет как Первичный цвет, и с помощью инструмента «Flood Fill»  закрашиваем красную область в белый цвет.
7. Готовая основа для лисы выглядит так:

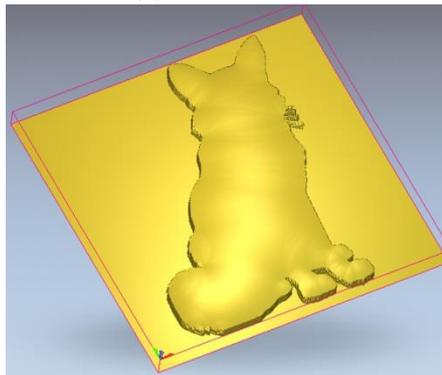


Рисунок 38

8. Способом, описанным в шагах 2-6, используя разные цвета и параметры выдавливания, создаем рельеф лисы.



Рисунок 39 Расположение цветов на контуре

Параметры выдавливания:

Таблица 1

Наименование	Вид	Angle	Start	Scal	Стратегия
--------------	-----	-------	-------	------	-----------

цвета	выдавливания		Height	e	выдавливания
Черный	Сферический	-25	4	—	Add
Синий	Плоский	—	4	—	Add
Зелёный	Сферический	45	2	1	Add
Пурпурный	Сферический	60	2,5	0,7	Add
Золотой	Сферический	29	4	2	Add

9. После выдавливания векторных контуров произведем разглаживание модели с помощью инструмента «Smooth Relief» с параметром «Smooth Passes» =1,5
- 10.С помощью инструмента «Sculpting» можно довести форму лисы до более плавного состояния, настраивая параметры и нанося собственноручно поправки на модель.
- 11.Готовая модель (Рисунок 40)



Рисунок 40

- 12.Данным способом можно создать и другие модели:

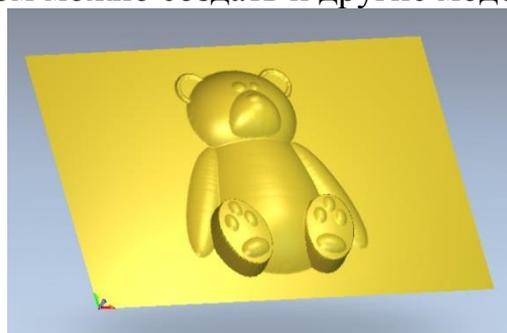


Рисунок 41 Медвежонок



Рисунок 42 Сурикат

13. Для каждой из моделей создается путь обработки и STL-модель, как описано в предыдущих работах.

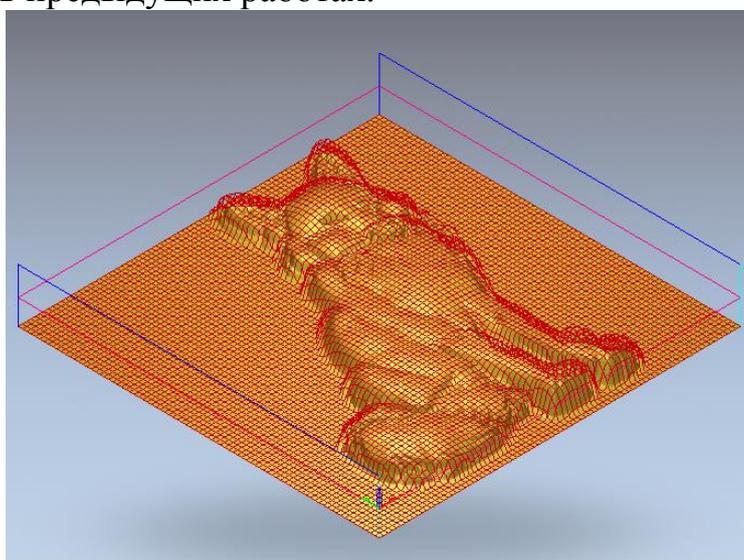


Рисунок 43 Путь обработки

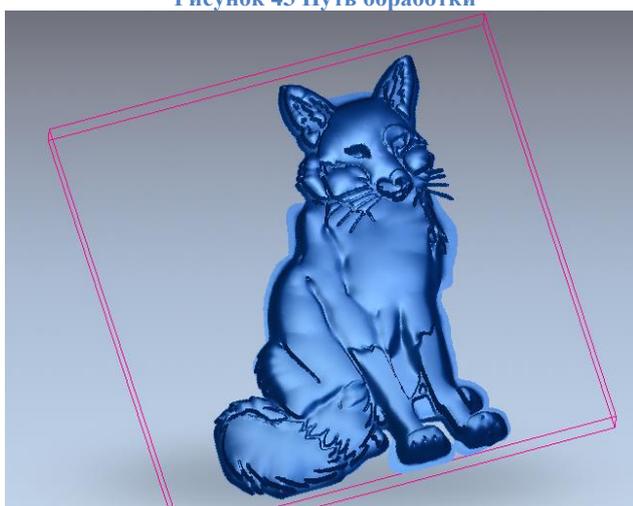


Рисунок 44 Треугольная сетка

Вывод: в ходе лабораторной работы я изучил способ создания рельефа с помощью векторной графики, способ импортирования вектора в ArtCAM.

## Создание балясины (тела вращения) средствами ArtCAM

Ход работы:

### I. Создание векторного рисунка

1. Открыть ArtCAM
2. File – New – Model
3. Задать параметры основного рабочего листа (рис.1)

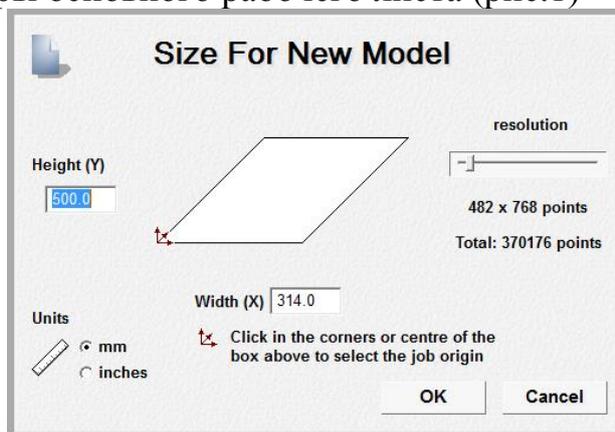


Рисунок 1

4. Создать профиль балясины с помощью кривой Безье и направляющую (рис.2)

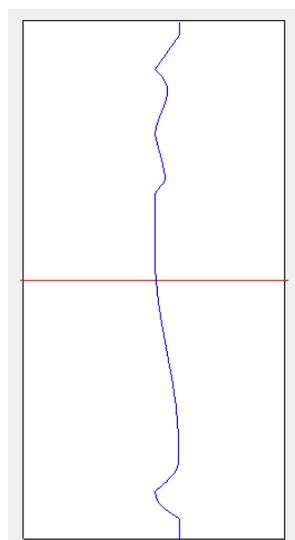


Рисунок 2

5. Создать рельеф с помощью функции Extrude  на панели Relief tools.
6. Задать параметры, как указано на рисунке 3

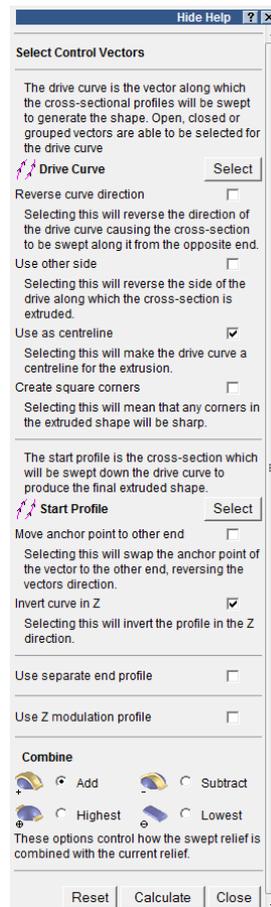


Рисунок 3

7. Нажать Calculate

8. В режиме 3D отображается полученный рельеф (рис.4)

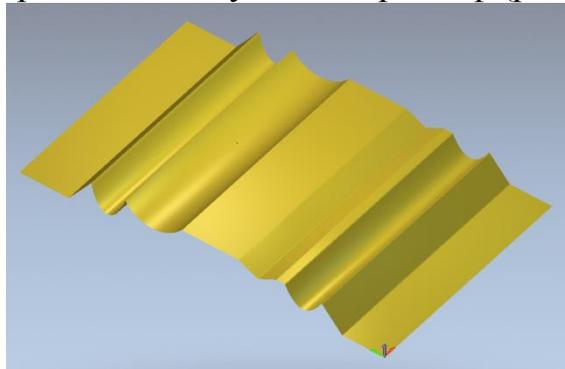


Рисунок 4

9. Далее полученный рельеф необходимо загнуть в кольцо: Reliefs – Create rotary relief, задать параметры как на рисунке 5

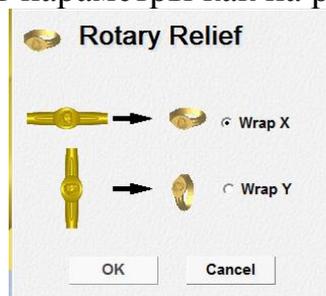


Рисунок 5

10. Полученная балясина (рис.6)

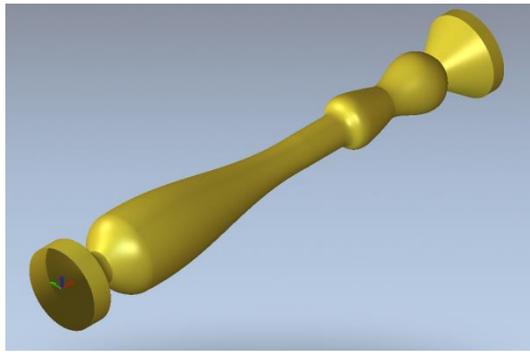


Рисунок 6

## II. Декорирование балясины

1. Создать замкнутые векторные контуры и применить **Shape editor** для выбранных орнаментов
2. Применить параметры, указанные на рис. 7
3. Нажать Add – Apply – Close

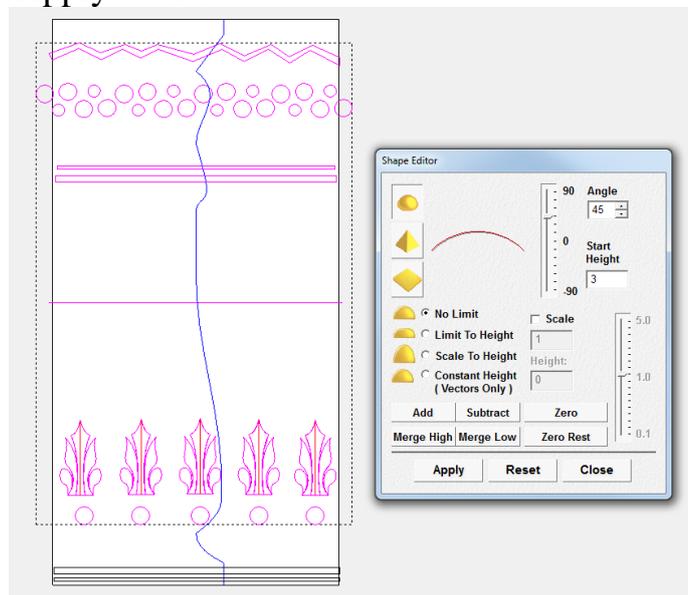


Рисунок 7

4. Для двух нижних полосок применить Subtract с параметрами указанными на рис.8

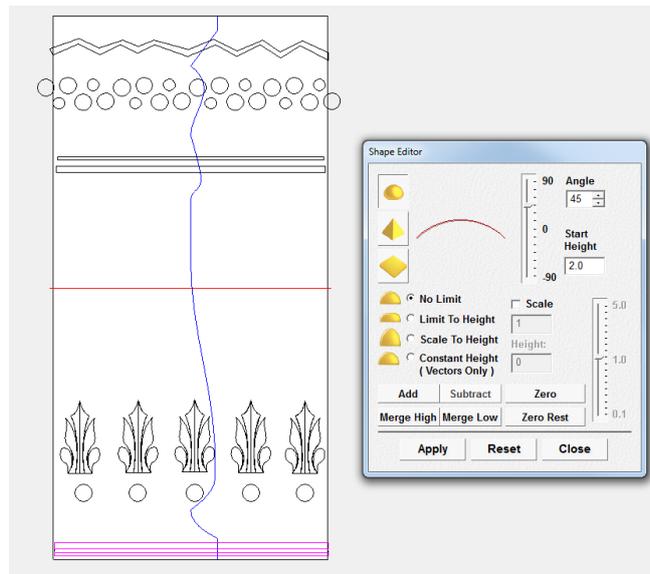


Рисунок 8

5. Готовая модель балясины (рис.9)



Рисунок 9

## VI. Создание обрабатываемой программы

10. Выбрать вкладку Toolpath – 2D toolpath – Machine relief



11. В окне задать инструмент (рисунок 10) и материал (рисунок 12)

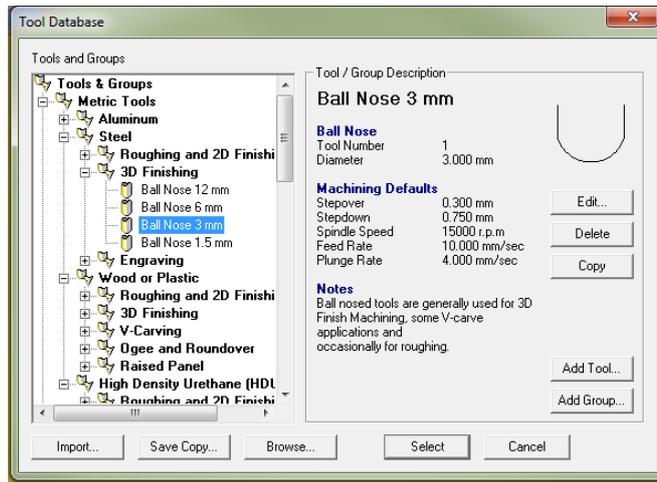


Рисунок 10

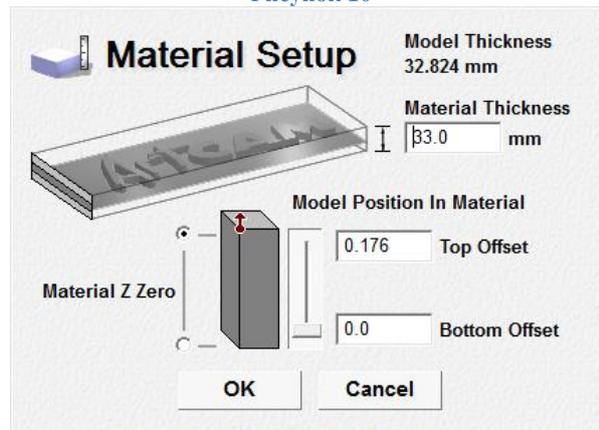


Рисунок 11

12. Нажать кнопку Now, программа произведет расчет хода инструмента (рис.12)

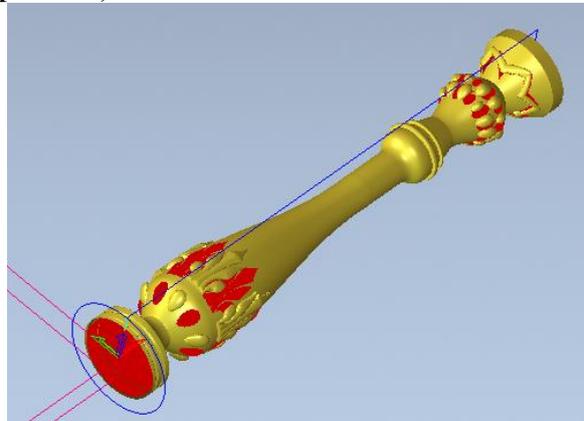


Рисунок 12

13. Сохранить ход инструмента 

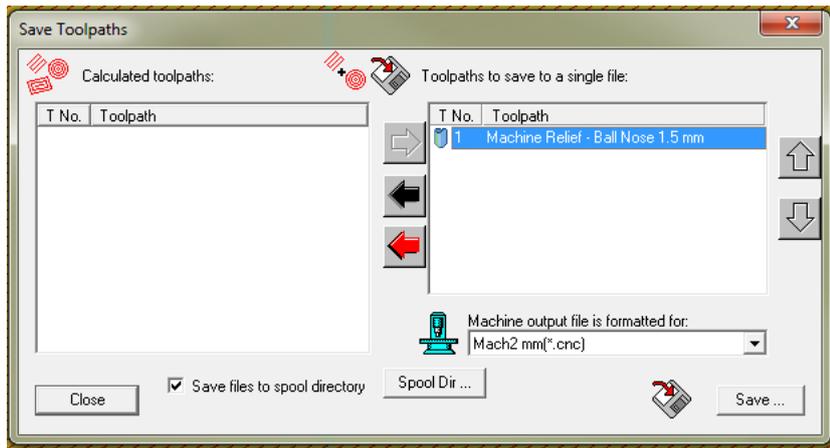


Рисунок 13

## Создание рельефа в ArtCAM растровыми методами

1. Открыть в ArtCAM заранее подготовленную картинку, которую необходимо выдавить рельеф, выберем рисунок павлина

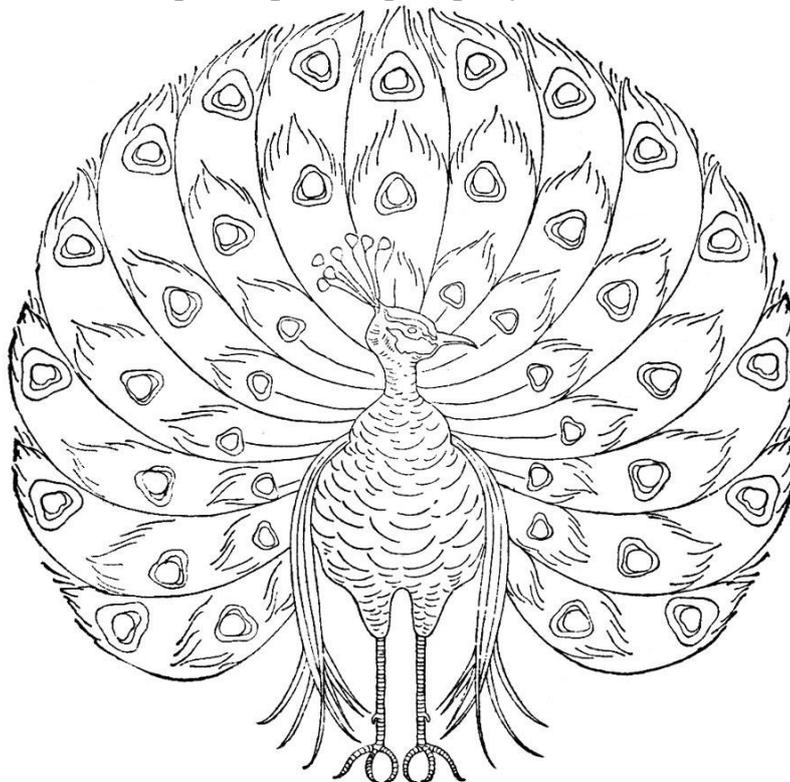


Рисунок 45

2. В появившемся диалоговом окне ставим разрешение 80 d. p. i., величину Z оставим равной 0.

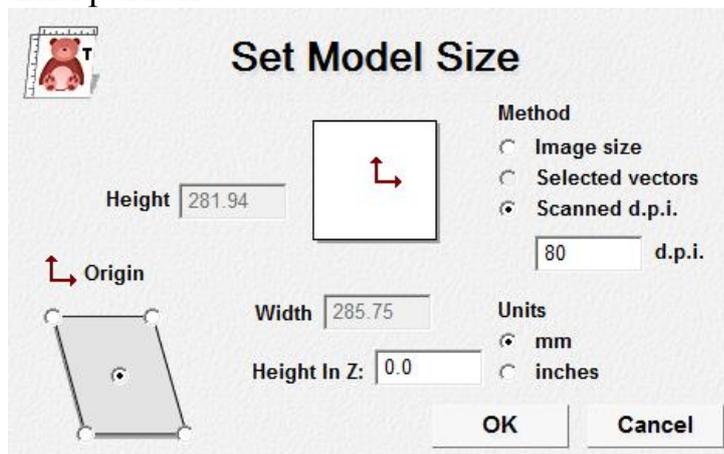


Рисунок 46

3. Теперь нужно настроить количество цветов в общей палитре. Для этого выбираем инструмент «Reduce Colors» . Оставляем 4 цвета, которые отображаются на панели цветов в ArtCAM.



Рисунок 47

4. С помощью инструмента «Add Color» добавим различных цветов, которые будем использовать для выдавливания

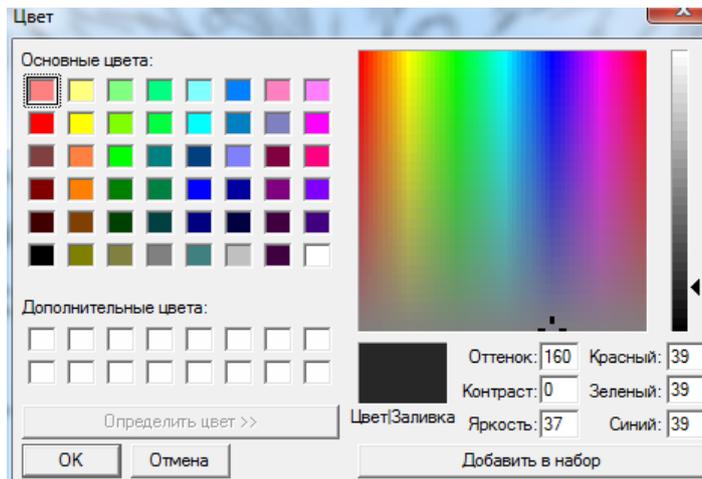


Рисунок 48



Рисунок 49

5. Ставим вторичный цвет белый (для этого необходимо нажать ПКМ на требуемый цвет). С помощью инструмента «Paint Selective»  начинаем заполнять области, которые мы будем выдавливать. Разные сектора павлина – разные цвета.

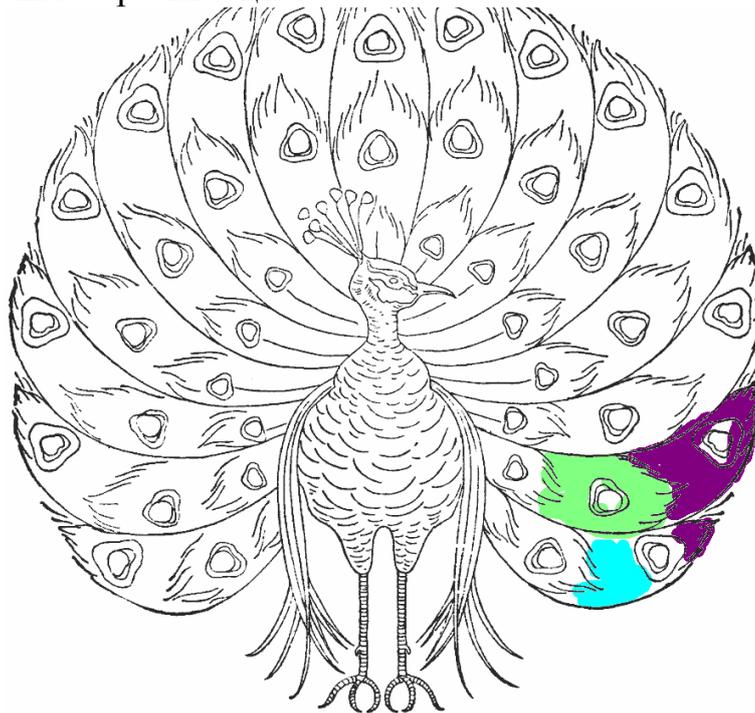


Рисунок 50

6. После закрашивания секторов, выбираем вторичный цвет черный, и покрываем все контуры другим цветом с помощью инструмента «Paint Selective» .

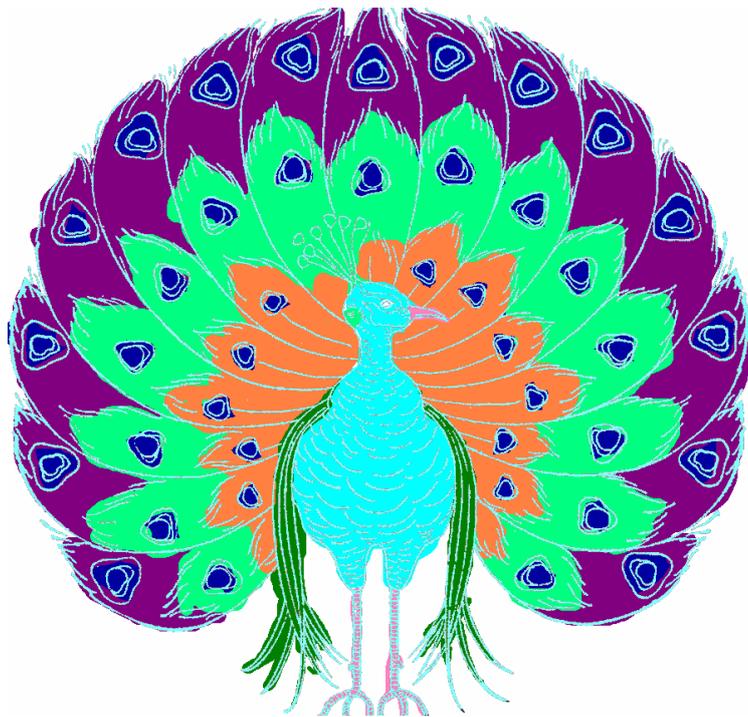


Рисунок 51

7. Поочередно настраиваем параметры для выдавливания. Каждому цвету – свои параметры:

Таблица 2

Цвет	Вид выдавливания	Angle	Start Height	Scale	Стратегия выдавливания
	Сферический	45	1	1	Add
	Сферический	45	1,2	1	Add
	Сферический	30	1	1	Add
	Сферический	45	2,5	0,7	Add
	Сферический	40	1	2	Add
	Сферический	45	1,5	1	Add
	Сферический	45	1,5	1	Add
	Сферический	45	2	2	Add

8. Полученный рельеф



Рисунок 52

9. Также можно редактировать рельеф с помощью «Sculpting»
10. Произвести разглаживание модели с помощью инструмента «Smooth Relief» с параметром «Smooth Passes» =1
11. Готовый рельеф



Рисунок 53

12. Для модели создается путь обработки и STL-модель, как описано в работах, представленных выше

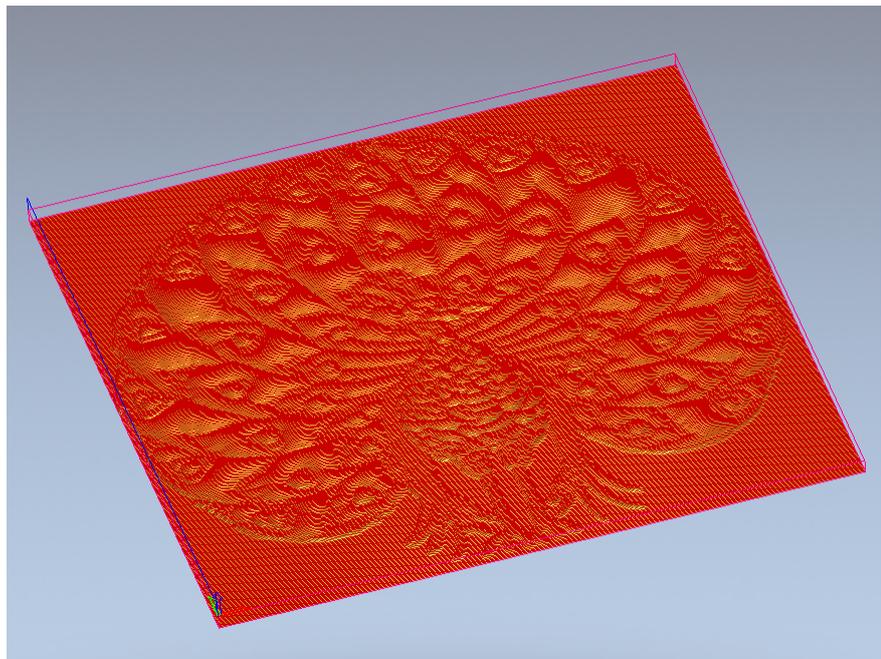


Рисунок 54



Рисунок 55

## Создание кронштейна в ArtCAM:

### 1. Импорт вектора

1.1 Создать векторное изображение кронштейна с чертежа, используя программу CorelDRAW

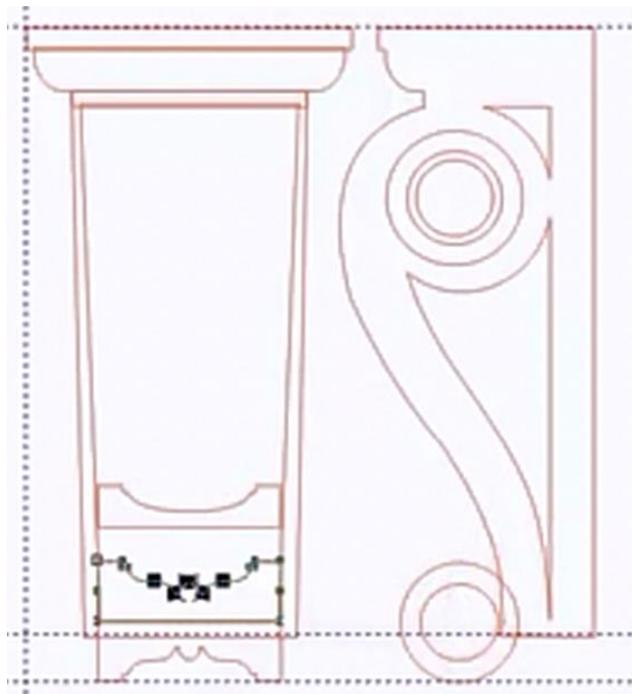


Рисунок 56

1.2 Сохранить векторный файл в формате \*. DXF и создать модель в ArtCAM с разрешением 200x200

1.3 Импортировать в ArtCAM (Vektor—Import..)

1.4 С помощью инструмента «Transform Vectors»  подогнать оптимальный размер кронштейна. Выделяем все векторы—ПКМ—Ungroup all.

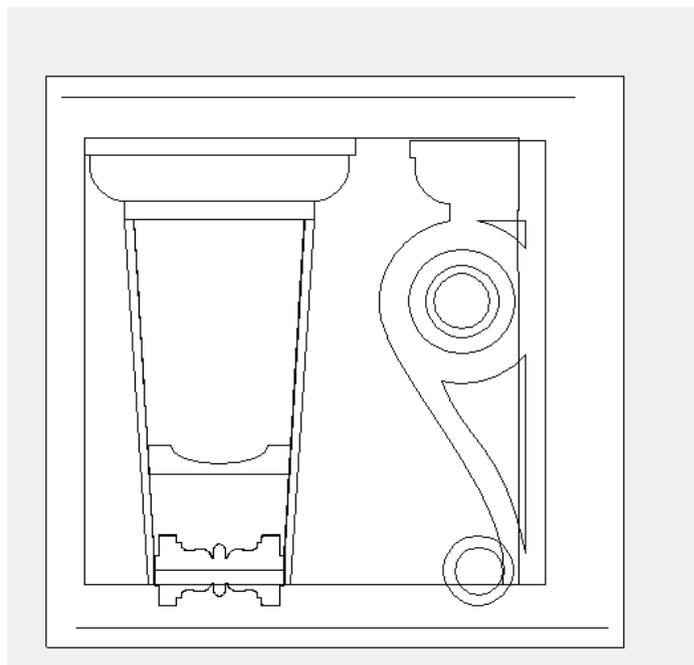


Рисунок 57

### 2. Создание элемента –катушка

- 2.1 Выделяем вектор катушки и выбираем инструмент «Node Editing»
- 2.2 Удаляем все точки с помощью ПКМ—Delete Points, которые находятся ниже осевой линии катушки (рисунок 73-74)

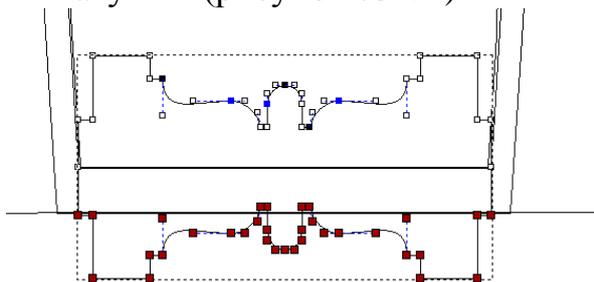


Рисунок 58

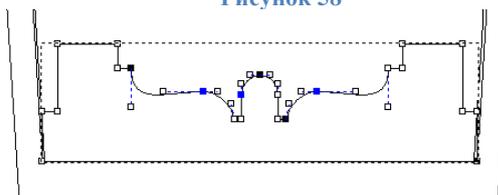


Рисунок 59

- 2.3 Нажимаем ПКМ на нижней прямой и в контекстном меню выбираем «Remove Span»
- 2.4 В итоге должен получиться профиль катушки, как на рисунке 75

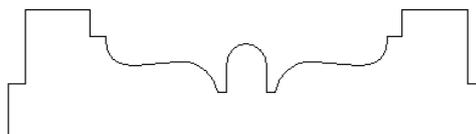


Рисунок 60

- 2.5 Повторить удаление прямой линии для сечения кронштейна



Рисунок 61

- 2.6 Далее для создания рельефа катушки используем инструмент «Turn»
- 2.7 В графе Profile выбираем профиль катушки и нажимаем Calculate

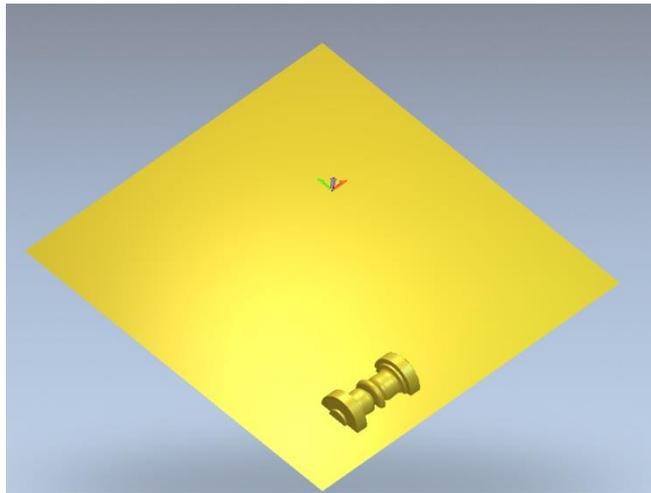


Рисунок 62

2.8 Для сохранения рельефа катушки выбираем Reliefs — Save Layer

2.9 После сохранения очистить рабочую зону, нажав на инструмент «Reset Relief» 

### 3. Создание рельефа основы кронштейна

3.1 Закрашиваем вектора основы любым цветом с помощью инструмента «Flood Fill Vectors» 

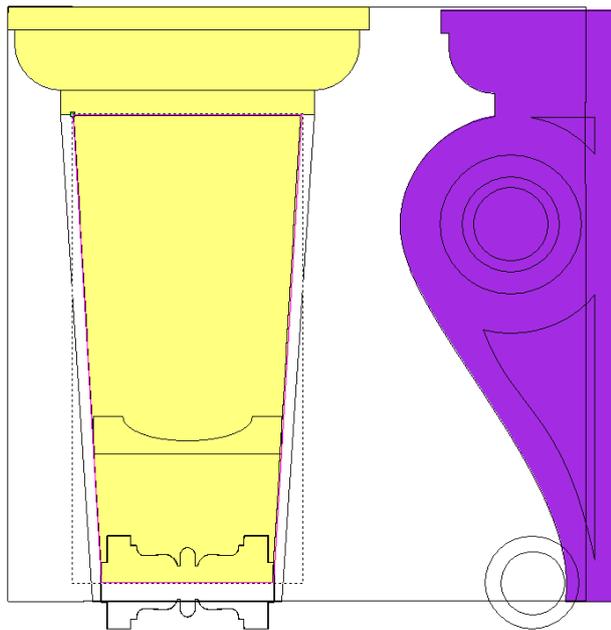


Рисунок 63

3.2 У выделенного четырёхугольника удалить верхний и нижний участки, до образования линий

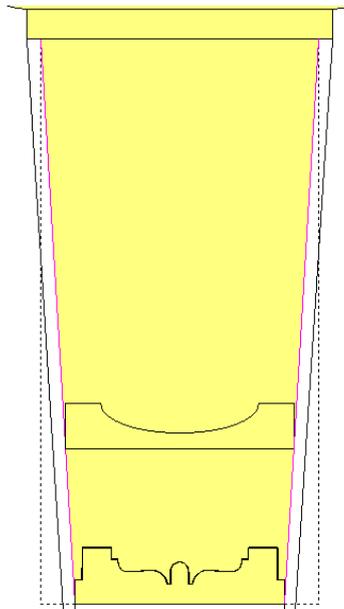


Рисунок 64

3.3 Теперь с помощью инструмента «Two Rail Sweep»  вытягиваем рельеф основы кронштейна

3.4 Top Drive Rail — левая прямая, Bottom Drive Rail — правая прямая, добавляем сечение, нажав на кнопку «Add Cross Section». Напротив «Sweep between spans» поставить галочку, стратегия вытягивания — Add.

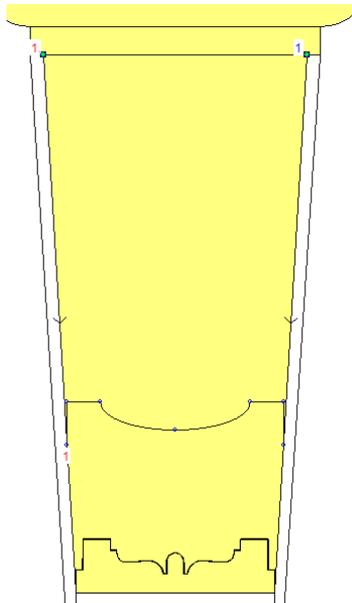


Рисунок 65

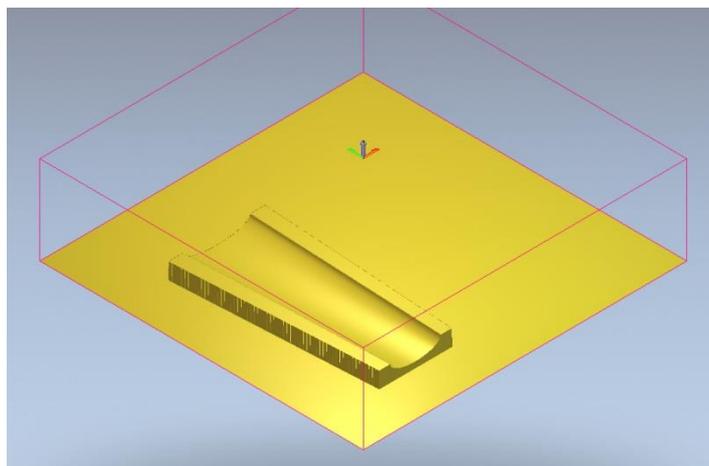


Рисунок 66

3.5 Сохранить рельеф как слой (пункт 2.8)

#### 4. Рельеф кронштейна

4.1 Двойным кликом вызываем окно «Shape Editor», в графе Start Height вводим величину 94 мм, выбираем стратегию выдавливания Add — Apply

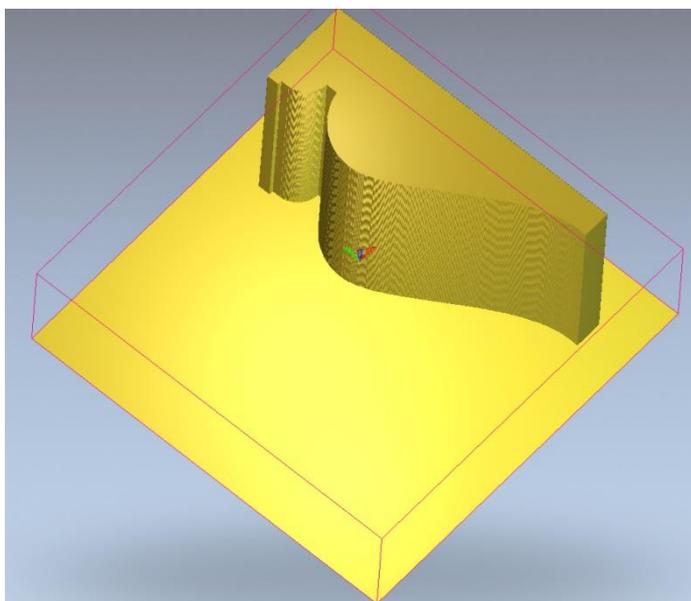


Рисунок 67

4.2 Сохраняем получившийся рельеф как STL-модель

4.3 Очищаем рабочую зону инструментом «Reset Relief»

4.4 Reliefs—Import 3D-model— выбираем сохраненную ранее STL-модель

4.5 Настроив расположение импортируемой детали, добиваемся горизонтального расположения заготовки кронштейна

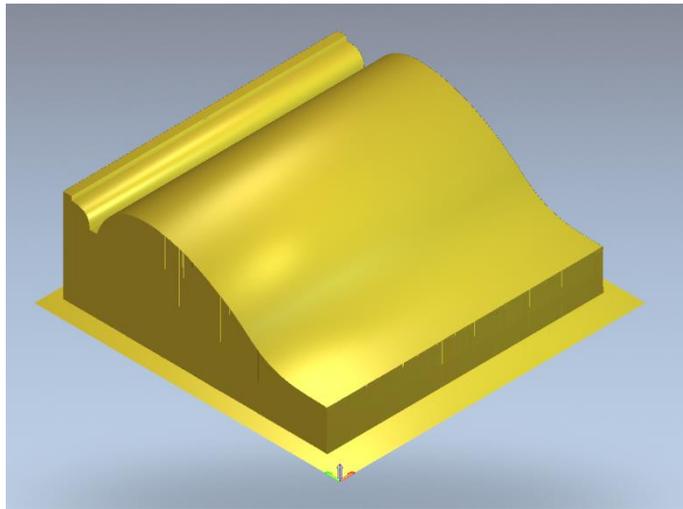


Рисунок 68

4.6 Выбираем на панели цветов цвет, которым ранее закрашивали четырехугольники, вызвать меню «Shape Editor». В стратегии выдавливания выбираем «Zero Rest»—apply—close.

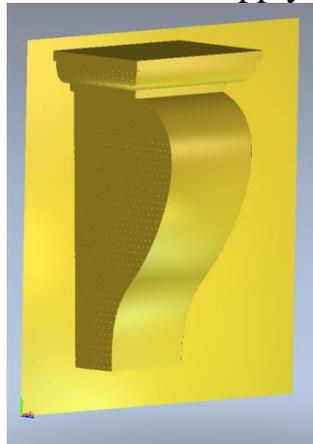


Рисунок 69

4.7 Вставить сечение кронштейна через «Paste Relief from A File» 

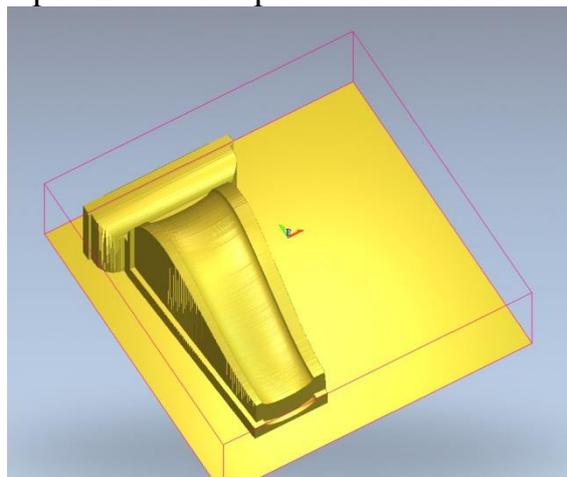


Рисунок 70

4.8 Вставить катушку через «Paste Relief from A File» 

4.9 В процессе вставки в графе «Mode», параметр «Start Height» увеличиваем до 22 мм, а стратегию выдавливания ставим «Merge Highest»

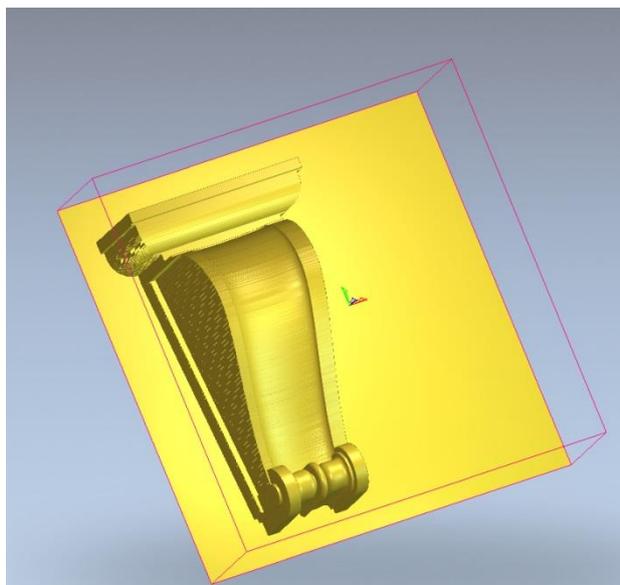


Рисунок 71

- 4.10 Вставляем рельеф художественного элемента на лицевую сторону кронштейна через «Paste Relief from A File» , Стратегия вставки — Add

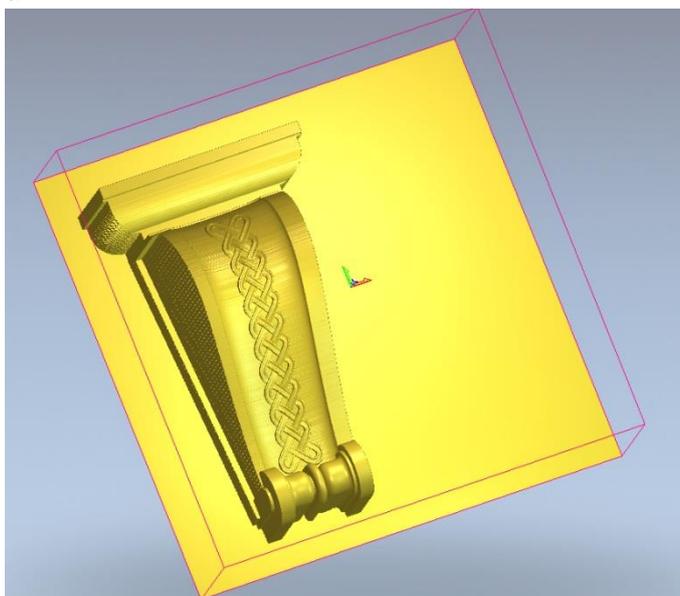


Рисунок 72

- 4.11 Создаем STL-модель кронштейна.

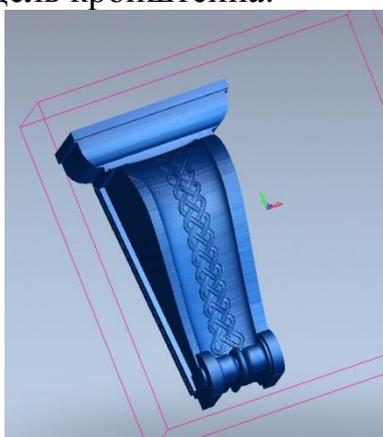


Рисунок 73

## 5. Оптимизация размера кронштейна

- 5.1 Очистить рабочую область инструментом «Reset Relief»
- 5.2 Вставить готовый STL-модель кронштейна
- 5.3 В процессе вставки опустить кронштейн ниже уровня рабочей плоскости на 30 мм, для этого в графу Position Z ввести -75 мм

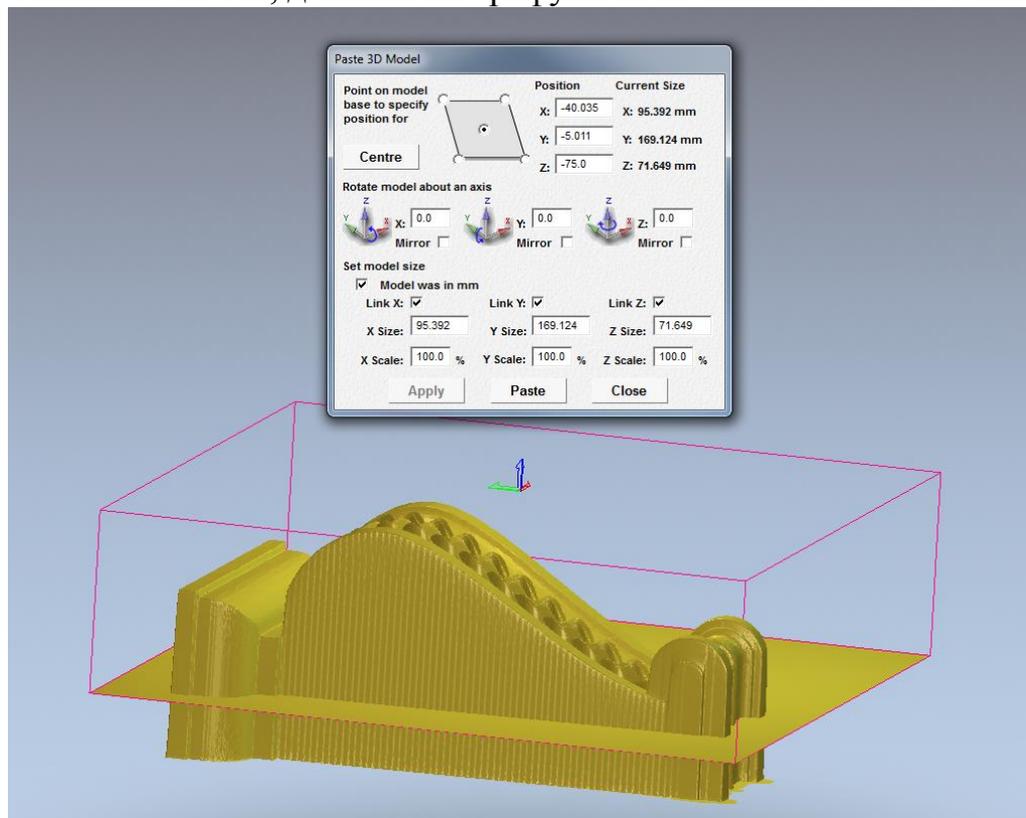


Рисунок 74

- 5.4 Теперь кронштейн имеет оптимальную высоту
- 5.5 Сохраняем как отдельную STL-модель через Triangle Mesh

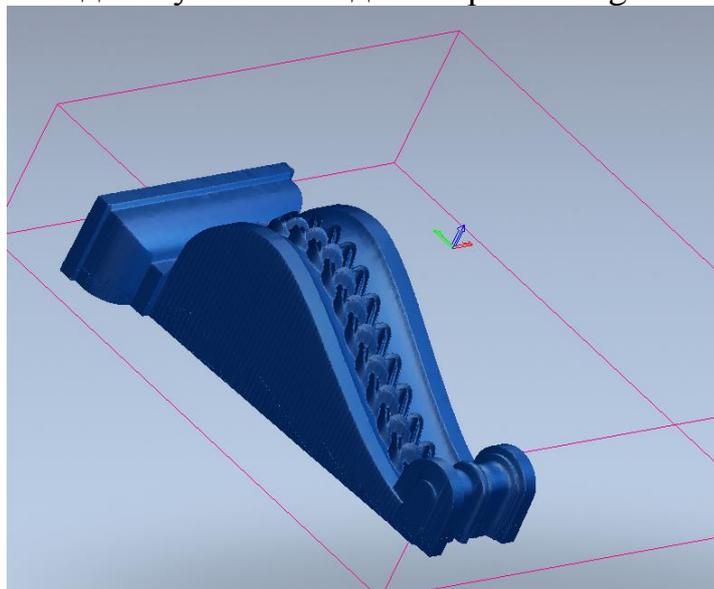


Рисунок 75

## 6. Создание рельефа на боковой поверхности кронштейна

- 6.1 Очистить рабочую область инструментом «Reset Relief»
- 6.2 Вставить STL-модель, изготовленную на прошлом этапе
- 6.3 Вставка осуществляется со следующими параметрами:

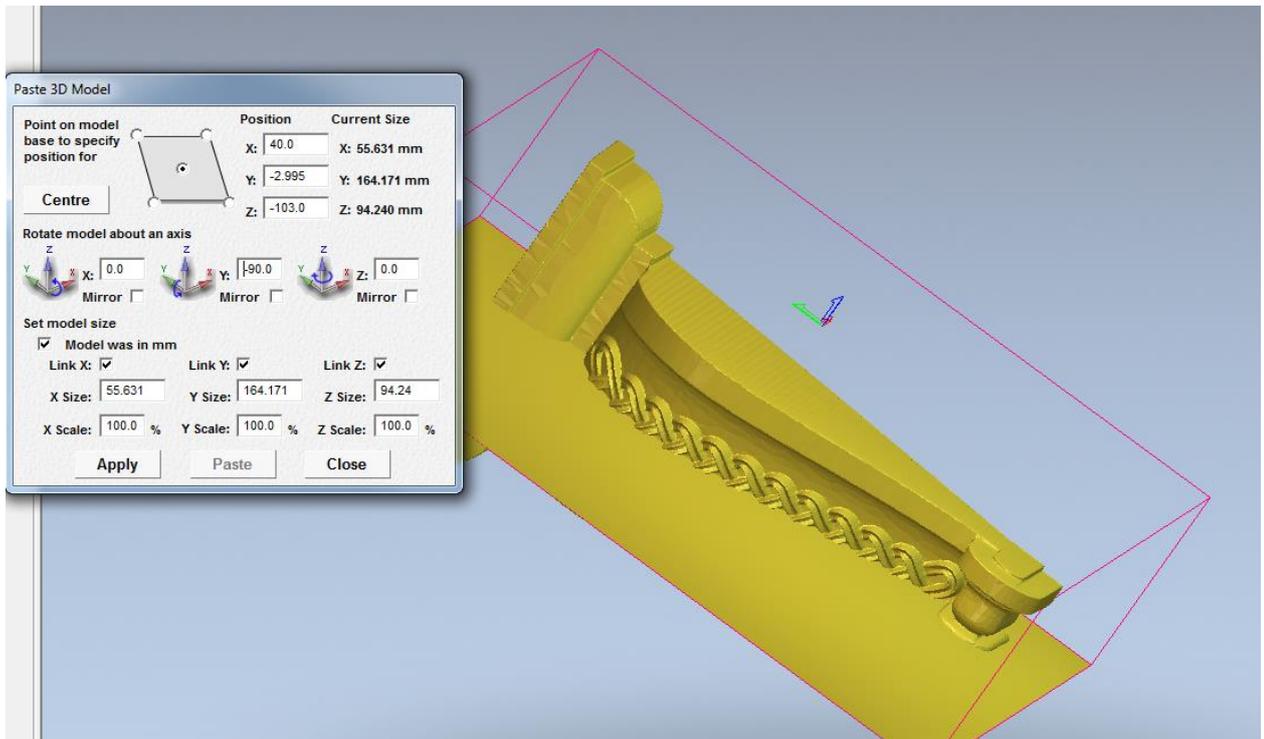


Рисунок 76

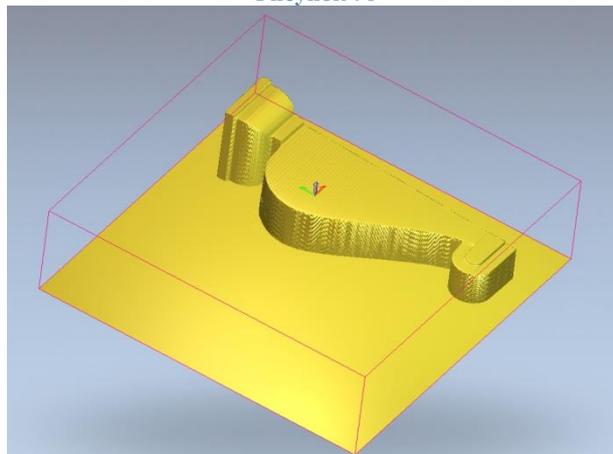


Рисунок 77

6.4 Создадим рельефное изображение для боковой поверхностей, используя цвета и Shape Editor

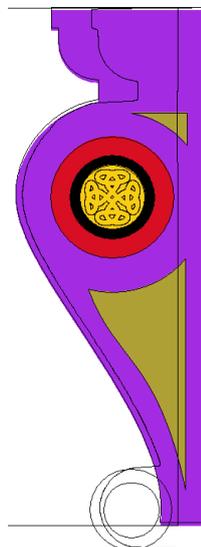


Рисунок 78 Эскизы рельефов

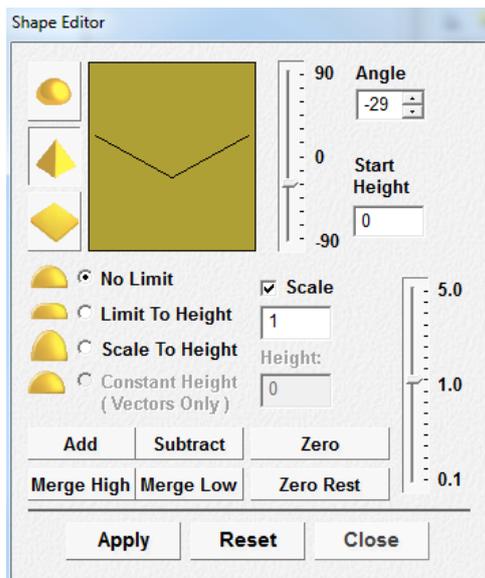


Рисунок 79 Параметры золотого рельефа (Add)

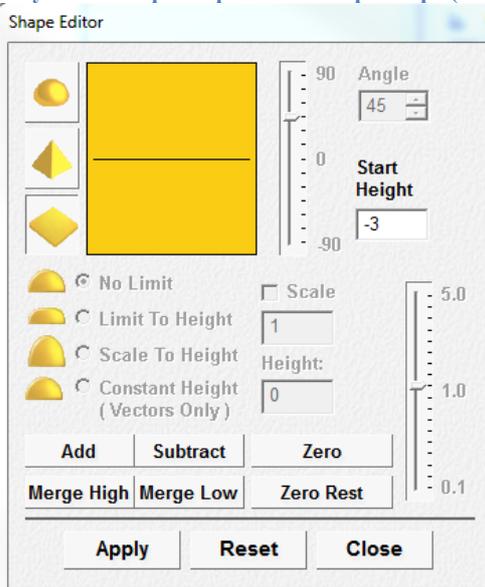


Рисунок 80 Параметры желтого рельефа

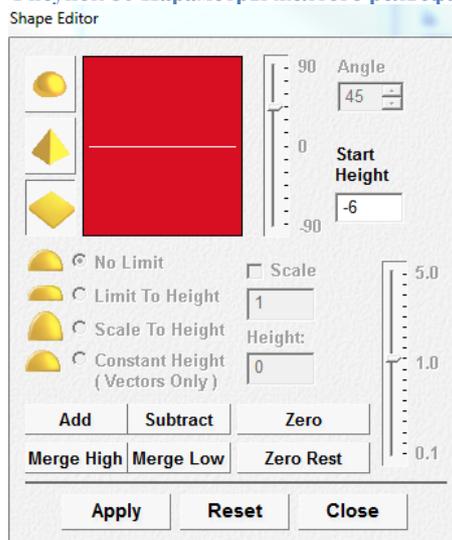


Рисунок 81 Параметры красного рельефа

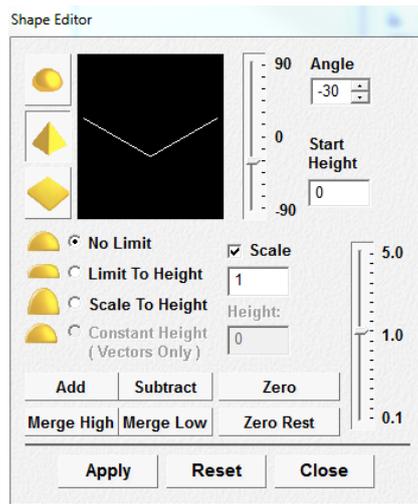


Рисунок 82 Параметры черного рельефа

## 6.5 Готовый рельеф боковой поверхности

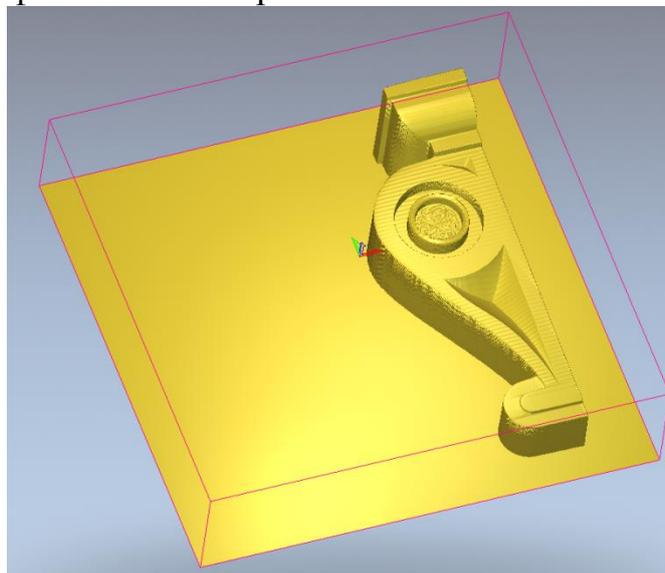


Рисунок 83

## 7. Создание пути обработки

### 7.1 Создать путь обработки лицевой части кронштейна

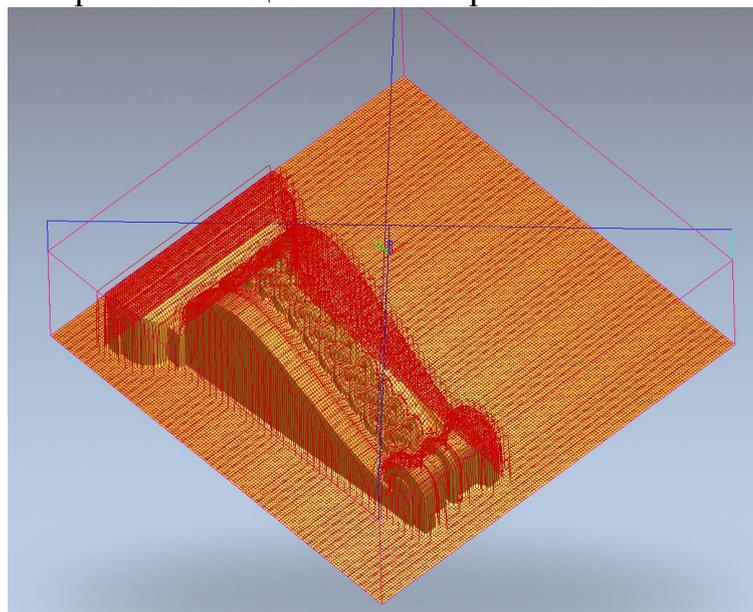


Рисунок 84

## 7.2 Создать путь обработки боковой поверхности кронштейна

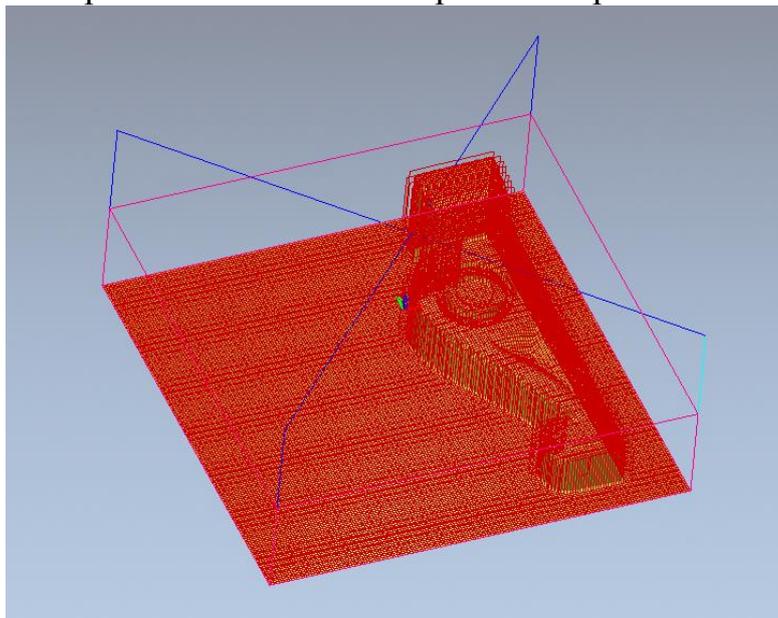


Рисунок 85

## 7.3 Импортировать в STL-модель

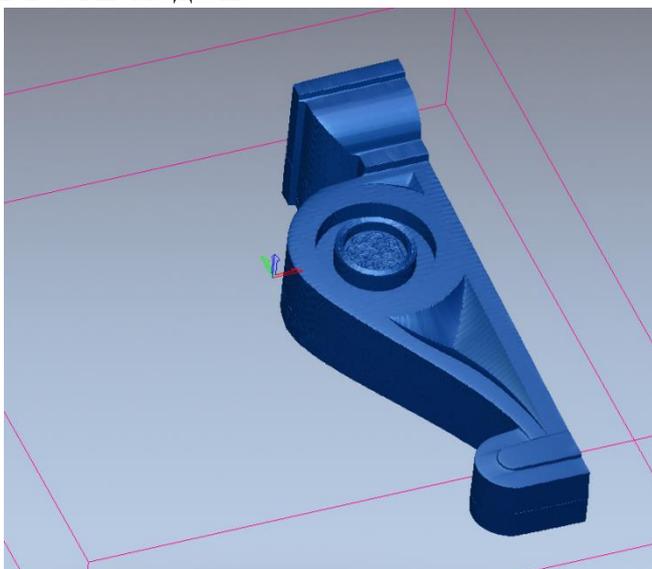


Рисунок 86