Пример 6. Построение математической модели черновой формы под литье стеклянной бутылки.

Пример показывает возможность создания трехмерной математической модели изделия на основе эскиза или плоского чертежа, который может быть восстановлен с использованием 2D-редактора системы или импортирован в 2D-редактор из конструкторских систем через обменные форматы (DXF или IGES).

Для примера предлагается построить математическую модель стеклянной формы. Работа начинается с построения плоских сечений в 2D–редакторе по размерам, указанным на рис.25, а затем путем пространственных преобразований плоских сечений в 3D-редакторе, создается трехмерная математическая модель изделия.

Построение контура бутылки в 2D-редакторе. **(Рис. 25)**

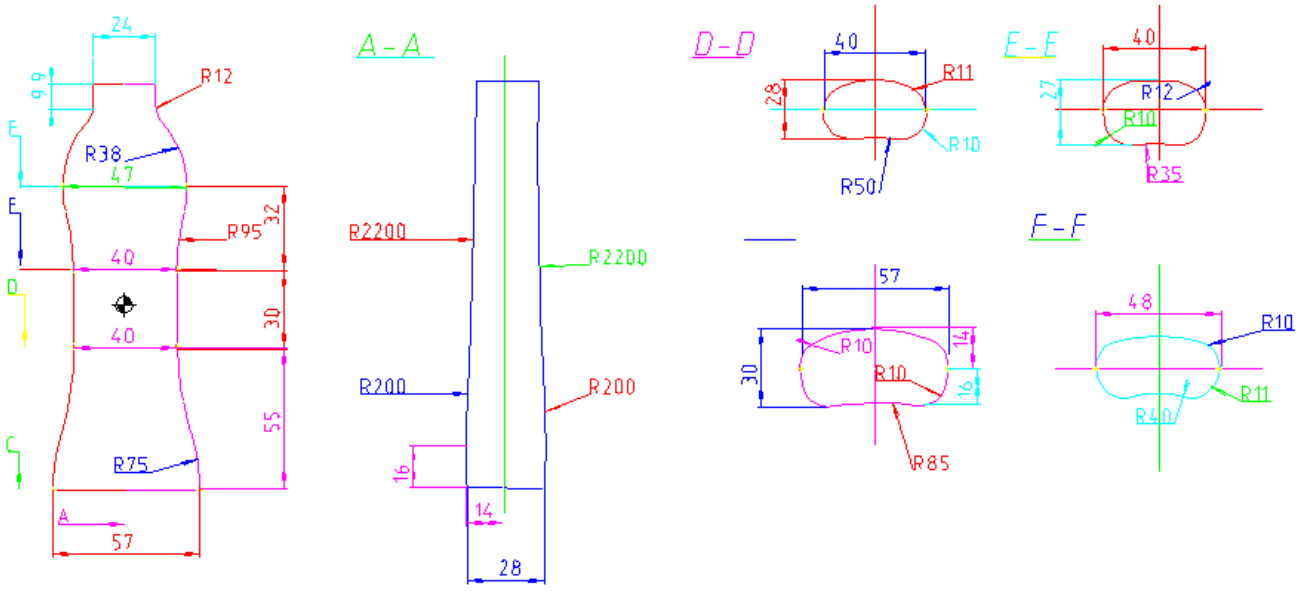
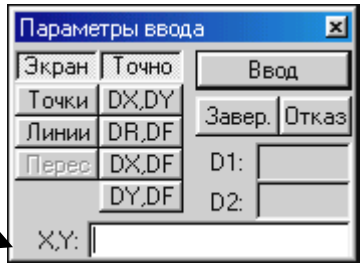


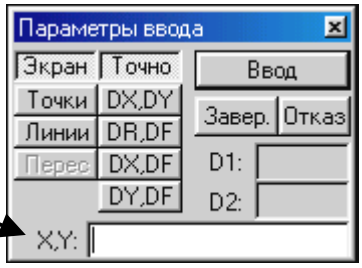
Рис. 25

Шаг 1: Построение контура 1

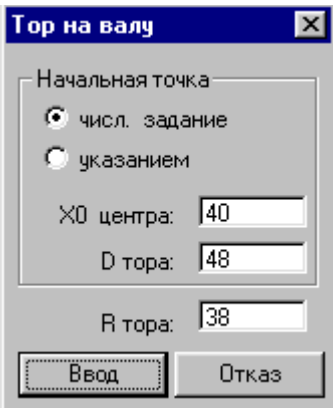
Что необходимо сделать	
Построение оси симметрии. Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение отрезков»** → **«Отрезок по двум точкам»** → в окне **«Параметры ввода»** введите координаты точек: **X, Y: 200,0** и **0,0 <Ввод>.** Завершите построение оси симметрии кнопкой <**Завер**.>.	

Нажмите кнопку **«Авторазмер»** в оперативном меню.

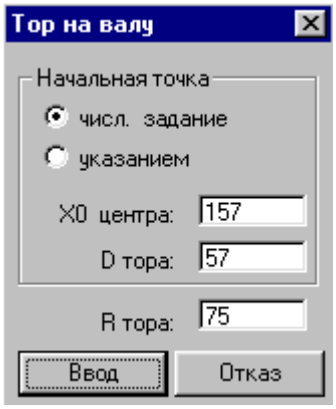
Построение отрезков **L1** и **L2**.
Укажите пункт меню **«Построение отрезков»** → **«Отрезок по двум точкам»** → в окне **«Параметры ввода»** введите координаты **X, Y** точек:
0,12.2 **<Ввод>,**
17,12.2 **<Ввод>,**
72,20 **<Ввод>,**
112,20 **<Ввод>.**
Завершитт ввод кнопкой **«Завер.»**



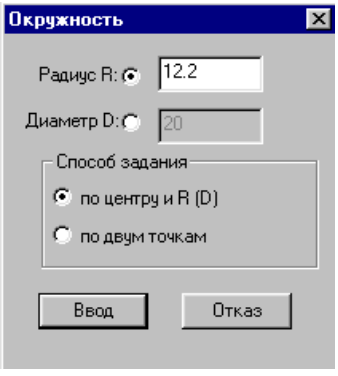
Построение **Тора 1.**
Укажите пункт основного меню **«Примитивы»** → **«Тор на валу».**
Введите параметры тора:
X0=40
D=48
R=38 **<Ввод>**, а затем **<Отказ>** для завершения операции.



Построение **Тора 2.**
Укажите пункт основного меню **«Примитивы»** → **«Тор на валу».**
Введите параметры тора:
X0=157,
D=57,
R=75 <Ввод>, а затем **<Отказ>** для завершения операции.



Построение окружности **R.**
Укажите пункт основного меню «Примитивы» → **«Окружность».**
Введите значение радиуса окружности:
R=12.2 <Ввод>.
В окне **«Параметры ввода»** введите координаты **X, Y** центра окружности:
0,0 **<Ввод>**, а затем **<Отказ>** для завершения операции.



Укажите пункт меню **«Построение дуг»** → **«Сопряжение двух элементов радиусом»** .
Выбирите опцию **«отсечение делать».**

Укажите левой кнопкой мыши первый объект: **Линия L1** (рис. 26).
Подтвердите левой кнопкой мыши.

Укажите второй объект: **Тор 1.**
Подтвердите левой кнопкой мыши.

Введите величину радиуса сопряжения **R =12** <Ввод>.
Подтвердите левой кнопкой мыши.

Аналогично выполните сопряжение элементов:
Тор 1 и **Линия L2** дугой радиуса **R=95** (Рис. 26),
Линия L2 и **Тор** 2 дугой радиуса **R=107.**
Завершите операции сопряжения кнопкой **<Esc>.**

Укажите пункт **«Модификации»** → **«Разделить»** **.** Укажите **Тор 2** , подтвердите левой кнопкой мыши, и в параметрах ввода задайте координаты точки пересечения X=157,Y=57 **<Ввод>,** подтвердите левой кнопкой мыши и удалите лишний элемент **Тора 2** (Рис.26).

Справа от графического окна укажите пункт меню **«Точки»** → **«Точка пересечения »** **.** Укажите **линию L1** и **окружность R**, получим точку пересечения **P.**

Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение контуров»** → **«Создать контур»** **.**
Последовательно укажите полученные элементы. (Рис. 26).

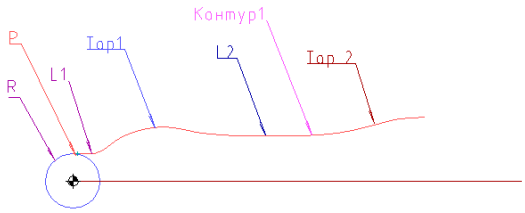


Рис 26.

Шаг 2: Построение контура 2.

Укажите пункт меню **«Геометрическое преобразование»** → **«Отражение»**

Укажите полученный контур. Нажмите правую кнопку мыши, затем подтвердите левой. Укажите ось (подтверждая левой кнопкой мыши) и число новых объектов **1**. **«Ввод».** (Рис. 27).

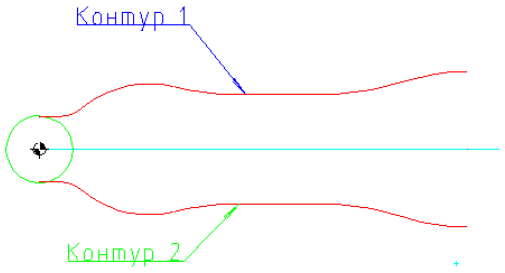


Рис. 27.

Шаг 3: Построение сечения А - А .

Сечение **А-А** строится в **контуре 1** и **2 ,** как показано на (Рис. 28).

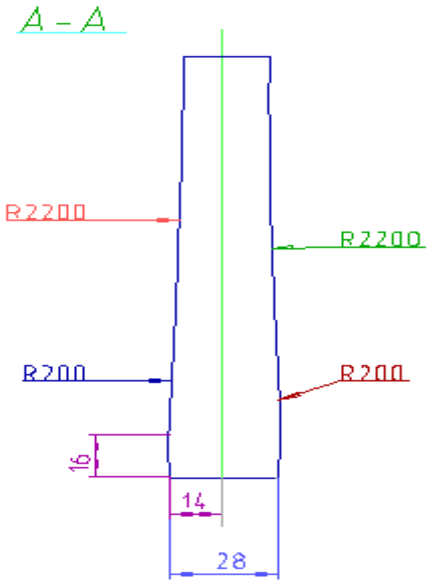
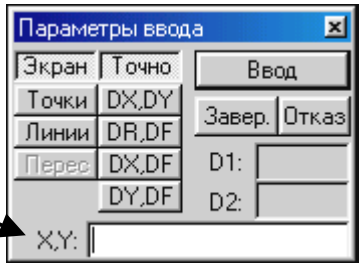
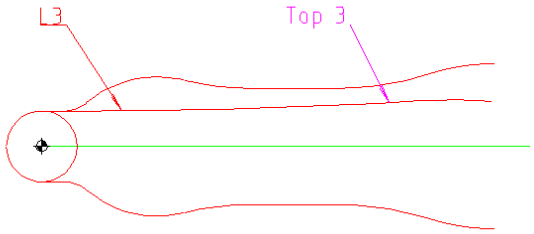


Рис. 28.

Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение отрезков»** → **«Отрезок по двум точкам»** → в меню **«Параметры ввода»** введите координаты точек: **X, Y**: 0,12.2**<Ввод>** 50,12.2**<Ввод>.**
Завершить ввод: кнопка **«Завер.»**



Построение **Тора 3.** (Рис. 29). Укажите пункт меню **«Примитивы»** → **«Тор на валу».** **X0**=142 **D**=32 **R**=200 **«Ввод».** По завершению построения нажмите кнопку **<Отказ>.**	 Рис. 29
Укажите пункт **«Модификации»** → **«Разделить»** . Укажите **Тор 3** подтвердите левой кнопкой мыши и в параметрах ввода задайте координаты точки пересечения X=157,Y=32 **<Ввод>,** подтвердите левой кнопкой мыши и удалите лишний элемент **Тора 3** (Рис. 29).	
Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение дуг»** → **«Сопряжение двух элементов радиусом»** . Выбирите ечение «делать».Укажите **линию L3** подтвердите левой кнопкой мыши, **Тор 3** и **R**=2200 **<Ввод>,** подтвердите левой кнопкой мыши и нажмите **<Отказ>** (Рис. 29).	
Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение контуров»** → **«Создать контур»** . Укажите полученные элементы **линию L3**,сопряжение **R**=200 и **Тор 3,** подтвердите левой кнопкой мыши и нажмите **<Отказ>** (Рис. 29).	

Укажите пункт **«Преобразование»** → **«Отражение»** .Укажите полученный контур подтвердите правой, затем левой кнопкой мыши. Укажите ось X, подтвердите левой кнопкой мыши и задайте число новых объектов: **1** <Ввод>. Нажмите кнопку <Отказ> в меню **«Параметры указания».**

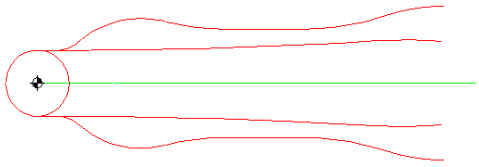


Рис. 30

Построение сечений.

Строим ось **Z** сечения **F-F** (Рис. 31). Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение отрезков»** → **«Отрезок по двум точкам»** → в меню **«Параметры ввода»** введите координаты точек: **X, Y: 40,20<Ввод>. 40,-20 <Ввод>.**

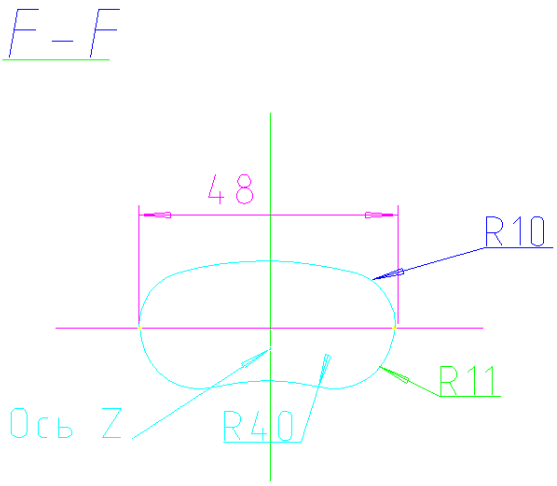


Рис. 31

1. Строим линию **L1**

Укажите пункт **«Построение отрезков»** **«Параллельный отрезок»** **.** Укажите ось **Z** и R=**-24<Ввод>.** (Рис .30).

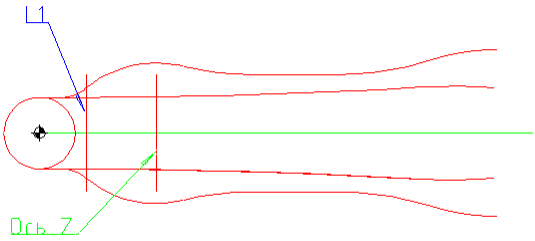


Рис. 32

Строим точки пересечения **P1,P2** ,**P3.** (Рис. 33).

Укажите пункт **«Построение точек»** → **«Точки пересечения»** .

Укажите ось **Z**, подтвердите левой кнопкой мыши и укажите нижний контур сечения **A-A**, получим точку **P1**, далее укажите линию **L1** и ось **Z** ,получим точку **P2**, затем укажите ось **Z** и верхнюю часть контура **A-A**, получим точку **P3**.

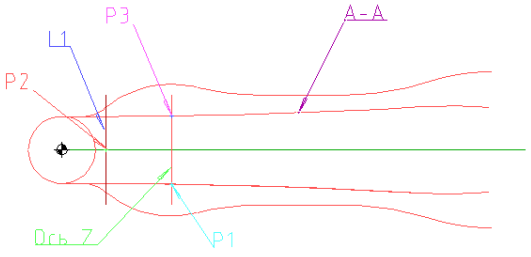


Рис. 33

Повернём линию **L1** (рис. 33) на **10** градусов
Укажите пункт **«Преобразование»** → **«Поворот R»** .Укажите линию **L1**,подтвердите правой кнопкой, затем левой кнопкой мыши.Укажите точку **P2 ,**указав в **«Параметрах ввода»** привязку **«Точки»** и угол **10** градусов**, <Ввод>.**

Построение **дуги G1** (рис. 34).
Укажите пункт меню **«Построение дуг»** →**« Дуга по точке на элементе радиусу и углу »**
В меню **«Параметры ввода»** укажите привязку **«Точки»-«Точно»** и укажите точку **P1** (Рис.33). Подтвердите левой кнопкой мыши и введите значения радиуса и угла сопряжения **R=40, Ф=90**. Дуга должна быть направлена вниз по отношению к сечению **А-А.** (Для смены направления ориентации дуги нажмите правую кнопку мыши), **<Ввод>** .

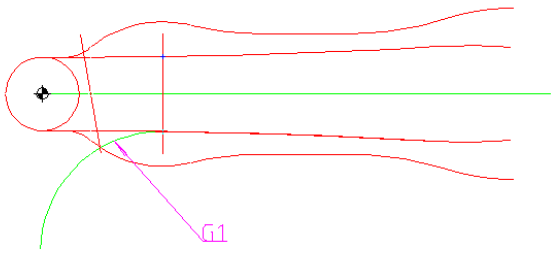


Рис. 34

Строим **дугу G2.**

Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение дуг»** → **«Сопряжение двух элементов радиусом»** . Выбирите: **«отсечение делать».**
Укажите **линию L1 и дугуG1** (подтверждая левой кнопкой мыши) и введите радиус сопряжения **R=11**. Подтвердите левой кнопкой мыши (Рис 35).

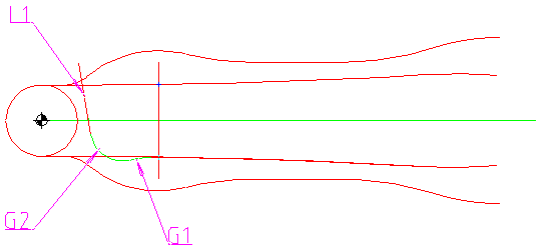


Рис. 35

Строим **дугу G3** .
Укажите пункт **«Построение точек»** → **«Точка указанием»**, в меню **«Параметры ввода»** укажите привязку **«Точки» - «DX,DY»** , введите параметры DX=10, DY=0 и укажите точку **P2** (Рис.33).Появится точка **P** Нажмите кнопку **<Отказ>** в меню **«Параметры ввода»** (Рис.36).

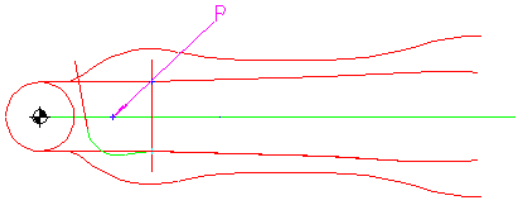
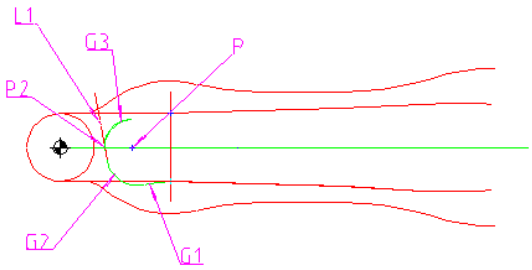
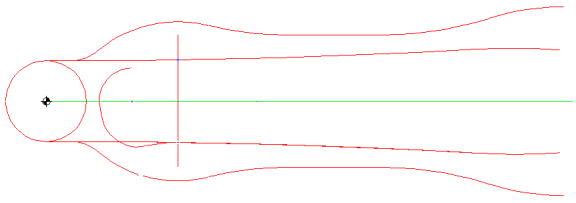
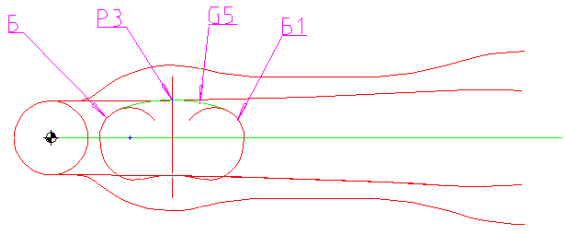
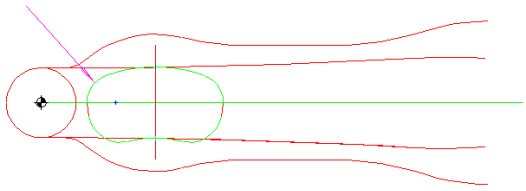
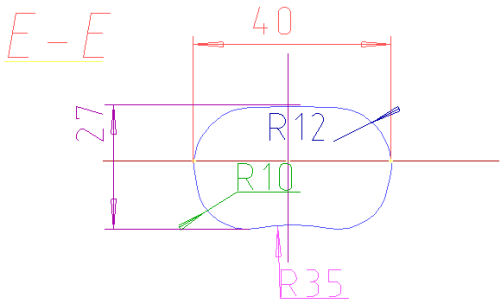


Рис.36

Укажите пункт **«Построение дуг»** → **«Дуга по центру, точке и углу»** Укажите точку **P,P2** В меню **«Параметры ввода»** укажите привязку **«Точки»-«Точно»** и укажите точку **P,P2**, затем угол **–100** градусов. Получаем дугу **G3**.	 Рис. 37
Укажите пункт **«Модификации»** → **«Пересечь»** . Укажите дугу **G3** и линию **L1,** подтвердите указания. Далее удалите часть линии **L1**. (Рис 37).	
Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение контуров»** → **«Создать контур»** , далее последовательно укажите созданные элементы сечения (Рис 38.), далее нажмите кнопку **<Отказ>.**	 Рис 38.
Укажите пункт **«Преобразование»** **«Отражение»** .Укажите полученный контур, подтвердите правой, затем левой кнопкой мыши. Укажите ось **Z** ,подтвердите левой кнопкой мыши и задайте число новых объектов (1) **<Ввод>** и кнопку **<Отказ>** (Рис. 39).	
Построим дугу **G5** (Рис. 37). Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение дуг»** → **«Сопряжение трёх элементов радиусом»** .	

Последовательно укажите контур сечения **Б** , точку **Р3** на виде **А-А** (оставив в меню «Параметры указания» галочку напротив пункта **«Точки»,** остальные галочки необходимо отключить), затем контур сечения **Б1** (включив в меню **«Параметры указания»** галочку напротив пункта **«Контур**»). Система предложит несколько вариантов построения дуги. Перебор вариантов производиться правой кнопкой мыши. Выберете подходящий вариант дуги **G5** (рис. 39) и подтвердите левой кнопкой мыши.	 Рис. 39.
Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение контуров»** → **«Распустить контур»** , укажите контур сечения Б и Б1 и удалите лишние элементы, образованные пересечением дуги **G5** и контуров сечения Б и Б1**.** Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение контуров»** → **«Создать контур»** Контур создаётся по часовой стрелке, начиная с участка обозначенного на рисунке 40 .Далее последовательно укажите полученные элементы сечения до полного замыкания контура.	 Рис 40.
<u>Построим ось сечения **Е-Е.**</u> Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение отрезков»** → Укажите пункт **«Параллельный отрезок».** Укажите ось **Z** (Рис. 34) и **R**= -32 **<Ввод>.** Дальнейшие построения делаются аналогично построенному сечению **F-F.** (Рис. 40). <u>Примечание.</u> Создание контура делайте по часовой стрелке, с элемента указанного на (Рис. 40).	 Рис. 41

Построим ось сечения **D-D**.

Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение отрезков»** → **«Параллельный отрезок»** . Укажите ось **Z** и **R**=62 **<Ввод>.**

Дальнейшие построения делаются аналогично построенному сечению **F-F** (Рис. 40).

Примечание.
Создание контура делайте по часовой Стрелке, с элемента указанного на (Рис.40).

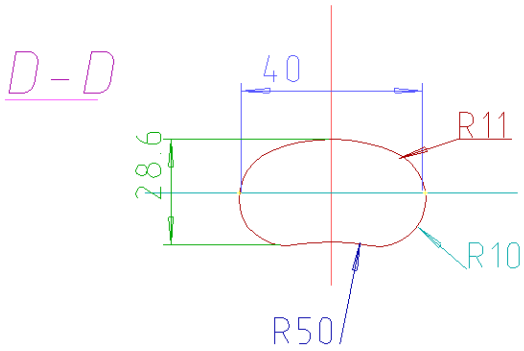


Рис. 42

Построим ось сечения **C-C** (Рис. 43).

Справа от графического окна укажите пункт меню **«Построение отрезков»** → **«Параллельный отрезок»** . Укажите ось **Z** и **R**=117 **<Ввод>.**

Дальнейшие построения делаются аналогично построенному сечению **F-F.**

Примечание.
Создание контура делайте по часовой стрелке, с элемента указанного на (Рис. 40).

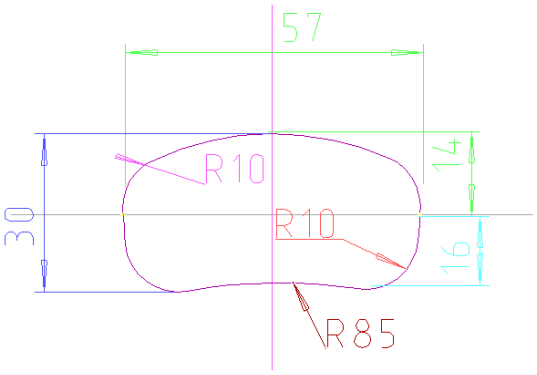


Рис. 43

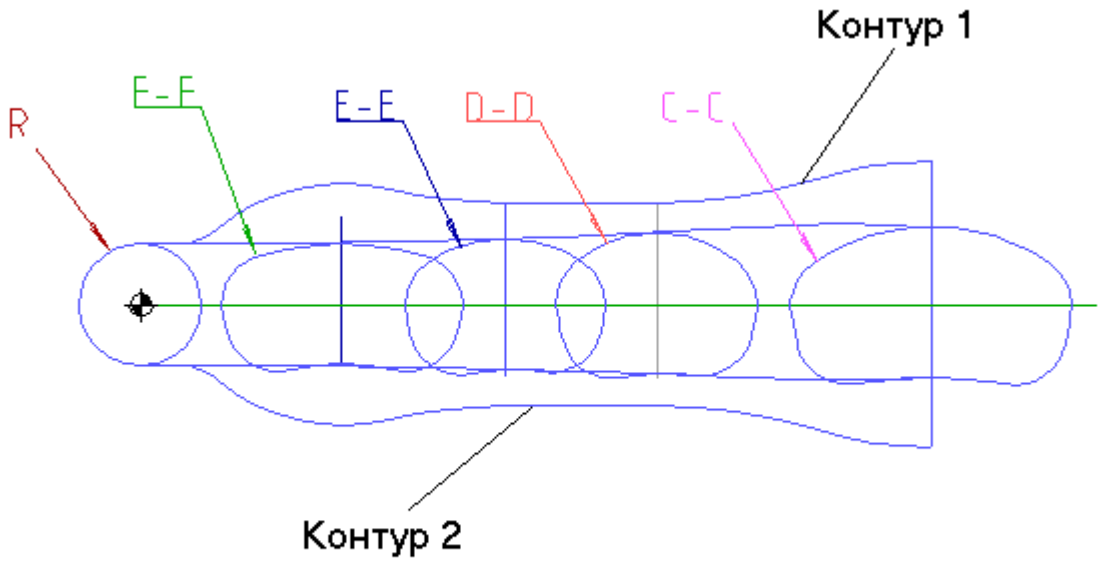


Рис. 44

Шаг 4: Построение поверхности.	
Перейдём в **3D - редактор**. Для этого нажмите кнопку 2D. Сделаем поворот сечений **F-F,** **E-E, D-D, C-C** и окружности **R** на 90 градусов. Укажите пункт **«Преобразования»** → **«Поворот R»** . Укажите окружность **R,** подтвердите правой, затем левой кнопкой мыши. Укажите ось окружности, подтвердите левой кнопкой мыши, выберите направление стрелки правой кнопкой мыши и подтвердите левой кнопкой мыши. Задайте угол поворота 90 градусов и число новых объектов (0). Аналогично проделайте с сечениями F-F, E-E, D-D и C-C. (Рис. 44)	
Сделаем поворот **контура 1 и контура 2**. Укажите пункт **«Преобразования»** → **«Поворот** Укажите **контур1** (Рис. 44) и подтвердите правой, затем левой кнопкой мыши. Укажите ось контура, подтвердите левой кнопкой мыши, выберите направление стрелки правой кнопкой мыши и подтвердите левой кнопкой мыши. Задайте угол поворота **90** градусов и число новых объектов (0). Аналогично проделайте с **контуром 2.**	
Построим поверхность. Для удобства построения разделим получившийся каркас на две части. Разделим окружность **R**. Укажите пункт **«Модификации»** **«Разделить»** Укажите окружность **R** и **контур 1** (подтверждая левой кнопкой мыши), появится точка разделения, подтвердите левой кнопкой мыши.	

Далее укажите окружность **R** и **контур 2** (подтверждая левой кнопкой мыши), появится точка разделения, подтвердите левой кнопкой мыши. Аналогичные операции проделайте с сечениями **F-F, E-E, D-D и C-C.**	

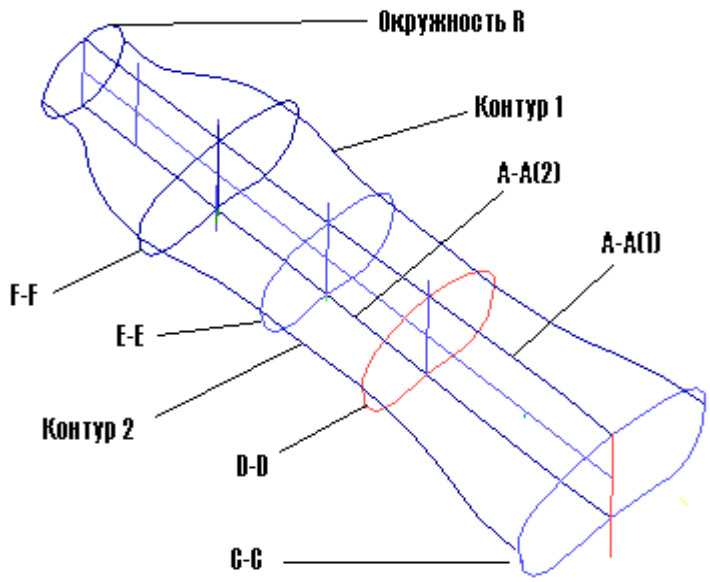


Рис. 45

Построим одну часть каркаса.

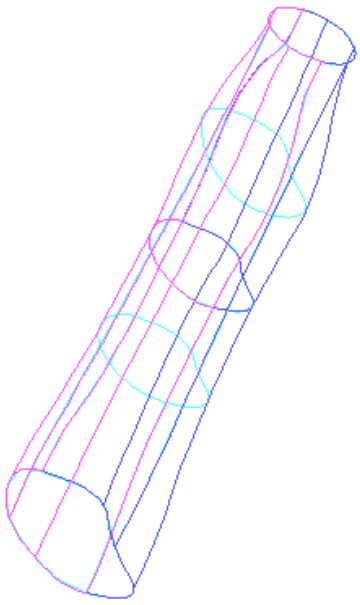
Укажите пункт **«Построение поверх.»** → **«3D сеть по каркасу»** .

Укажите линии первого семейства, окружность **R** , сечение **F-F, E-E, D-D, C-C**, подтверждая левой кнопкой мыши, и указывая направление стрелок (необходимо чтобы стрелки имели одно направление). Для смены направления стрелок нажмите правую кнопку мыши. После указания всех сечений первого семейства нажмите правую кнопку мыши и далее нажмите кнопку **«Завершить».**

Укажите линии второго семейства (**контур 1, контур 2** и сторону сечения **А – А(1))** Рис. 45 . Направление стрелок должно быть одинаковым. (Для смены направления нажмите правую кнопку мыши). После всех сечений второго семейства нажмите правую кнопку мыши, а затем кнопку **«Завершить».**

Аналогично строится другая часть каркаса. (Рис. 45). В качестве линий второго семейства укажите (**контур 1, контур 2** и вторую сторону сечения **А – А(2)**).

После указания всех сечений второго семейства нажмите правую кнопку мыши и далее нажмите кнопку **«Завершить».**



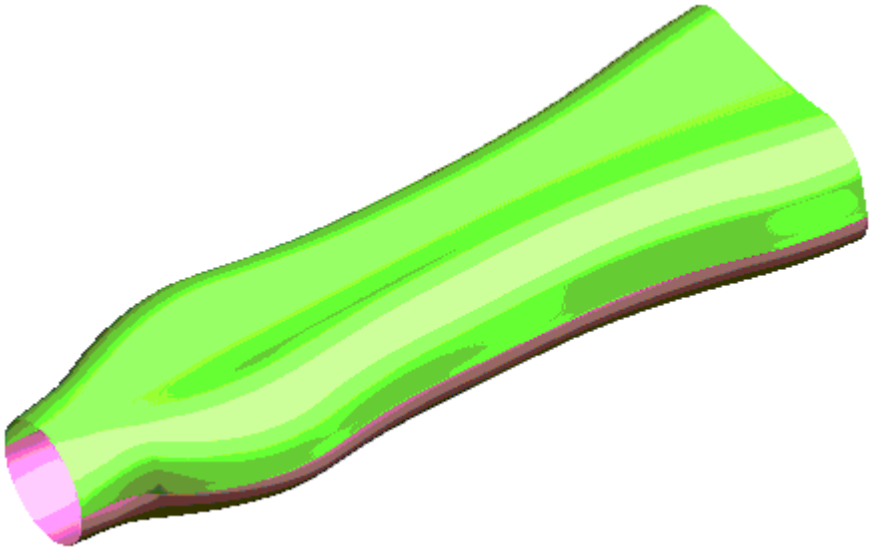


Рис. 46