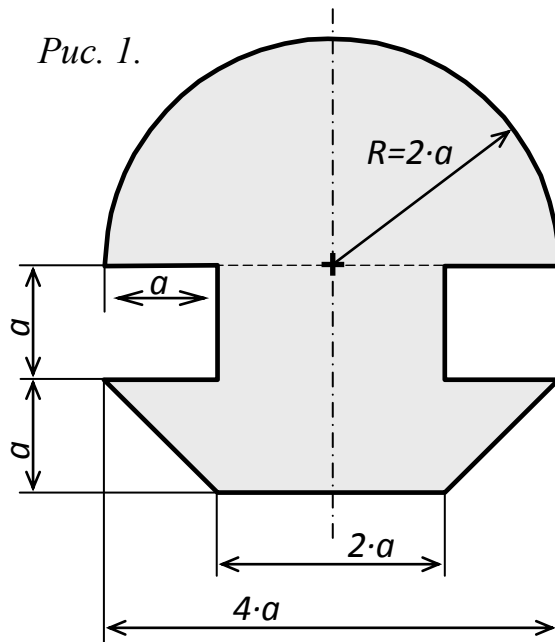


H-04 (ANSYS)

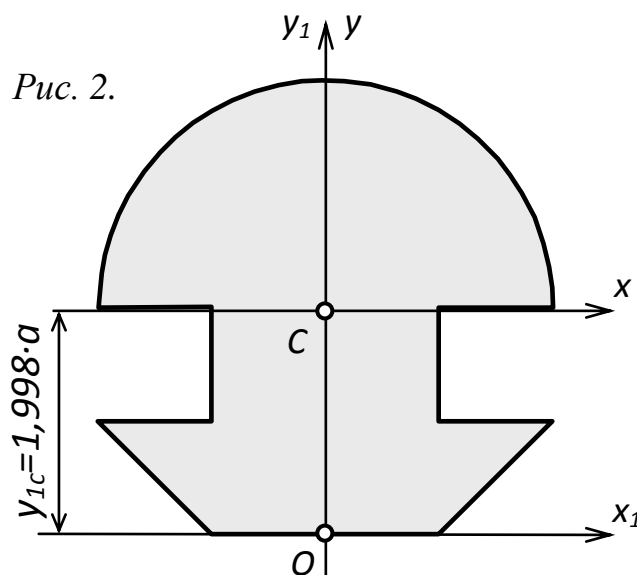
Формулировка задачи:



Дано: поперечное сечение, изображённое на рис. 1.

Найти: момент инерции I_x относительно горизонтальной оси изгиба x – главной центральной оси поперечного сечения.

Сечение симметрично. Значит, его центр тяжести находится на оси симметрии, но, где именно, мы пока не знаем. Сама ось симметрии является главной центральной осью y (рис. 2). В конспекте [H-04](#) приводится:



1) Вычисление координаты y_{1c} центра тяжести C сечения в произвольной системе координат Ox_1y_1 , начало которой лежит в его основании, а ось y_1 совпадает с главной центральной осью y :

$$y_{1c} = \frac{67,6}{33,84} \cdot a = 1,998 \cdot a \quad (1)$$

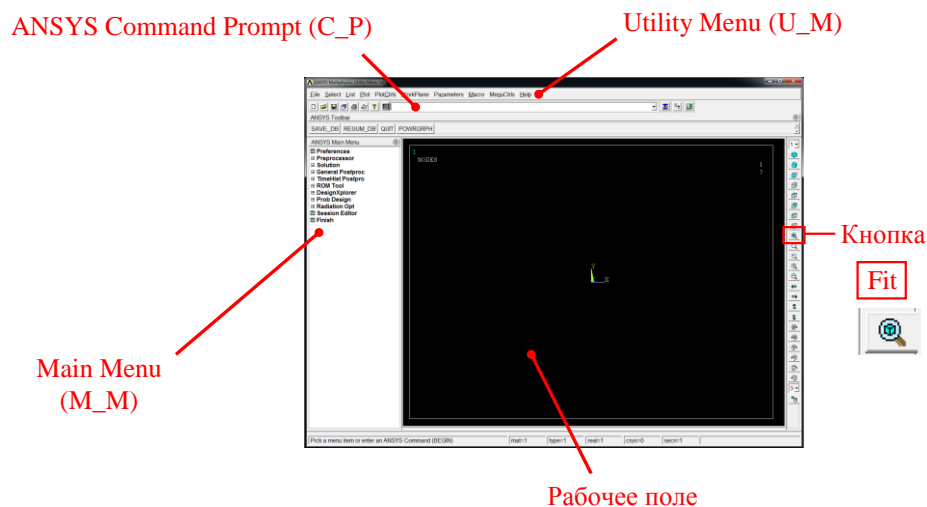
2) Момент инерции сечения относительно горизонтальной главной центральной оси x (оси изгиба):

$$I_x = \frac{484}{36} \cdot a^4 \approx 13,44 \cdot a^4 \quad (2)$$

При помощи ANSYS Multyphisics вычислим y_{1c} и I_x численно.

Предварительные настройки:

Для решения задачи используется ANSYS Multiphysics 14.0:



С меню M_M и U_M работают мышью, выбирая нужные опции.

В окно C_P вручную вводят текстовые команды, после чего следует нажать на клавиатуре **Enter**.

Меняем чёрный цвет фона на белый:

```
U_M > PlotCtrls > Style > Colors > Reverse Video
```

Нумеровать точки, линии и поверхности твердотельной модели:

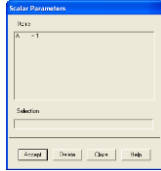
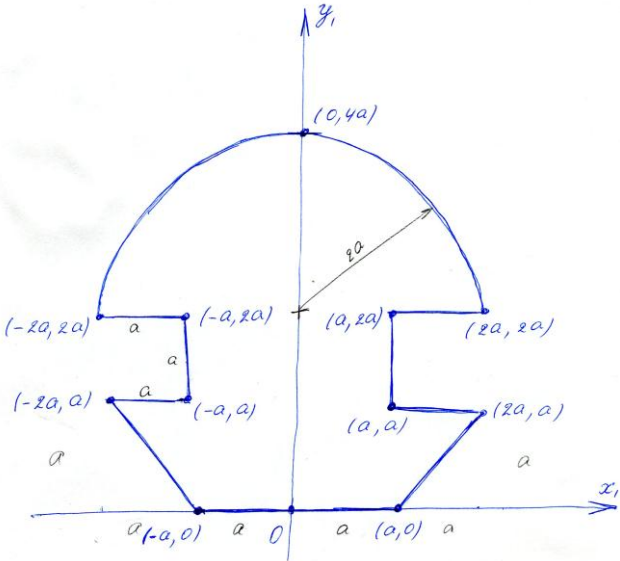
```
U_M > PlotCtrls > Numbering >
Отметить KP, LINE, AREA,
Установить Elem на "No numbering",
Установить [/NUM] на "Colors & numbers" >
> OK
```



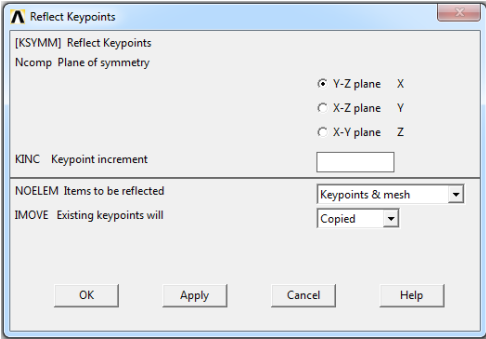

Увеличить размер шрифта:

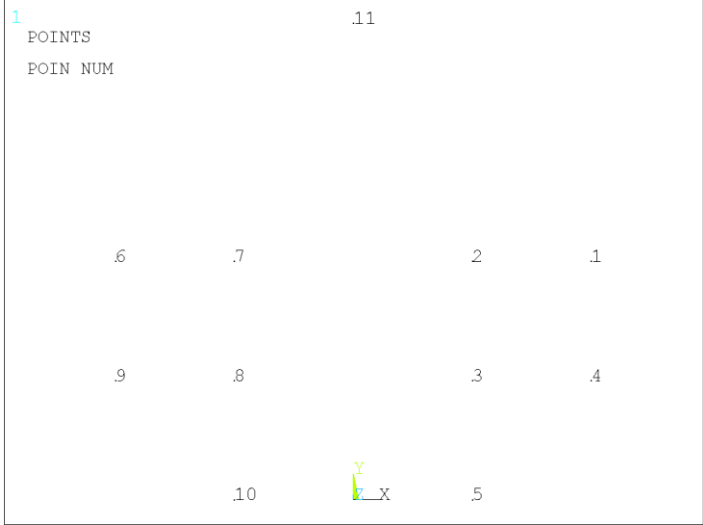
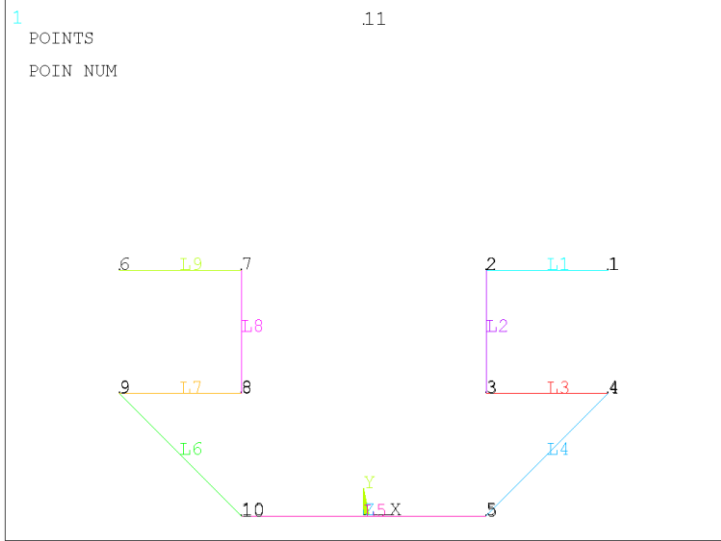
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Legend Font >
Установить «Размер» на «22» > OK
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
Установить «Размер» на «22» > OK
```

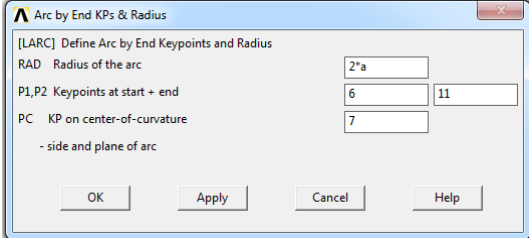
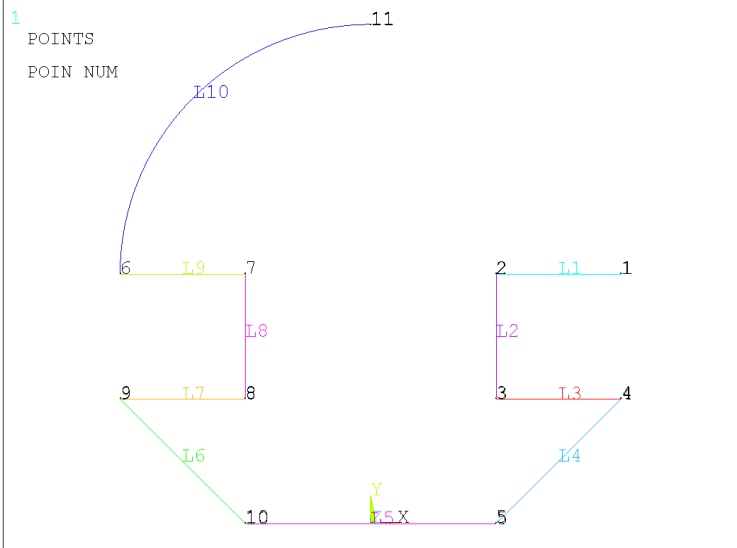
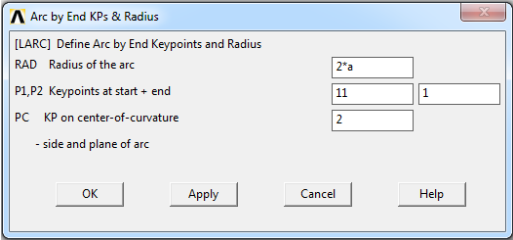
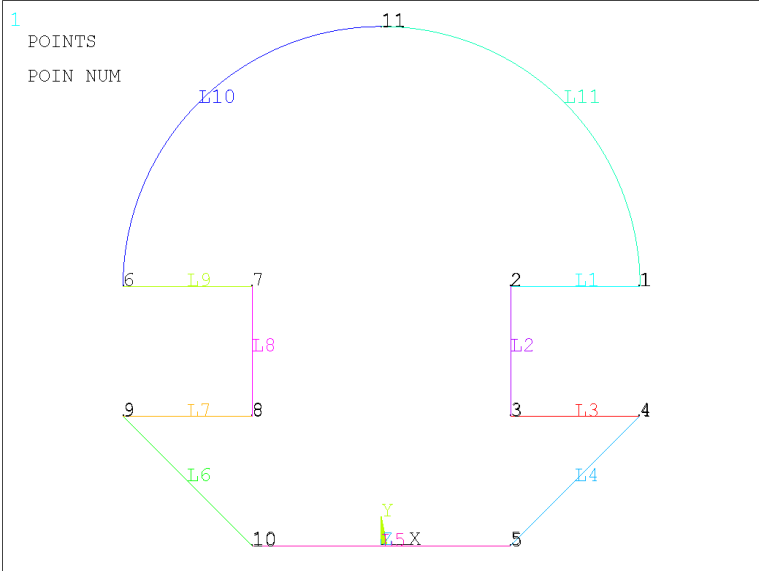
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

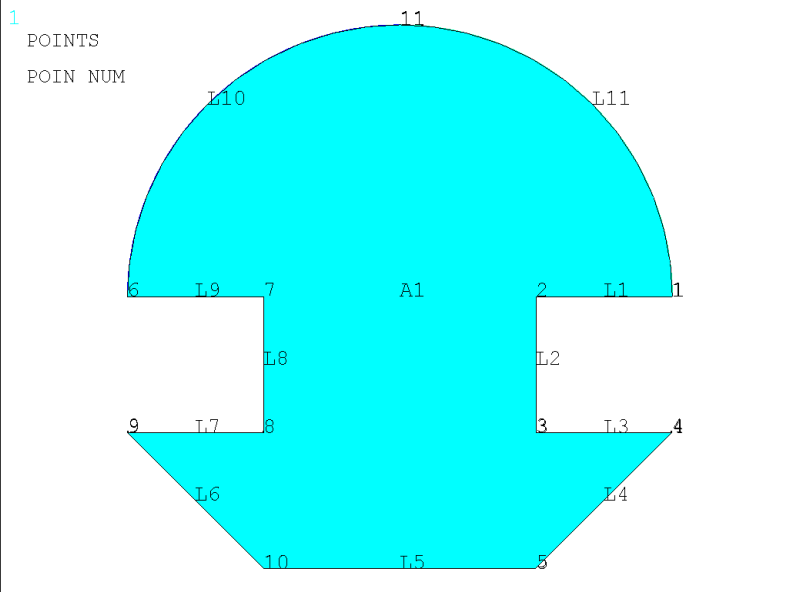
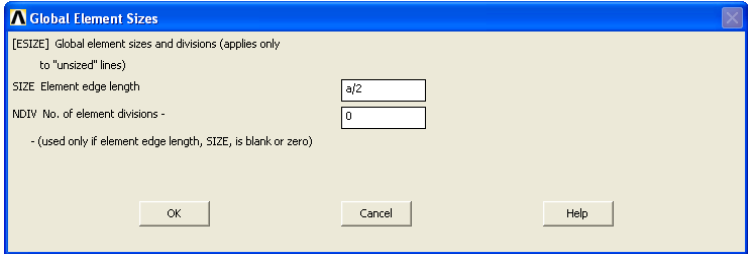
Решение задачи: Приравняв a к единице, результат получим в виде коэффициентов перед формулами (1) и (2), обозначенных синим цветом.

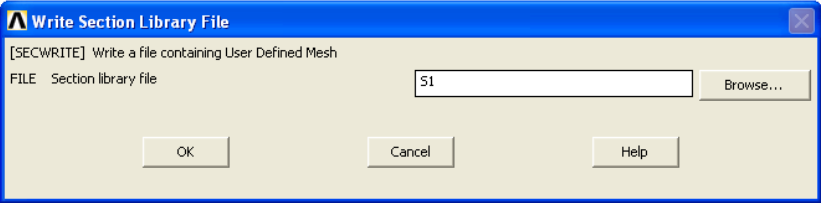
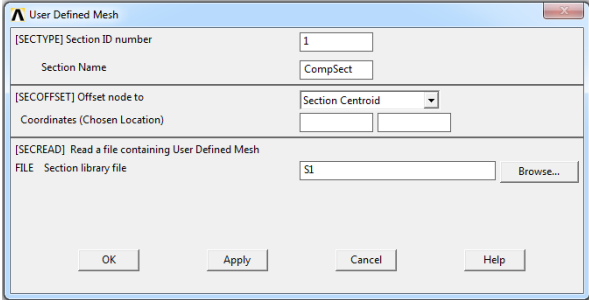
№	Действие	Результат
1	<p>Задаём параметры расчёта – базовые величины задач:</p> <p>U_M > Parameters > Scalar Parameters > A=1 > Accept > > Close</p>	
2	<p>Координаты точек контура поперечного сечения :</p> <p>На листе бумаги эскизно набросаем контур поперечного сечения. На нём отметим точки, соединённые прямыми линиями или дугами окружности.</p> <p>Координаты точек отмечаем в произвольной системе координат Ox_1y_1 (см. рис. 2).</p> <p>Позже при построении ключевых точек в ANSYS в качестве произвольной системы координат Ox_1y_1 будем использовать глобальную декартову систему координат.</p>	

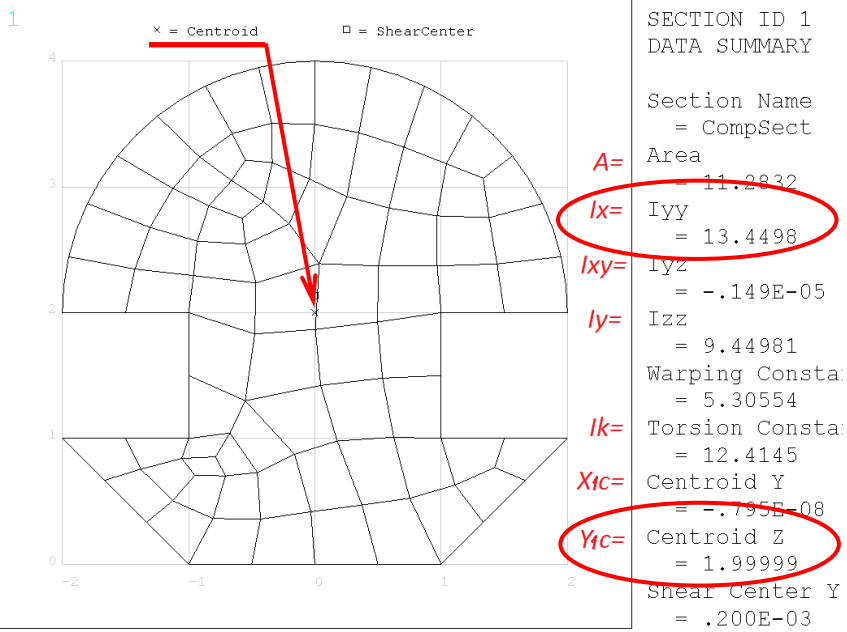
№	Действие	Результат
3	<p><i>Ключевые точки справа:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS ></p> <p>NPT пишем 1</p> <p>X,Y,Z пишем 2*a,2*a,0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 2</p> <p>X,Y,Z пишем a,2*a,0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 3</p> <p>X,Y,Z пишем a,a,0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 4</p> <p>X,Y,Z пишем 2*a,a,0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 5</p> <p>X,Y,Z пишем a,0,0 > ОК</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Справа от рабочего поля нажимаем кнопку Fit .</p>	
4	<p><i>Копируем точки симметрично на левую сторону:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Reflect > Keypoints > Pick All ></p> <p>[KSYMM] отметить Y-Z plane X</p> <p>> ОК</p> 	

№	Действие	Результат
5	<p><i>Верхняя точка:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS > NPT пишем 11 X,Y,Z пишем 0,4*a,0 > ОК</p>	
6	<p><i>Прямые линии контура поперечного сечения:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line > Левой кнопкой мыши последовательно отметить точки 1 и 2 2 и 3 3 и 4 4 и 5 5 и 10 10 и 9 9 и 8 8 и 7 7 и 6 > ОК</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p>	

№	Действие	Результат
7	<p><i>Левая часть дуги сверху:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Arcs > By End KPs & Rad ></p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно отметить точки 6 и 11 > OK</p> <p>Левой кнопкой мыши отметить точку 7 > OK</p> <p>RAD пишем радиус дуги 2*a > OK</p> 	
8	<p><i>Правая часть дуги сверху:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Arcs > By End KPs & Rad ></p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно отметить точки 11 и 1 > OK</p> <p>Левой кнопкой мыши отметить точку 2 > OK</p> <p>RAD пишем радиус дуги 2*a > OK</p> 	

№	Действие	Результат
9	<p><i>По контуру строим поверхность – фигуру поперечного сечения:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Arbitrary > By Lines ></p> <p>Левой кнопкой мыши отметить в любом порядке линии L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10 и L11 > OK</p>	
10	<p><i>Размер стороны элемента для разбиения:</i></p> <p>ANSYS разбивает площадь сечения на плоские четырёхсторонние неисполняемые конечные элементы. Для каждого такого элемента отработаны формулы поиска площади, центра тяжести и т.д. Оперирруя этими величинами, программа ищет геометрические характеристики всего сечения.</p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Global > Size</p> <p>Size пишем, например a/2 > OK</p>	

№	Действие	Результат
11	<p><i>Разбиваем фигуру на элементы и сохраняем разбиение на диске:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Sections > Beam > Custom Sections > > Write From Areas ></p> <p>Окно "Line element sizes..." закройте;</p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на построенную фигуру > OK</p> <p>В появившемся окне "Write Section Library File" в поле FILE напишите имя файла типа ".SECT", в котором будет храниться разбиение построенной фигуры, например S1 > OK</p>	
12	<p><i>Считываем разбиение с диска, указываем его, как параметры поперечного сечения №1:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Sections > Beam > Custom Sections > > Read Sect Mesh ></p> <p>[SECTYPE] пишем 1</p> <p>Section Name пишем название сечения, например CompSect</p> <p>[SECREAD] пишем название сохранённого файла S1 > OK</p>	

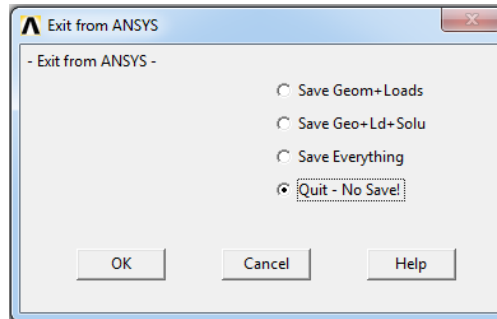
№	Действие	Результат
13	<p>Получаем геометрические характеристики сечения №1:</p> <p>М М > Preprocessor > Sections > Beam > Plot Section [Secplot] установить "1 CompSect" Show section mesh? установить "Yes" > ОК</p> <p>Смотрим результаты:</p> <p>Среди прочих геометрических характеристик находим координату y' центра тяжести</p> $y_{IC} = 2 \cdot a$ <p>и момент инерции относительно горизонтальной центральной оси (оси изгиба)</p> $I_x = 13,45 \cdot a^4$ <p>Эти значения относительно формул (1) и (2) точного расчёта дают погрешность 0,1% и 0,07% соответственно. То есть, результаты практически совпадают. Чем меньший размер стороны элемента в действии 9 зададите, тем точнее результат получите, но уже такого размера, очевидно, вполне достаточно.</p>	 <p>SECTION ID 1 DATA SUMMARY</p> <p>Section Name = CompSect</p> <p>Area = 11.2832</p> <p>I_x = I_{yy} = 13.4498</p> <p>I_{xy} = I_{yz} = -.149E-05</p> <p>I_y = I_{zz} = 9.44981</p> <p>Warping Consta: = 5.30554</p> <p>I_k = Torsion Consta: = 12.4145</p> <p>X_{IC} = Centroid Y = -.795E-08</p> <p>Y_{IC} = Centroid Z = 1.99999</p> <p>Shear Center Y = .200E-03</p>

Сохраняем проделанную работу:

U_M > File > Save as Jobname.db

Закройте ANSYS:

U_M > File > Exit > Quit - No Save! > OK



После выполнения указанных действий в рабочем каталоге остаются файлы с расширениями “.db”, “.err”, “.log”, “.SECT”.

Интерес представляют “.db” (файл модели) и “.SECT” (разбиение поперечного сечения на элементы). Остальные файлы промежуточные, их можно удалить.