

Описание интерактивного сеанса для ANSYS РЕШЕНИЕ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ТЕЛА В ФОРМЕ БУКВЫ «Ъ»

Тестовая задача, иллюстрирующая решение краевой задачи для уравнения теплопроводности с различными типами граничных условий.

1. Заголовок задачи

1.1. Utility Menu>File>Change Title

1.2. Набрать заголовок *Heat Flow in 2D region*

1.3. ОК

2. Введение параметров для построения геометрии и конечно-элементной сетки

2.1. Utility Menu>Parameters>Scalar Parameters

2.2. В появившемся окне **Selection** ввести имена и значения параметров (после набора каждого параметра – **Акцепт**, комментарии набирать не нужно!).

WL=0.04 ! Толщина буквы

T_INP=180 ! Температура на нижней границе

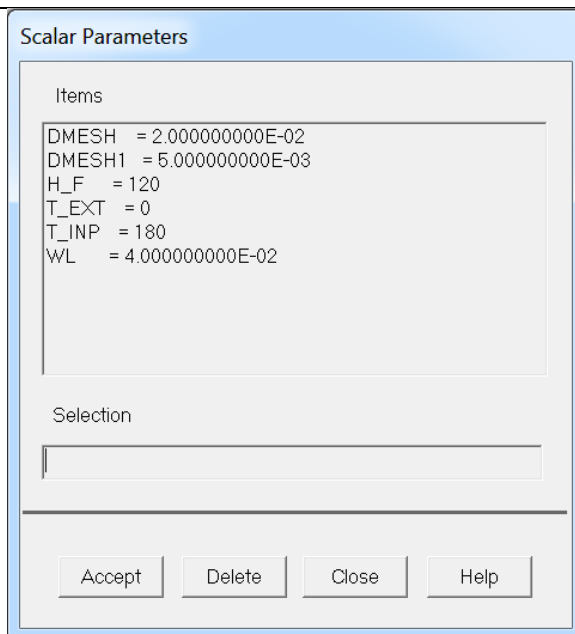
T_EXT=0 ! Температура окружающей среды для конвективных условий T_EXT=0

H_F=120 ! Коэффициент конвективного теплообмена

DMESH=WL/2 ! Параметры для триангуляции

DMESH1=DMESH/4

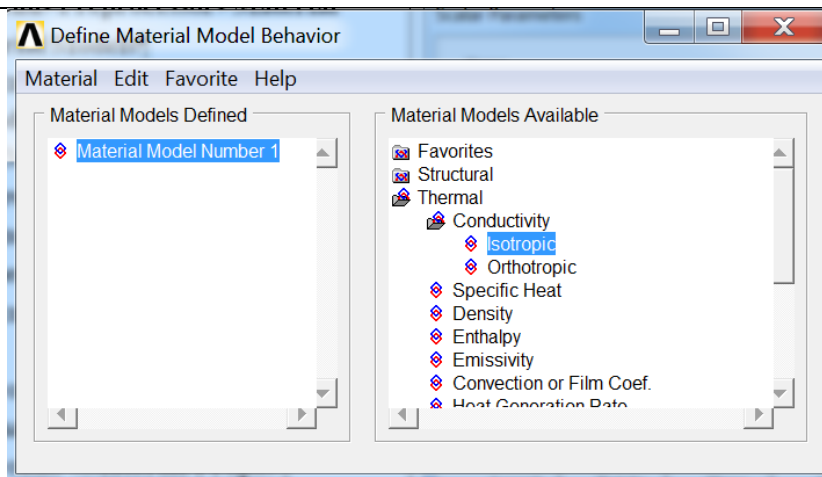
2.3. Close



3. Задание материальных свойств (коэффициент теплопроводности KXX=46.7)

3.1. Main Menu>Preprocessor
> Material Props>Material Models (появляется диалоговое окно «Define Material Model Behavior»)

3.2. В окне «Material Models Available» двойной щелчок левой кнопкой мыши на следующих последовательно появляющихся окошках:
Thermal, Conductivity, Isotropic.

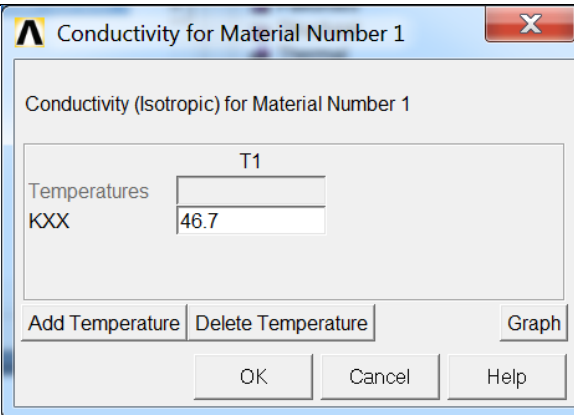


3.3. В поле для «KXX» ввести 46.7

3.4. **OK**

3.5. Закрывать окно «**Define Material Model Behavior**», выбрав **Material>Exit** или **x**

3.6. Закрывать окно «**Material Props**»



4. Выбор типа конечных элементов

4.1. **Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/Edit/Delete**

4.2. Выбрать «**Add...**»

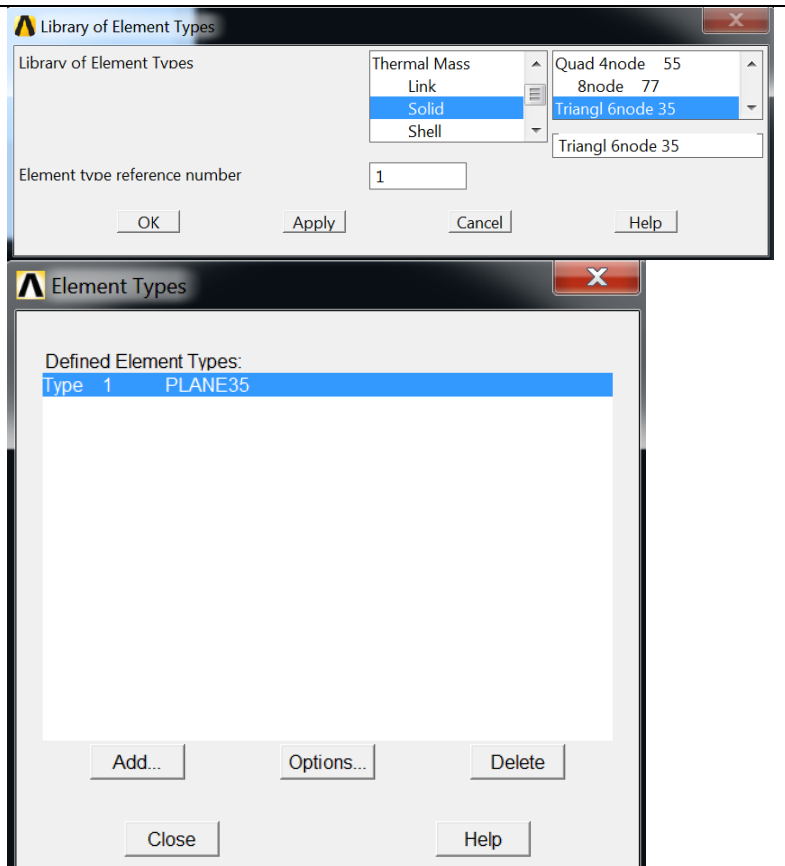
4.3. Пролить список библиотеки элементов (Library of Element Types) вниз и выбрать «**Thermal Solid**». Из крайнего справа списка выбрать «**Triangl 6node 35**»

4.4. **OK**

4.5. **Close** или **x**

4.6. Закрывать окно «**Element Type**»

(В результате для TYPE=1 выбран шестиузловой треугольный температурный КЭ PLANE35)



5. Определение локальных систем координат

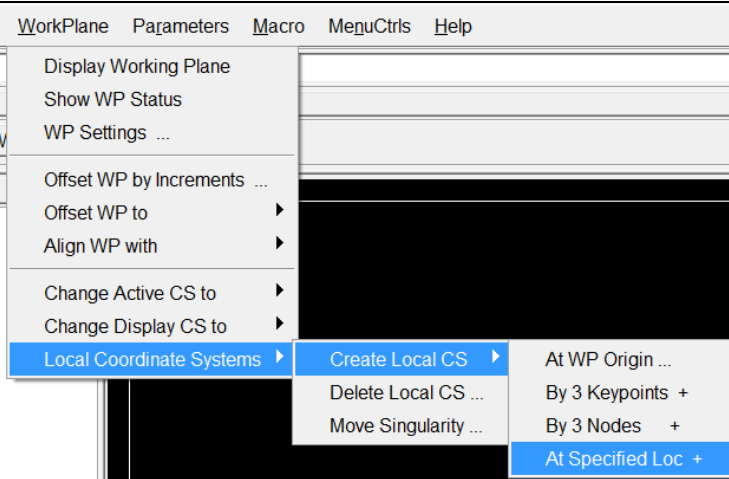
5.1. Utility Menu>

WorkPlane>Local Coordinate Systems>Create Local CS> At Specified Loc

(Внизу слева появляется окно «Create CS at Location», и предлагается указать в графическом окне координаты положения центра локальной системы координат)

5.2. В произвольном месте графического окна (лучше, ближе к центру) мышью отметить точку центра локальной системы координат

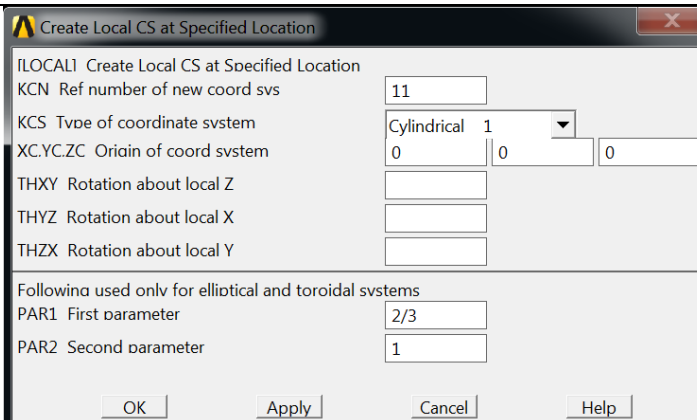
5.3. ОК



5.4. В открывшемся окне «Create Local CS At Specified Location» заменить значения следующих полей значениями

$KCS \rightarrow \text{Cylindrical } 1$
 $XC, YX, ZC \rightarrow 0, 0, 0$
 $PAR1 \rightarrow 2/3$

5.5. Apply



5.6. Снова в центре графического окна мышью отметить точку центра локальной системы координат

5.7. ОК

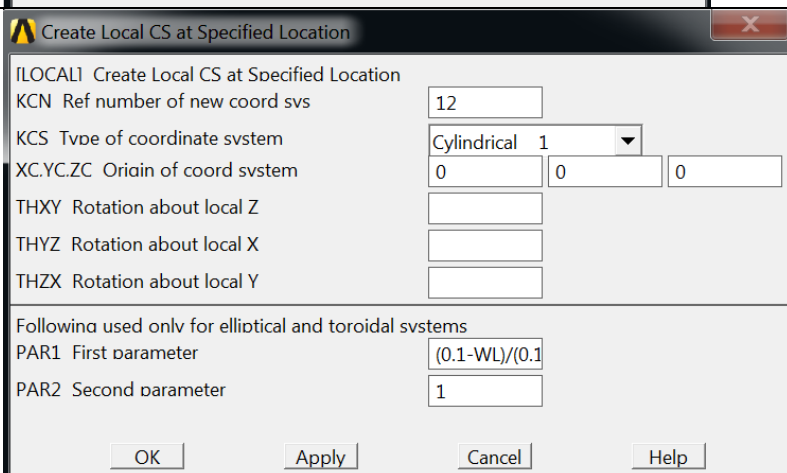
5.8. В окне «Create Local CS At Specified Location» заменить значения следующих полей значениями

$KCN \rightarrow 12$
 $KCS \rightarrow \text{Cylindrical } 1$
 $XC, YX, ZC \rightarrow 0, 0, 0$
 $PAR1 \rightarrow (0.1-WL)/(0.15-WL)$

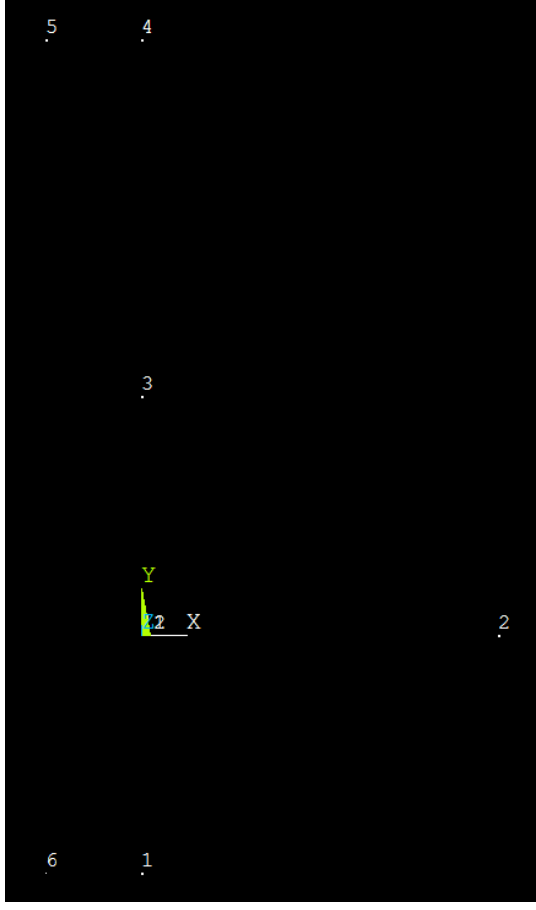
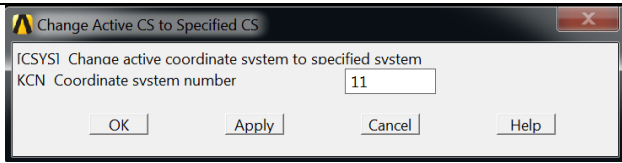
5.9. ОК

5.10. Utility Menu>

WorkPlane>Change Active CS to>Global Cartesian



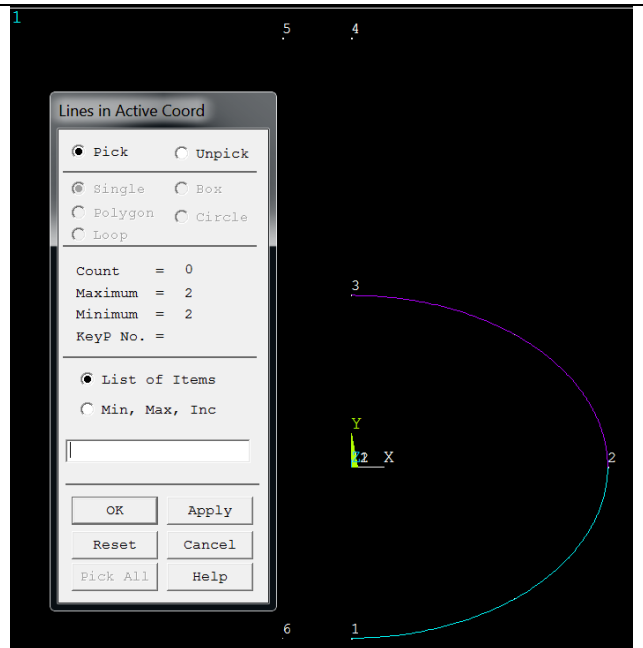
6. Создание геометрической модели

<p>6.1. Определение основных точек</p> <p>Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Keypoints>In Active CS Используя окно «Create Keypoints in Active Coordinate System», задать точки</p> <p><i>NPT</i>→1 <i>X, Y</i> →0, -0.1 Apply <i>NPT</i>→2 <i>X, Y</i> →0.15, 0 Apply <i>NPT</i>→3 <i>X, Y</i> →0, 0.1 Apply <i>NPT</i>→4 <i>X, Y</i> →0, 0.25 Apply <i>NPT</i>→5 <i>X, Y</i> →-WL, 0.25 Apply <i>NPT</i>→6 <i>X, Y</i> →-WL, -0.1 OK x</p>	
<p>6.2. Переход в систему координат с номером 11</p> <p>Utility Menu> WorkPlane>Change Active CS to>Specified Coord Sys... →11 OK</p>	
<p>6.3. Определение линий в системе координат 11 (дуг эллипсов)</p> <p>Main enu>Preprocessor>Modeling>Create>Lines>Lines>In Active Coord</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Preprocessor <ul style="list-style-type: none"> ▣ Element Type ▣ Real Constants ▣ Material Props ▣ Sections ▣ Modeling <ul style="list-style-type: none"> ▣ Create <ul style="list-style-type: none"> ▣ Keypoints ▣ Lines <ul style="list-style-type: none"> ▣ Lines <ul style="list-style-type: none"> ➤ Straight Line ➤ In Active Coord ➤ Overlaid on Area ➤ Tangent to Line ➤ Tan to 2 Lines ➤ Normal to Line ➤ Norm to 2 Lines ➤ At angle to line ➤ Angle to 2 Lines

Слева появляется окно «**Lines in Active Coord**»

В графическом окне пометить точку 1 и соединить ее с точкой 2, затем – точку 2 с точкой 3

OK



6.4. Переход в основную декартовую систему координат

Utility Menu> WorkPlane>

Change Active CS to> Global Cartesian

6.5. Определение прямых линий

Main Menu>Preprocessor>

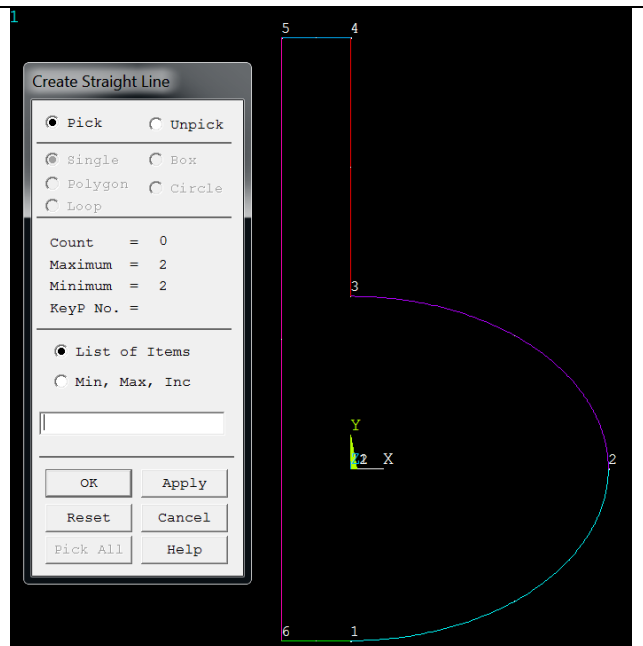
Modeling>Create>Lines>Lines>Straight Line

Слева появляется окно «**Create Straight Line**»

В графическом окне пометить точку 3 и соединить ее с точкой 4,

затем – точки 4 с 5, 5 с 6, 6 с 1

OK (Закрывать окно «**Lines**»)



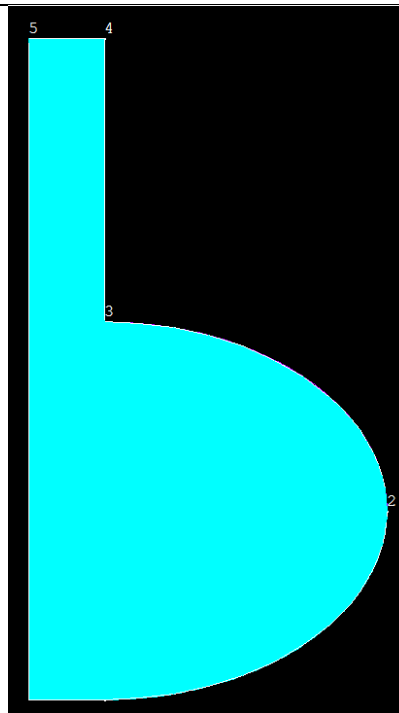
6.6. Определение плоской области по линиям

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Areas > Arbitrary>By Lines

Слева появляется окно «**Create Area by Lines**». В нем для удобства вместо **Single** выбрать **Loop**.

Нажатием левой кнопки мыши в графическом окне выбрать все линии.

OK (Закрывать окно «**Areas**»)



6.7. Определение дополнительных опорных точек для отверстия

Utility Menu>Plot>Keypoints

(отобразите нумерацию точек:

Utility Menu>PlotCtrls>Numbering

В появившемся окне «**Plot Numbering Controls**» включить нумерацию опорных точек

KP Keypoint numbers →

OK)

Main Menu>Preprocessor>

Modeling>Create>Keypoints>In Active CS

Используя окно «**Create Keypoints in Active Coordinate System**», задать точки

NPT → 7

X, Y → 0, -0.1+WL

Apply

NPT → 8

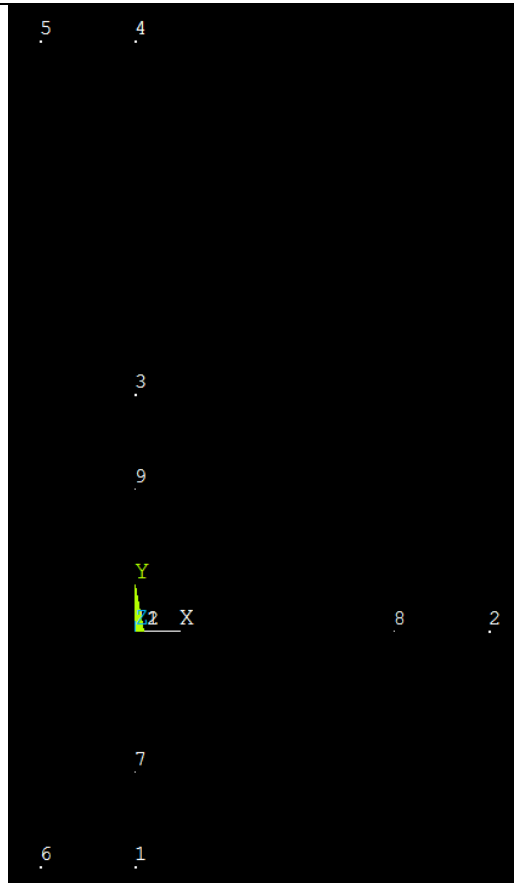
X, Y → 0.15-WL, 0

Apply

NPT → 9

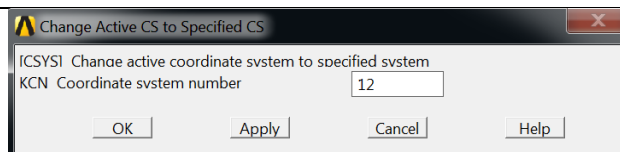
X, Y → 0, 0.1-WL

OK



6.8. Переход в систему координат с номером 12

Utility Menu>WorkPlane>Change Active CS to>Specified Coord Sys... → 12



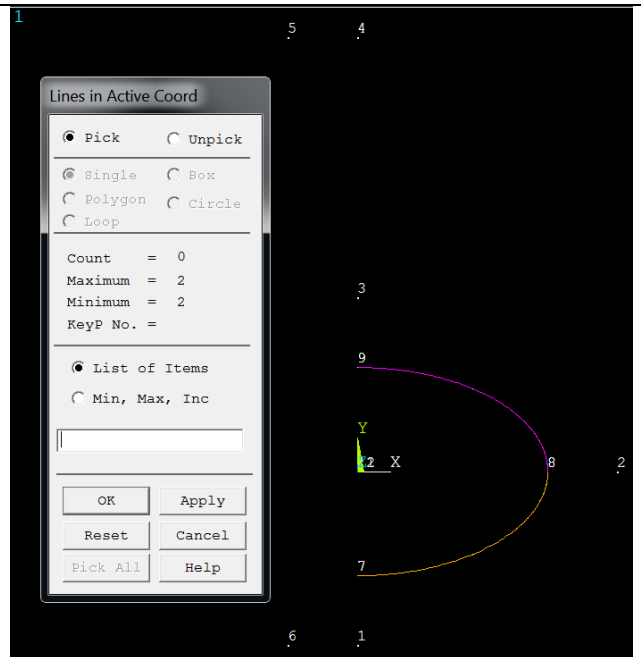
6.9. Определение линий в системе координат 12 (дуг эллипсов)

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Lines>Lines>In Active Coord

Слева появляется окно «**Lines in Active Coord**»

В графическом окне пометить точку 7 и соединить ее с точкой 8, затем – точку 8 с точкой 9

OK



6.11. Переход в основную декартовую систему координат

Utility Menu> WorkPlane>Change Active CS to> Global Cartesian

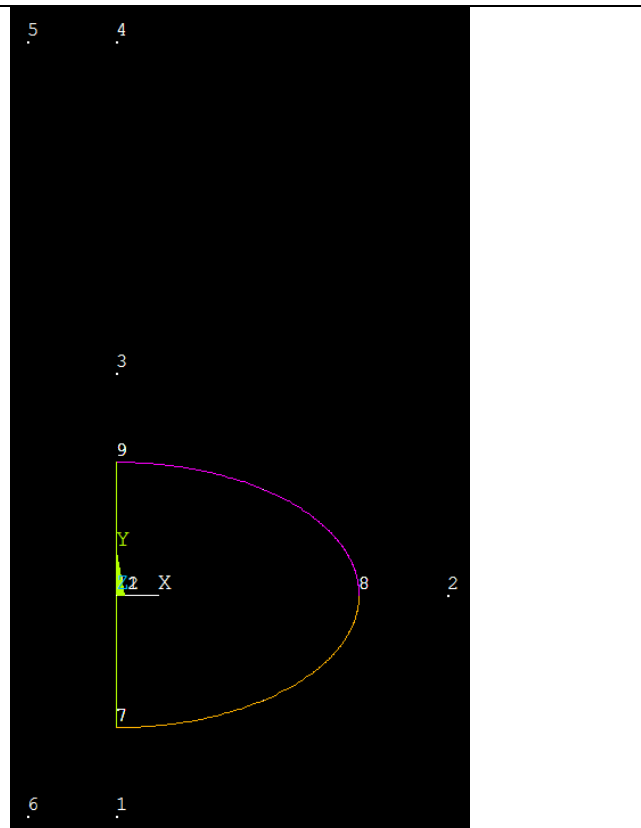
6.12. Определение прямой линии

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Lines>Lines>Straight Line

Слева появляется окно «**Create Straight Line**»

В графическом окне пометить точку 9 и соединить ее с точкой 7

OK



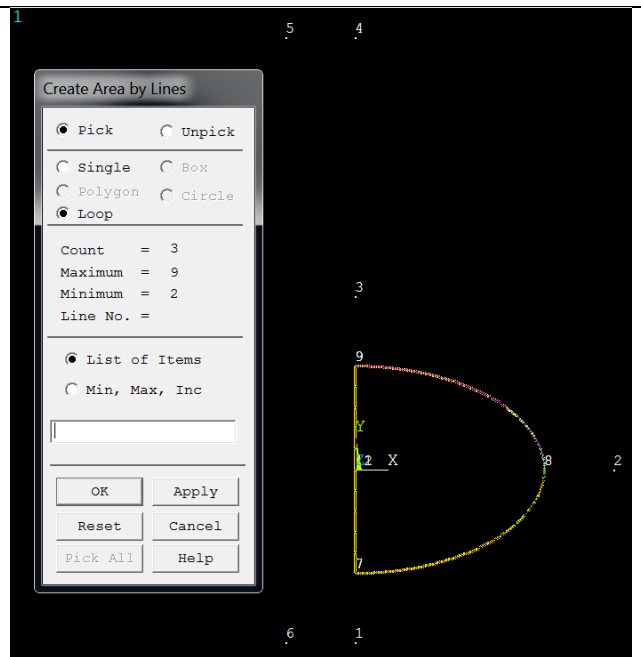
6.13. Определение плоской области по линиям

Main Menu>Preprocessor> Modeling> Create>Areas >Arbitrary>By Lines

Слева появляется окно «**Create Area by Lines**». В нем для удобства вместо **Single** выбрать **Loop**.

Нажатием левой кнопки мыши в графическом окне на одну из новых линий выбрать все новые линии.

ОК



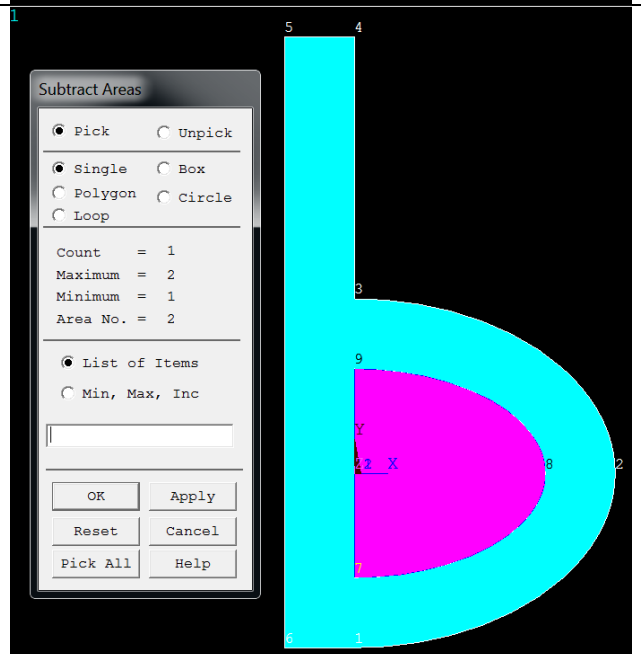
6.14. Создание новой области (с номером 3) проведением булевой операции «Subtract» - вырезания из области 1 области 2

Main Menu>Preprocessor> Modeling>Operate>Booleans>Subtract>Areas

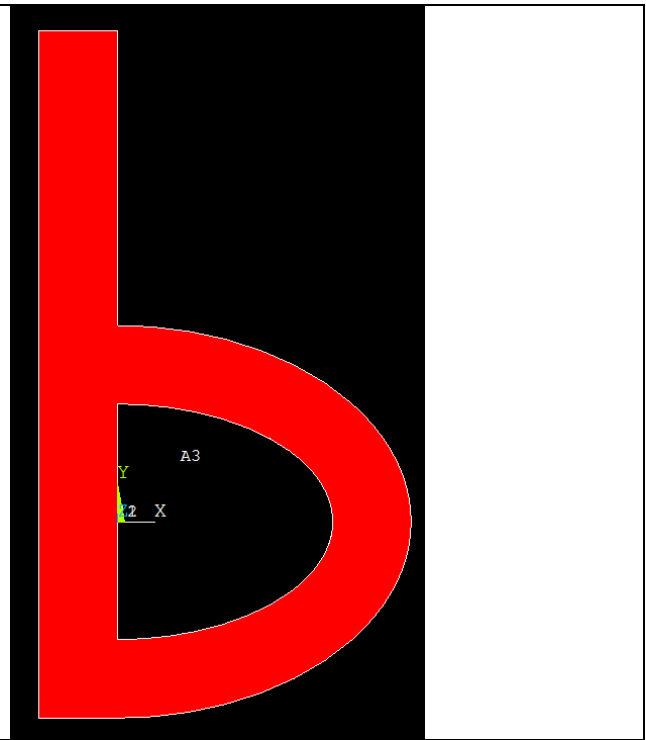
Слева появляется окно «**Subtract Areas**»

В графическом окне сначала отметить первую область → **ОК**

Затем отметить вторую область → **ОК**



В результате получается итоговая область 3

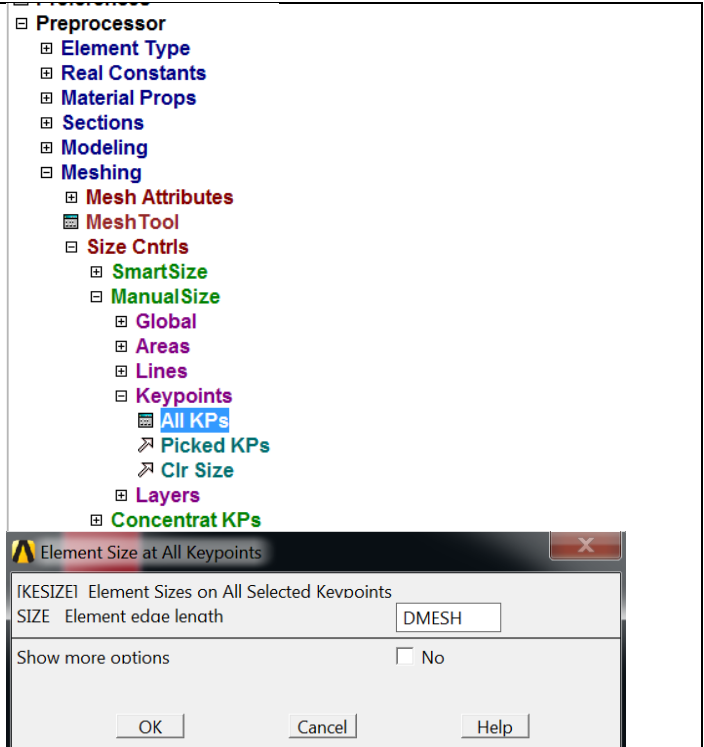


7. Создание сетки конечных элементов

7.1. Установка размеров элементов
вблизи опорных точек
**Main Menu>Preprocessor>Meshing>
Size Cntrl>ManualSize>Keypoints> All
KPs**

Зададим одинаковый базовый размер для
всех опорных точек

В окне «**Element Sizes on All Selected
Keypoints**» задать размеры элементов
SIZE Element Edge length →
DMESH OK



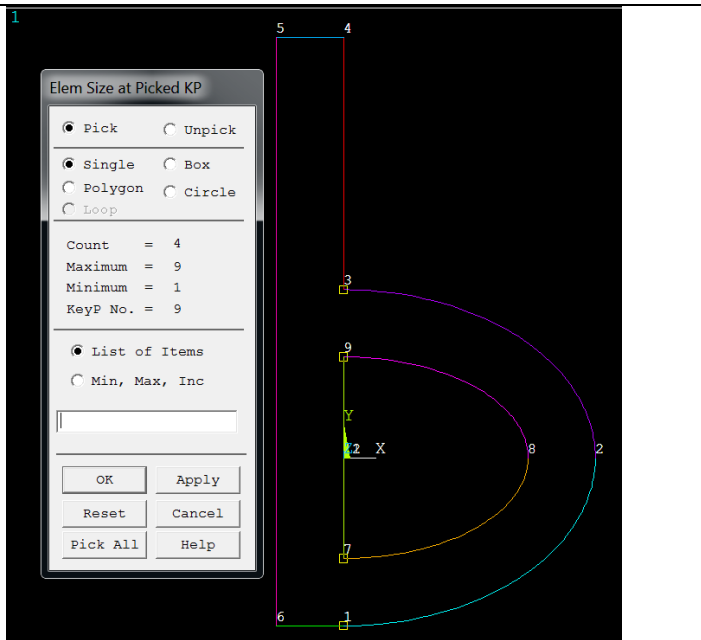
Вблизи выбранных опорных точек зададим меньший размер для сгущения сетки:

Main Menu>Preprocessor> Meshing>Size Cntrls>ManualSize>Keypoints> Picked KPs

Слева появляется окно «**Elem Size at Picked KP**»

В графическом окне отметить точки 1, 3, 7 и 9

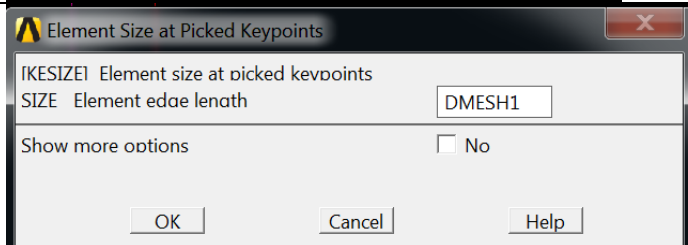
Apply



В окне «**Element size at picked keypoints**» задать другой размер элементов для сгущения сетки

SIZE Element Edge length → *DMESH1*

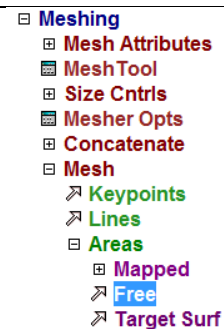
OK



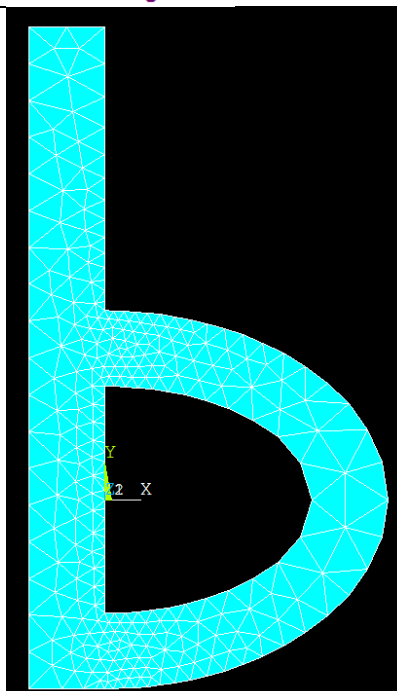
7.2. Построение сетки конечных элементов в области 3

Main Menu>Preprocessor> Meshing>Mesh>Areas>Free

В графическом окне отметить область
В окне «**Mesh Areas**» выбрать **OK**



В результате получим



8. Выход из препроцессора

Preprocessor → x

9. Запуск этапа решения «Solution»

Main Menu>Solution

10. Выбор типа анализа

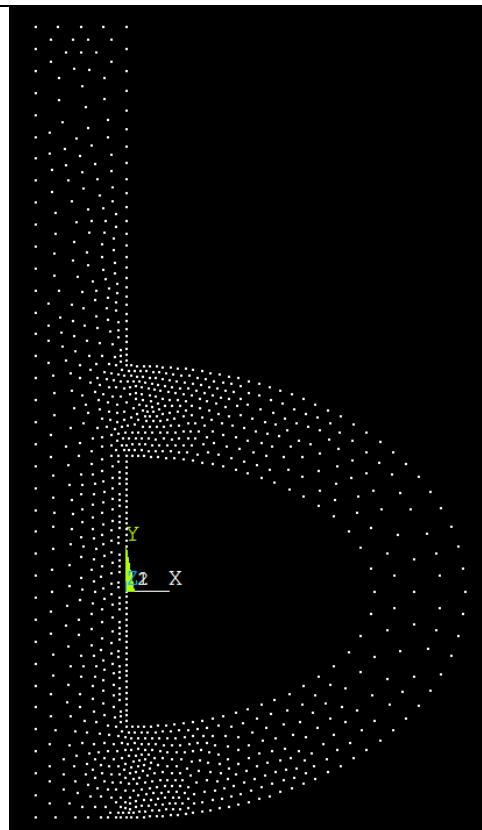
Main Menu>Solution>Analysis Type>New Analysis

OK (по умолчанию выбран тип анализа **Steady-State**)

11. Ввод граничных условий

Отобразим узлы конечно-элементной сетки

Utility Menu>Plot>Nodes



11.1. Ввод условия 1 рода (задание температуры на части границы)
Граничные условия на твердотельную модель

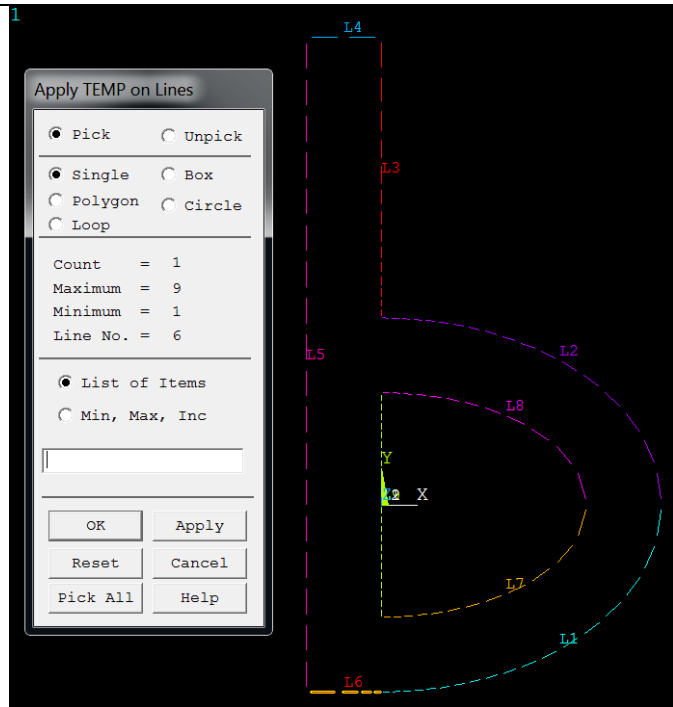
Utility Menu> Plot>Lines

(дополнительно отобразить нумерацию линий)

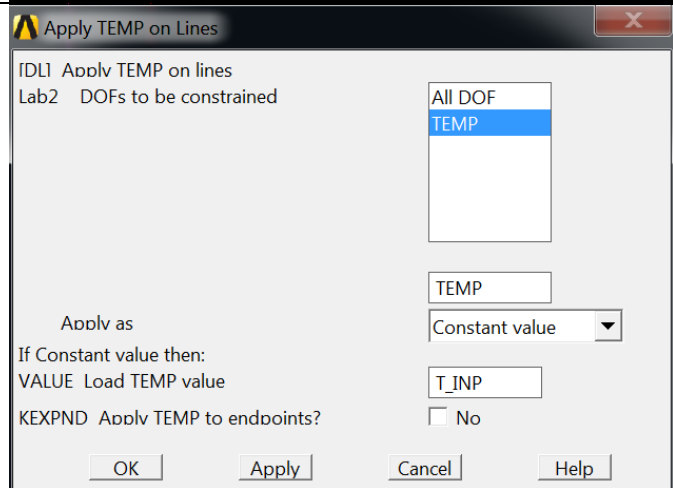
Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Thermal>Temperature>On Lines

- ▣ Preprocessor
- ▣ Solution
 - ▣ Analysis Type
 - ▣ Define Loads
 - ▣ Settings
 - ▣ Apply
 - ▣ Thermal
 - ▣ Temperature
 - On Keypoints
 - On Lines
 - On Areas
 - On Nodes
 - ▣ Uniform Temp

В появившемся окне «Apply TEMP on Lines» указать нижнюю линию L6.
OK



В новом окне «Apply TEMP on Lines» задать значение температуры VALUE Load TEMP value → T_INP
OK



11.2. Ввод условия 3 рода (условия конвективного теплообмена)
Граничные условия на конечно-элементную модель

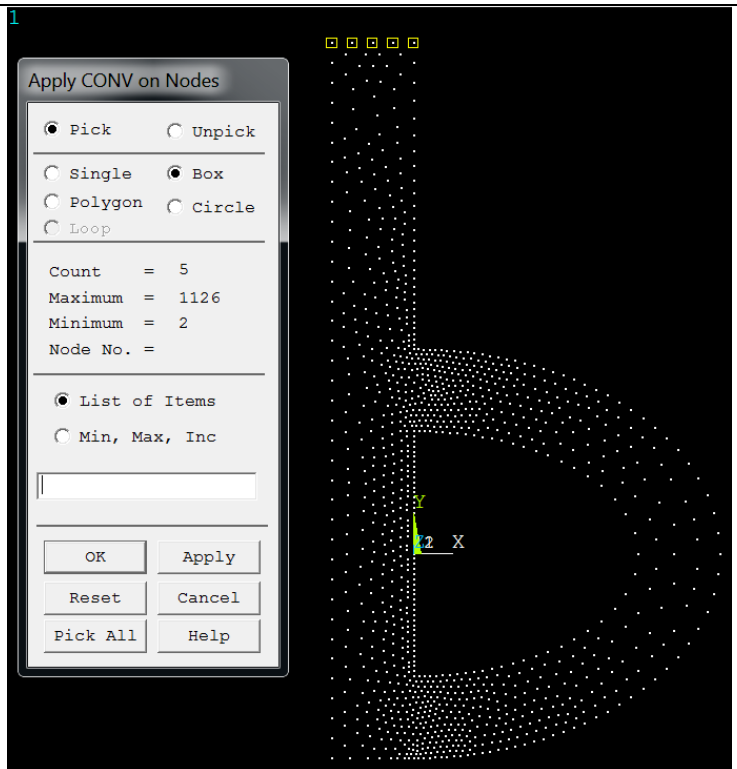
Utility Menu> Plot>Nodes

Main Menu> Solution>Define Loads>Apply>Thermal>Convection>On Nodes

- ▣ Preprocessor
- ▣ Solution
 - ▣ Analysis Type
 - ▣ Define Loads
 - ▣ Settings
 - ▣ Apply
 - ▣ Thermal
 - ▣ Temperature
 - ▣ Heat Flow
 - ▣ Convection
 - ↗ On Lines
 - ↗ On Areas
 - ↗ On Nodes
 - ▣ On Elements
 - ▣ From Fluid Analy

В появившемся окне «Apply CONV on Nodes» выбрать режим «Box»
 Подведя курсор к левому верхнему узлу модели, нажав левую кнопку мыши и двигая мышью вправо по верхней границе модели, отметить все узлы с координатой $Y=0.25$

ОК



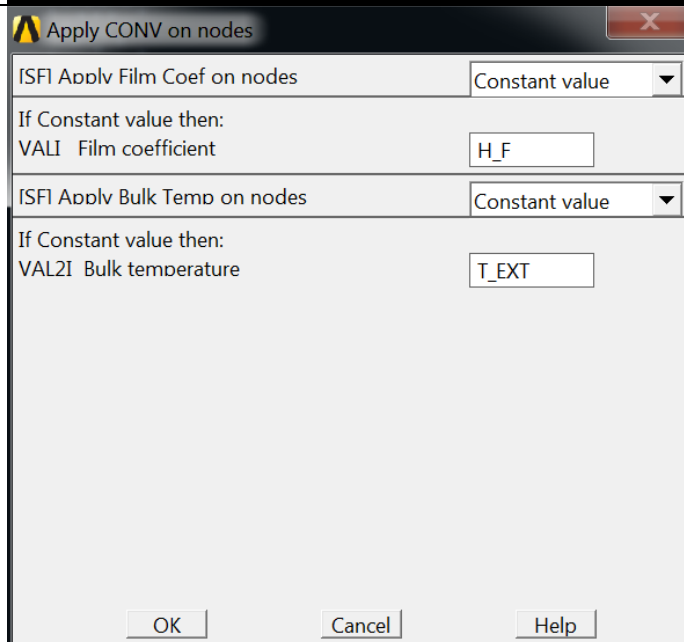
В новом окне «Apply TEMP on nodes» задать значение коэффициента теплообмена «Film coefficient» и температуры окружающей среды «Bulk temperature»

VALI Film coefficient $\rightarrow H_F$

VAL2I Bulk temperature \rightarrow

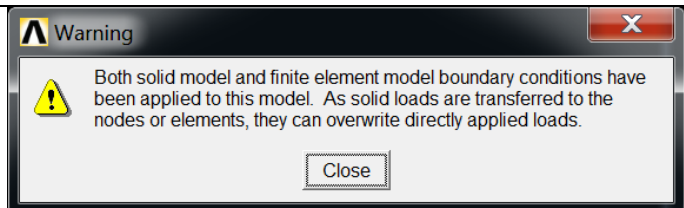
T_EXT

ОК



После этого возникнет предупреждения о том, что были применены одновременно твердотельные и конечно-элементные граничные условия.

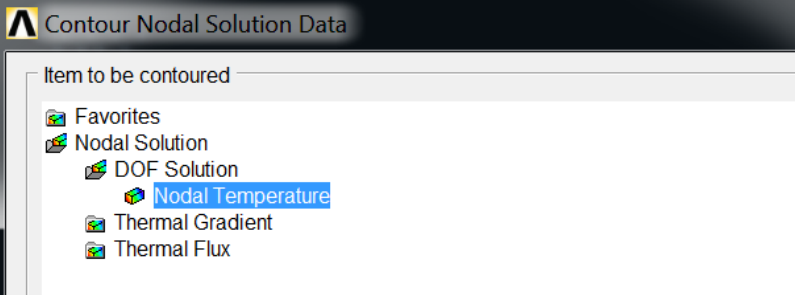
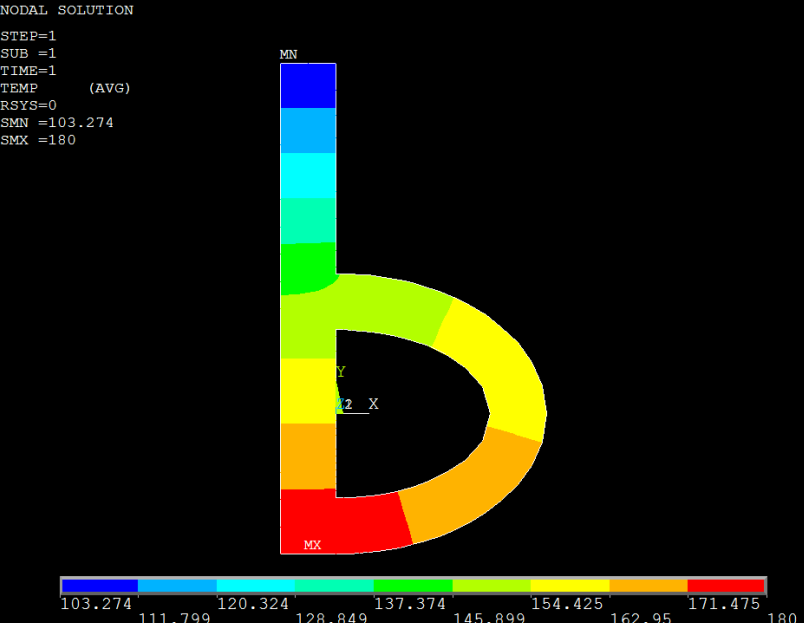
Окно предупреждения закрыть.



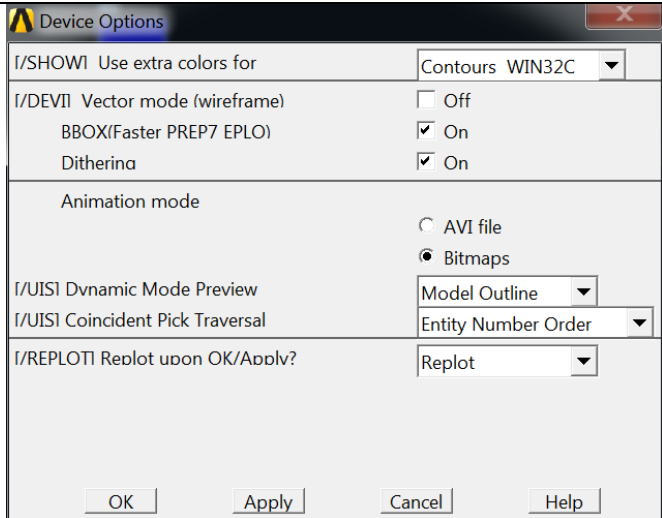
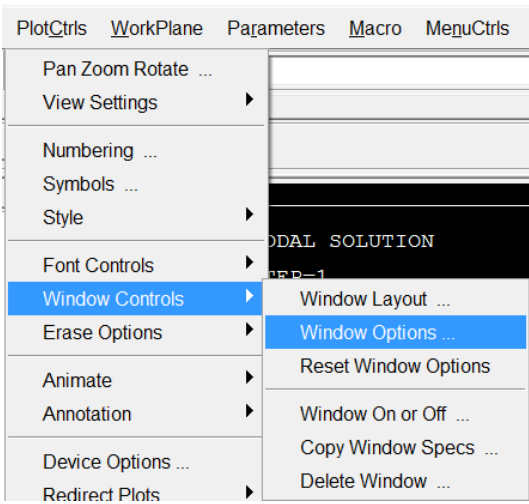
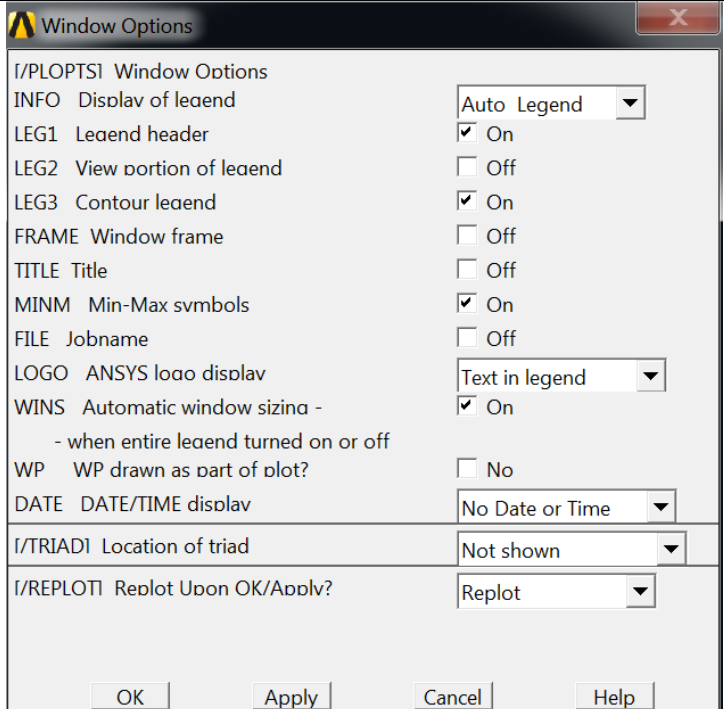
12. Запуск процедур решения конечно-элементной задачи

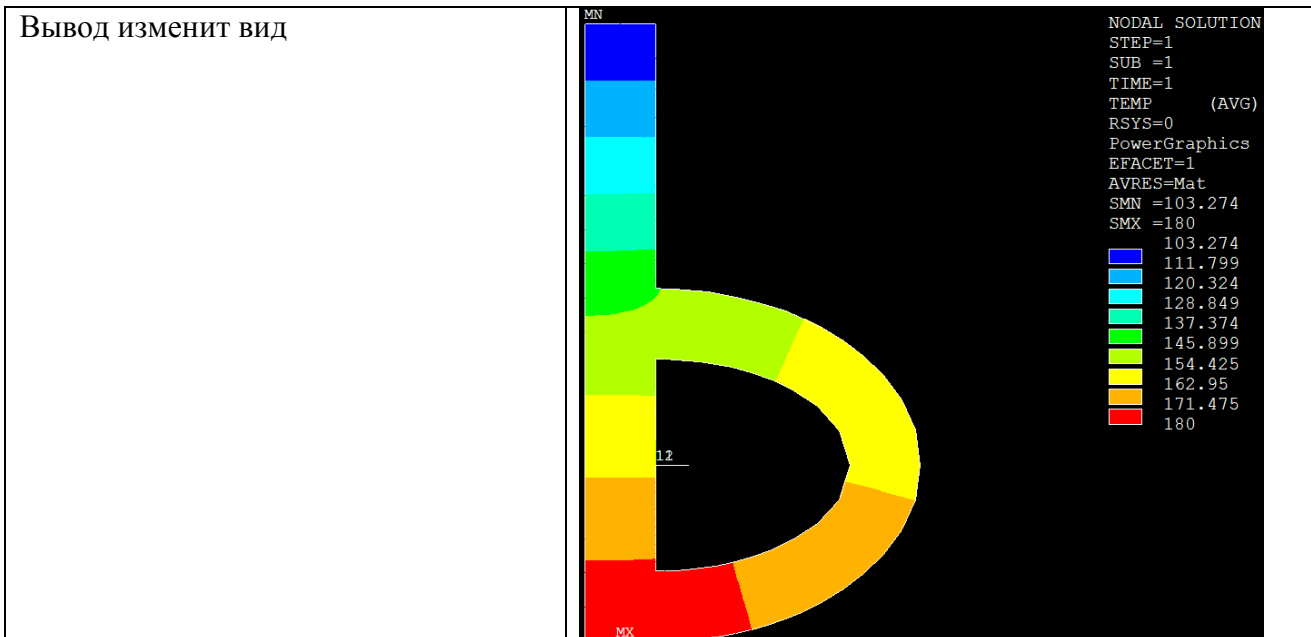
<p>Main Menu>Solution>Solve>Current LS OK Закрывать появившееся окно «Note. Solution is done! → Close»</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Preprocessor ▣ Solution <ul style="list-style-type: none"> ▣ Analysis Type ▣ Define Loads ▣ Load Step Opts ▣ Physics ▣ SE Management (CMS) ▣ Results Tracking ▣ Solve <ul style="list-style-type: none"> ▣ Current LS ▣ From LS Files ▣ Adaptive Mesh
---	--

13. Запуск постпроцессора POST1

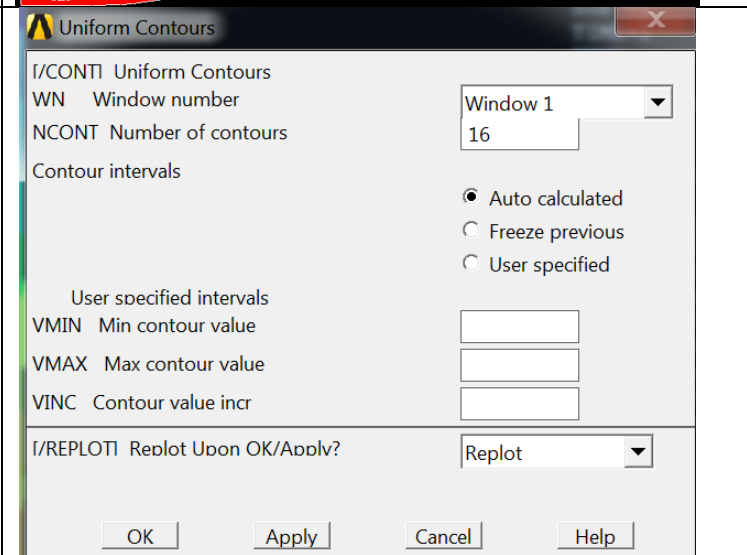
<p>Main Menu>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Preprocessor ▣ Solution ▣ General Postproc <ul style="list-style-type: none"> ▣ Data & File Opts ▣ Results Summary ▣ Read Results ▣ Plot Results <ul style="list-style-type: none"> ▣ Deformed Shape ▣ Contour Plot <ul style="list-style-type: none"> ▣ Nodal Solu ▣ Element Solu ▣ Elem Table
<p>Отообразим распределение температуры. Для этого в появившемся меню следует выбрать</p> <p style="text-align: center;">DOF Solution Nodal Temperature</p>	
<p>В результате получим картину распределения температуры. По умолчанию шкала будет расположена внизу – стиль Multilegend.</p>	 <p>NODAL SOLUTION STEP=1 SUB =1 TIME=1 TEMP (AVG) RSYS=0 SMN =103.274 SMX =180</p>

14. Изменение вида вывода постпроцессора

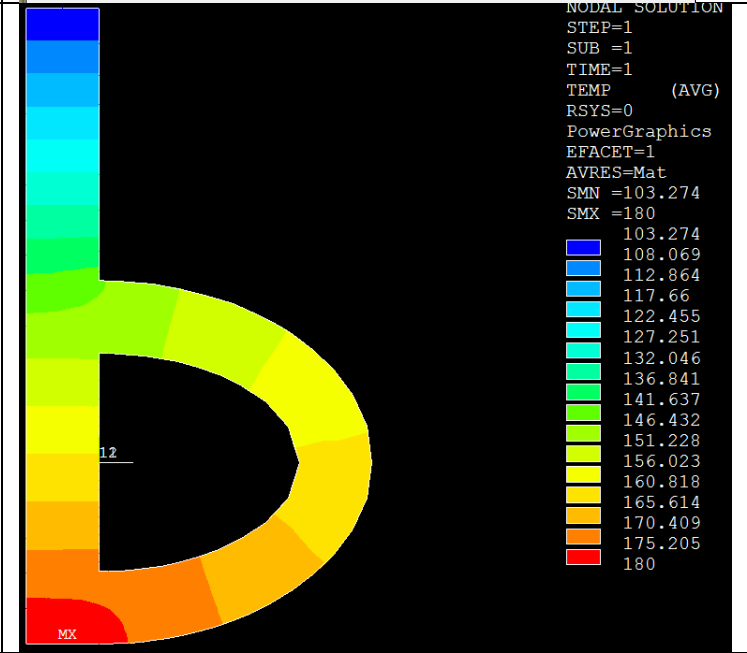
<p>14.1 Настройка графического устройства (для возможности изменения количества цветов)</p> <p>Main Menu>PlotCtrls>DeviceOptions... В появившемся окне «DeviceOptions» выбрать имя графического устройства /SHOW Use extra color for → Contours WIN32C OK</p>	
<p>14.2 Настройка опций вывода в текущем окне</p> <p>Main Menu>PlotCtrls>Window Controls> Window Options</p>	
<p>В появившемся окне «Window Options» выбрать</p> <p>INFO Display of legend → Auto legend</p> <p>LEG2 View portion of legend → Off</p> <p>FRAME Window frame → Off</p> <p>TITLE Title → Off</p> <p>LOGO ANSYS logo display → Text in legend</p> <p>DATE DATE/TIME display → No Date or Time</p> <p>[/TRIAD] Location of triad → Not shown</p> <p>OK</p>	

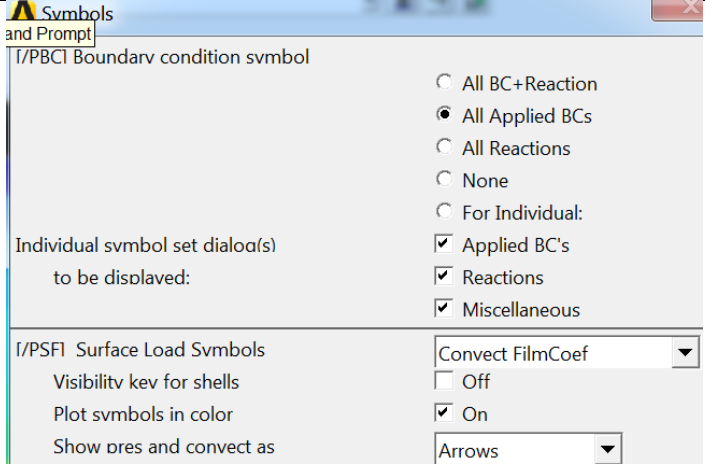


14.3. Настройка количества цветов в шкале
Utility Menu> PlotCtrls> Style> Contours> Uniform Contours...
 В появившемся окне « **Uniform Contours** » задать
 NCONT Number of contours →
 16
 ОК

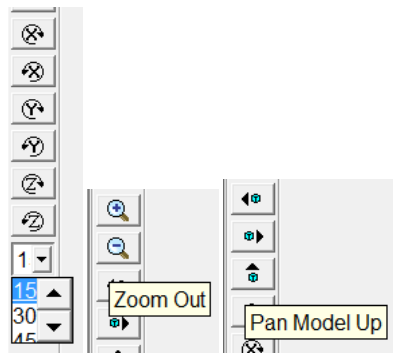


Посмотреть на изменившуюся картинку

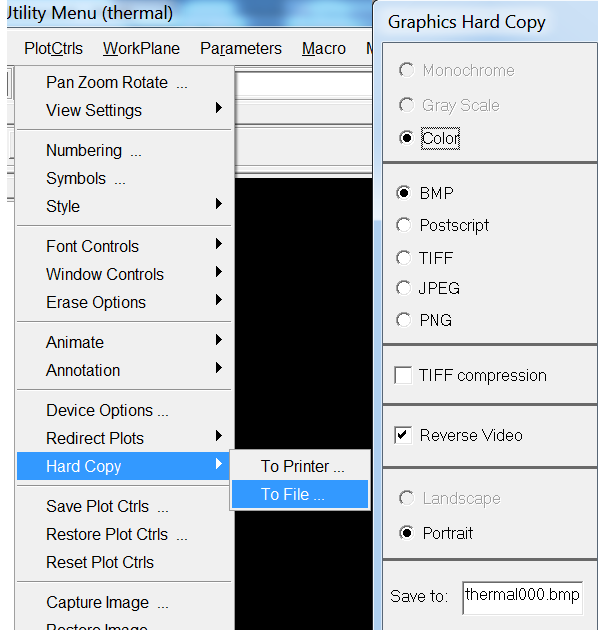


<p>14.4. Настройка отображения граничных условий Main Menu>PlotCtrls>Symbols В появившемся окне «Symbols» выбрать [/PBC] Boundary condition symbol → All Applied BCs [/PSF] Surface Load Symbols → Convect FilmCoef Show pres and convect as → Arrows OK</p>	
<p>Отобразить конечно-элементную сетку (Plot>Elements) и посмотреть на изменившуюся картинку</p>	

15. Улучшение вида расчетной области

<p>Среди находящихся справа пиктограмм для управления графическим выводом выбрать Rate of Change for Model Manipulation → 15 Нажать на пиктограмму с подписью Zoom Out Нажать на пиктограмму с подписью Pan Model Up</p>	
--	---

15. Сохранение полученной графической картинке в файл

<p>Main Menu>PlotCtrls>Hard Copy>To File... В появившемся окне «Graphics Hard Copy» при желании изменит имя файла вывода в окне Save to OK</p> <p>В результате будет создан bmp-файл с именем, показанным в окне Save to, содержащий картинку распределения температуры, причем цвет фона будет инвертирован с черного на белый (так как был выбран режим Reverse Video)</p>	
---	--

16. Запоминание результатов и выход из ANSYS

Main Menu>File>Exit.. или **x**

В появившемся окне «**Exit from ANSYS**» выбрать

Save Everything

OK