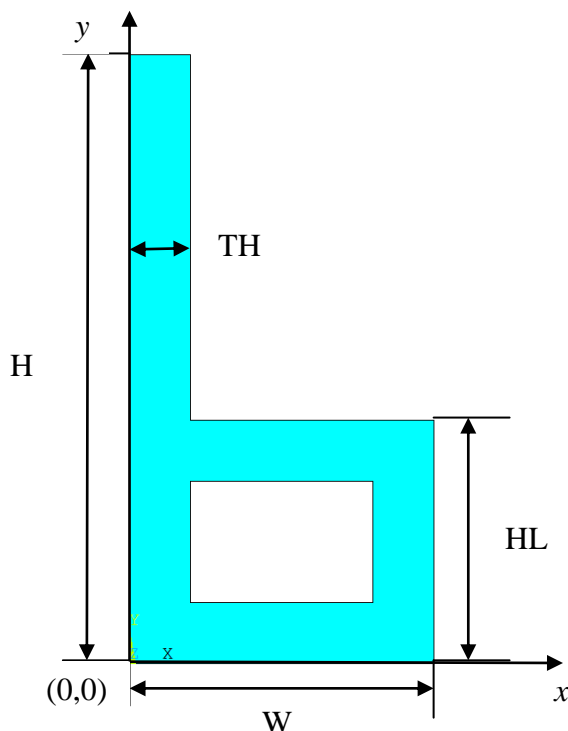


## Задание 1. Построение геометрии области методом «снизу вверх»

Рассмотрим построение геометрии плоской области в форме буквы «Ь», ограниченной прямыми линиями. Геометрические параметры области: высота буквы  $h=10$  (м), ширина буквы  $w=5$  (м), толщина буквы  $th=1$  (м), дополнительный размер по высоте:  $hl=4$  (м).



### 1. Введение параметров

#### 1.1. Utility Menu>Parameters>Scalar Parameters

1.2. В появившемся окне **Selection** ввести имена и значения параметров (после набора каждого параметра нажимать **Accept**, комментарии набирать не нужно!).

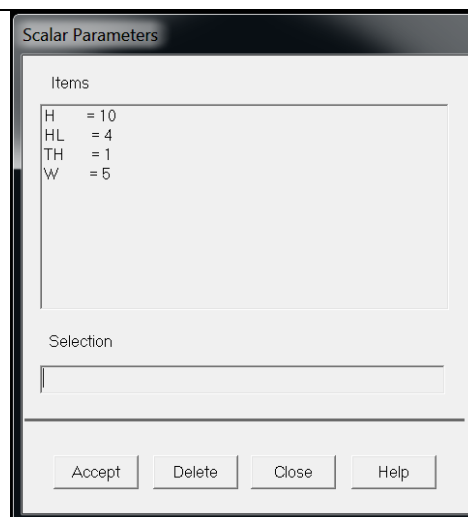
$H=10$  ! Высота буквы (10 м)

$W=5$  ! Ширина буквы (5 м)

$TH=1$  ! Толщина буквы (1 м)

$HL=4$  ! Дополнительный размер по высоте (4 м)

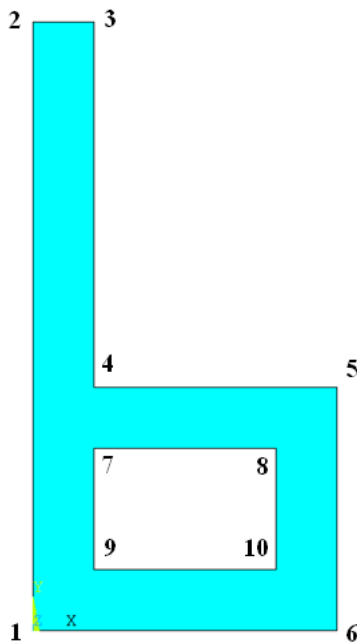
1.3. **Close**



Примечание. Ошибочно введенный параметр можно удалить, нажав **Delete**

### 2. Создание опорных точек (keypoints)

Для создания области в форме буквы «Ь» нужно построить 10 опорных точек:



Создадим опорные точки 1-10 в текущей активной системе координат (по умолчанию глобальная декартова – Global Cartesian).

|                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Modeling&gt;Create&gt;Keypoints&gt;In Active CS</b> (в активной системе координат, active coordinate system)</p>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>▣ Preprocessor <ul style="list-style-type: none"> <li>▣ Element Type</li> <li>▣ Real Constants</li> <li>▣ Material Props</li> <li>▣ Sections</li> <li>▣ Modeling <ul style="list-style-type: none"> <li>▣ Create <ul style="list-style-type: none"> <li>▣ Keypoints <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ On Working Plane</li> <li>▣ In Active CS</li> <li>➤ On Line</li> <li>➤ On Line w/Ratio</li> <li>➤ On Node</li> <li>➤ KP between KPs</li> <li>➤ Fill between KPs</li> <li>▣ KP at center</li> <li>▣ Hard PT on line</li> <li>▣ Hard PT on area</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |
| <p>В окне «<b>Create Keypoints in Active Coordinate System</b>» введем первой точки<br/> NPT → 1<br/> X, Y → 0, 0<br/> Нажать <b>Apply</b>.<br/> Окно не закрывается.</p>                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Аналогично ввести остальные точки:<br/> NPT → 2<br/> X, Y → 0, h<br/> <b>Apply</b>.<br/> NPT → 3<br/> X, Y → th, h<br/> <b>Apply</b>.<br/> NPT → 4<br/> X, Y → th, hl<br/> <b>Apply</b>.<br/> NPT → 5</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

X, Y → w, hl

**Apply.**

NPT → 6

X, Y → w, 0

**Apply.**

NPT → 7

X, Y → th, hl-th

**Apply**

NPT → 8

X, Y → w-th, hl-th

**Apply**

NPT → 9

X, Y → th, th

**Apply.**

NPT → 10

X, Y → w-th, th

В конце ввода нажать **ОК.**

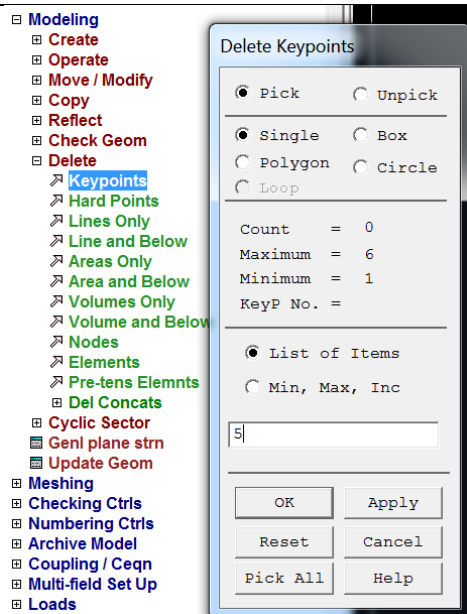
**Примечание.** Ошибочно введенную точку можно удалить:

**Main Menu>Preprocessor>Modeling>**

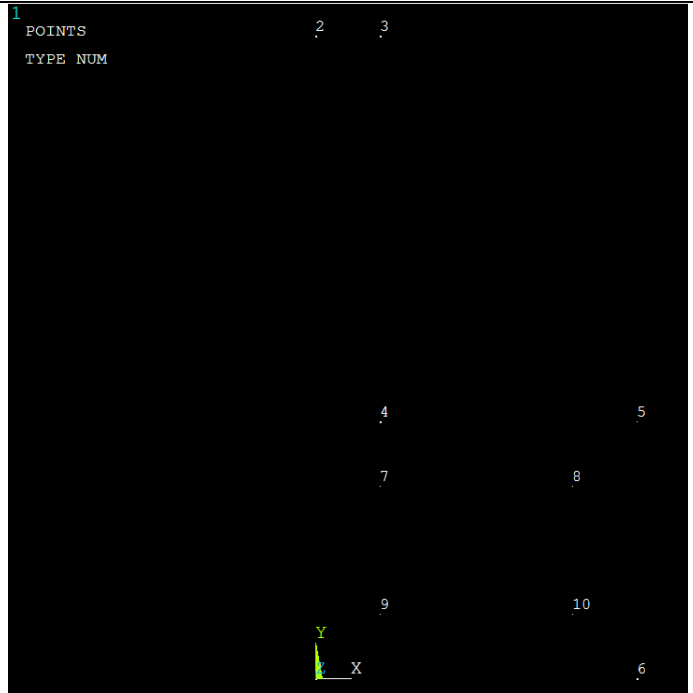
**Delete>Keypoints**

В открывшемся окне ввести номер точки или нажать мышкой на нужную точку.

Нажать ОК.



В итоге на экране отобразится:  
 (нумерация точек отобразится по умолчанию, отобразить нумерацию полученных точек можно, указав в меню: **Utility Menu>PlotCtrls>Numbering>Keypoint numbers.** Нажать ОК.)



Выведем листинг полученных точек (для проверки их координат).  
**Utility Menu > List > Keypoints>Coordinates Only.**

KLIST Command

File

LIST ALL SELECTED KEYPOINTS. DSYS= 0

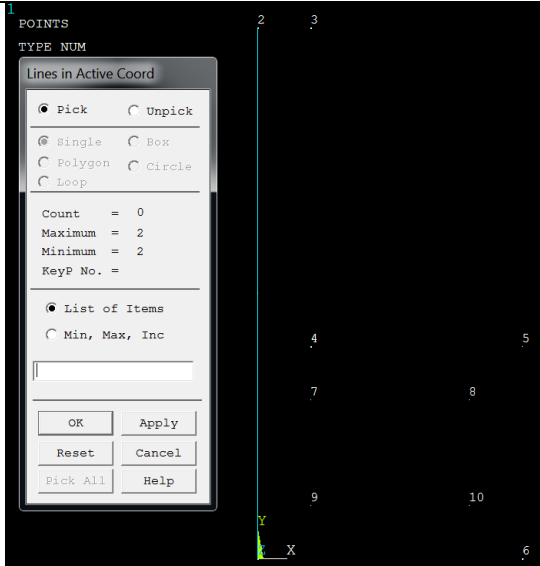
| NO. | X,Y,Z LOCATION |           |          | THXY, THYZ, THZX ANGLES |        |        |
|-----|----------------|-----------|----------|-------------------------|--------|--------|
| 1   | 0.000000       | 0.000000  | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 2   | 0.000000       | 10.000000 | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 3   | 1.000000       | 10.000000 | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 4   | 1.000000       | 4.000000  | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 5   | 5.000000       | 4.000000  | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 6   | 5.000000       | 0.000000  | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 7   | 1.000000       | 3.000000  | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 8   | 4.000000       | 3.000000  | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 9   | 1.000000       | 1.000000  | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |
| 10  | 4.000000       | 1.000000  | 0.000000 | 0.0000                  | 0.0000 | 0.0000 |

### 3. Создание линий (Lines), соединяющие опорные точки.

**Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create >Lines>выбрать Straight Line** (прямая линия) **либо In Active Coord** (в текущей системе координат)

- Preprocessor
  - Element Type
  - Real Constants
  - Material Props
  - Sections
  - Modeling
    - Create
      - Keypoints
      - Lines
        - 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

Последовательно левой кнопкой мыши указать точки 1 и 2 (отобразится линия), затем 2 и 3, 3 и 4, 4 и 5, 5 и 6, 6 и 1. В конце нажать ОК.



В итоге на экране появятся построенные линии, без нумерации.

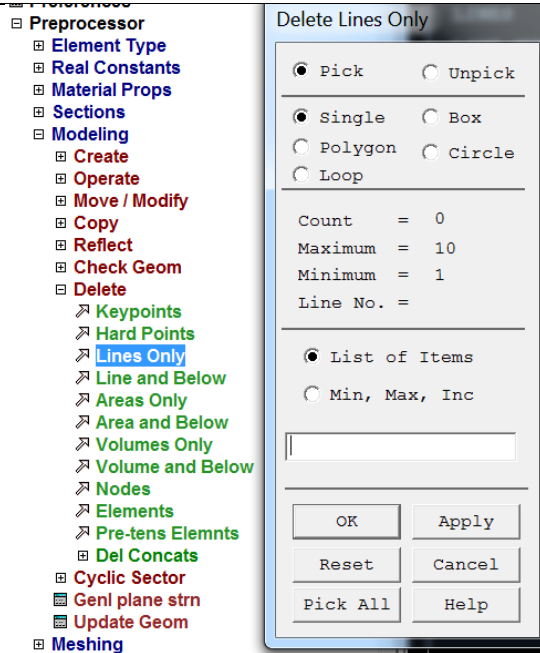
**Примечание.** Ошибочно введенную линию можно удалить:

**Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Lines Only**

В открывшемся окне ввести номер линии или нажать мышкой на нужную линию. Нажать ОК.

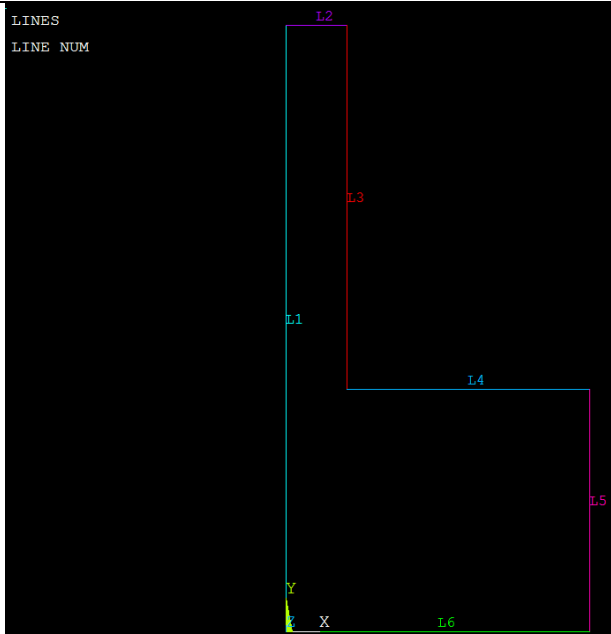
Важно: при этом опорные точки удалены не будут!

При выборе **Lines and Below** будут удалены линии и их опорные точки.

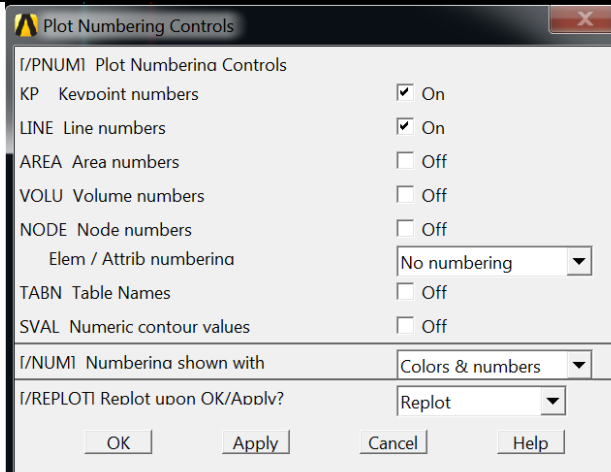


Заметим, что линии нумеруются программой автоматически. Отобразить нумерацию полученных линий можно, указав в меню: **Utility Menu> PlotCtrls>Numbering>Line numbers**.

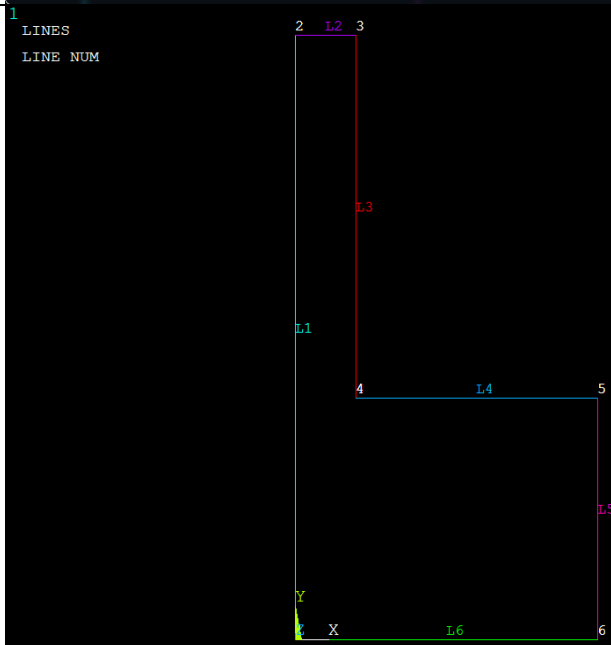
Отообразим полученные линии:  
**Utility Menu> Plot>Lines**



Для контроля вместе с нумерацией линией выведем нумерацию опорных точек:  
**Utility Menu> PlotCtrls>Numbering>Keypoint numbers, Line Numbers**). Нажать ОК.

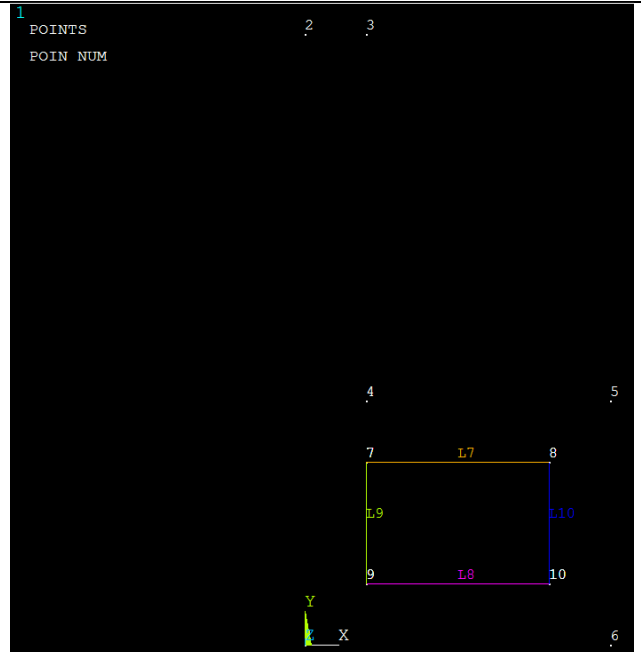


Получим:

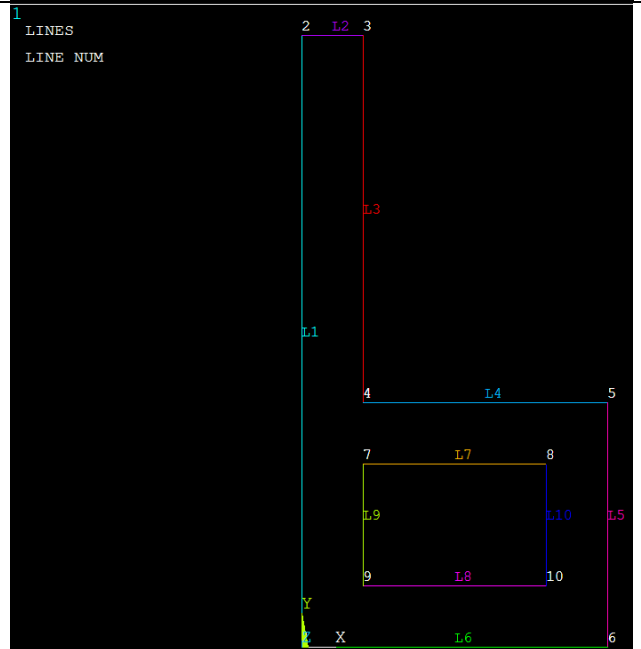


Аналогично построим линии, соединяющие точки 7 и 8, 9 и 10, а также 9 и 7, 10 и 8.

Предварительно нужно отобразить все опорные точки: **Utility Menu> Plot>Keypoints**



Отобразим еще раз все линии вместе с нумерацией линий и опорных точек **Utility Menu> Plot>Lines** (отображение нумерации было установлено ранее)



Для контроля выведем листинг полученных линий:

**Utility Menu > List > Lines>Attribute Format**

Заметим, что в столбце Keypoints будут указаны номера точек, которые соединяет каждая линия, а в столбце Length будет выведена длина каждой линии.

LLIST Command

File

LIST ALL SELECTED LINES.

| NUMBER | KEYPOINTS | LENGTH | (NDIU) | (SPACE) | KVND | NDIU | SPACE | #NODE | HELEM | MAT | REAL | TVP | ESVS |
|--------|-----------|--------|--------|---------|------|------|-------|-------|-------|-----|------|-----|------|
| 1      | 1 2       | 10.00  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 2      | 2 3       | 1.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 3      | 3 4       | 6.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 4      | 4 5       | 4.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 5      | 5 6       | 4.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 6      | 6 1       | 5.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 7      | 7 8       | 3.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 8      | 9 10      | 3.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 9      | 9 7       | 2.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 10     | 10 8      | 2.000  | 0      | 1.000   | 0    |      |       | 0     | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |

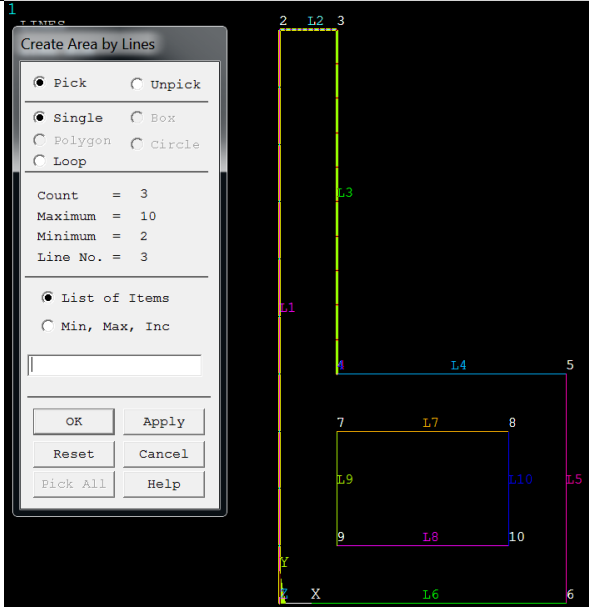
#### 4. Создание областей (areas)

Область, ограниченную линиями, можно построить двумя способами.


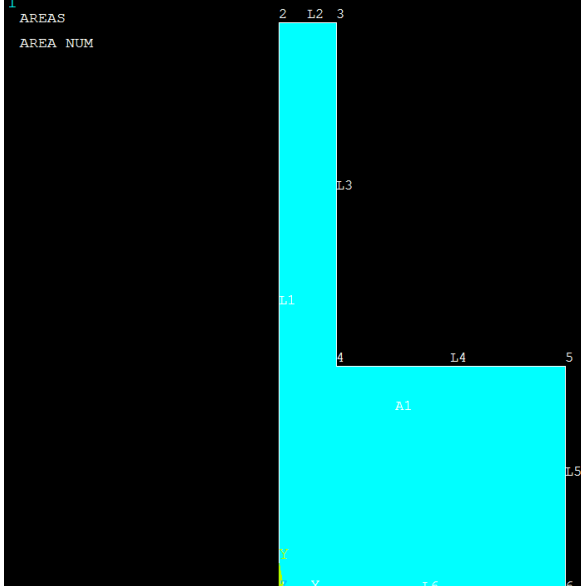
- 1) по указанным линиям (By Lines), перечислив их в порядке обхода по или против часовой стрелки (соответствующая команда - **AL**)
- 2) по указанным опорным точкам (Through KPs), также указав их в порядке обхода по или против часовой стрелки (соответствующая команда - **A**). При этом, если между

двумя точками уже построена линия, то она будет использоваться ее при построении области, в противном случае в текущей координатной системе будет построена недостающая линия.

#### 4.1. Построение произвольной (Arbitrary) области по линиям (By Lines)

|                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Modeling&gt;Create&gt;Areas&gt;Arbitrary&gt;By Lines</b></p>                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>[-] Preprocessor<ul style="list-style-type: none"><li>[+] Element Type</li><li>[+] Real Constants</li><li>[+] Material Props</li><li>[+] Sections</li><li>[+] Modeling<ul style="list-style-type: none"><li>[-] Create<ul style="list-style-type: none"><li>[+] Keypoints</li><li>[+] Lines</li><li>[-] Areas<ul style="list-style-type: none"><li>[+] Arbitrary<ul style="list-style-type: none"><li>[&gt;] Through KPs</li><li>[&gt;] Overlaid on Area</li><li>[&gt;] <b>By Lines</b></li><li>[&gt;] By Skinning</li><li>[&gt;] By Offset</li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul> |
| <p>Теперь последовательно левой кнопкой мыши укажем линии внешнего периметра области в порядке обхода: L1, L2, L3, L4, L5, L6 ( в процессе указанные линии будут выделены). В конце нажать ОК.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



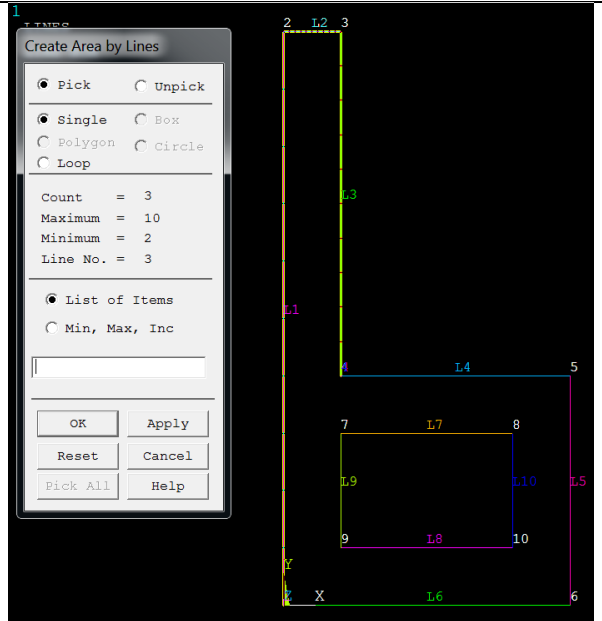
|                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>В итоге получим:</p>                                                                                                                                                                                                                                                             |   |
| <p><b>Utility Menu&gt; Plot&gt;Areas</b><br/> <b>Utility Menu&gt; PlotCtrls&gt;Numbering&gt;Area Numbers.</b> Нажать ОК.<br/> (отображение нумерации опорных точек и линий было установлено ранее)</p> <p>Полученная область будет пронумерована A1 (нумерация автоматическая).</p> |  |

#### 4.2. Построение произвольной (Arbitrary) области по опорным точкам (Through KeyPoints)

|                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Main Menu&gt;Preprocessor&gt;Modeling&gt;Create&gt;Areas&gt;Arbitrary&gt;Through KPs</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▢ Preprocessor <ul style="list-style-type: none"> <li>▢ Element Type</li> <li>▢ Real Constants</li> <li>▢ Material Props</li> <li>▢ Sections</li> <li>▢ Modeling <ul style="list-style-type: none"> <li>▢ Create <ul style="list-style-type: none"> <li>▢ Keypoints</li> <li>▢ Lines</li> <li>▢ Areas <ul style="list-style-type: none"> <li>▢ Arbitrary <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Through KPs</li> <li>➤ Overlaid on Area</li> <li>➤ By Lines</li> <li>➤ By Skinning</li> <li>➤ By Offset</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

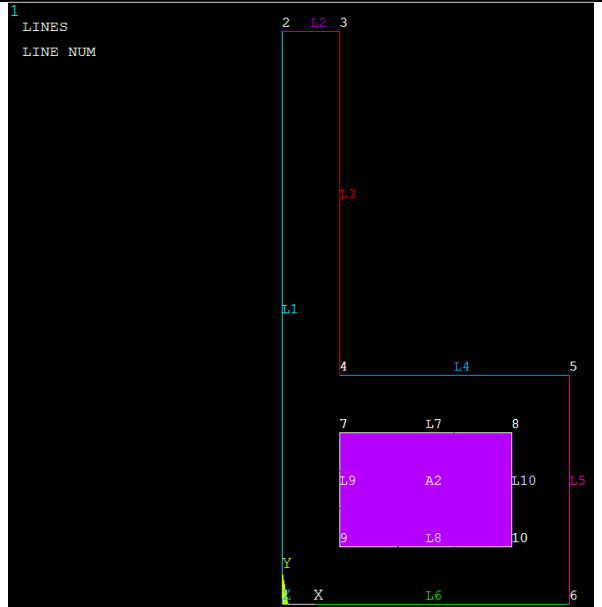
Выполнить **Utility Menu>Plot>Lines**

Теперь последовательно левой кнопкой мыши будем указывать **опорные точки** внутреннего периметра области (отверстия) в порядке обхода: 7, 8, 10, 9 ( в процессе указанные точки и соединяющие их линии будут выделены). В конце нажать на клавиатуре кнопку Enter.



В итоге получим:

Заметим, что полученная область будет пронумерована: A2.



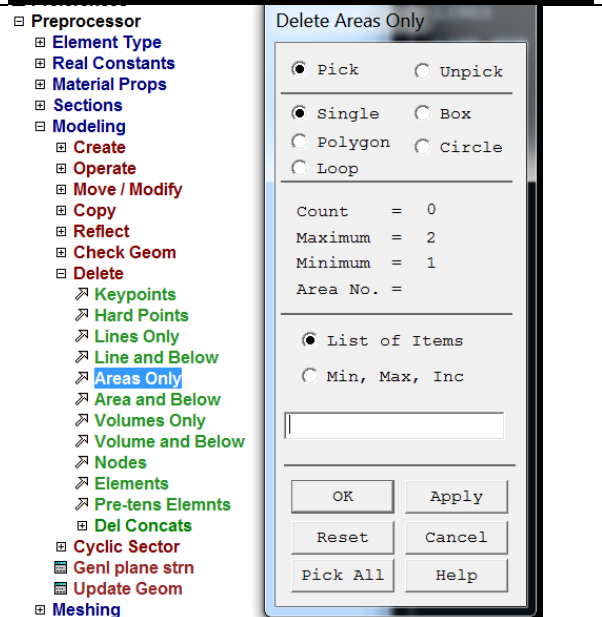
**Примечание.** Ошибочно созданную область можно удалить:

**Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Areas Only**

В открывшемся окне ввести номер области или нажать мышкой на нужную область. Нажать ОК.

Важно: при этом составляющие область линии и опорные точки удалены не будут!

При выборе **Areas and Below** могут быть удалены области вместе с составляющими их линиями и опорными точками.



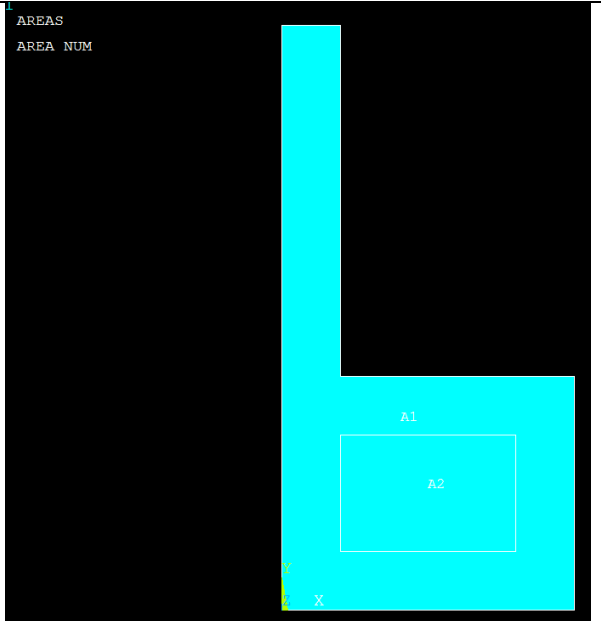
Отообразим еще раз построенные области вместе с их нумерацией.

**Utility Menu>Plot>Areas**

Оставим нумерацию только областей

**Utility Menu> PlotCtrls>Numbering>Area Numbers**

(остальные галочки снять)



Для контроля выведем листинг полученных областей:

**Utility Menu > List > Areas**

Заметим, что в столбце Number будет указан номер области, в столбце Loop – количество замкнутых границ, в столбце Lines – номера линий, из которых состоит каждая замкнутая граница области

| SECN | NUMBER | LOOP | LINES    | AREA | ELEM SIZE | #NODES | #ELEM | MAT | REAL | TVP | ESVS |
|------|--------|------|----------|------|-----------|--------|-------|-----|------|-----|------|
| 0    | 1      | 1    | 2 3 4    | N/A  | 0.000     | 0      | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 0    | 2      | 1    | 5 6 7 10 | N/A  | 0.000     | 0      | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |

## 5. Булевы операции

Для получения результирующей области нужно вычесть из большой области (область A1) малую область (A2).

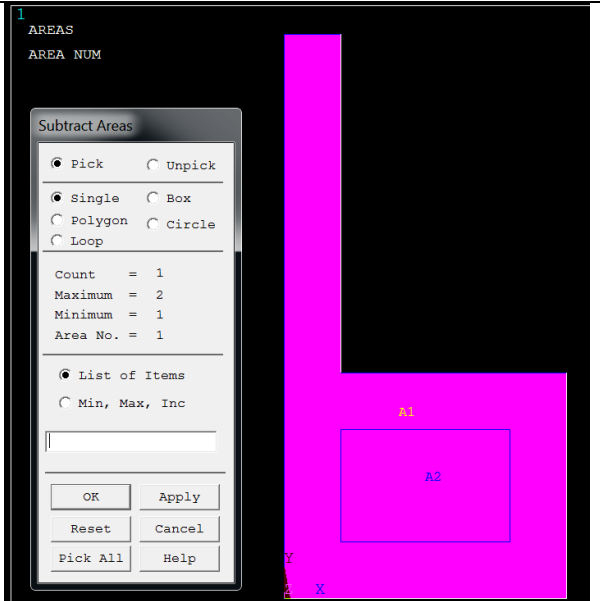
**Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Booleans>Subtract>Areas**

- ▣ Preprocessor
  - ▣ Element Type
  - ▣ Real Constants
  - ▣ Material Props
  - ▣ Sections
  - ▣ Modeling
    - ▣ Create
    - ▣ Operate
      - ▣ Extrude
      - Extend Line
      - ▣ Booleans
        - ▣ Intersect
        - ▣ Add
        - ▣ Subtract
          - Volumes
          - Areas
          - Lines
          - ▣ With Options

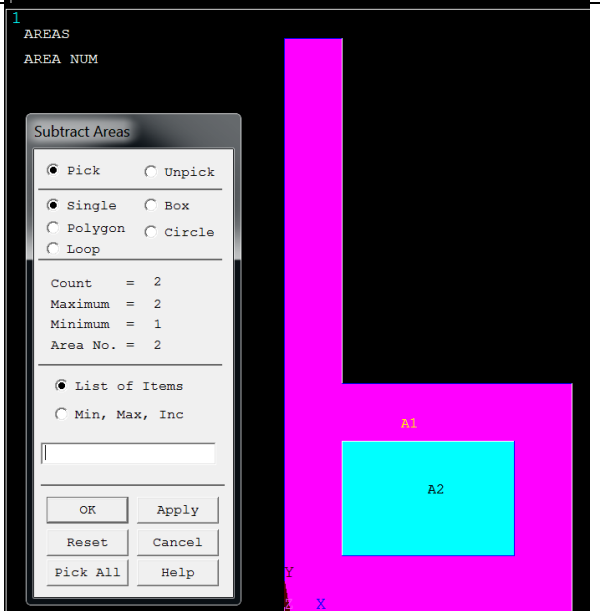
Сначала нужно указать большую область (A1) из которой будет вычитаться малая.

Можно указать мышкой либо ввести в поле ввода номер области: 1. Нажать ОК.

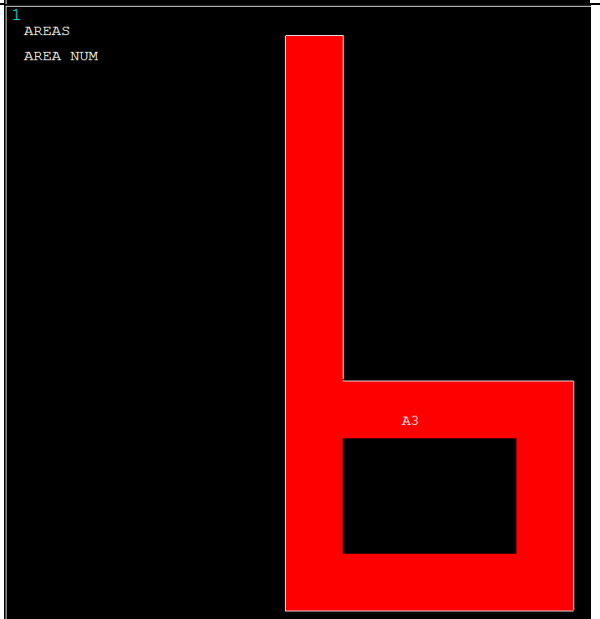
Указание. В случае ошибки нажать Reset и ввести номер снова.



Теперь укажем мышкой на область A2, либо во вновь открывшемся окне введем номер вычитаемой областей: 2. Нажать ОК.



Получим требуемую область. Заметим, что результирующая область будет иметь номер 3.



Проверим, что исходные области удалены. Выведем листинг областей:

### Utility Menu > List > Areas

Теперь имеется всего одна область – Number 3. Она состоит из двух замкнутых границ (Loop 1 и Loop 2). Для каждой из этих границ в столбце Lines перечислены составляющие их линии.

Заметим, что номера линий и опорных точек не изменились.

| NUMBER | LOOP | LINES   | AREA | ELEM SIZE | #NODES | #ELEM | MAT | REAL | TYP | ESYS |
|--------|------|---------|------|-----------|--------|-------|-----|------|-----|------|
| 3      | 1    | 2 3 4   | N/A  | 0.000     | 0      | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 2      | 10   | 5 6 7 8 |      |           |        |       |     |      |     |      |

Очистка расчетной базы и удаление всех данных предыдущего расчета:

Utility Menu → Files → Clear & Start New → OK → Yes

### Командный режим

**/PREP7**

**H=10 ! Высота буквы (10 м)**

**W=5 ! Ширина буквы (5 м)**

**TH=1 ! Толщина буквы (1 м)**

**HL=4 ! Дополнительный размер по высоте**

**! Создание опорных точек**

**K,1,0,0 ! Первая опорная точка**

**K,2, 0, H**

**K,3, TH, H**

**K,4, TH, HL**

**K,5, W, HL**

**K,6, W, 0**

**K,7, TH, HL-TH**

**K,8, W-TH, HL-TH**

**K,9, TH, TH**

**K, 10,W-TH, TH**

**! Создание линий**

**! Знак \$ отделяет команды в одной строке**

**L,1,2 \$ L,2,3 \$ L,3,4 \$ L,4,5 \$ L,5,6 \$ L,6,1**

**L,7,8 \$ L,9,10 \$ L,9,7 \$ L,10,8**

**! Построение области по линиям**

**AL,1,2,3,4,5,6 ! Область 1**

**! Построение области по точкам**

**A,7,8,10,9 ! Область 2**

**! Вычитание областей**

**!ASBA, NA1, NA2, SEPO, KEEP1, KEEP2**

**!Вычитание из области 1 области 2**

**ASBA,1,2**

**! Показ результирующей области**

**APLOT,ALL**