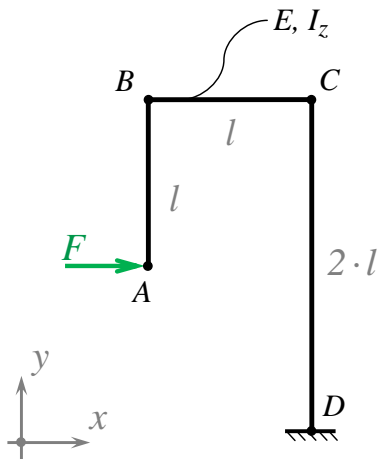


K-02 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: E, I_z, F, l .

Простая плоская рама, сосредоточенная сила F .

E – модуль упругости материала;

I_z – изгибный момент инерции.

Найти: Эпюру внутреннего изгибающего момента

M_z .

Аналитический расчёт (см. [K-02](#)) даёт следующие решения:

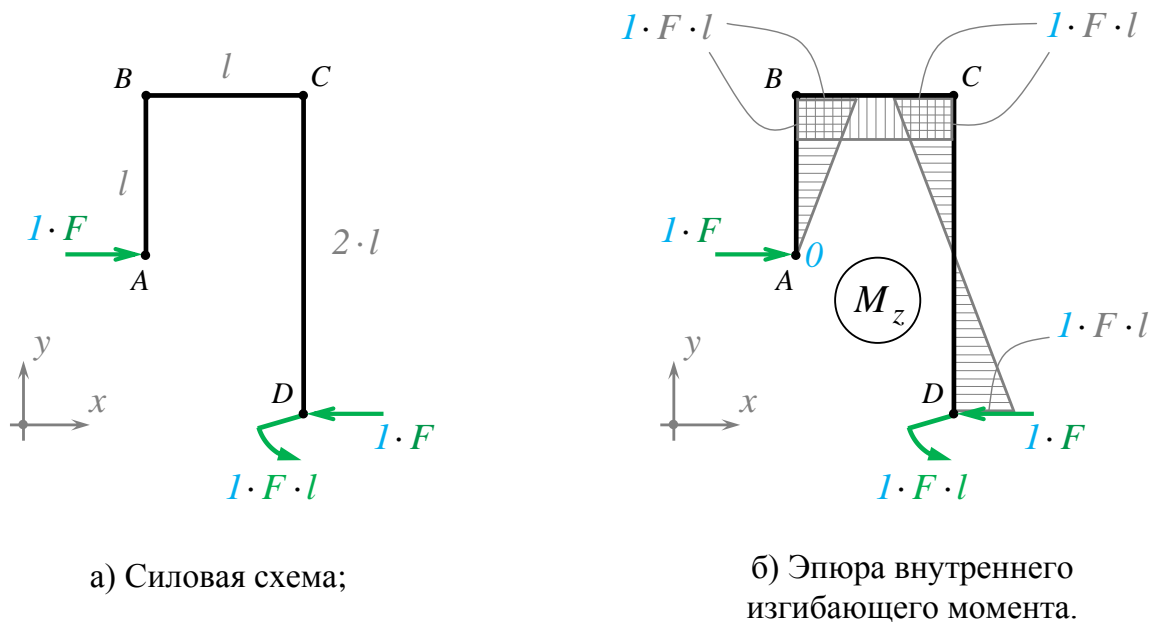


Рис.1.

Задача данного примера: при помощи ANSYS Multyphysics получить эти же результаты методом конечных элементов.

Предварительные настройки:

Для решения задачи используется ANSYS Multiphysics 14.0:

ANSYS Command Prompt (C_P)

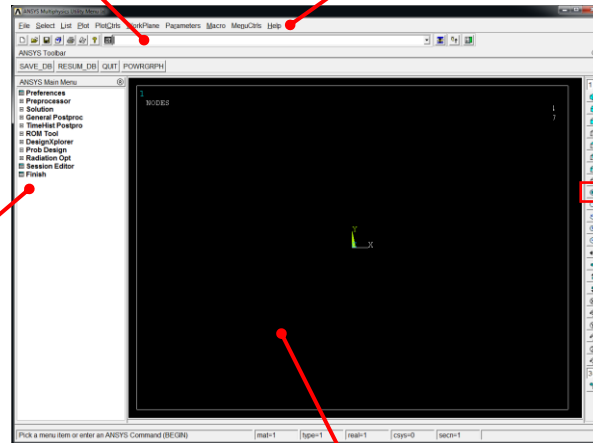
Utility Menu (U_M)

Main Menu (M_M)

Рабочее поле

Кнопка

Fit

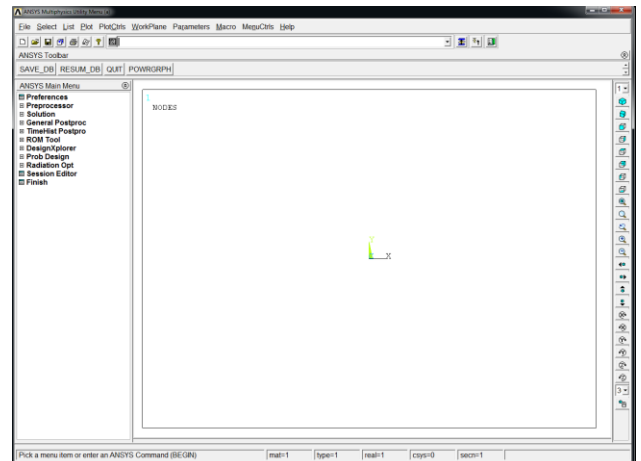


С меню M_M и U_M работают мышью, выбирая нужные опции.

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

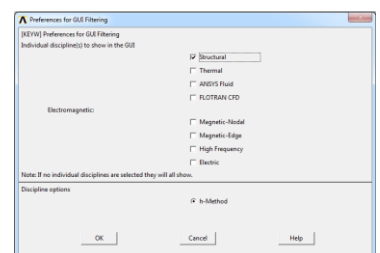
Чёрное рабочее поле не всегда приятно для глаза. Кроме того, оно неудобно для печати рисунков. Меняем чёрный цвет фона на белый следующими действиями:

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



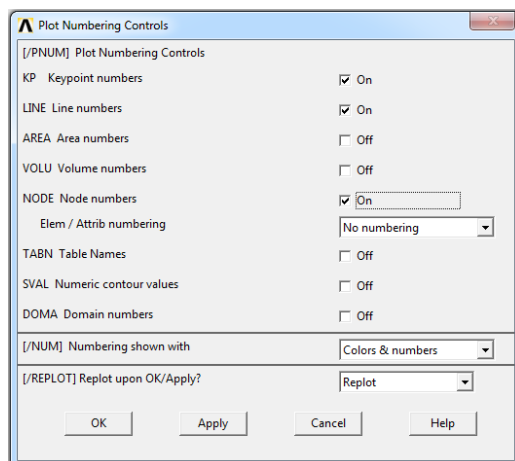
Убрать пункты меню, относящиеся к расплавам, магнитам и так далее, оставить только относящиеся к прочностным расчётам:

```
M_M > Preferences > Отметить "Structural" > OK
```



При построениях полезно видеть номера точек и линий твердотельной модели а также номера узлов модели конечноэлементной:

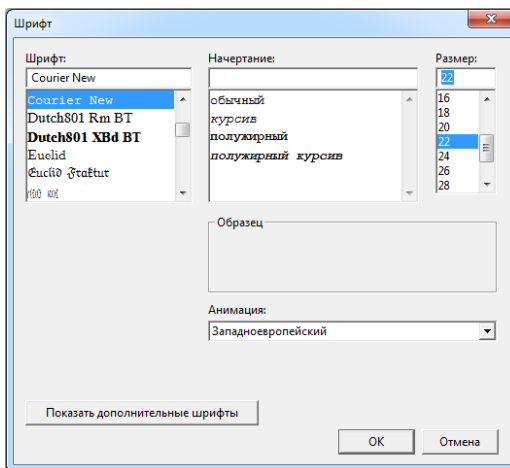
```
U_M > PlotCtrls > Numbering >
Отметить KP, LINE, NODE ;
Установить Elem на "No numbering";
Установить [/NUM] на "Colors & numbers"
> OK
```



Для большей наглядности увеличим размер шрифта:

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

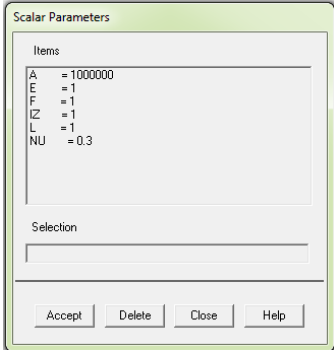
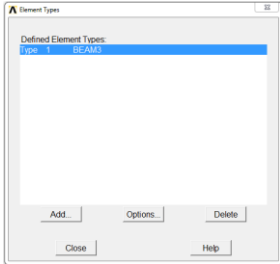
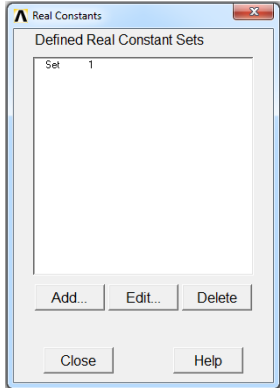
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
Установить «Размер» на «22»
> OK
```

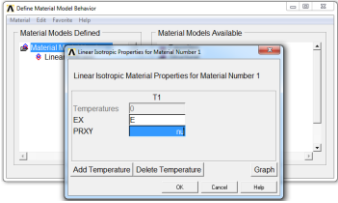
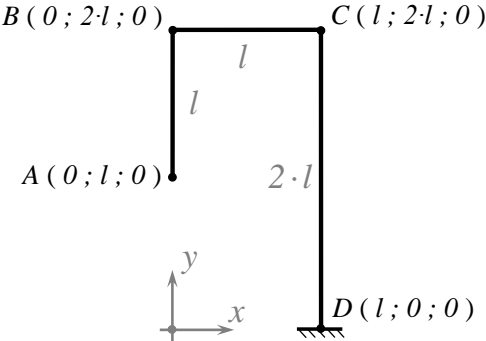
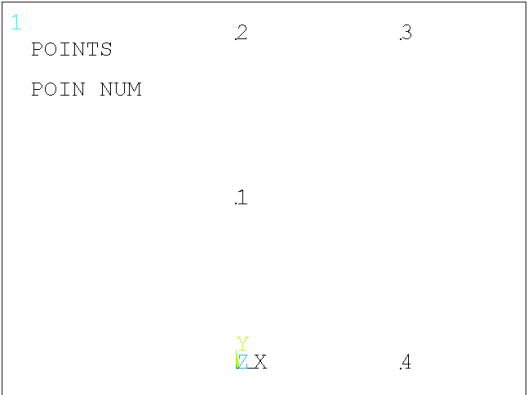


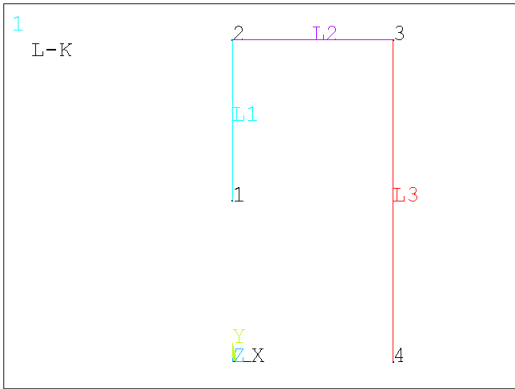
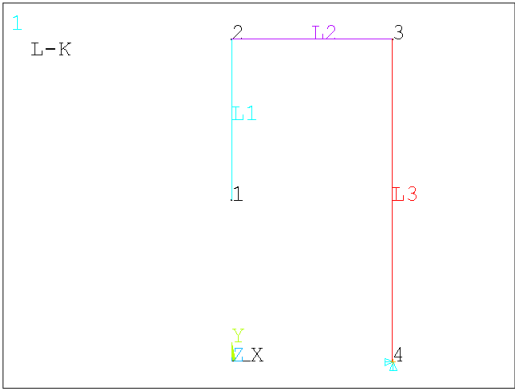
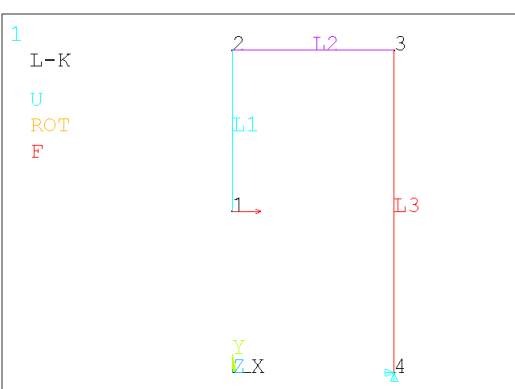
Предварительные настройки выполнены, можно приступить к решению задачи.

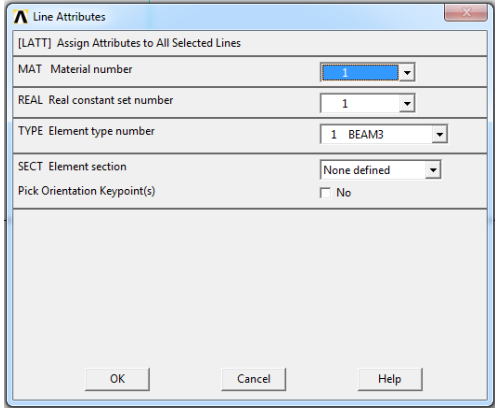
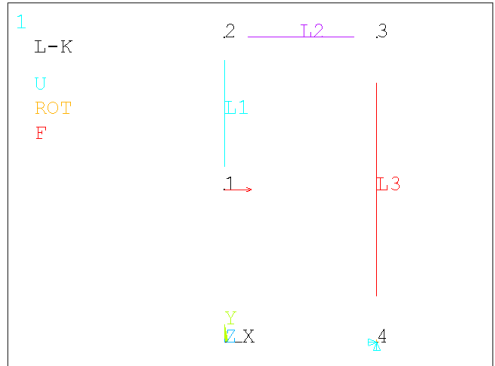
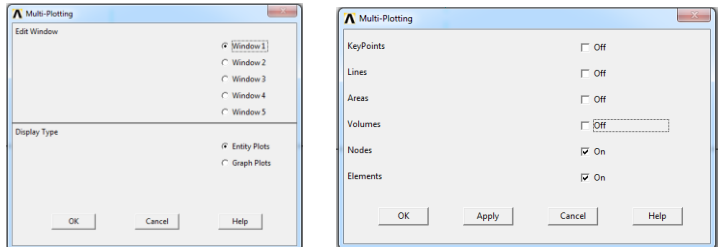
Решение задачи:

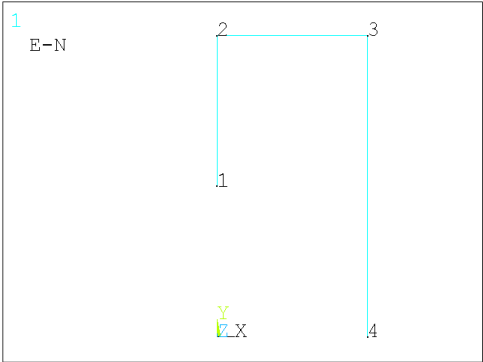
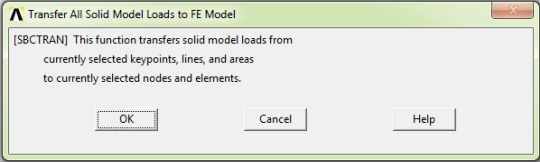
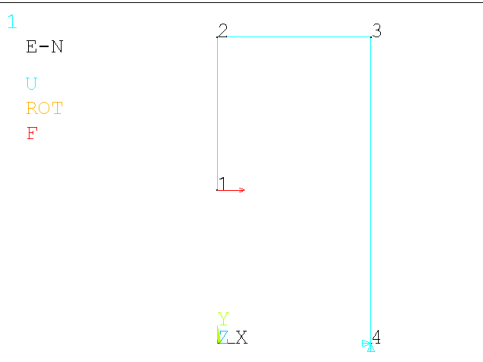
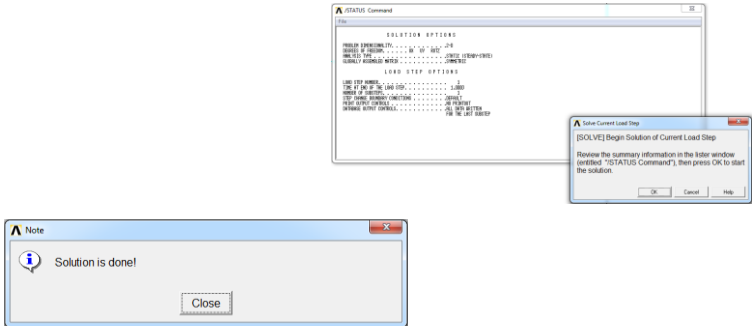
Приравняв E , I_z , F и l к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

№	Действие	Результат
1	<p><i>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</i></p> <p>U_M > Parameters > Scalar Parameters > E=1 > Accept > A=1e6 > Accept > Iz=1 > Accept > F=1 > Accept > l=1 > Accept > nu=0.3 > Accept > > Close</p>	
2	<p><i>Первая строчка в таблице конечных элементов – плоский балочный тип BEAM3:</i></p> <p>M_M > Preprocessor C_P > ET, 1, BEAM3 > Enter</p> <p>Посмотрим таблицу конечных элементов: M_M > Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete > Close</p>	
3	<p><i>Первая строчка в таблице параметров («реальных констант») выбранного типа конечного элемента: площадь поперечного сечения = A; момент инерции = Iz; высота = l/100.</i></p> <p>C_P > R, 1, A, Iz, L/100 > Enter</p> <p>Посмотрим таблицу реальных констант: M_M > Preprocessor > Real Constants > Add/Edit/Delete > Close</p>	

№	Действие	Результат
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic ></p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu" > OK</p> <p>Закрываем окно «Deine Material Model Behavior».</p>	
<p>Твердотельное моделирование</p>		
5	<p><i>Координаты узлов рамы:</i></p> <p>Определяемся с положением рамы относительно глобальной декартовой системы координат.</p>	
6	<p><i>Ключевые точки – границы участков: A → 1, B → 2, C → 3 и D → 4:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS ></p> <p>NPT пишем 1</p> <p>X, Y, Z пишем 0, l, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 2</p> <p>X, Y, Z пишем 0, 2*l, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 3</p> <p>X, Y, Z пишем l, 2*l, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 4</p> <p>X, Y, Z пишем l, 0, 0 > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	

№	Действие	Результат
7	<p><i>Три участка – три линии:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line ></p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно нажать на ключевые точки: 1 и 2 2 и 3 3 и 4 > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
8	<p><i>Заделка в точке D:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 4 ключевую точку > OK ></p> <p>Lab2 установить "All DOF" > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
9	<p><i>Нагрузка (горизонтальная сосредоточенная сила в точке A):</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Force/Moment > On Keypoints ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 1 ключевую точку > OK ></p> <p>Lab установить "FX" VALU пишем F > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	

№	Действие	Результат
Конечноэлементная модель		
10	<p><i>Указываем материал, реальные константы и тип элементов:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh Attributes > All Lines > MAT установить "1" REAL установить "1" TYPE установить "1 BEAM3" > OK</p>	
11	<p><i>Участки без распределённых нагрузок можно бить одним конечным элементом:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Lines > All Lines > NDIV пишем 1 > OK</p> <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
12	<p><i>Указываем, что именно нужно теперь прорисовывать по команде Multi-Plots:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Multi-Plot Controls... > Появляется первое окно Multi-Plotting > OK > Появляется второе окно Multi-Plotting > Оставляем в нём отметки только напротив Nodes и Elements > OK</p>	

№	Действие	Результат
13	<p><i>Рабиваем линии на элементы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh > Lines > Pick All</p> <p><i>Обновляем изображение:</i></p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Бирюзовым цветом изображены балочные элементы. Чёрные точки – это их узлы.</p>	
14	<p><i>Переносим на конечноэлементную модель нагрузки и закрепления с модели твердотельной:</i></p> <p>M_M > Loads > Define Loads > Operate > Transfer to FE > All Solid Lds</p> <p>> ОК</p> 	
Расчёт		
15	<p><i>Запускаем расчёт:</i></p> <p>M_M > Solution > Solve > Current LS</p> <p>Синхронно появляются два окна: белое информационное и серое исполнительное. Белое закрываем, на сером нажимаем ОК. Расчёт пошёл. Когда он закончится, появится окно «Solution is done!». Закройте это окно. Расчёт окончен.</p>	

№	Действие	Результат
---	----------	-----------



Просмотр результатов

16 *Силовая схема:*
 U_M > PlotCtrls > Symbols > [/PBC] устанавливаем в положение "For Individual"
 Убираем галочку с "Miscellaneous"
 Surface Load Symbols устанавливаем Pressures
 Show pres and convect as устанавливаем Arrows
 > OK >

В окне "Applied Boundary Conditions"
 U установить "Off"
 Rot установить "Off"
 F установить "Symbol+Value"
 M установить "Symbol+Value"
 > OK >

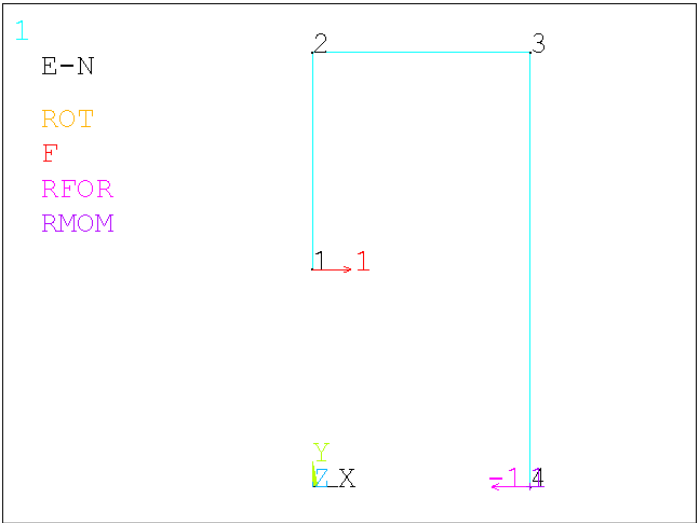
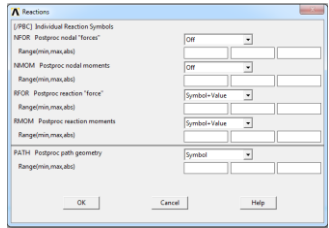
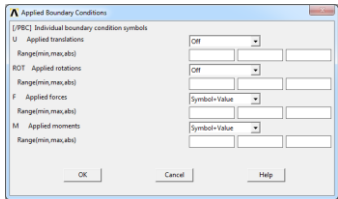
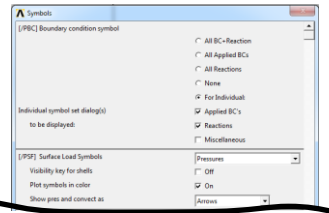
В окне "Reactions"
 NFOR установить "Off"
 NMOM установить "Off"
 RFOR установить "Symbol+Value"
 RMOM установить "Symbol+Value"
 > OK >



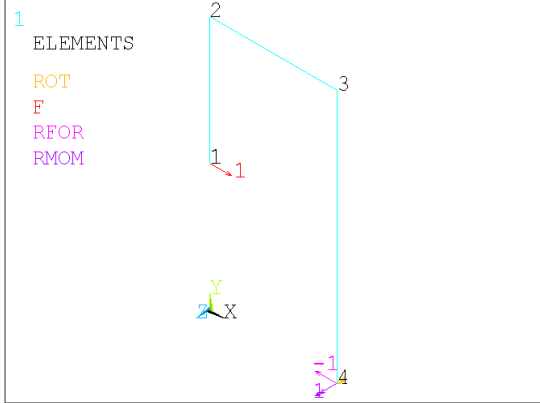


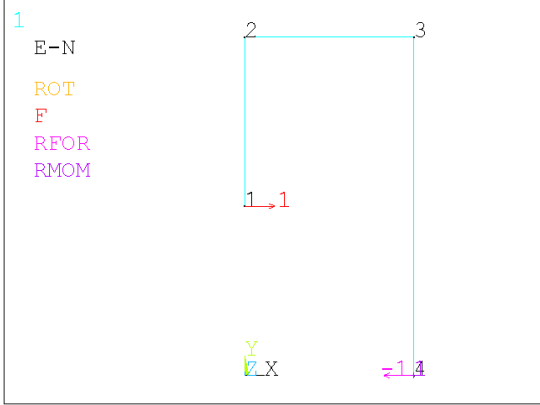
Обновляем изображение: U_M > Plot > Elements

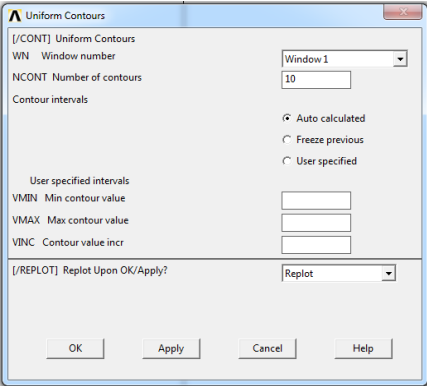
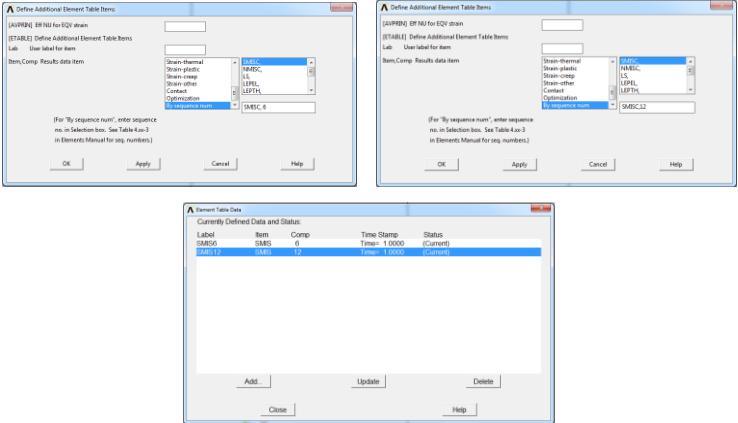
При необходимости корректируйте масштаб кнопками  или .

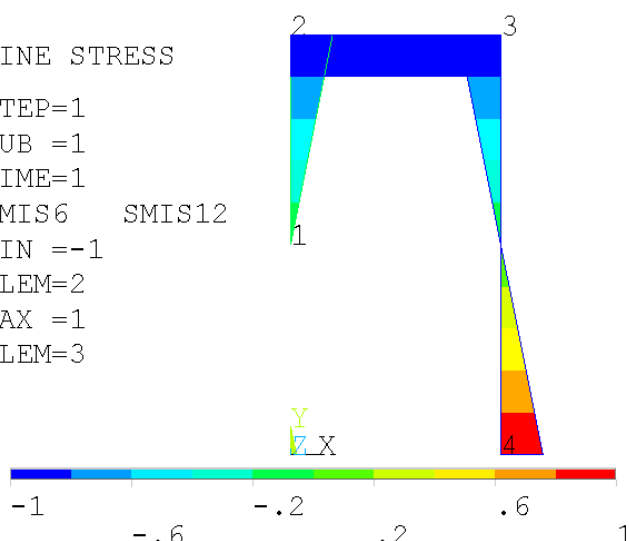
Получаем тот же результат, что и на рис. 1а. (числа, выделенные синим цветом).
 В рабочем поле видим следующее:

- Красным цветом начерчена сосредоточенная сила;
- Фиолетовым цветом начерчен вектор реактивного момента;
- Малиновым цветом нарисована реактивная сила.



№	Действие	Результат
17	<p><i>Изометрия:</i></p> <p>До сих пор модели мы рассматривали, используя фронтальный вид («сбоку»).</p> <p>Вектор изгибающего момента при этом виден плохо, а его направление не определяется вовсе. Меняем угол зрения: справа от рабочего поля нажимаем кнопки</p> <p> - изометрия;</p> <p> - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).</p> <p>Знак «-» при значении реакции говорит лишь о том, что реакция направлена против соответствующей координатной оси, а вовсе не о том, что стрелка на самом деле направлена в другую сторону, как мы привыкли.</p>	
18	<p><i>Возвращаемся к фронтальному виду:</i></p> <p> - вид спереди;</p> <p> - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).</p>	

№	Действие	Результат															
19	<p><i>Цветовая шкала будет состоять из десяти цветов:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Contours > Uniform Contours > NCONT пишем 10</p> <p>> ОК</p>																
20	<p><i>Составление эпюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Add > "By sequence num", "SMISC," , "6"</p> <p>> Apply ></p> <p>"By sequence num", "SMISC," , "12"</p> <p>> ОК ></p> <p>> Close</p> <p>Закрываем таблицу результатов:</p> <p>Close</p>	 <table border="1" data-bbox="1559 871 1928 1091"> <thead> <tr> <th>Label</th> <th>Item</th> <th>Comp</th> <th>Time Stamp</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SMISC6</td> <td>SMISC</td> <td>6</td> <td>Time = 10000</td> <td>Current</td> </tr> <tr> <td>SMISC12</td> <td>SMISC</td> <td>12</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Label	Item	Comp	Time Stamp	Status	SMISC6	SMISC	6	Time = 10000	Current	SMISC12	SMISC	12		
Label	Item	Comp	Time Stamp	Status													
SMISC6	SMISC	6	Time = 10000	Current													
SMISC12	SMISC	12															

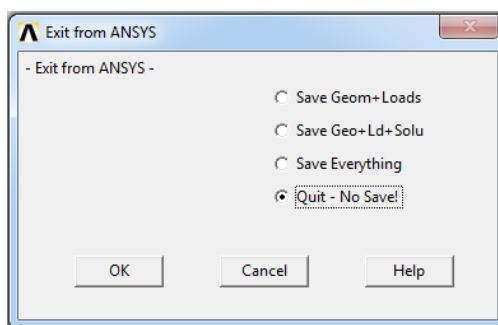
№	Действие	Результат
21	<p><i>Прорисовка эпюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <pre>M_M > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Line Elem Res > LabI установить "SMIS6" LabJ установить "SMIS12" Fact пишем 1 > ОК</pre> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1б.</i> (только числа, выделенные синим цветом). Значения показывает цветовая шкала. На знаки цифровой шкалы не обращайте внимание, для рам они не имеют физического смысла.</p> <p>Можете рисунок эпюры сделать крупнее: коэффициент Fact установите 2 или 3.</p>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>1</p> <pre>LINE STRESS STEP=1 SUB =1 TIME=1 SMIS6 SMIS12 MIN =-1 ELEM=2 MAX =1 ELEM=3</pre> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>

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 “.BCS”, “.db”, “.emat”, “.err”, “.esav”, “.full”, “.log”, “.mntr”, “.rst” и “.stat”.

Интерес представляют “.db” (файл модели) и “.rst” (файл результатов расчёта), остальные файлы промежуточные, их можно удалить.