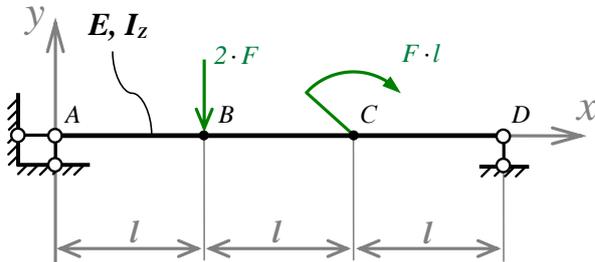


## F-06 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: Стержень постоянной жёсткости с шарнирными опорами по краям нагружен поперечной силой  $F$  и моментом  $F \cdot l$ .

$E$  – модуль упругости материала;

$I_z$  – изгибный момент инерции.

Построить: Эпюру внутренней перерезывающей силы  $Q_y$ ;

Эпюру внутреннего изгибающего момента  $M_z$ .

Аналитический расчёт (см. [F-06](#)) даёт следующие решения:

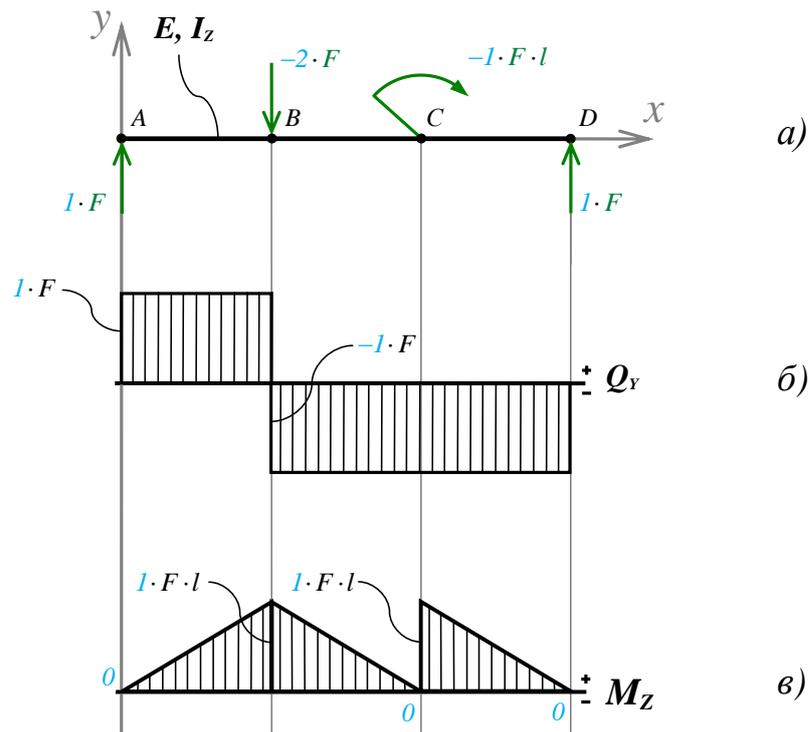
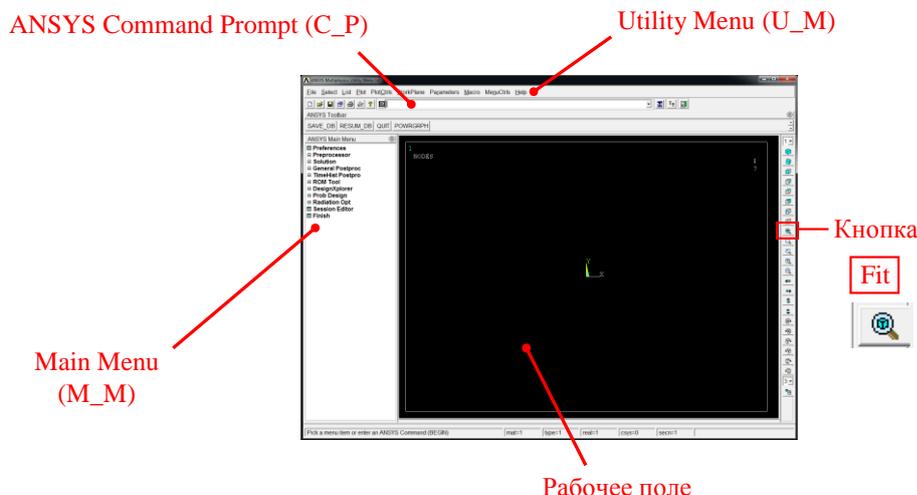


Рис. 1.

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

## 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 следующими действиями:

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

Оставить в меню только пункты, относящиеся к прочностным расчётам:

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

Нумеровать точки и линии 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
```

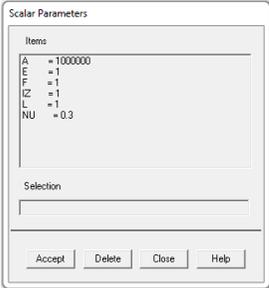
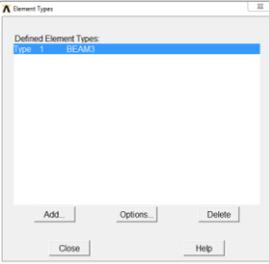
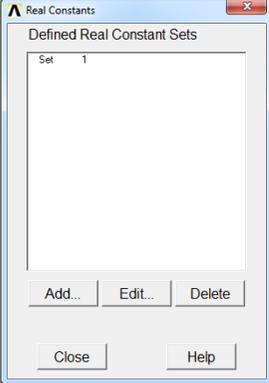
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
```

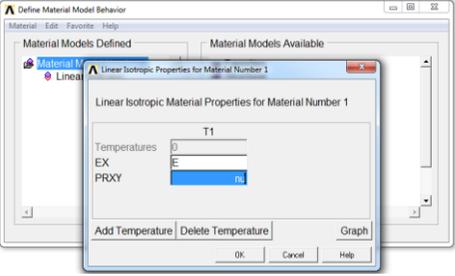
```
Установить «Размер» на «22» > OK
```

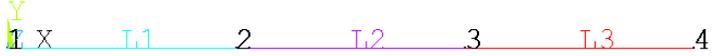
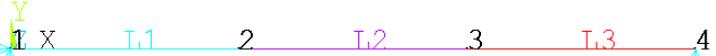
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

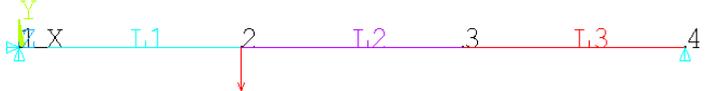
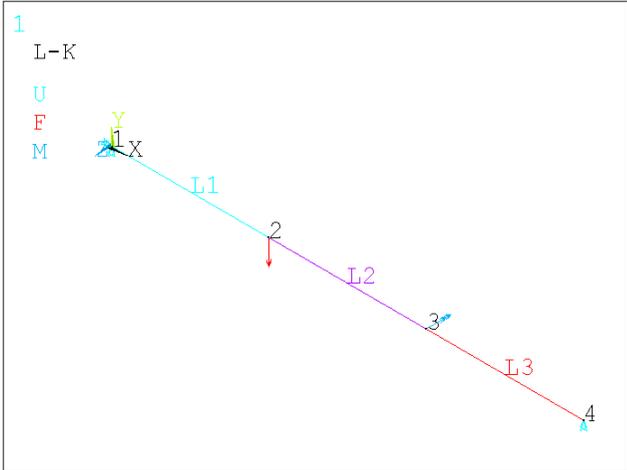
Решение задачи:

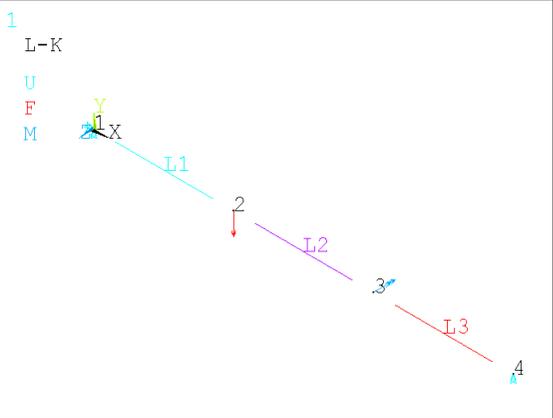
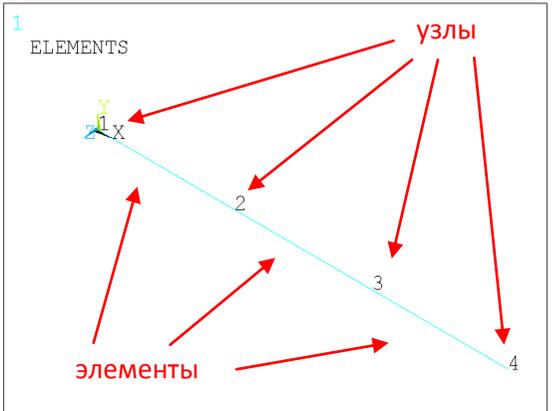
Приравняв  $E$ ,  $I_z$ ,  $F$  и  $l$  к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

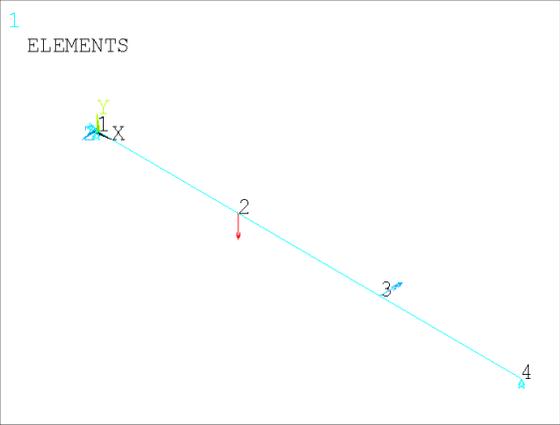
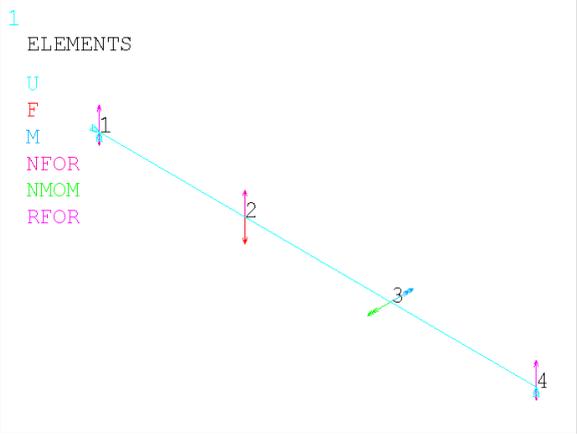
№	Действие	Результат
1	<p><i>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</i></p> <p>U_M &gt; Parameters &gt; Scalar Parameters &gt;            E=1 &gt; Accept &gt;            A=1e6 &gt; Accept &gt;            Iz=1 &gt; Accept &gt;            F=1 &gt; Accept &gt;            l=1 &gt; Accept &gt;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

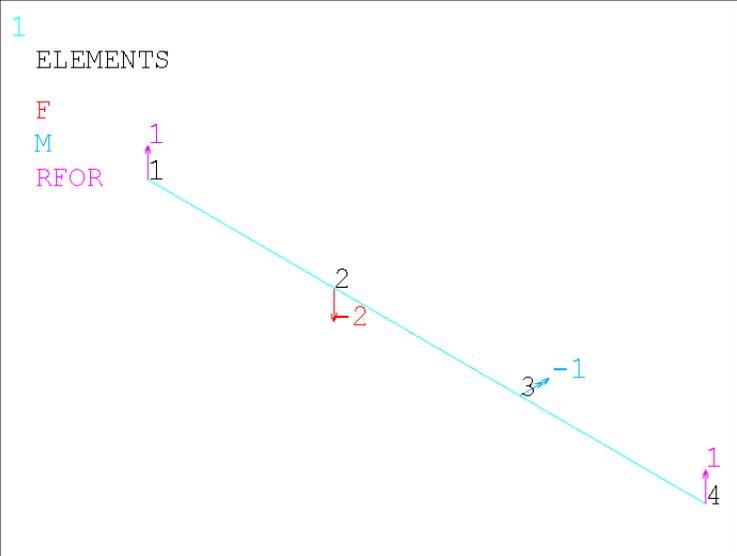
№	Действие	Результат
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Material Props &gt; Material Models &gt; Structural &gt; Linear &gt; Elastic &gt; Isotropic &gt;</p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu" &gt; OK</p> <p>Закрываем окно «Define Material Model Behavior».</p>	
<b>Твердотельное моделирование</b>		
5	<p><i>Ключевые точки – границы участков: A → 1, B → 2, C → 3 и D → 4</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Modeling &gt; Create &gt; Keypoints &gt; In Active CS &gt;</p> <p>NPT пишем 1</p> <p>X, Y, Z пишем 0, 0, 0 &gt; Apply &gt;</p> <p>NPT пишем 2</p> <p>X, Y, Z пишем l, 0, 0 &gt; Apply &gt;</p> <p>NPT пишем 3</p> <p>X, Y, Z пишем 2*l, 0, 0 &gt; Apply &gt;</p> <p>NPT пишем 4</p> <p>X, Y, Z пишем 3*l, 0, 0 &gt; OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть:</p> <p>U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p> <p>Справа от рабочего поля нажимаем кнопку Fit .</p>	

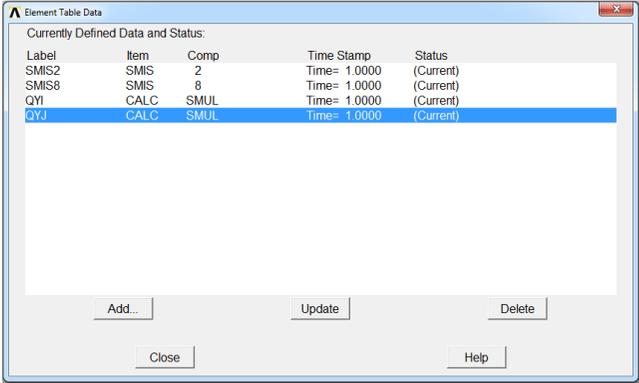
№	Действие	Результат
6	<p><i>Три участка – три линии:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Modeling &gt; Create &gt; Lines &gt; Lines &gt; Straight Line &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно нажать на ключевые точки:  1 и 2  2 и 3  3 и 4  &gt; OK</p>	
7	<p><i>Опоры:</i></p> <p><b>Левая:</b></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Loads &gt; Define Loads &gt; Apply &gt; Structural &gt; Displacement &gt; On Keypoints &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 1 ключевую точку  &gt; OK &gt;</p> <p>Lab2 установить "UX"</p> <p>Lab2 установить "UY"</p> <p>&gt; OK</p> <p><b>Правая:</b></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Loads &gt; Define Loads &gt; Apply &gt; Structural &gt; Displacement &gt; On Keypoints &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 4 ключевую точку  &gt; OK &gt;</p> <p>Lab2 установить "UY"</p> <p>&gt; OK</p>	

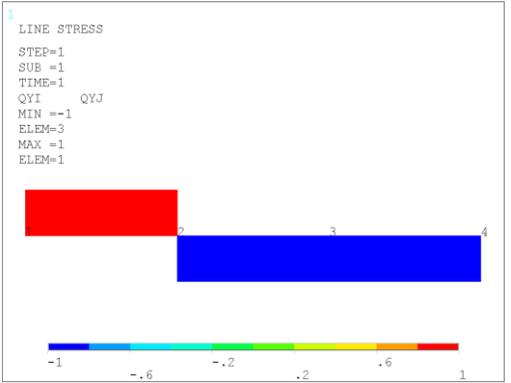
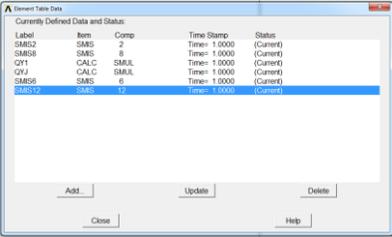
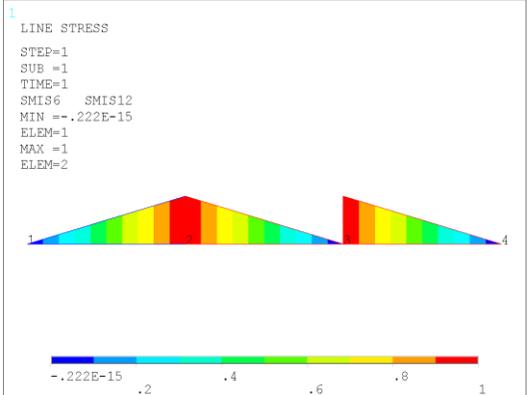
№	Действие	Результат
8	<p><i>Нагрузка:</i> Сила: M_M &gt; Preprocessor &gt; Loads &gt; Define Loads &gt; Apply &gt; Structural &gt; Force/Moment &gt; On Keypoints &gt;  Левой кнопкой мыши нажать на 2 ключевую точку &gt; OK &gt; Lab установить "FY" VALUE установить "-2" &gt; OK</p>  <p><i>Момент:</i> M_M &gt; Preprocessor &gt; Loads &gt; Define Loads &gt; Apply &gt; Structural &gt; Force/Moment &gt; On Keypoints &gt;  Левой кнопкой мыши нажать на 3 ключевую точку &gt; OK &gt; Lab установить "MZ" VALUE установить "-1" &gt; OK</p> 	
9	<p><i>Изометрия:</i> До сих пор модели мы рассматривали, используя фронтальный вид («сбоку»). Вектор изгибающего момента при этом виден плохо, а его направление не определяется вовсе. Меняем угол зрения: справа от рабочего поля нажимаем кнопки</p>  - изометрия;  - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).	

№	Действие	Результат
<b>Конечноэлементная модель</b>		
10	<p><i>Указываем материал, реальные константы и тип элементов:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Meshing &gt; Mesh Attributes &gt; All Lines &gt; MAT установить "1"  REAL установить "1"  TYPE установить "1 BEAM3"  &gt; OK</p>	
11	<p><i>Участки без распределённых нагрузок можно бить одним конечным элементом:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Meshing &gt; Size Cntrls &gt; ManualSize &gt; Lines &gt; All Lines &gt; NDIV пишем 1  &gt; OK</p> <p>Обновляем изображение:  U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	
12	<p><i>Рабиваем линии на элементы (в данном случае, одна линия - один элемент):</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Meshing &gt; Mesh &gt; Lines &gt; Pick All</p> <p>Обновляем изображение:  U_M &gt; Plot &gt; Elements</p>	

<p><b>13</b></p>	<p><i>Переносим на конечноэлементную модель нагрузки и закрепления с модели твердотельной:</i></p> <p>M_M &gt; Loads &gt; Define Loads &gt; Operate &gt; Transfer to FE &gt; All Solid Lds &gt; OK</p>	
<p><b>Расчёт</b></p>		
<p><b>14</b></p>	<p><i>Запускаем расчёт:</i></p> <p>M_M &gt; Solution &gt; Solve &gt; Current LS</p> <p>Когда он закончится, появится окно «Solution is done!». Закройте это окно.</p>	
<p><b>Просмотр результатов</b></p>		
<p><b>15</b></p>	<p><i>Скрываем оси системы координат:</i></p> <p>U_M &gt; PlotCtrls &gt; Window Controls &gt; Window Options &gt; [/Triad] установить "Not Shown" &gt; OK</p>	

<p><b>16</b></p>	<p><i>Силовая схема:</i></p> <p>U_M &gt; PlotCtrls &gt; Symbols &gt;  [/PBC] устанавливаем в положение "For Individual"  Убираем галочку с "Miscellaneous"  Show pres and convect as устанавливаем Arrows  &gt; OK &gt;</p> <p><b>В окне "Applied Boundary Conditions"</b>  U установить "Off"  Rot установить "Off"  F установить "Symbol+Value"  M установить "Symbol+Value"  &gt; OK &gt;</p> <p><b>В окне "Reactions"</b>  NFOR установить "Off"  NMOM установить "Off"  RFOR установить "Symbol+Value"  RMOM установить "Symbol+Value"  &gt; OK</p> <p>Обновляем изображение: U_M &gt; Plot &gt; Elements</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1а</i>. (числа, выделенные синим цветом).  В рабочем поле видим следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Красным цветом начерчена внешняя сила (узел 2);</li> <li>- Синим цветом – вектор внешнего момента (узел 3);</li> <li>- Малиновым цветом нарисованы реактивные силы (узлы 1 и 4).</li> </ul>	
<p><b>17</b></p>	<p><i>Цветовая шкала будет состоять из десяти цветов:</i></p> <p>U_M &gt; PlotCtrls &gt; Style &gt; Contours &gt; Uniform Contours &gt;  NCONT пишем 10  &gt; OK</p>	

№	Действие	Результат
18	<p><i>Фронтальный вид:</i></p>  - вид спереди;  - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).	
19	<p><i>Составление эпюры внутренней перерезывающей силы:</i></p> <p>M_M &gt; General Postproc &gt; Element Table &gt; Define Table &gt; Add &gt; "By sequence num", "SMISC,", "2" &gt; Apply &gt; "By sequence num", "SMISC,", "8" &gt; OK &gt; OK &gt; Close</p>	
20	<p><i>Инвертирование эпюры внутренней перерезывающей силы:</i></p> <p>Строчку SMISC2 умножаем на -1, получаем строчку QYI:  M_M &gt; General Postproc &gt; Element Table &gt; Multiply  LabR пишем QYI  FACT1 пишем -1  Lab1 устанавливаем SMIS2  Lab2 устанавливаем -none-  &gt; Apply</p> <p>Строчку SMISC8 умножаем на -1, получаем строчку QYJ:  M_M &gt; General Postproc &gt; Element Table &gt; Multiply  LabR пишем QYJ  FACT1 пишем -1  Lab1 устанавливаем SMIS8  Lab2 устанавливаем -none-  &gt; OK</p> <p>Смотрим таблицу результатов:  M_M &gt; General Postproc &gt; Element Table &gt; Define Table &gt; Close</p>	

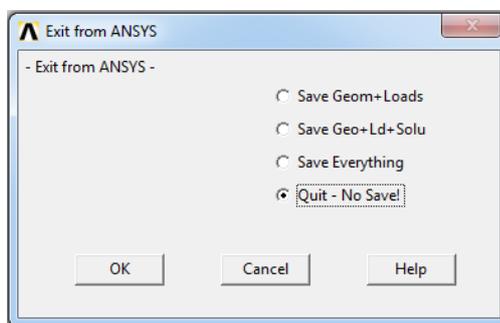
№	Действие	Результат
21	<p><i>Прорисовка эпюры внутренней перерезывающей силы:</i></p> <p>M_M &gt; General Postproc &gt; Plot Results &gt; Contour Plot &gt; Line Elem Res &gt; Установить LabI в положение "QYI" Установить LabJ в положение "QYJ" &gt; OK</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1б</i> (только числа, выделенные синим цветом)..</p>	
22	<p><i>Составление эпюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <p>M_M &gt; General Postproc &gt; Element Table &gt; Define Table &gt; Add &gt; "By sequence num", "SMISC," , "6" &gt; Apply &gt; "By sequence num", "SMISC," , "12" &gt; OK &gt; &gt; Close</p> <p>Смотрим таблицу результатов: M_M &gt; General Postproc &gt; Element Table &gt; Define Table &gt; Close</p>	
23	<p><i>Прорисовка эпюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <p>M_M &gt; General Postproc &gt; Plot Results &gt; Contour Plot &gt; Line Elem Res &gt; LabI установить "SMIS6" LabJ установить "SMIS12" Fact пишем 1 &gt; OK</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1в</i>. (только числа, выделенные синим цветом). Значения показывает цветовая шкала.</p> <p>Можете рисунок эпюры сделать крупнее: коэффициент Fact установите 2 или 3.</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 “.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.