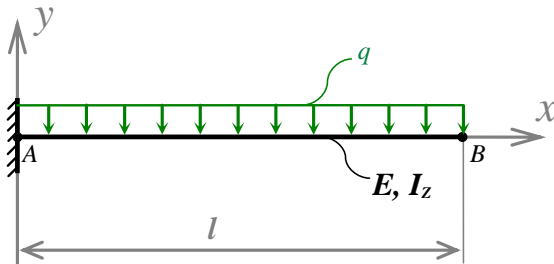


F-04 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: Консольный стержень постоянной жёсткости нагружен поперечной распределённой силой q по всей длине.

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-04](#)) даёт следующие решения:

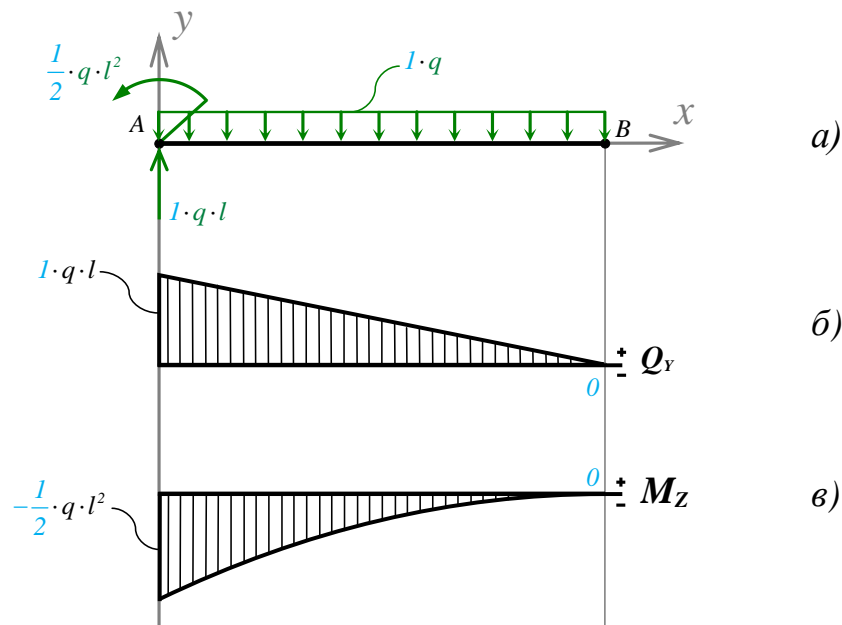
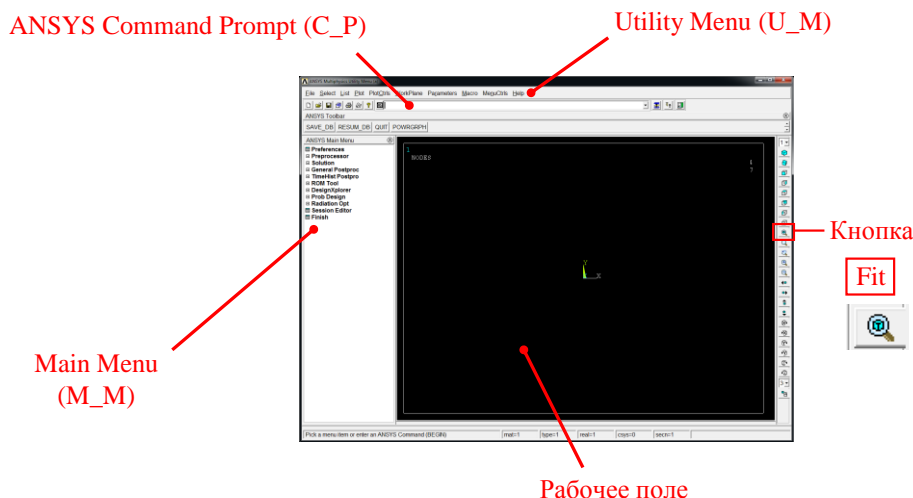


Рис. 1.

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
```

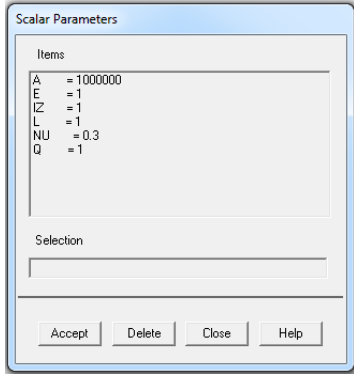
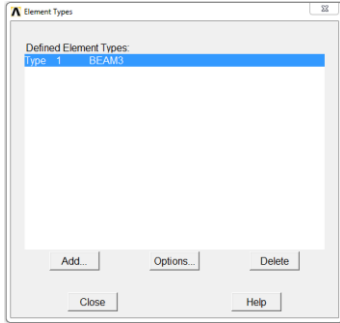
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
```

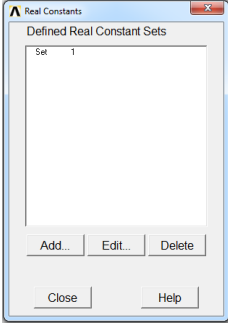
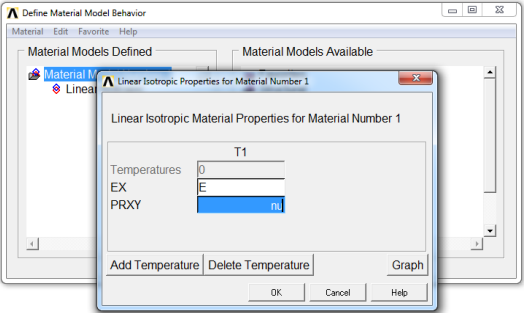


```
Установить «Размер» на «22» > OK
```




Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

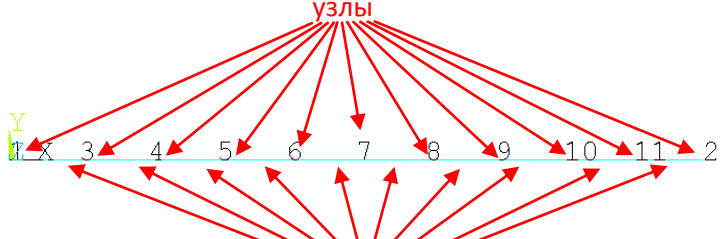
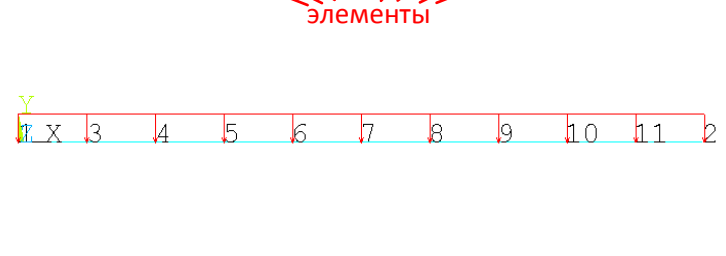
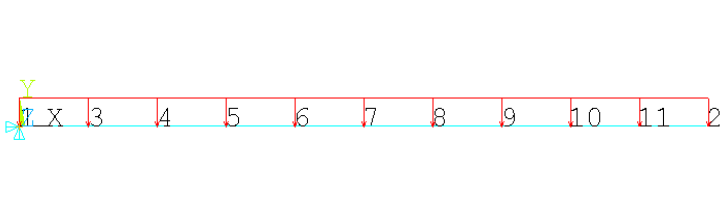
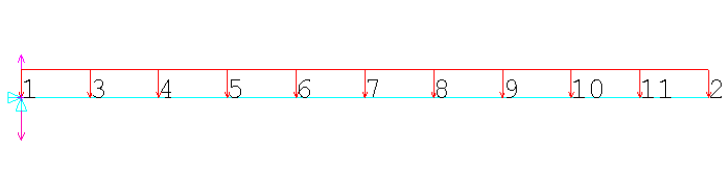
Решение задачи:

Приравняв E , I_z , q 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 > q=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>	

№	Действие	Результат
3	<p>Первая строчка в таблице параметров («реальных констант») выбранного типа конечного элемента: Площадь поперечного сечения = A; момент инерции = I_z; высота = $l/100$ (не будем использовать, но формально надо что-то задать, например $l/100$).</p> <p><code>C_P > R, 1, A, I_z, L/100 > Enter</code></p> <p>Посмотрим таблицу реальных констант:</p> <p><code>M_M > Preprocessor > Real Constants > Add/Edit/Delete > Close</code></p>	
4	<p>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</p> <p><code>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic ></code> В окошке EX пишем “E”, в окошке PRXY пишем “nu” > OK</p> <p>Закрываем окно «Define Material Model Behavior».</p>	
Твердотельное моделирование		
5	<p>Ключевые точки – границы участков (две точки):</p> <p><code>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS ></code> NPT пишем 1 X, Y, Z пишем 0, 0, 0 > Apply > NPT пишем 2 X, Y, Z пишем l, 0, 0 > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: <code>U_M > Plot > Multi-Plots</code></p> <p>Справа от рабочего поля нажимаем кнопку Fit .</p>	

№	Действие	Результат
6	<p><i>Один участок – одна линия между точками:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на ключевую точку 1, потом на 2 > OK</p>	
7	<p><i>Заделка:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 1 ключевую точку > OK > Lab2 установить "All DOF" > OK</p>	
Конечноэлементная модель		
8	<p><i>Указываем материал, реальные константы и тип элементов:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh Attributes > Picked Lines > Левой кнопкой мыши нажать на линию L1 > OK ></p> <p>MAT установить "1"</p> <p>REAL установить "1"</p> <p>TYPE установить "1 BEAM3"</p> <p>> OK</p>	
9	<p><i>Участок без распределённых нагрузок можно бить одним конечным элементом:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Lines > Picked Lines></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на линию L1 > OK ></p> <p>NDIV пишем 10 > OK</p> <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	

10	<p><i>Рабиваем линию на элементы (в данном случае, один элемент):</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh > Lines > Левой кнопкой мыши нажать на линию L1 > OK</p> <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Elements</p>	
11	<p><i>Поперечная распределённая нагрузка q:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Pressure > On Beams > Pick All > LKEY пишем 1 VALI пишем q > OK</p>	
12	<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 > OK</p>	
Расчёт		
13	<p><i>Запускаем расчёт:</i></p> <p>M_M > Solution > Solve > Current LS Когда он закончится, появится окно «Solution is done!». Закройте это окно.</p>	
Просмотр результатов		
14	<p><i>Скрываем оси системы координат:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Window Controls > Window Options > [/Triad] установить "Not Shown" > OK</p>	

15

Силовая схема:

U_M > PlotCtrls > Symbols >
 [/PBC] устанавливаем в положение "For Individual"
 Убираем галочку с "Miscellaneous"
 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

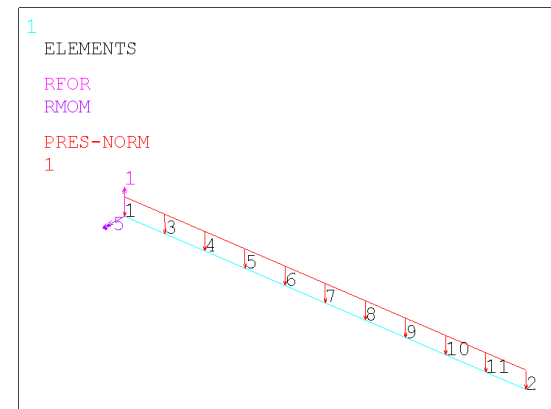
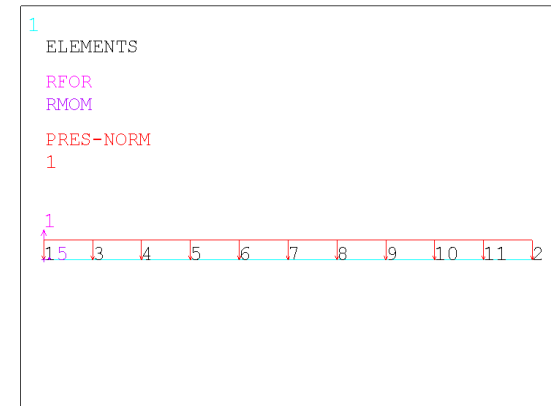
Обновляем изображение: U_M > Plot > Elements

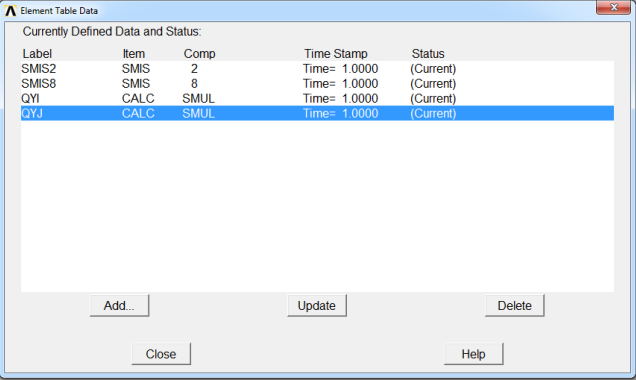
 - изометрия; при необходимости корректируйте масштаб:  или .



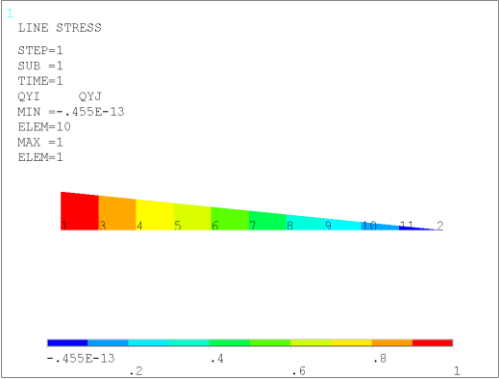
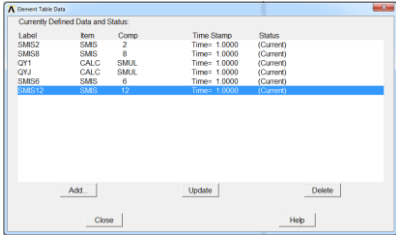
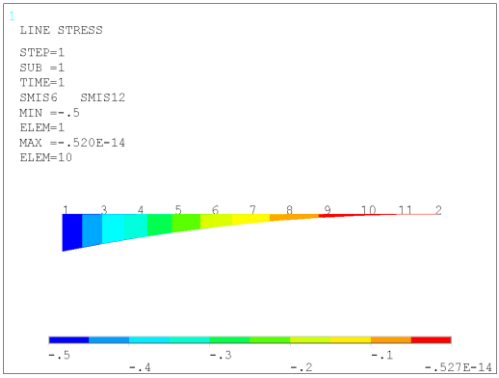
Получаем тот же результат, что и на *рис. 1a*. (числа, выделенные синим цветом).

В рабочем поле видим следующее:

- Красным цветом нарисована распределённая нагрузка;
- Малиновым цветом нарисована реактивная сила (узел 1);
- Фиолетовым изображён двуглавый *вектор* реактивного момента (узел 1). Цифра "0.5" на рисунках в ANSYS-е пишется, как ".5", точка сливается со значком вектора.



№	Действие	Результат																									
16	<p><i>Цветовая шкала будет состоять из десяти цветов:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Contours > Uniform Contours > NCONT пишем 10 > ОК</p>																										
17	<p><i>Составление эпюры внутренней перерезывающей силы:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Add > "By sequence num", "SMISC,", "2" > Apply > "By sequence num", "SMISC,", "8" > ОК > > ОК > Close</p>																										
18	<p><i>Инвертирование эпюры внутренней перерезывающей силы:</i></p> <p>Строчку SMISC2 умножаем на -1, получаем строчку QYI: M_M > General Postproc > Element Table > Multiply LabR пишем QYI ФАКТ1 пишем -1 Lab1 устанавливаем SMIS2 Lab2 устанавливаем -none- > Apply</p> <p>Строчку SMISC8 умножаем на -1, получаем строчку QYJ: M_M > General Postproc > Element Table > Multiply LabR пишем QYJ ФАКТ1 пишем -1 Lab1 устанавливаем SMIS8 Lab2 устанавливаем -none- > ОК</p> <p>Смотрим таблицу результатов: M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Close</p>	 <p>The screenshot shows a dialog box titled "Element Table Data" with a table of "Currently Defined Data and Status". The table has five columns: Label, Item, Comp, Time Stamp, and Status. The data rows are:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Label</th> <th>Item</th> <th>Comp</th> <th>Time Stamp</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SMIS2</td> <td>SMS</td> <td>2</td> <td>Time= 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> <tr> <td>SMIS8</td> <td>SMS</td> <td>8</td> <td>Time= 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> <tr> <td>QYI</td> <td>CALC</td> <td>SMUL</td> <td>Time= 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> <tr> <td>QYJ</td> <td>CALC</td> <td>SMUL</td> <td>Time= 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Below the table are buttons for "Add...", "Update", "Delete", "Close", and "Help".</p>	Label	Item	Comp	Time Stamp	Status	SMIS2	SMS	2	Time= 1.0000	(Current)	SMIS8	SMS	8	Time= 1.0000	(Current)	QYI	CALC	SMUL	Time= 1.0000	(Current)	QYJ	CALC	SMUL	Time= 1.0000	(Current)
Label	Item	Comp	Time Stamp	Status																							
SMIS2	SMS	2	Time= 1.0000	(Current)																							
SMIS8	SMS	8	Time= 1.0000	(Current)																							
QYI	CALC	SMUL	Time= 1.0000	(Current)																							
QYJ	CALC	SMUL	Time= 1.0000	(Current)																							

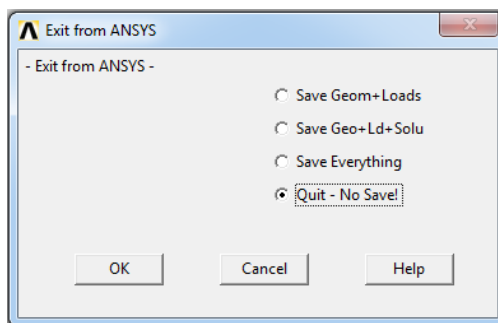
№	Действие	Результат																														
18	<p><i>Прорисовка эпюры внутренней перерезывающей силы:</i></p> <p> - фронтальный вид;  - автоформат.</p> <p>M_M > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Line Elem Res > Установить LabI в положение "QYI" Установить LabJ в положение "QYJ" > OK</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1б</i> (только числа, выделенные синим цветом)..</p>	 <pre> 1 LINE STRESS STEP=1 SUB =1 TIME=1 QYI QYJ MIN =-.455E-13 ELEM=10 MAX =1 ELEM=1 </pre>																														
19	<p><i>Составление эпюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Add > "By sequence num", "SMISC,", "6" > Apply > "By sequence num", "SMISC,", "12" > OK > > Close</p> <p>Смотрим таблицу результатов: M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Close</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Label</th> <th>Item</th> <th>Comp</th> <th>Time Stamp</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SMIS2</td> <td>SMIS</td> <td>2</td> <td>Time: 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> <tr> <td>SMIS4</td> <td>SMIS</td> <td>4</td> <td>Time: 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> <tr> <td>QYI</td> <td>CALC</td> <td>SMIS6</td> <td>Time: 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> <tr> <td>QYJ</td> <td>CALC</td> <td>SMIS12</td> <td>Time: 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> <tr> <td>SMIS6</td> <td>SMIS</td> <td>6</td> <td>Time: 1.0000</td> <td>(Current)</td> </tr> </tbody> </table>	Label	Item	Comp	Time Stamp	Status	SMIS2	SMIS	2	Time: 1.0000	(Current)	SMIS4	SMIS	4	Time: 1.0000	(Current)	QYI	CALC	SMIS6	Time: 1.0000	(Current)	QYJ	CALC	SMIS12	Time: 1.0000	(Current)	SMIS6	SMIS	6	Time: 1.0000	(Current)
Label	Item	Comp	Time Stamp	Status																												
SMIS2	SMIS	2	Time: 1.0000	(Current)																												
SMIS4	SMIS	4	Time: 1.0000	(Current)																												
QYI	CALC	SMIS6	Time: 1.0000	(Current)																												
QYJ	CALC	SMIS12	Time: 1.0000	(Current)																												
SMIS6	SMIS	6	Time: 1.0000	(Current)																												
20	<p><i>Прорисовка эпюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Line Elem Res > LabI установить "SMIS6" LabJ установить "SMIS12" Fact пишем 1 > OK</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1в</i>. (только числа, выделенные синим цветом). Значения показывает цветовая шкала: минимум слева (-1, синий цвет), максимум – справа (почти 0, красный цвет).</p> <p>Можете рисунок эпюры сделать крупнее: коэффициент Fact установите 2 или 3.</p>	 <pre> 1 LINE STRESS STEP=1 SUB =1 TIME=1 SMIS6 SMIS12 MIN =-.5 ELEM=1 MAX =-.527E-14 ELEM=10 </pre>																														

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.