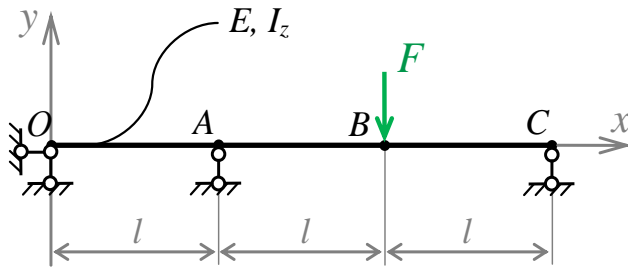


## L-02 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: Статически неопределимая балка постоянной жёсткости с шарнирными опорами нагружена сосредоточенной силой силой  $F$ .  
 $E$  – модуль упругости материала;  
 $I_z$  – изгибный момент инерции.

Требуется: Построить эпюру внутреннего изгибающего момента  $M_z$ .

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

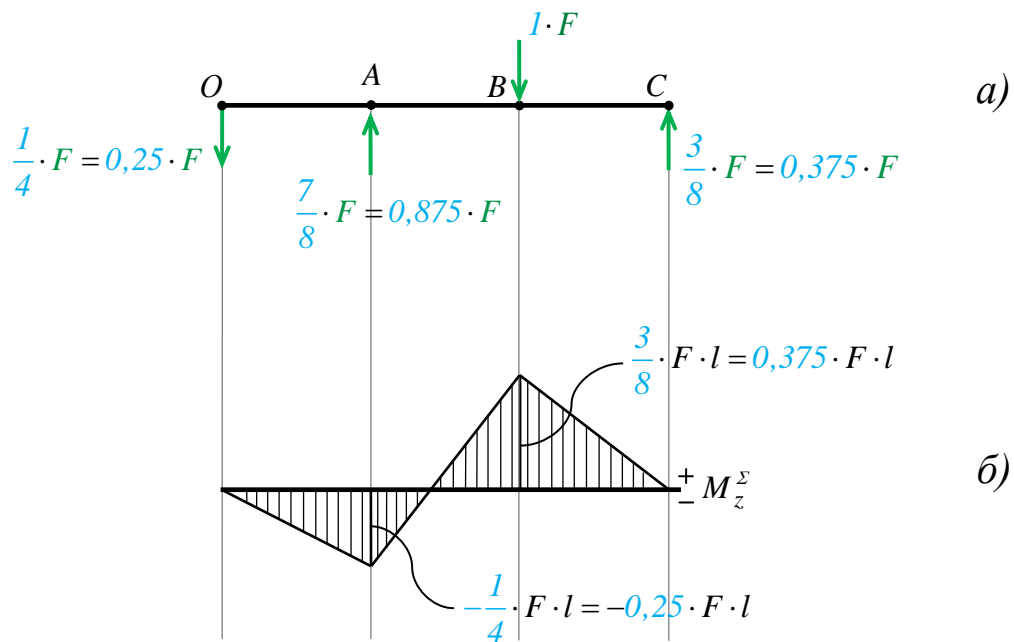


Рис. 1.

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

## Предварительные настройки:

Для решения задачи используется ANSYS Multiphysics 14.0:

ANSYS Command Prompt (C\_P)

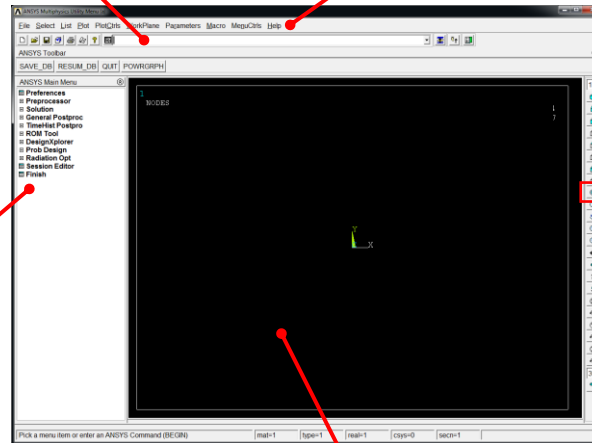
Utility Menu (U\_M)

Main Menu (M\_M)

Рабочее поле

Кнопка

Fit

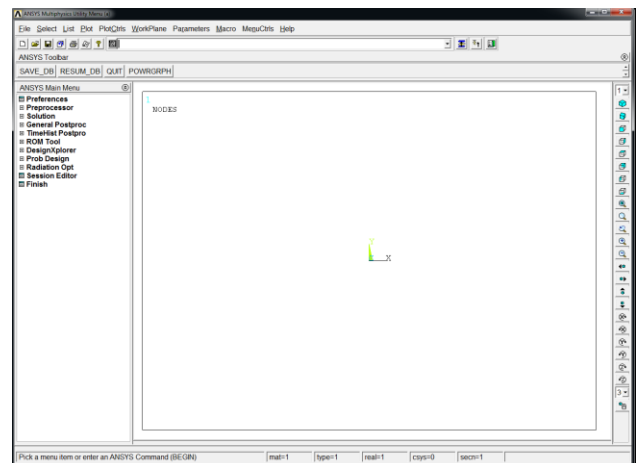


С меню M\_M и U\_M работают мышью, выбирая нужные опции.

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

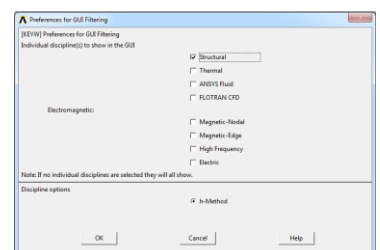
Чёрное рабочее поле не всегда приятно для глаза. Кроме того, оно неудобно для печати рисунков. Меняем чёрный цвет фона на белый следующими действиями:

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



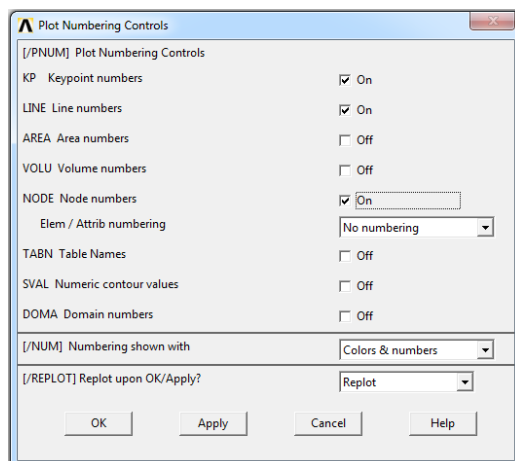
Убрать пункты меню, относящиеся к расплавам, магнитам и так далее, оставить только относящиеся к прочностным расчётам:

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



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

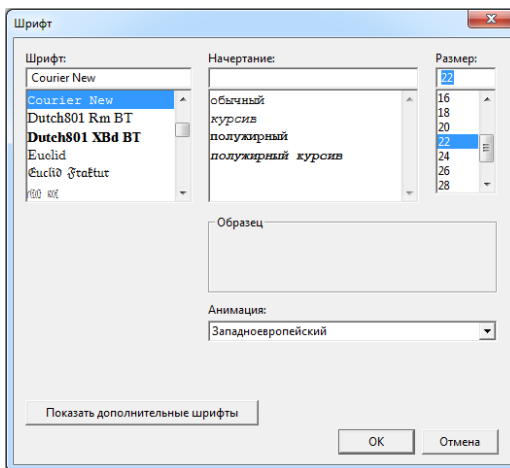
```
U_M > PlotCtrls > Numbering >
Отметить KP, LINE, NODE ;
Установить Elem на "No numbering";
Установить [/NUM] на "Colors & numbers"
> OK
```



Для большей наглядности увеличим размер шрифта:

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

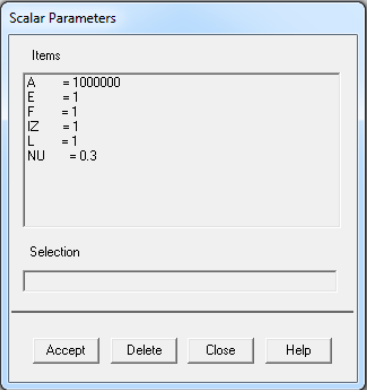
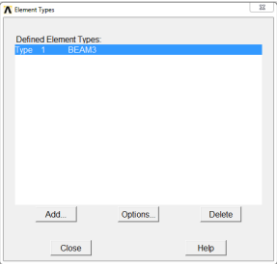
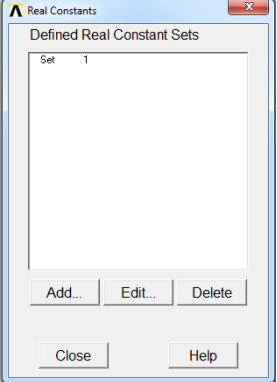
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
Установить «Размер» на «22»
> OK
```

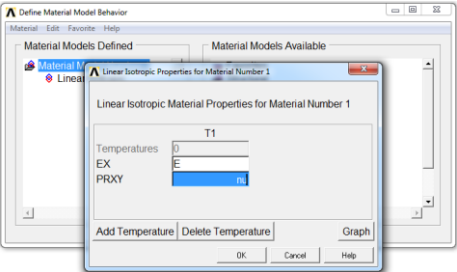




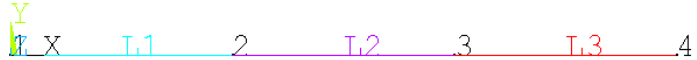
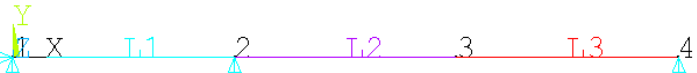
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

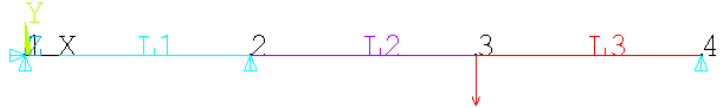
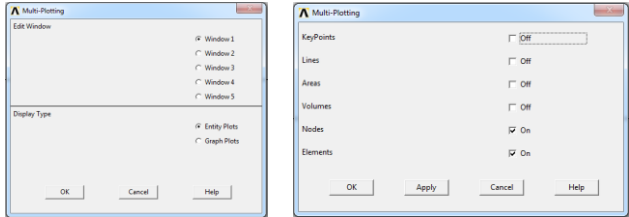
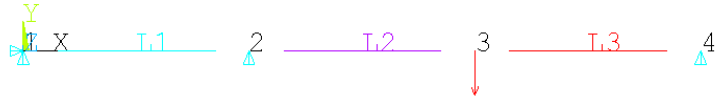
Решение задачи:



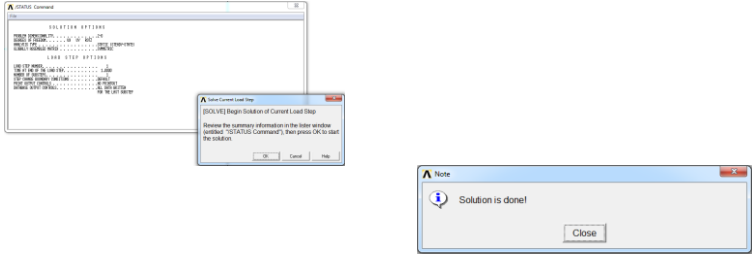

Приравняв  $E$ ,  $I_z$ ,  $F$  и  $l$  к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

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



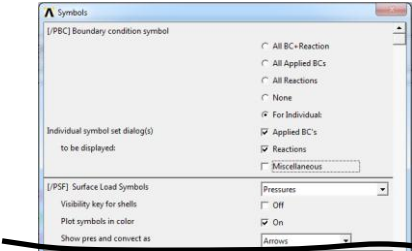
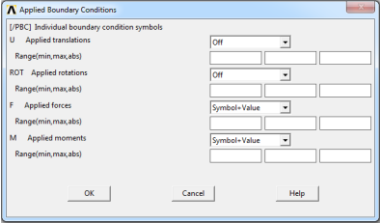
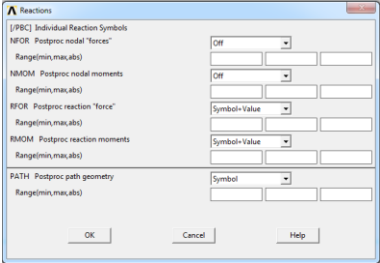
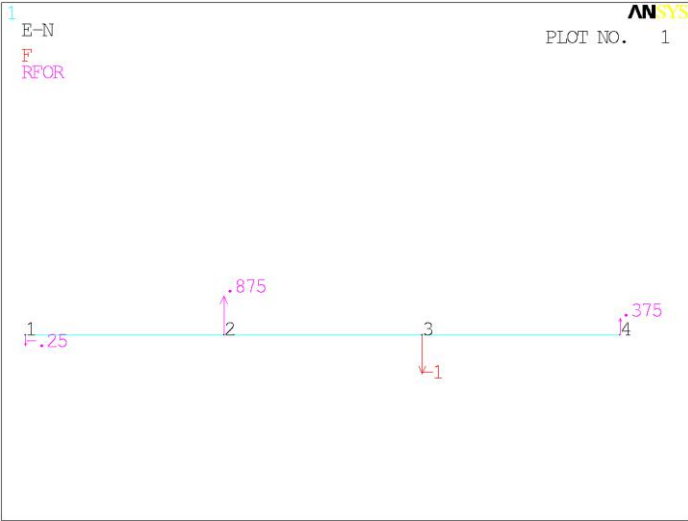
№	Действие	Результат
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Material Props &gt; Material Models &gt; Structural &gt; Linear &gt; Elastic &gt; Isotropic &gt;</p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu"</p> <p>&gt; ОК</p> <p>Закрываем окно «Define Material Model Behavior».</p>	
<h3>Твердотельное моделирование</h3>		
5	<p><i>Ключевые точки – границы участков: O → 1, A → 2, B → 3 и C → 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 1, 0, 0 &gt; Apply &gt;</p> <p>NPT пишем 3</p> <p>X, Y, Z пишем 2*1, 0, 0 &gt; Apply &gt;</p> <p>NPT пишем 4</p> <p>X, Y, Z пишем 3*1, 0, 0 &gt; ОК</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>	

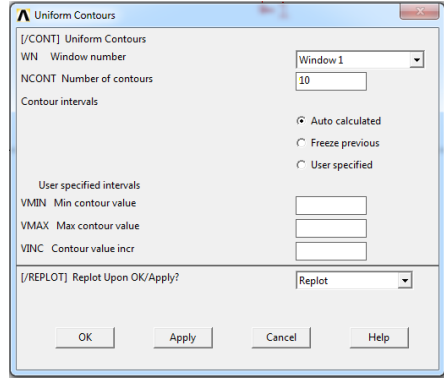
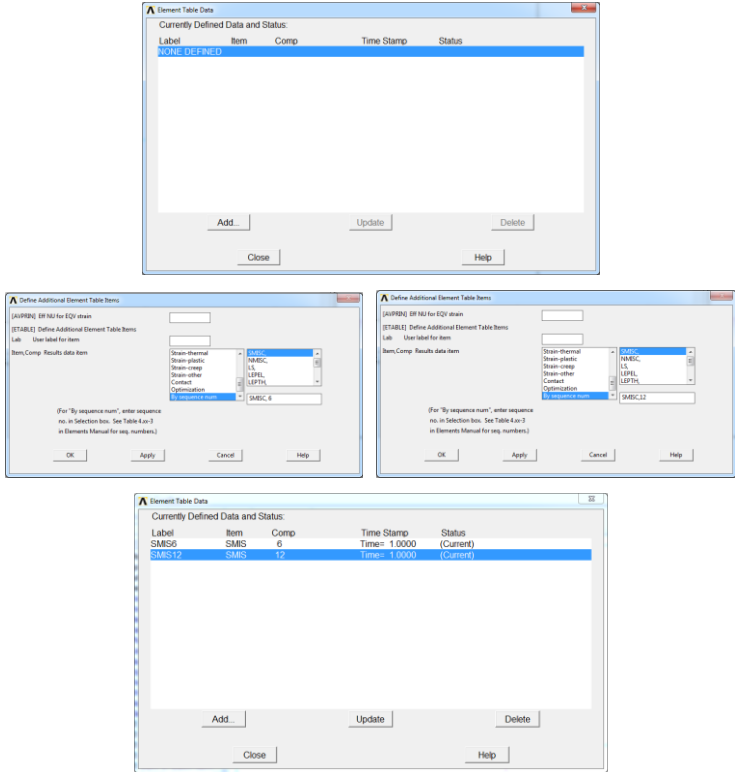
№	Действие	Результат
6	<p><i>Три участка – три линии:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Modeling &gt; Create &gt; Lines &gt; Lines &gt; Straight Line &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно нажать на ключевые точки:  1 и 2  2 и 3  3 и 4  &gt; ОК</p>	
7	<p><i>Опоры:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Loads &gt; Define Loads &gt; Apply &gt; Structural &gt; Displacement &gt; On Keypoints &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на ключевую точку 1  &gt; ОК &gt;</p> <p>Lab2 установить "UX"</p> <p>Lab2 установить "UY"</p> <p>&gt; Apply &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на ключевую точку 2  &gt; ОК &gt;</p> <p>Lab2 установить "UY"</p> <p>&gt; Apply &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на ключевую точку 4  &gt; ОК &gt;</p> <p>Lab2 установить "UY"</p> <p>&gt; ОК</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	

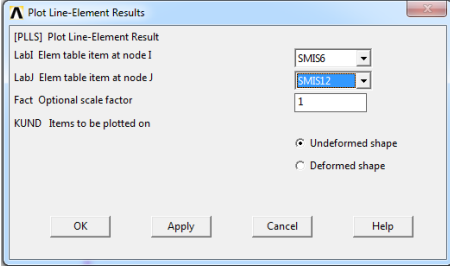
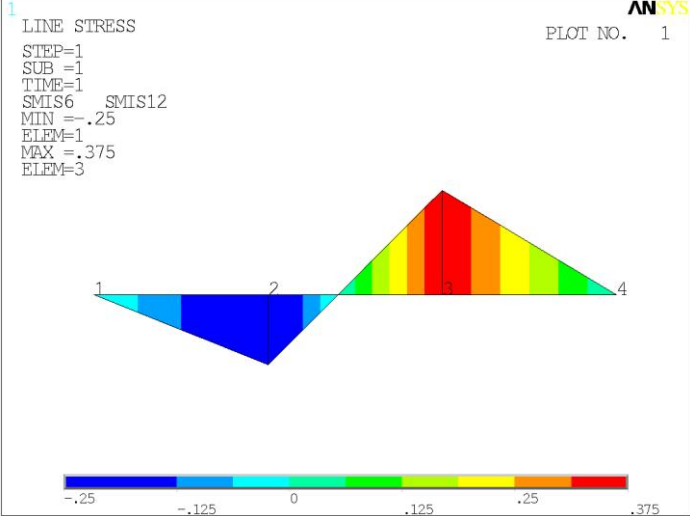
№	Действие	Результат
8	<p><i>Сосредоточенная сила:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Loads &gt; Define Loads &gt; Apply &gt; Structural &gt; Force/Moment &gt; On Keypoints &gt;             Left mouse button click on keypoint 3            &gt; OK &gt;            Lab установить "FY"            VALUE установить "-F"            &gt; OK            Прорисовываем всё, что есть: U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	
<b>Конечноэлементная модель</b>		
9	<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>	
10	<p><i>Указываем, что именно нужно теперь прорисовывать по команде Multi-Plots:</i></p> <p>U_M &gt; PlotCtrls &gt; Multi-Plot Controls &gt;             Появляется первое окно Multi-Plotting &gt;            &gt; OK &gt;            Появляется второе окно Multi-Plotting &gt;            Оставляем в нём отметки только напротив Nodes и Elements            &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; OK            SIZE пишем l            &gt; OK</p>	

№	Действие	Результат
12	<p><i>Рабиваем линии на элементы:</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; Multi-Plots</p> <p>Бирюзовым цветом изображены балочные конечные элементы, чёрные точки – их узлы.</p>	
13	<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>Обновляем изображение: U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	
<b>Расчёт</b>		
14	<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>	
<b>Просмотр результатов</b>		
15	<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>	



№	Действие	Результат
16	<p><b>Силовая схема:</b></p> <p>U_M &gt; PlotCtrls &gt; Symbols &gt; [/PBC] устанавливаем в положение "For Individual"</p> <p>Убираем галочку с "Miscellaneous" Surface Load Symbols устанавливаем Pressures</p> <p>Show pres and convect as устанавливаем Arrows &gt; OK &gt;</p> <p><b>В окне "Applied Boundary Conditions"</b></p> <p>U установить "Off"</p> <p>Rot установить "Off"</p> <p>F установить "Symbol+Value"</p> <p>M установить "Symbol+Value"</p> <p>&gt; OK &gt;</p> <p><b>В окне "Reactions"</b></p> <p>NFOR установить "Off"</p> <p>NMOM установить "Off"</p> <p>RFOR установить "Symbol+Value"</p> <p>RMOM установить "Symbol+Value"</p> <p>&gt; OK</p> <p><b>Обновляем изображение:</b></p> <p>U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p> <p>При необходимости корректируйте масштаб кнопками  или .</p> <p>Получаем тот же результат, что и на рис. 1а. Красным цветом указан вектор внешней силы, малиновым – вектора реакций опор.</p>	   

№	Действие	Результат
17	<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>	
18	<p><i>Составление эюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <p>M_M &gt; General Postproc &gt; Element Table &gt; Define Table &gt; Add &gt; В левом списке выбрать "By sequence num" ПОТОМ в правом верхнем списке выбрать "SMISC," ПОТОМ в правом нижнем списке к надписи "SMISC," приписать слева "6". &gt; Apply &gt; Снова: "By sequence num", "SMISC," "12" &gt; OK &gt; Close</p> <p>Эта операция называется «заполнение таблицы элементов». Создаётся база данных, по которым будут выводиться результаты.</p>	

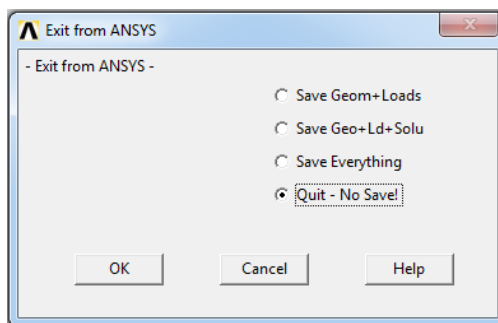
№	Действие	Результат
19	<p>Прорисовка эпюры внутреннего изгибающего момента:</p> <p>M_M &gt; General Postproc &gt; Plot Results &gt; Contour Plot &gt; Line Elem Res &gt;</p> <p>LabI установить "SMIS6" LabJ установить "SMIS12" Fact пишем 1 &gt; ОК</p>  <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1б</i>. (только числа, выделенные синим цветом). Значения показывает цветовая шкала. Можете рисунок эпюры сделать крупнее: коэффициент Fact установите, например 2.</p>	 <p>ANSYS LINE STRESS STEP=1 SUB =1 TIME=1 SMIS6 SMIS12 MIN =-.25 ELEM=1 MAX =.375 ELEM=3 PLOT NO. 1</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.