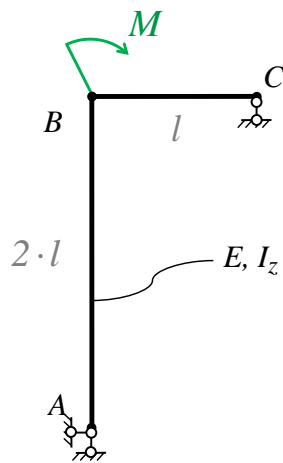


## K-03 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано:  $E$ ,  $I_z$ ,  $M$ ,  $l$ .

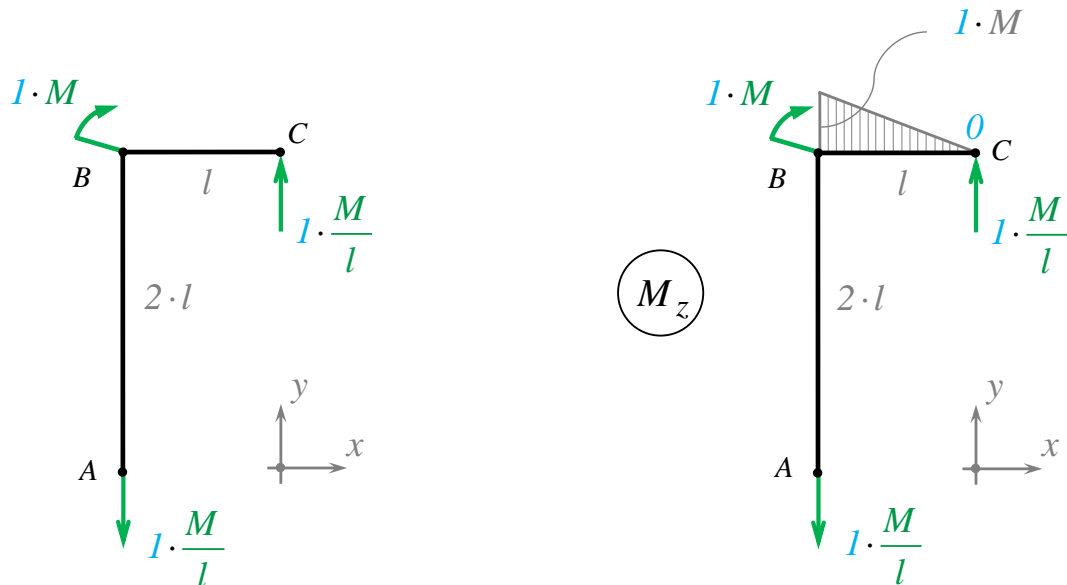
Простая плоская рама, сосредоточенный момент  $M$ .

$E$  – модуль упругости материала;

$I_z$  – изгибный момент инерции.

Найти: Эпюру внутреннего изгибающего момента  $M_z$ .

Аналитический расчёт (см. [K-03](#)) даёт следующие решения:



а) Силовая схема;

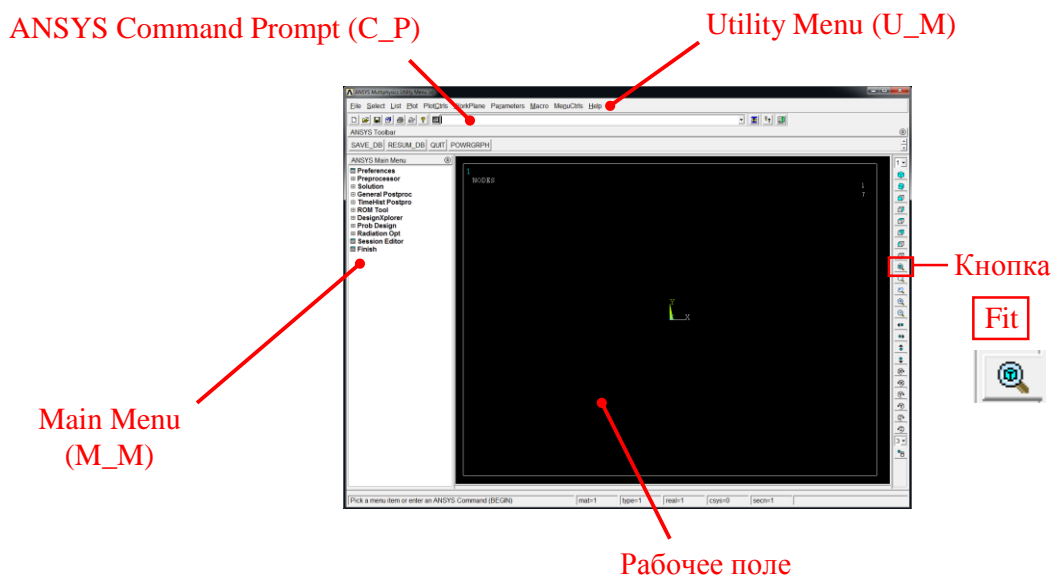
б) Эпюра внутреннего изгибающего момента.

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:



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
```

В меню оставить только пункты, относящиеся к прочностным расчётам:

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

При построениях полезно видеть номера точек и линий твердотельной модели, 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
```

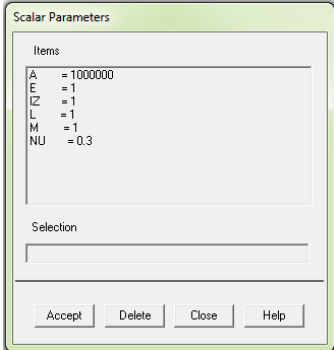
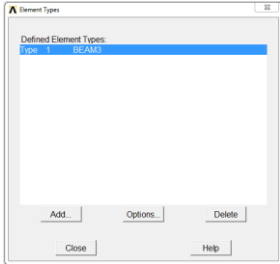
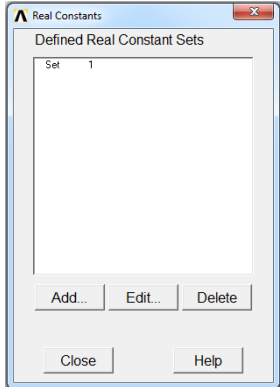
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
```

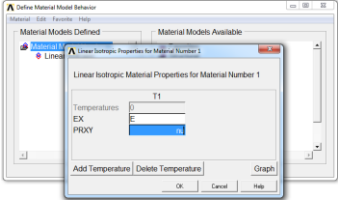
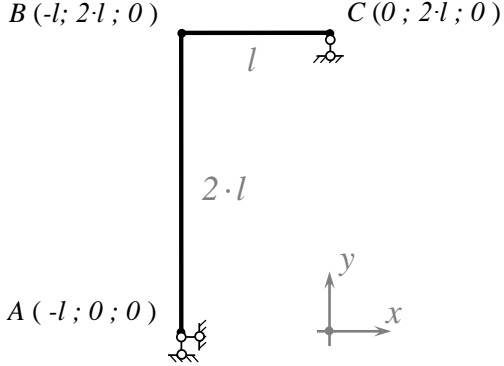
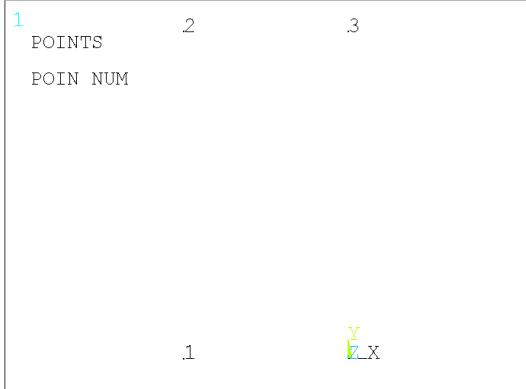
```
Установить «Размер» на «22»> OK
```

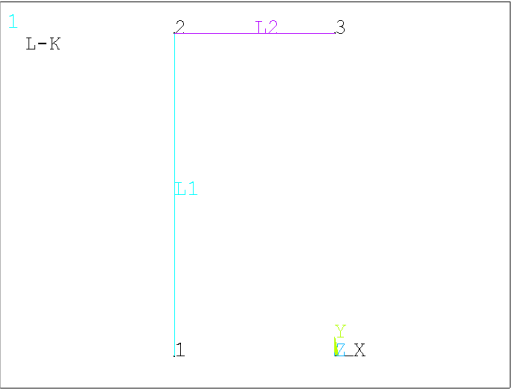
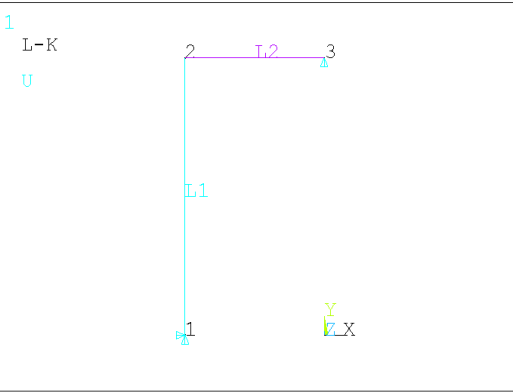
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

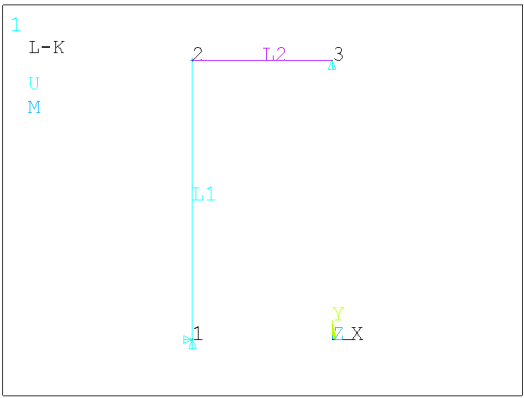


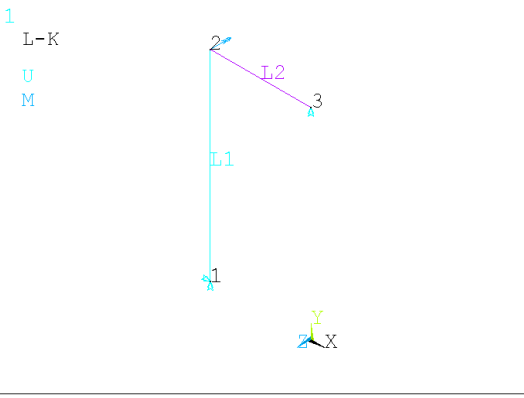
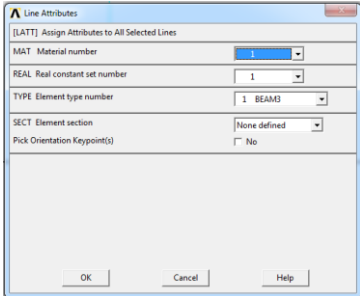
Решение задачи:

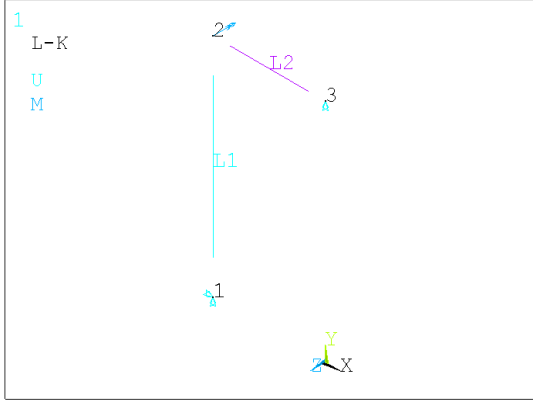
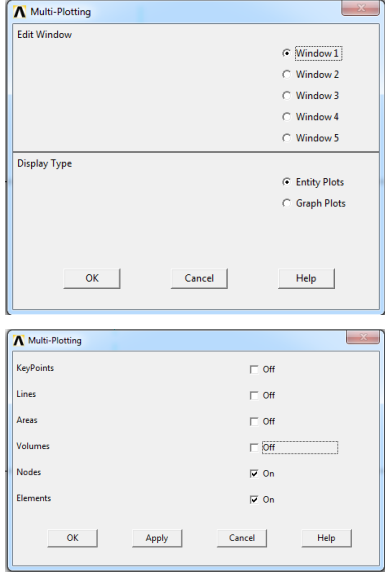
Приравняв  $E$ ,  $I_z$ ,  $M$  и  $l$  к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

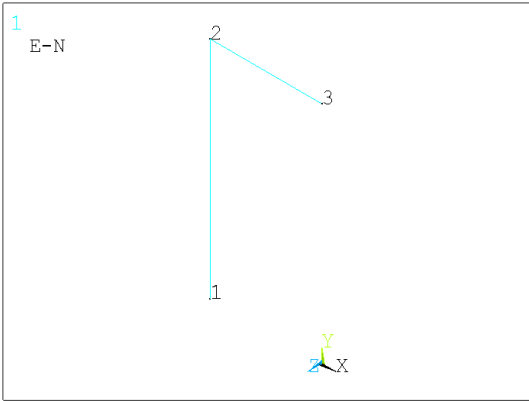
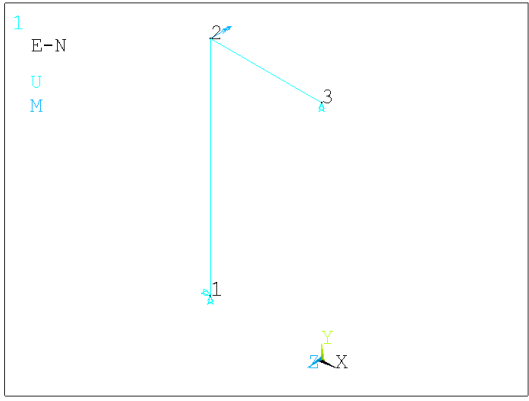
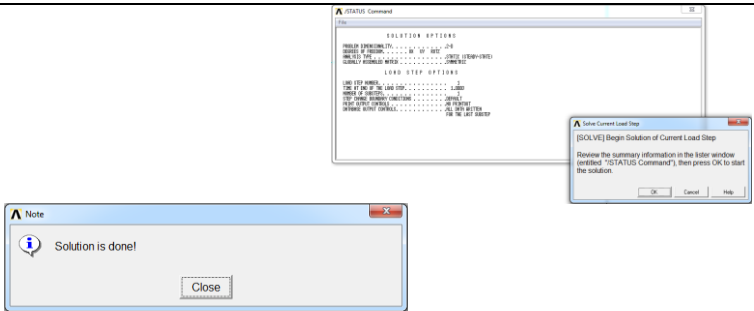
№	Действие	Результат
1	<p><i>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</i></p> <p>U_M &gt; Parameters &gt; Scalar Parameters &gt;            E=1 &gt; Accept &gt;            A=1e6 &gt; Accept &gt;            Iz=1 &gt; Accept &gt;            M=1 &gt; Accept &gt;            l=1 &gt; Accept &gt;            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>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 и C → 3 :</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 <math>-l, 0, 0</math> &gt; Apply &gt;</p> <p>NPT пишем 2</p> <p>X, Y, Z пишем <math>-l, 2*l, 0</math> &gt; Apply &gt;</p> <p>NPT пишем 3</p> <p>X, Y, Z пишем <math>0, 2*l, 0</math> &gt; OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	



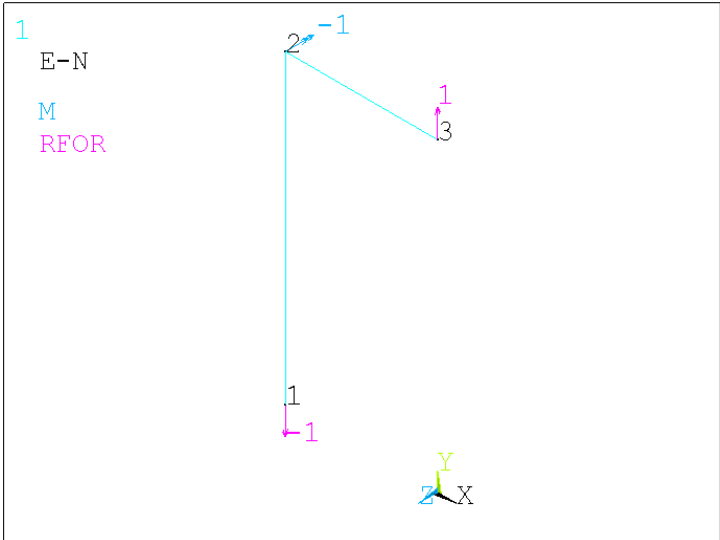
№	Действие	Результат
7	<p><i>Два участка – две линии:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Modeling &gt; Create &gt; Lines &gt; Lines &gt; Straight Line &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно нажать на ключевые точки: 1 и 2 2 и 3 &gt; OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	
8	<p><i>Опоры в точках A и C:</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 1 ключевую точку &gt; OK &gt;</p> <p>Lab2 отметить "UX" и "UY"</p> <p>&gt; Apply &gt;</p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 3 ключевую точку &gt; OK &gt;</p> <p>Lab2 отметить "UY"</p> <p>&gt; OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	



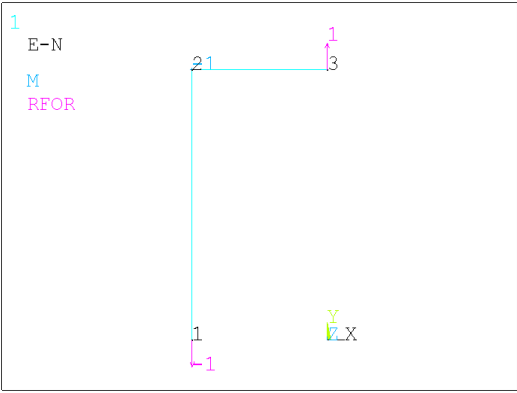
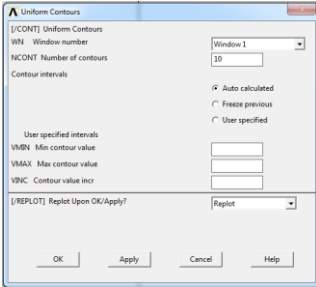
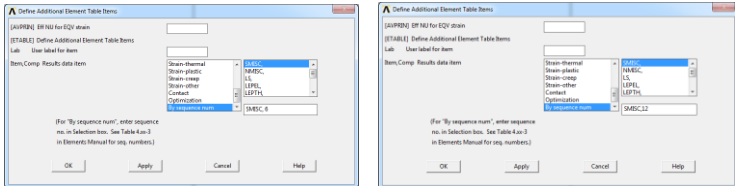
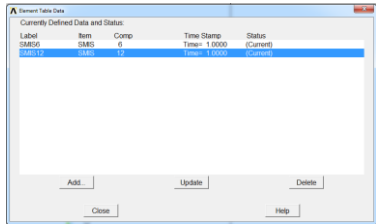
№	Действие	Результат
9	<p><i>Нагрузка (сосредоточенный момент в точке B):</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Loads &gt; Define Loads &gt; Apply &gt; Structural &gt; Force/Moment &gt; On Keypoints &gt;            левой кнопкой мыши нажать на 2 ключевую точку &gt; OK &gt;             Lab установить "MZ"             VALU пишем -M &gt; OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	
10	<p><i>Изометрия:</i></p> <p>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> <p> - изометрия;</p> <p> - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).</p>	
<b>Конечноэлементная модель</b>		
11	<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>	

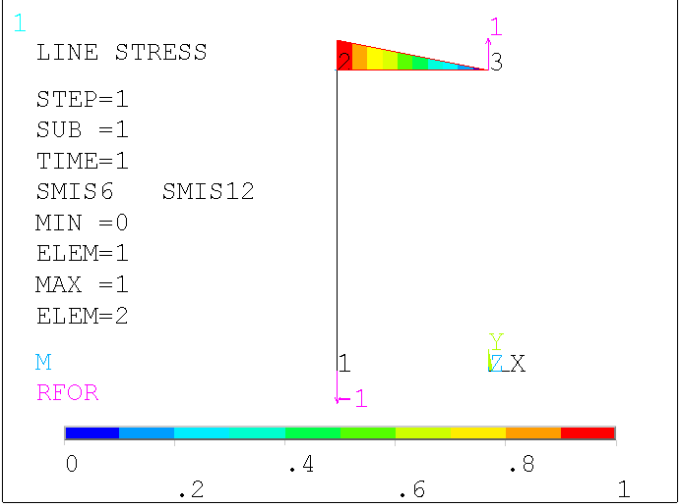
№	Действие	Результат
12	<p><i>Участки без распределённых нагрузок можно бить одним конечным элементом:</i></p> <p>M_M &gt; Preprocessor &gt; Meshing &gt; Size Cntrls &gt; ManualSize &gt; Lines &gt; All Lines &gt; NDIV пишем 1 &gt; OK</p> <p>Обновляем изображение: U_M &gt; Plot &gt; Multi-Plots</p>	
13	<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; OK &gt; Появляется второе окно Multi-Plotting &gt; Оставляем в нём отметки только напротив Nodes и Elements &gt; OK</p>	

№	Действие	Результат
14	<p><i>Рабиваем линии на элементы:</i>  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 элементы. Чёрные точки – это их узлы.</p>	
15	<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>	
<b>Расчёт</b>		
16	<p><i>Запускаем расчёт:</i>  M_M &gt; Solution &gt; Solve &gt; 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
<b>Просмотр результатов</b>		
<b>17</b>	<p><i>Силовая схема:</i></p> <p>U_M &gt; PlotCtrls &gt; Symbols &gt; [/PBC] устанавливаем в положение "For Individual"</p> <p>Убираем галочку с "Miscellaneous"</p> <p>Surface Load Symbols устанавливаем Pressures</p> <p>Show pres and convect as устанавливаем Arrows</p> <p>&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 &gt;</p> <p>Обновляем изображение: U_M &gt; Plot &gt; Elements</p> <p>При необходимости корректируйте масштаб кнопками  или .</p> <p>Получаем тот же результат, что и на рис. 1а. (числа, выделенные синим цветом).</p> <p>В рабочем поле видим следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Красным цветом начерчена сосредоточенная сила;</li> <li>- Фиолетовым цветом начерчен вектор реактивного момента;</li> <li>- Малиновым цветом нарисована реактивная сила.</li> </ul>	

№	Действие	Результат
18	<p><i>Возвращаемся к фронтальному виду:</i></p>  - вид спереди;  - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).	
19	<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>	
20	<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>Закрываем таблицу результатов: Close</p>	 

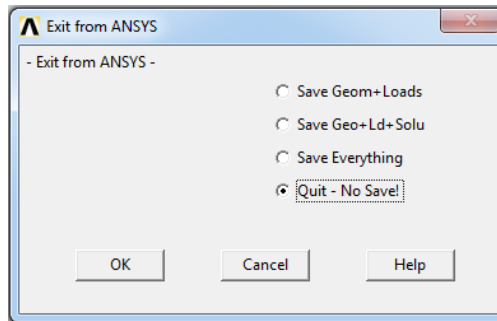
№	Действие	Результат
21	<p><i>Прорисовка эпюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <pre>M_M &gt; General Postproc &gt; Plot Results &gt; Contour Plot &gt; Line Elem Res &gt; LabI установить "SMIS6" LabJ установить "SMIS12" Fact пишем 1 &gt; ОК</pre> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1б.</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.