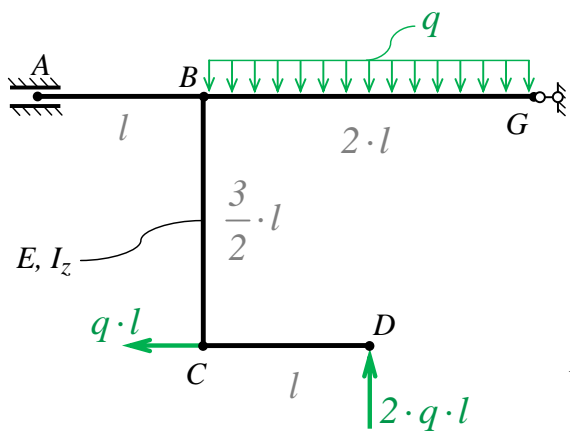


K-04 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: E, I_z, q, l .

Плоская многосвязная рама, сложная нагрузка.

E – модуль упругости материала;

I_z – изгибный момент инерции.

Найти: Эпюру внутреннего изгибающего момента M_z .

Аналитический расчёт (см. [K-04](#)) даёт следующее решение:

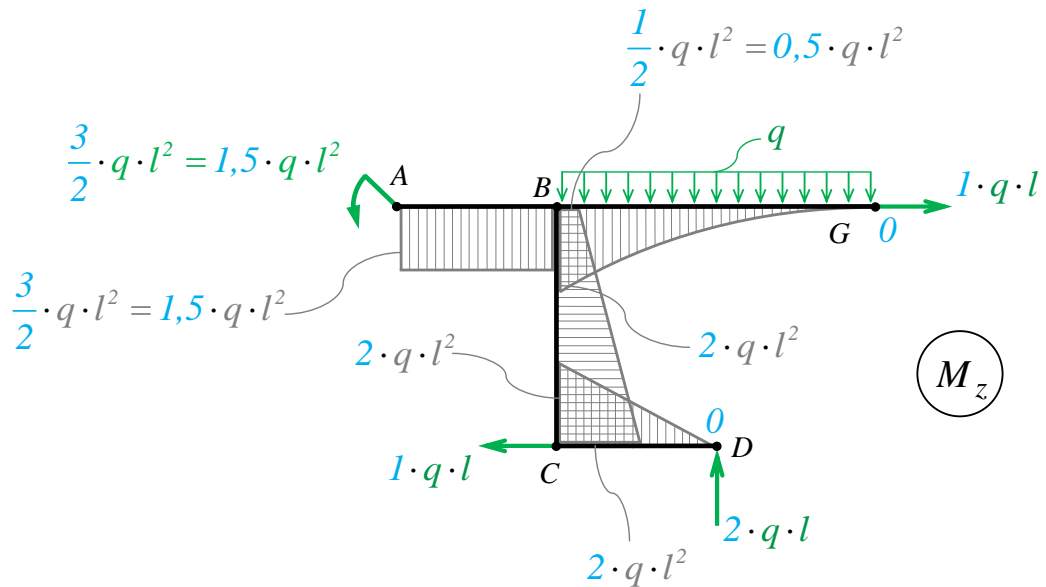
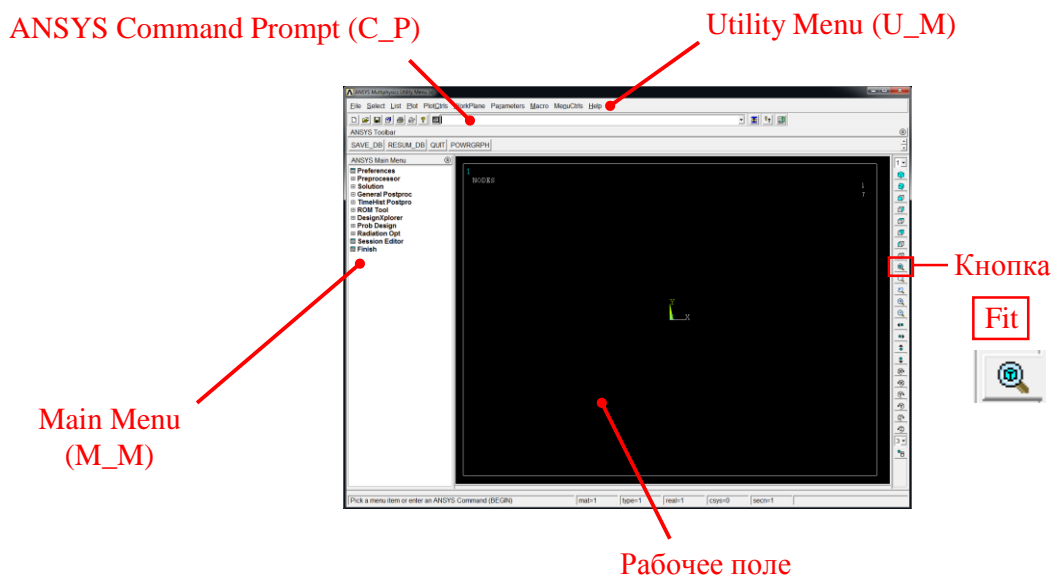


Рис.1.

Задача данного примера: при помощи ANSYS Multyphysics получить этот же результат 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
```

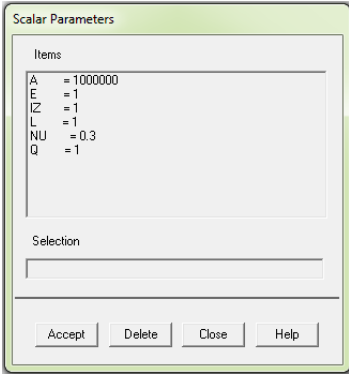
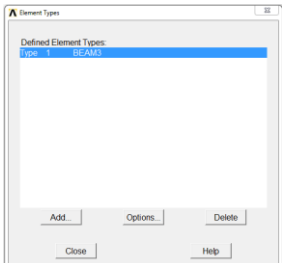
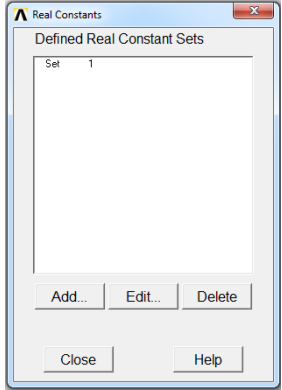
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
```

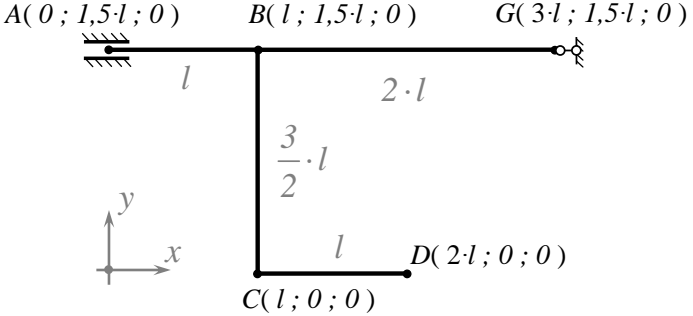
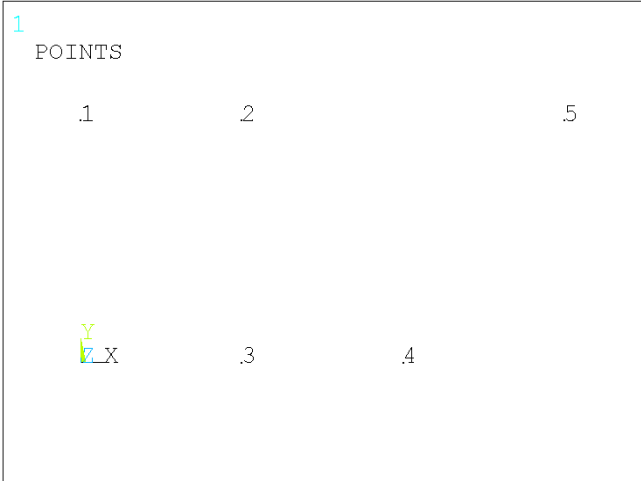
```
Установить «Размер» на «22»> OK
```

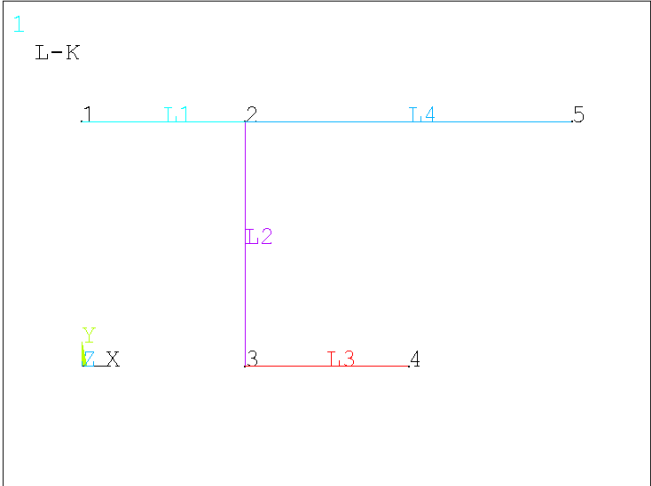
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

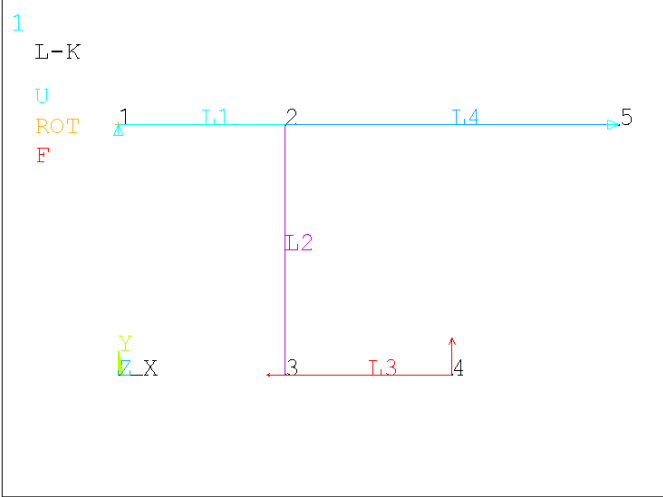
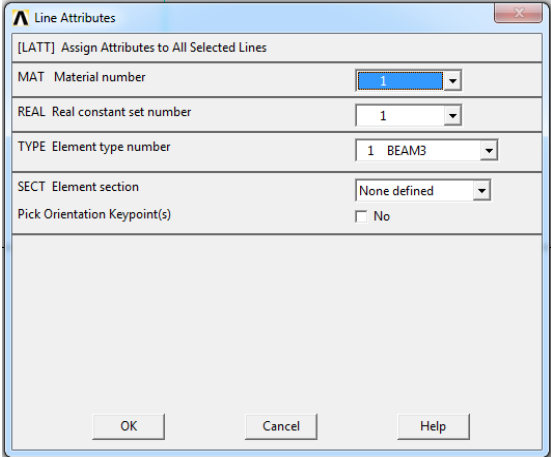
Решение задачи:

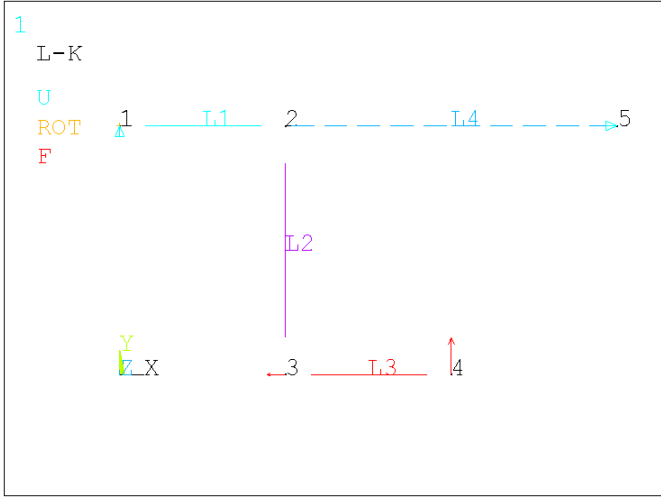
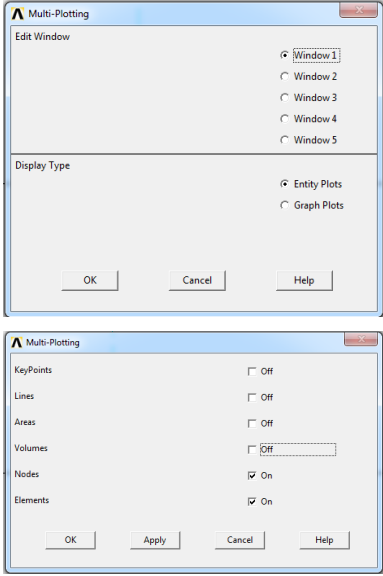
Приравняв E , I_z , q и l к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

№	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>	
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>	

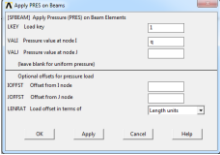
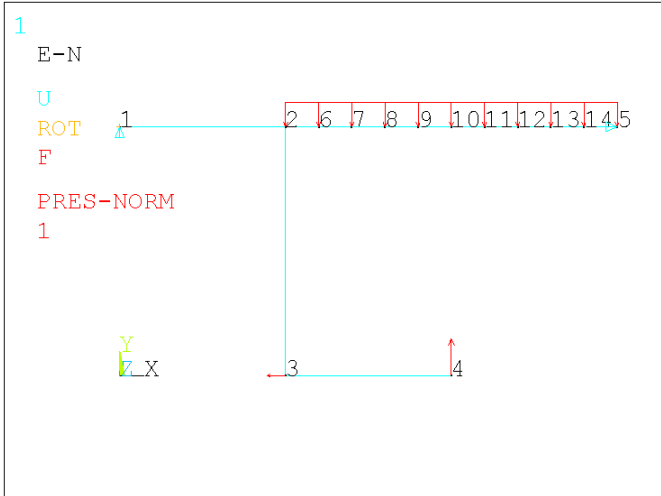
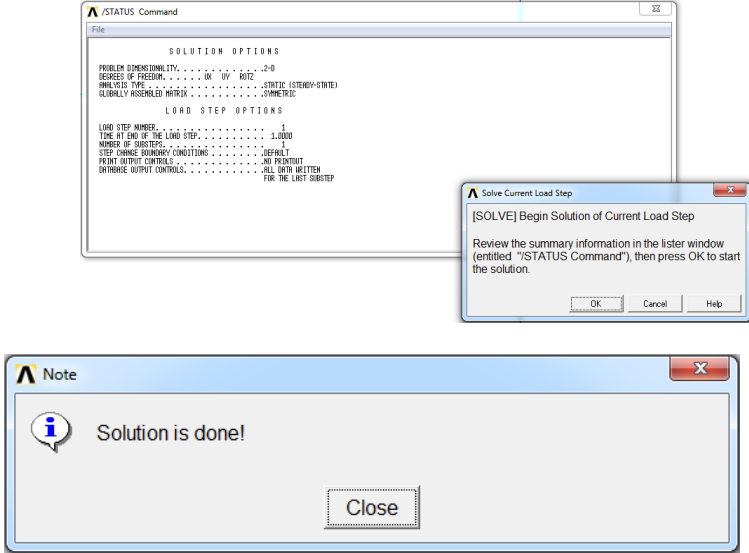
№	Действие	Результат
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic ></p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu"</p> <p>> OK</p> <p>Закрываем окно «Deine Material Model Behavior».</p>	
Твердотельное моделирование		
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, D → 4 и G → 5 :</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS ></p> <p>NPT пишем 1</p> <p>X, Y, Z пишем 0, 1.5*l, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 2</p> <p>X, Y, Z пишем l, 1.5*l, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 3</p> <p>X, Y, Z пишем l, 0, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 4</p> <p>X, Y, Z пишем 2*l, 0, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 5</p> <p>X, Y, Z пишем 3*l, 1.5*l, 0 > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	



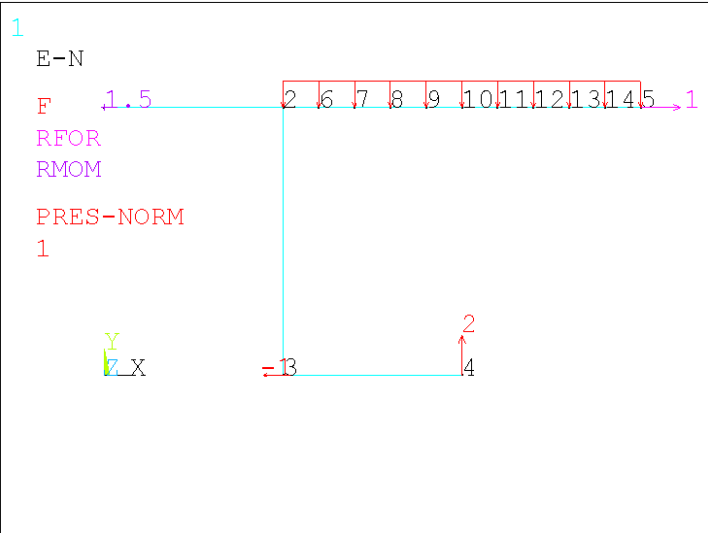
№	Действие	Результат
7	<p><i>Четыре участка – четыре линии:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line ></p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно нажать на ключевые точки:</p> <p>1 и 2 2 и 3 3 и 4 2 и 5</p> <p>> OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	 <p>The diagram shows a coordinate system with X, Y, and Z axes. Four line segments are drawn: L1 (blue) from point 1 to 2, L2 (purple) from point 2 to 3, L3 (red) from point 3 to 4, and L4 (blue) from point 2 to 5. The points are numbered 1 through 5.</p>
8	<p><i>Опоры в точках A и G:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 1 ключевую точку</p> <p>> OK ></p> <p>Lab2 отметить "UY" и "ROTZ"</p> <p>> Apply ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 5 ключевую точку</p> <p>> OK ></p> <p>Lab2 отметить "UX"</p> <p>> OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	 <p>The diagram shows the same four line segments as in step 7, but with blue arrows at points 1 and 5 indicating fixed supports. Two small screenshots of the 'Apply' dialog box are included, showing the selection of 'UY' and 'ROTZ' for point 1, and 'UX' for point 5.</p>



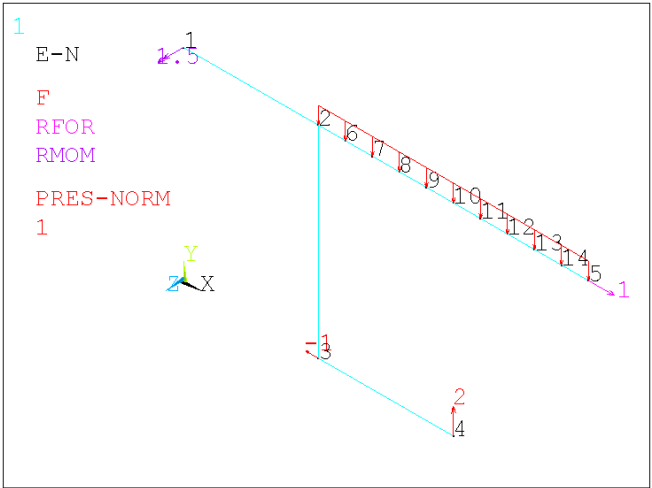


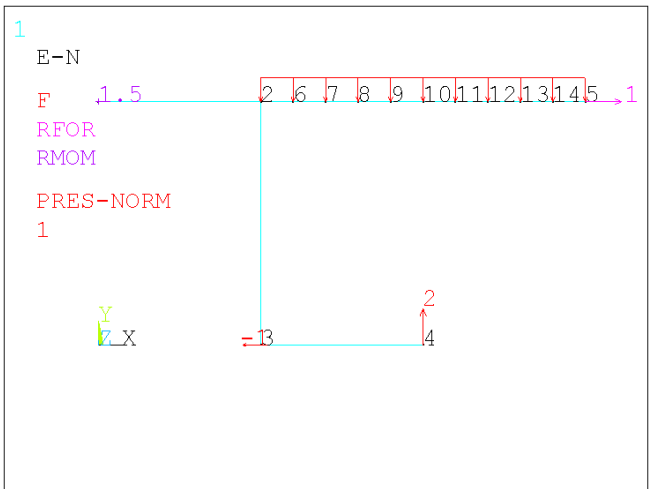
№	Действие	Результат
9	<p><i>Внешние сосредоточенные силы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Force/Moment > On Keypoints > Левой кнопкой мыши нажать на 3 ключевую точку > OK > Lab установить "FX"
 VALU пишем $-q \cdot l$
 > Apply > Левой кнопкой мыши нажать на 4 ключевую точку
 > OK > Lab установить "FY"
 VALU пишем $2 \cdot q \cdot l$
 > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
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>	

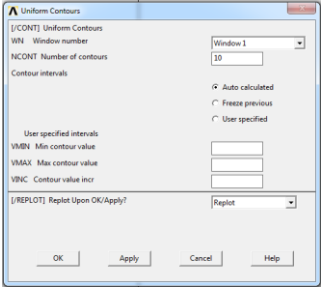
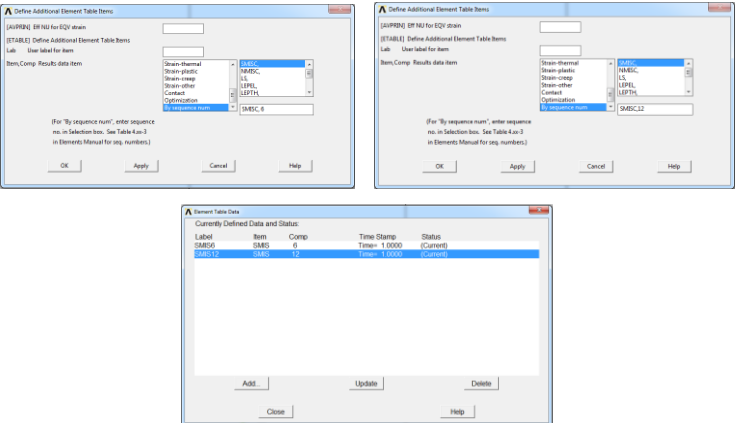
№	Действие	Результат
11	<p><i>Участки без распределённых нагрузок можно бить одним конечным элементом, участок с распределённой нагрузкой – несколькими (10 оптимально):</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Lines > Picked Lines ></p> <p>Левой кнопкой мыши отметить линии L1, L2 и L3 > OK ></p> <p>NDIV пишем 1 > Apply ></p> <p>Левой кнопкой мыши отметить линию L4 > OK</p> <p>NDIV пишем 10 > 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... ></p> <p>Появляется первое окно Multi-Plotting > OK ></p> <p>Появляется второе окно Multi-Plotting ></p> <p>Оставляем в нём отметки только напротив Nodes и Elements > OK</p>	

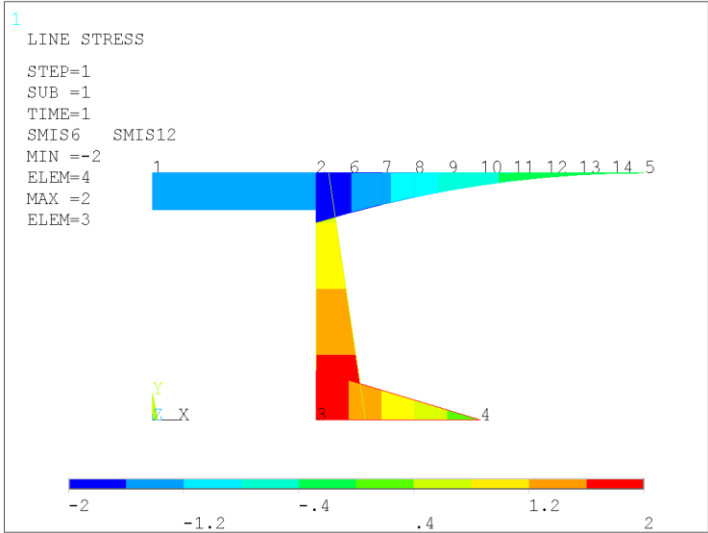


№	Действие	Результат
13	<p><i>Рабиваем линии на элементы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh > Lines > Pick All</p> <p>Обновляем изображение:</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Бирюзовым цветом изображены балочные элементы. Чёрные точки – это их узлы.</p>	
14	<p><i>Переносим на конечноэлементную модель нагрузки и закрепления с модели твердотельной:</i></p> <p>M_M > Loads > Define Loads > Operate > Transfer to FE > All Solid Lds</p> <p>> OK</p>	

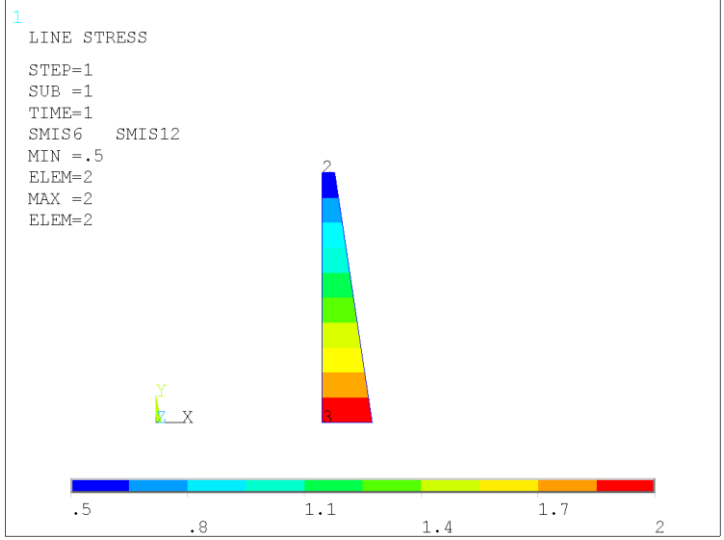
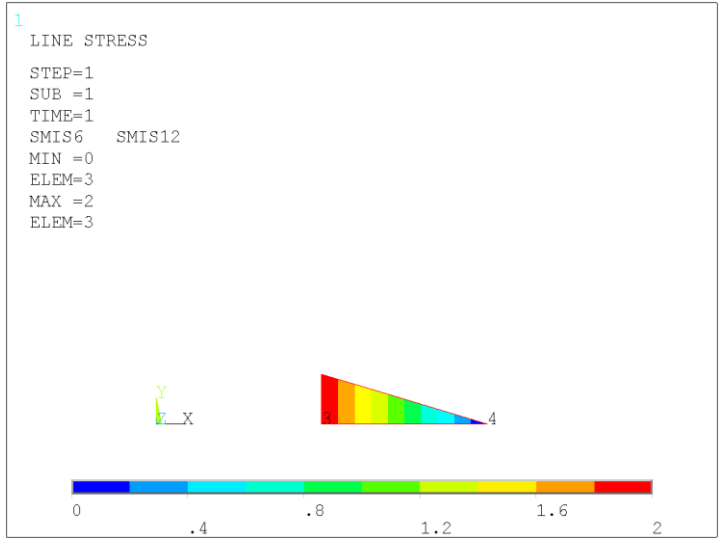
№	Действие	Результат
15	<p><i>Поперечная распределённая нагрузка q:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Pressure > On Beams ></p> <p>Левой кнопкой мыши отмечаем 10 элементов участка под распределённой нагрузкой</p> <p>> Apply ></p> <p>LKEY пишем 1</p> <p>VAL1 пишем q</p> <p>> OK</p>  <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
Расчёт		
16	<p><i>Запускаем расчёт:</i></p> <p>M_M > Solution > Solve > Current LS</p> <p>Синхронно появляются два окна: белое информационное и серое исполнительное.</p> <p>Белое закрываем, на сером нажимаем ОК.</p> <p>Расчёт пошёл.</p> <p>Когда он закончится, появится окно «Solution is done!». Закройте это окно.</p> <p>Расчёт окончен.</p>	

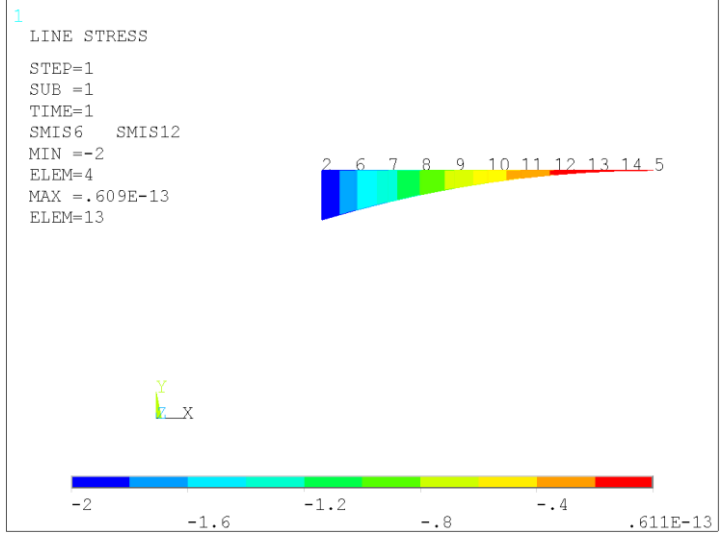
№	Действие	Результат
Просмотр результатов		
17	<p><i>Силовая схема:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Symbols > [/PBC] устанавливаем в положение "For Individual"</p> <p>Убираем галочку с "Miscellaneous"</p> <p>Surface Load Symbols устанавливаем Pressures</p> <p>Show pres and convect as устанавливаем Arrows</p> <p>> OK ></p> <p>В окне "Applied Boundary Conditions"</p> <p>U установить "Off"</p> <p>Rot установить "Off"</p> <p>F установить "Symbol+Value"</p> <p>M установить "Symbol+Value"</p> <p>> OK ></p> <p>В окне "Reactions"</p> <p>NFOR установить "Off"</p> <p>NMOM установить "Off"</p> <p>RFOR установить "Symbol+Value"</p> <p>RMOM установить "Symbol+Value"</p> <p>> OK ></p> <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Elements</p> <p>При необходимости корректируйте масштаб кнопками  или .</p> <p>Получаем тот же результат, что и на рис. 1. (числа, выделенные синим цветом).</p> <p>В рабочем поле видим следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Красным цветом начерчены сосредоточенные и распределённые внешние силы; - Фиолетовым цветом начерчен вектор реактивного момента; - Малиновым цветом нарисована реактивная сила. 	

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

№	Действие	Результат
20	<p><i>Цветовая шкала будет состоять из десяти цветов:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Contours > Uniform Contours > NCONT пишем 10</p> <p>> OK</p>	
21	<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>> OK ></p> <p>> Close</p> <p>Закрываем таблицу результатов:</p> <p>Close</p>	

№	Действие	Результат
22	<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. 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>	
23	<p><i>Конечный элемент, построенный по линии L1:</i></p> <p>Прорисовываем: U_M > Plot > Replot Выделяем нужный конечный элемент: U_M > Select > Entities > Устанавливаем "Elements" и "By Num/Pick" Селектор на "From Full" > OK</p>  <p>Кликаем левой кнопкой мыши на левый ригель > OK</p> <p>Прорисовываем: U_M > Plot > Replot</p> <p>Видим часть общей эпюры на выделенном элементе. Значение показывают MIN и MAX.</p> <p>Выделяем всё, что есть: U_M > Select > Everything</p>	

№	Действие	Результат
24	<p><i>Конечный элемент, построенный по линии L2:</i></p> <p>Прорисовываем: U_M > Plot > Replot</p> <p>Выделяем нужный конечный элемент:</p> <p>U_M > Select > Entities ></p> <p>Устанавливаем "Elements" и "By Num/Pick"</p> <p>Селектор на "From Full"</p> <p>> ОК</p> <p>Кликаем левой кнопкой мыши на стойку</p> <p>> ОК</p> <p>Прорисовываем: U_M > Plot > Replot</p> <p>Видим часть общей эпюры на выделенном элементе.</p> <p>Выделяем всё, что есть: U_M > Select > Everything</p>	
25	<p><i>Конечный элемент, построенный по линии L3:</i></p> <p>Прорисовываем: U_M > Plot > Replot</p> <p>Выделяем нужный конечный элемент:</p> <p>U_M > Select > Entities ></p> <p>Устанавливаем "Elements" и "By Num/Pick"</p> <p>Селектор на "From Full"</p> <p>> ОК</p> <p>Кликаем левой кнопкой мыши на нижний ригель</p> <p>> ОК</p> <p>Прорисовываем: U_M > Plot > Replot</p> <p>Видим часть общей эпюры на выделенном элементе.</p> <p>Выделяем всё, что есть: U_M > Select > Everything</p>	

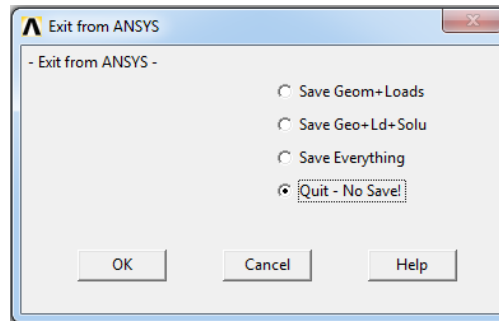
№	Действие	Результат
26	<p><i>Конечный элемент, построенный по линии L4:</i></p> <p>Прорисовываем: U_M > Plot > Replot</p> <p>Выделяем мышью (левая кнопка) нужные конечные элементы:</p> <p>U_M > Select > Entities ></p> <p>Устанавливаем "Elements" и "By Num/Pick"</p> <p>Селектор на "From Full"</p> <p>> OK</p> <p>Последовательно кликаем левой кнопкой мыши на каждый из десяти элементов правого ригеля.</p> <p>> OK</p> <p>Прорисовываем: U_M > Plot > Replot</p> <p>Видим часть общей эпюры на выделенных элементах.</p> <p>Выделяем всё, что есть: U_M > Select > Everything</p>	 <p>1 LINE STRESS STEP=1 SUB =1 TIME=1 SMIS6 SMIS12 MIN =-2 ELEM=4 MAX =.609E-13 ELEM=13</p> <p>2 6 7 8 9 10 11 12 13 14 5</p> <p>-2 -1.6 -1.2 -.8 -.4 .611E-13</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.