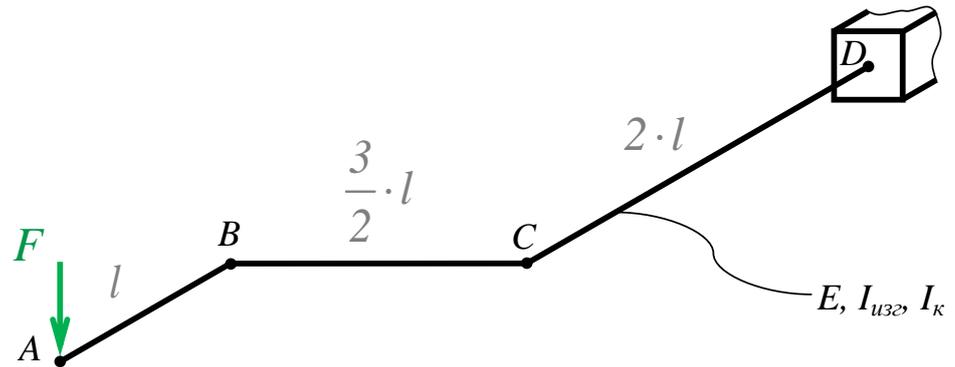


N-01 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: $E, F, l, I_{uz2}, I_k, \nu=0,25$.

Консольная односвязная плоскопространственная рама, собранная из стержней постоянного поперечного сечения, нарушенная на конце сосредоточенной силой.

Найти: Построить эпюры внутреннего изгибающего M_z и внутреннего крутящего $M_{кр}$ моментов в поперечных сечениях стержней рамы.

Аналитический расчёт (см. [N-01](#)) даёт следующие решения:

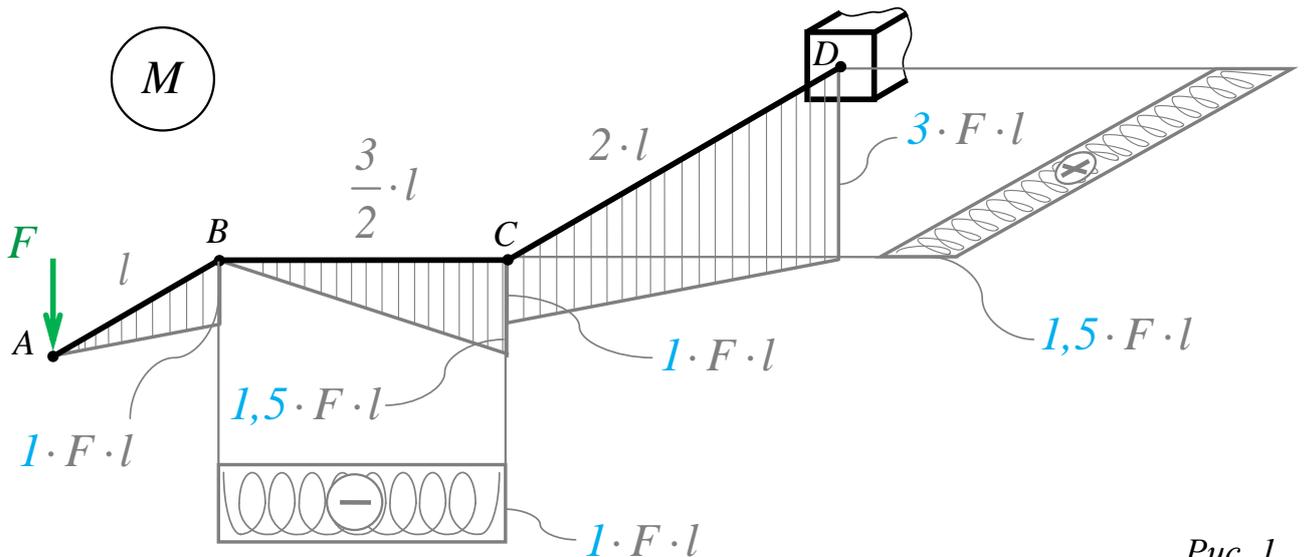


Рис. 1.

Задача данного примера: при помощи ANSYS Multiphysics получить этот же результат методом конечных элементов.

Предварительные настройки:

Для решения задачи используется ANSYS Multiphysics 14.0:

ANSYS Command Prompt (C_P)

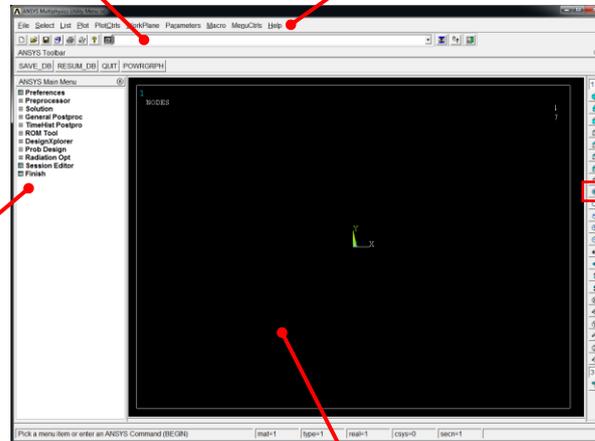
Utility Menu (U_M)

Main Menu
(M_M)

Кнопка

Fit

Рабочее поле

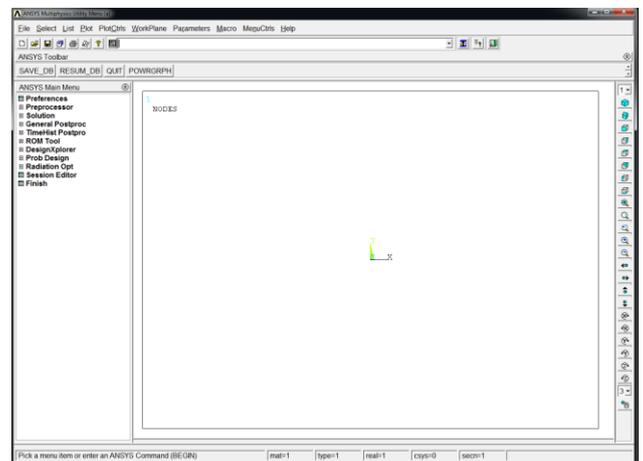


С меню M_M и U_M работают мышью, выбирая нужные опции.

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

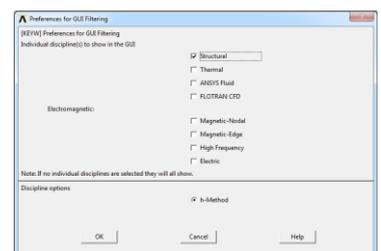
Чёрное рабочее поле не всегда приятно для глаза. Кроме того, оно неудобно для печати рисунков. Меняем чёрный цвет фона на белый следующими действиями:

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



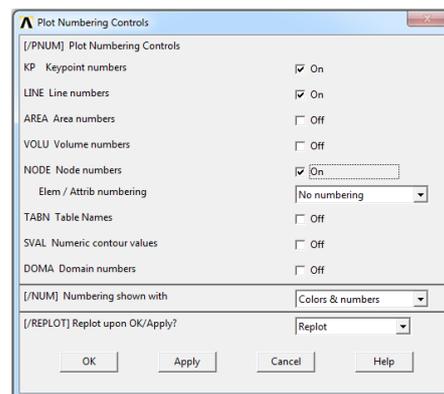
Убрать пункты меню, относящиеся к расплавам, магнитам и так далее, оставить только относящиеся к прочностным расчётам:

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



При построениях полезно видеть номера точек и линий твердотельной модели, узлы модели конечноэлементной:

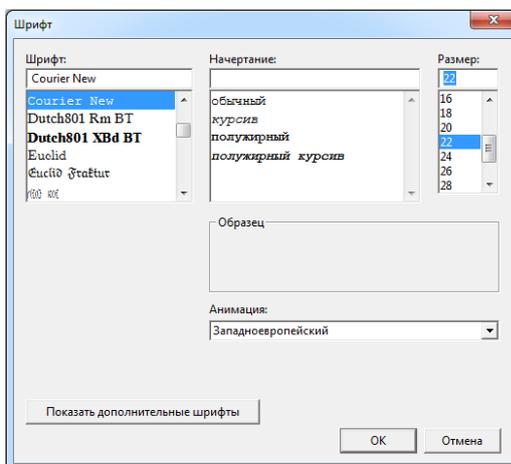
```
U_M > PlotCtrls > Numbering >
Отметить KP, LINE, NODE ;
Установить Elem на "No numbering";
Установить [/NUM] на "Colors & numbers"
> OK
```



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
```

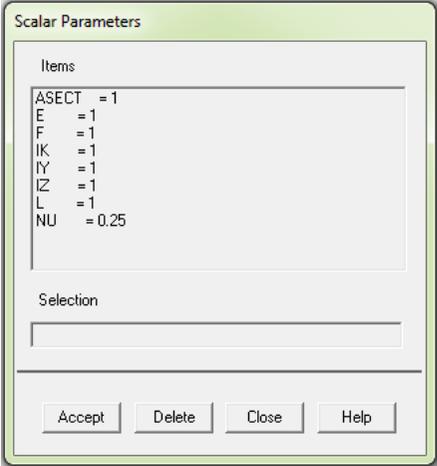
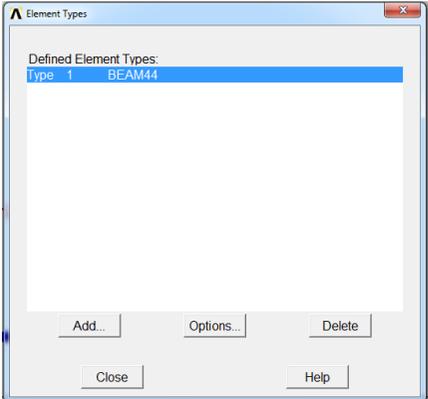


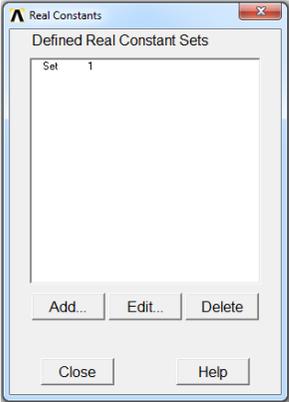
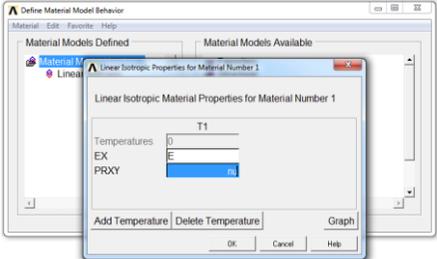
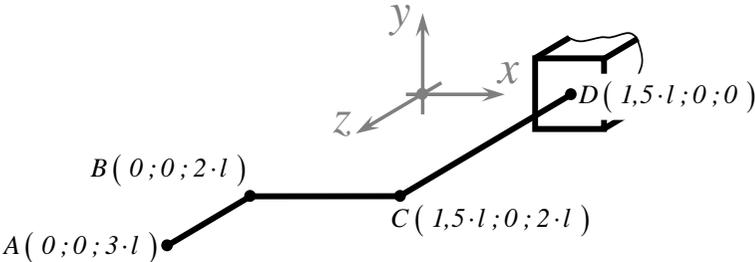
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

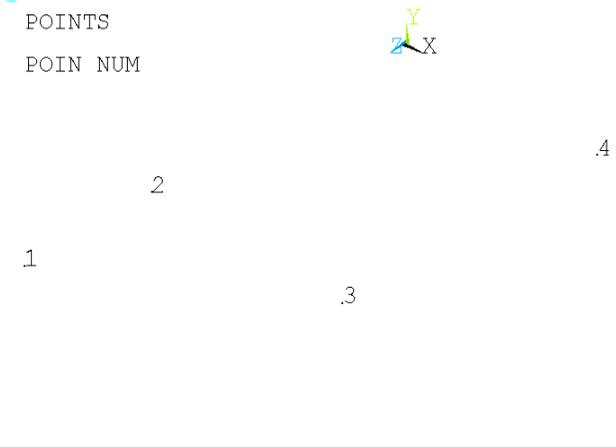
Решение задачи:

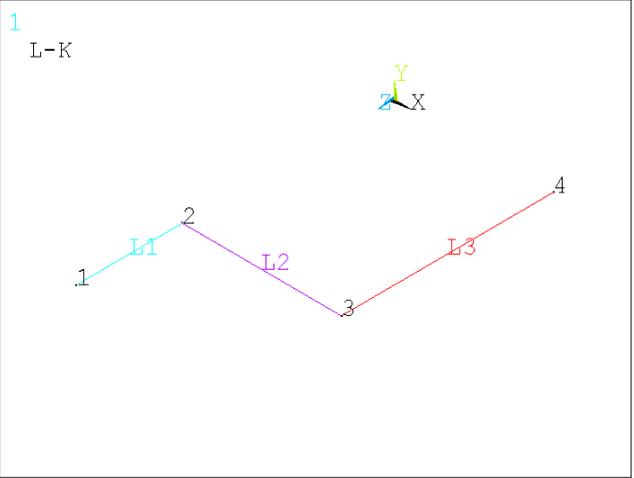
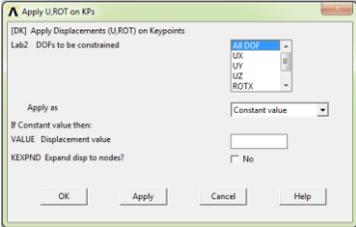
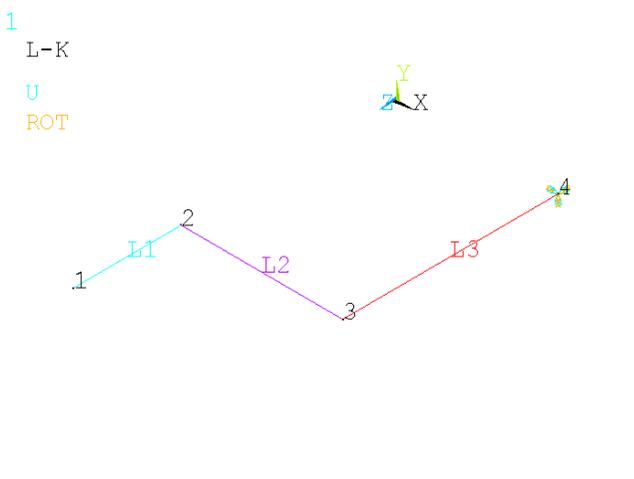
Параметрам задачи, входящим в формулы (F и l) присваиваем значение 1 . Тогда результатами расчёта будут коэффициенты перед формулами (рис. 1., синим цветом).

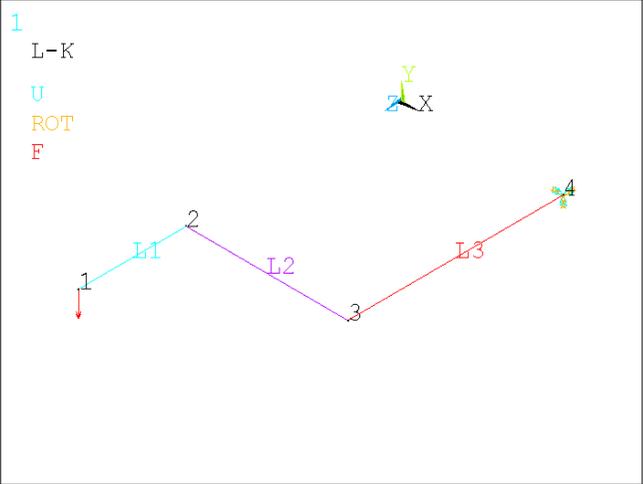
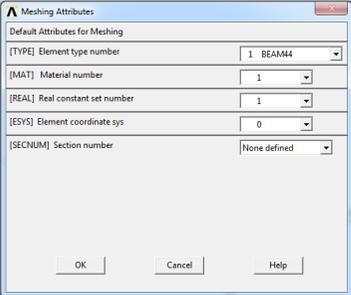
Параметры E , A , I_{yz} (относительно обеих поперечных осей элемента y и z) I_{kp} и ν на результат не влияют, но формально должны быть заданы положительными. Например, тоже единицами.

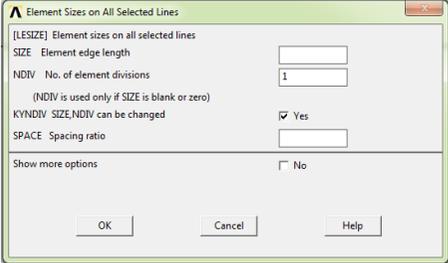
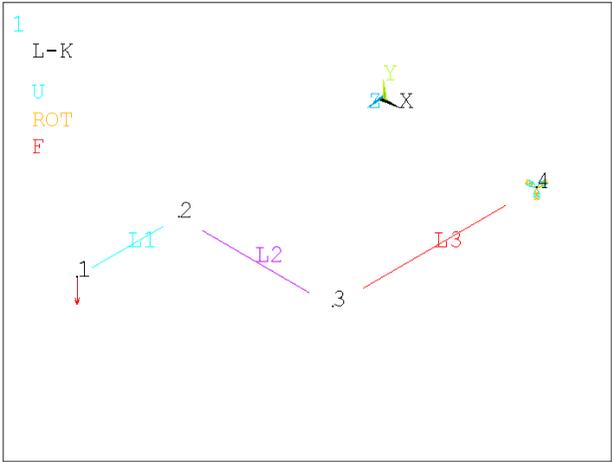
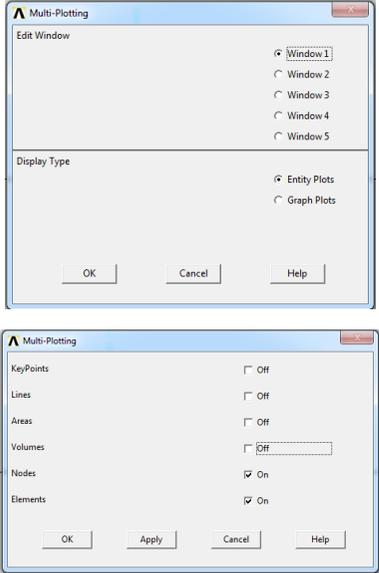
№	Действие	Результат
1	<p><i>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</i></p> <pre> U_M > Parameters > Scalar Parameters > F=1 > Accept > l=1 > Accept > E=1 > Accept > ASect =1e6 > Accept > Iz=1 > Accept > Iy=1 > Accept > Ik=1 > Accept > nu=0.25 > Accept > > Close </pre>	
2	<p><i>Первая строка в таблице конечных элементов – балочный тип BEAM44:</i></p> <pre> M_M > Preprocessor C_P > ET, 1, BEAM44 > Enter </pre> <p>Посмотрим таблицу конечных элементов:</p> <pre> M_M > Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete > Close </pre>	

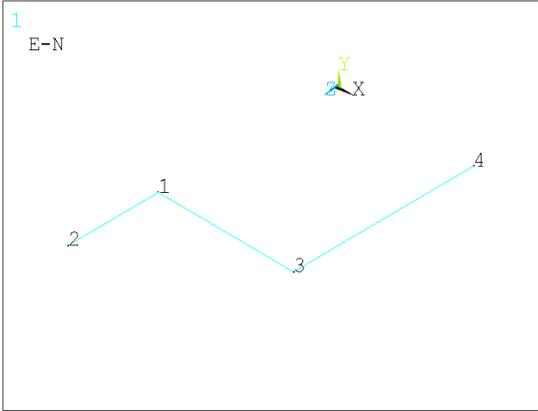
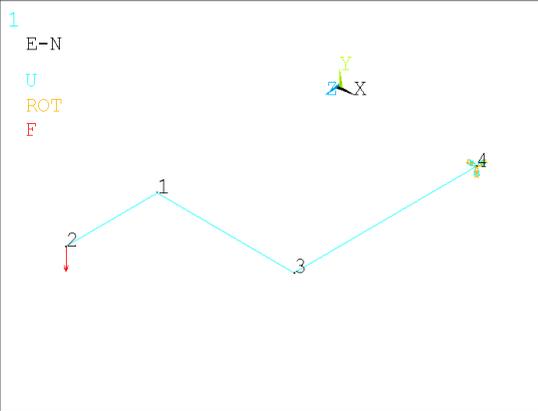
№	Действие	Результат
3	<p><i>Реальные константы для элемента BEAM44:</i></p> <p>C_P > R,1,ASect,Iz,Iy,L/100,L/100,Ik > Enter</p> <p>Посмотрим таблицу реальных констант:</p> <p>M_M > Preprocessor > Real Constants > Add/Edit/Delete > Close</p>	
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент 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 «Define Material Model Behavior».</p>	
<p>Основная система. Трёхмерное моделирование:</p>		
5	<p><i>Координаты узлов рамы:</i></p> <p>Создаём трёхмерную модель в плоскости x-z.</p> <p>Определяемся с положением узлов рамы относительно глобальной декартовой системы координат.</p>	

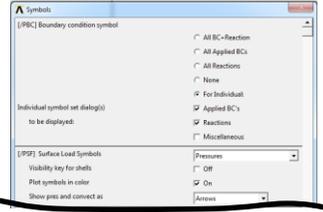
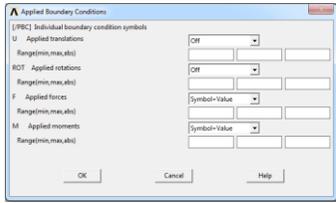
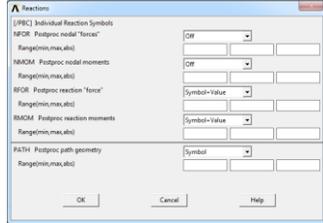
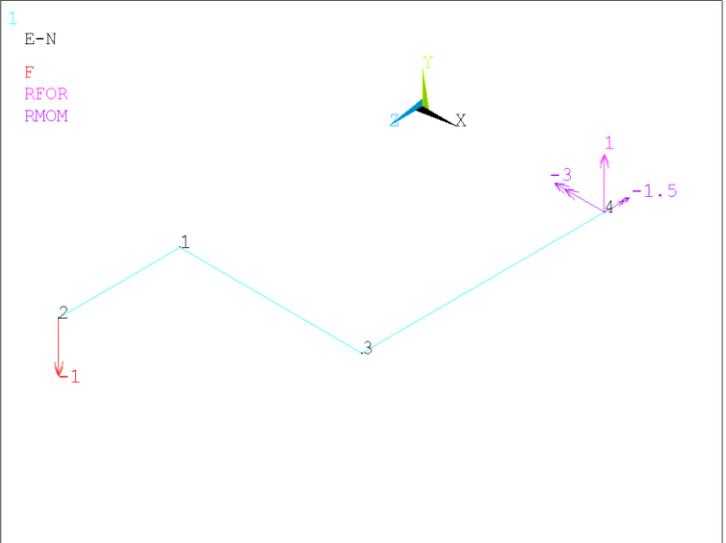
№	Действие	Результат
6	<p><i>Изометрия:</i></p>  - изометрия;  - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).	<pre>1 NODES NODE NUM</pre> 
7	<p><i>Ключевые точки A→1, B→2, C→3 и D→4:</i></p> <p>M_M> Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS> NPT пишем 1 X,Y,Z пишем 0,0,3*l > Apply > NPT пишем 2 X,Y,Z пишем 0,0,2*l > Apply > NPT пишем 3 X,Y,Z пишем 1.5*l,0,2*l > Apply > NPT пишем 4 X,Y,Z пишем 1.5*l,0,0 > ОК</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>  - автоформат.	<pre>1 POINTS POIN NUM</pre> 

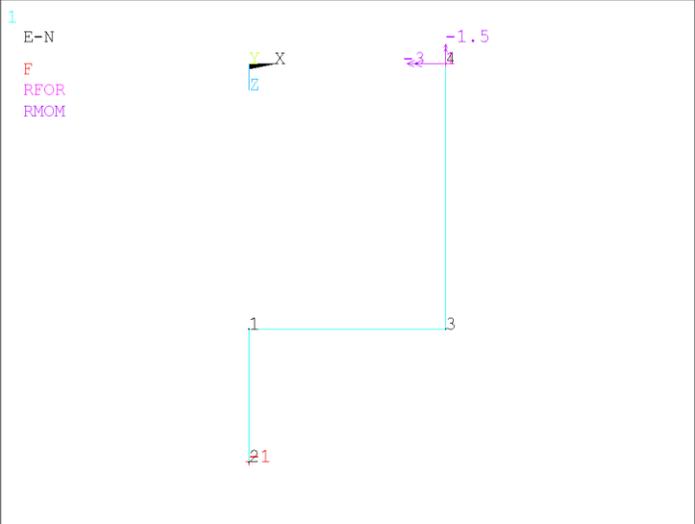
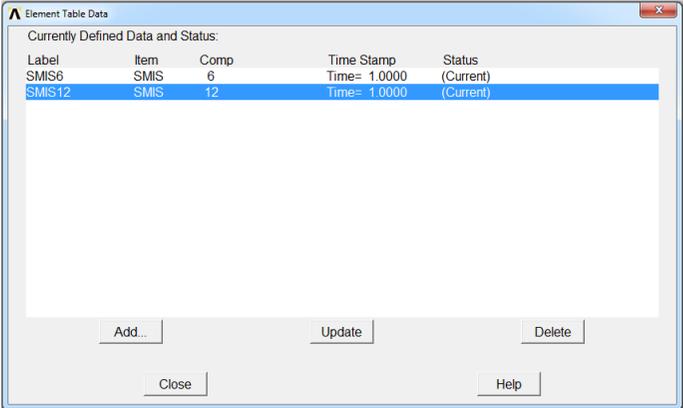
№	Действие	Результат
8	<p><i>Оси стержневой рамы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line ></p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно нажать на ключевые точки: 2 и 1 2 и 3 4 и 3 > ОК</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
9	<p><i>Заделка в точке D:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на 4 ключевую точку > ОК ></p> <p>Lab2 установить "All DOF" > ОК</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p> 	

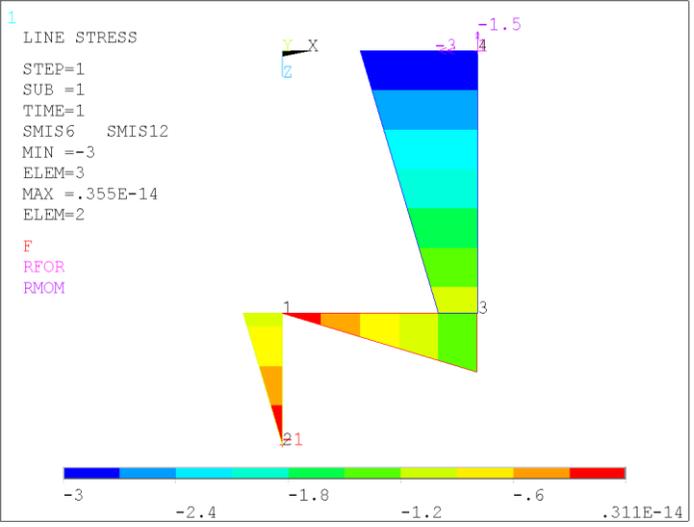
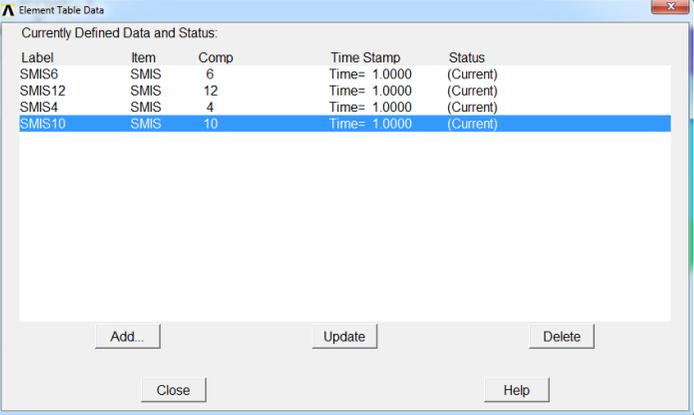
№	Действие	Результат
10	<p><i>Нагрузка (сосредоточенная сила в точке А):</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Force/Moment > On Keypoints > Left mouse button click on 1 keypoint > > OK > Lab установить "FY" VALU пишем -F > OK</p>  <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
<p>Конечноэлементная модель основной системы.</p>		
11	<p><i>Указываем материал, тип элементов и номер поперечного сечения:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh Attributes > All Lines > [TYPE] установить "1 BEAM44" [MAT] установить "1" [REAL] установить "1" > OK</p>	

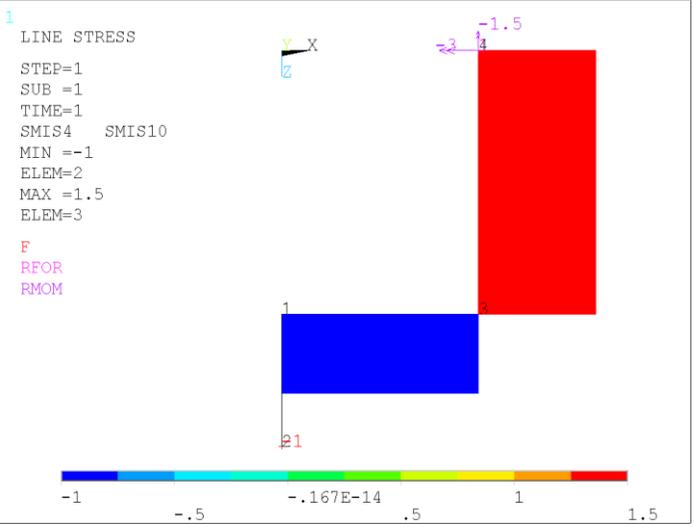
№	Действие	Результат
12	<p><i>Размер элементов:</i></p> <p>Линии без распределённых нагрузок можно бить одним конечным элементом:</p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrl > ManualSize > Lines > All Lines > NDIV пишем 1 > ОК</p> <p>Обновляем изображение:</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p> 	
13	<p><i>Указываем, что именно нужно теперь прорисовывать по команде Multi-Plots:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Multi-Plot Controls... > Появляется первое окно Multi-Plotting > ОК > Появляется второе окно Multi-Plotting > Оставляем в нём отметки только напротив Nodes и Elements > ОК</p>	

14	<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>	
15	<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> <p>Обновляем изображение:</p> <p>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. Белое закрываем, на сером нажимаем ОК. Расчёт пошёл. Когда он закончится, появится окно «Solution is done!». Закройте это окно. Расчёт окончен.</p>	

№	Действие	Результат
17	<p>Силовая схема:</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>Реакции в заделке хорошо согласуются со значением внутренних моментов в точке D на <i>рис. 1</i>.</p> <p>В рабочем поле видим следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Красным цветом начерчена сосредоточенная сила; - Фиолетовым цветом начерчен вектор реактивного момента; - Малиновым цветом нарисована реактивная сила. 	   

№	Действие	Результат
18	<p>Вид сверху:</p>  - вид сверху;  - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).	
19	<p>Цветовая шкала будет состоять из десяти цветов:</p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Contours > Uniform Contours > NCONT пишем 10 > OK</p>	
20	<p>Составление эпюры внутреннего изгибающего момента Mизг:</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>	

№	Действие	Результат
21	<p><i>Прорисовка эпюры Мизг:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Line Elem Res > LabI установить "SMIS6" LabJ установить "SMIS12" Fact пишем 1 > ОК</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1</i>. (только числа, выделенные синим цветом). Значения показывает цветовая шкала.</p> <p>Можете рисунок эпюры сделать крупнее: коэффициент Fact установите 2 или 3.</p>	
22	<p><i>Составление эпюры внутреннего крутящего момента Мкр:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Add > "By sequence num", "SMISC,", "4" > Apply > "By sequence num", "SMISC,", "10" > ОК > > Close</p> <p>Смотрим таблицу результатов:</p> <p>M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Close</p>	

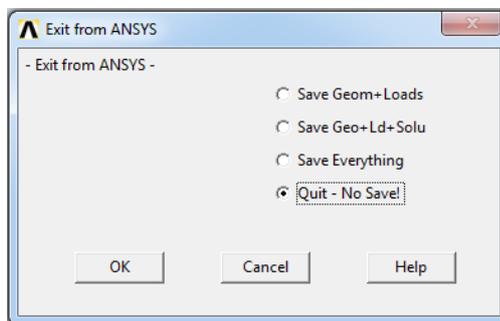
№	Действие	Результат
23	<p><i>Прорисовка этюры Мкр:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Line Elem Res > LabI установить "SMIS4" LabJ установить "SMIS10" Fact пишем 1 > ОК</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1</i>. (только числа, выделенные синим цветом). Значения показывает цветовая шкала.</p>	 <pre data-bbox="1400 247 1568 542"> 1 LINE STRESS STEP=1 SUB =1 TIME=1 SMIS4 SMIS10 MIN =-1 ELEM=2 MAX =1.5 ELEM=3 F RFOR RMOM </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”, “.stat” и “.SECT”.

Интерес представляют “.db” (файлы модели), “.rst” (файл результатов расчёта) и файл “.SECT” (поперечное сечение), остальные файлы промежуточные, их можно удалить.