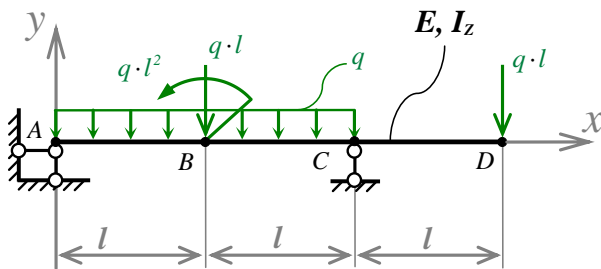


G-08, G-09 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: Шарнирно опёртая балка постоянной жёсткости нагружена распределённой силой q , силами $q \cdot l$ и моментом $q \cdot l^2$.

E – модуль упругости материала;

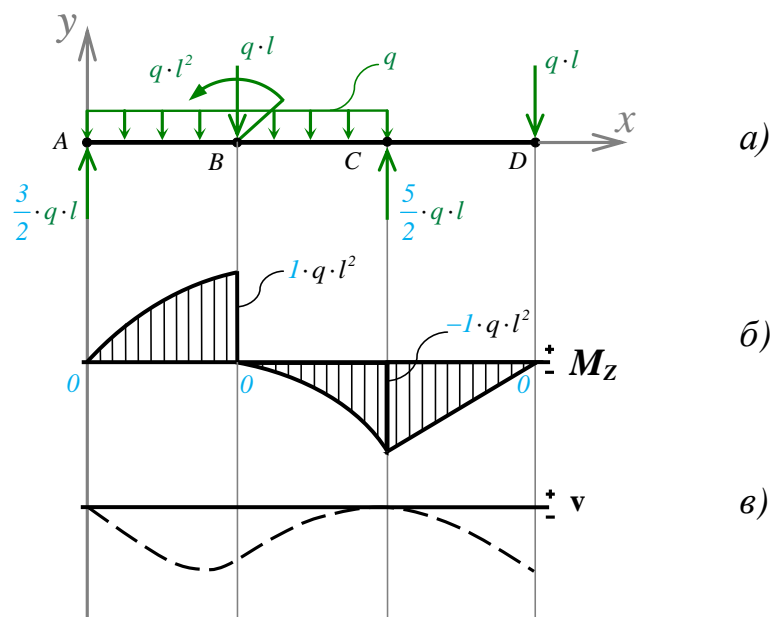
I_z – изгибный момент инерции.

Найти: Эпюру внутреннего изгибающего момента M_z ;

Форму упругой оси нагруженной балки;

$v_B = ?$, $\theta_B = ?$

В конспекте [G-08](#), [G-09](#), [G-18](#) построена эпюра внутреннего изгибающего момента, вычислены линейное и угловое перемещения точки B , изображён примерный вид изогнутой оси:



$$v_B = \frac{1}{8} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_z} = 0,125 \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_z} \quad - \text{вниз}; \quad \text{з)}$$

$$\theta_B = \frac{1}{4} \cdot \frac{q \cdot l^3}{E \cdot I_z} = 0,25 \cdot \frac{q \cdot l^3}{E \cdot I_z} \quad - \text{против часовой стрелки}. \quad \text{д)}$$

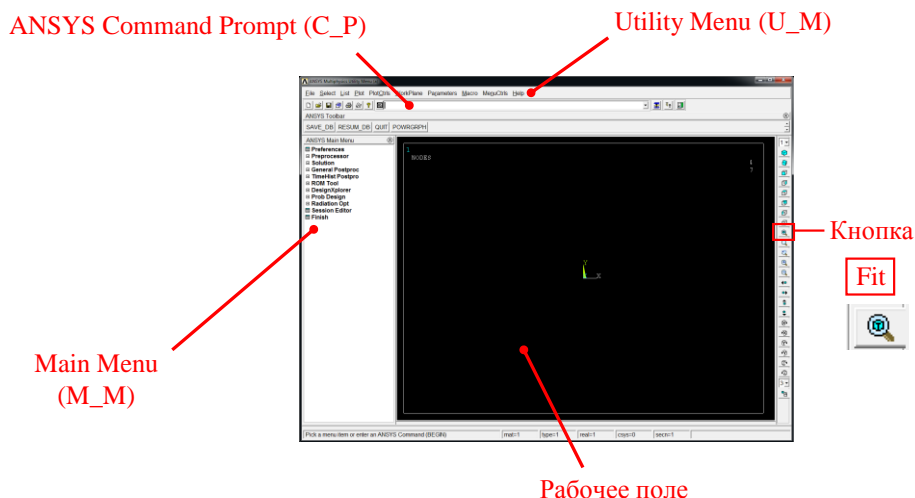
Рис. 1.

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

<http://www.tychina.pro/библиотека-задач-1/>

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:

```
U_M > PlotCtrls > Numbering >
```

```
Отметить KP, LINE ;
```

```
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
```

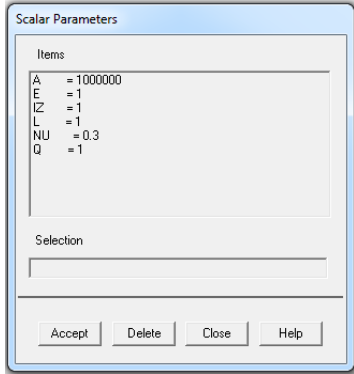
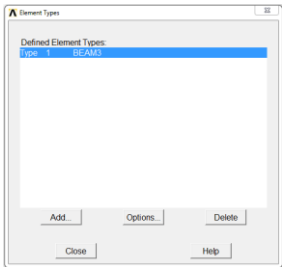
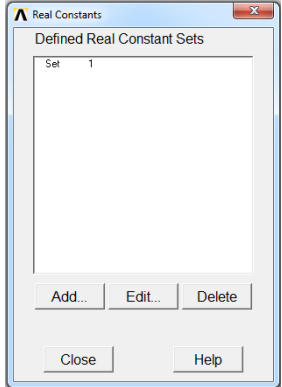
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
```

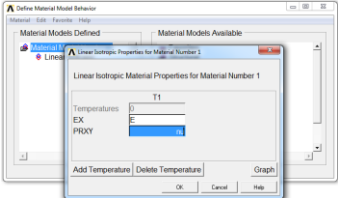


```
Установить «Размер» на «22» > OK
```

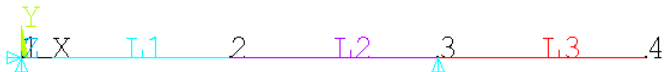
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

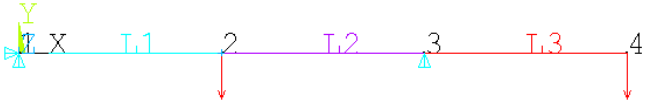


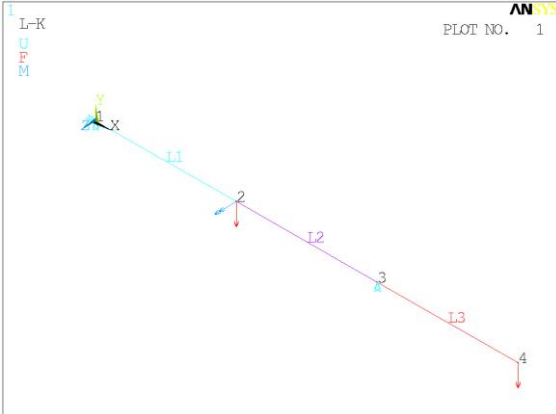
Решение задачи:

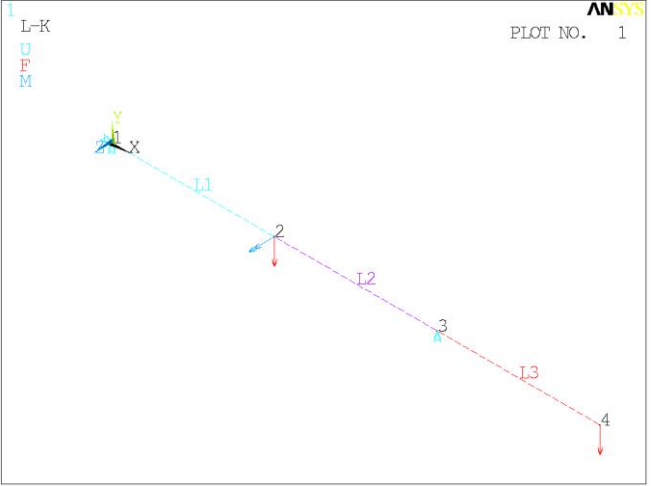
Приравняв E , I_z , q и l к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

№	Действие	Результат
1	<p>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</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>Первая строчка в таблице конечных элементов – плоский балочный тип BEAM3:</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>Первая строчка в таблице параметров («реальных констант») выбранного типа конечного элемента: площадь поперечного сечения = A; момент инерции = I_z; высота = $l/100$.</p> <p>C_P > R, 1, A, I_z, $l/100$ > Enter</p> <p>Посмотрим таблицу реальных констант: M_M > Preprocessor > Real Constants > Add/Edit/Delete > Close</p>	

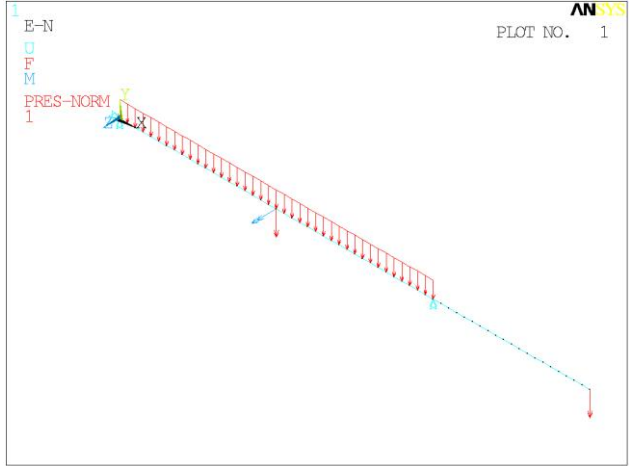
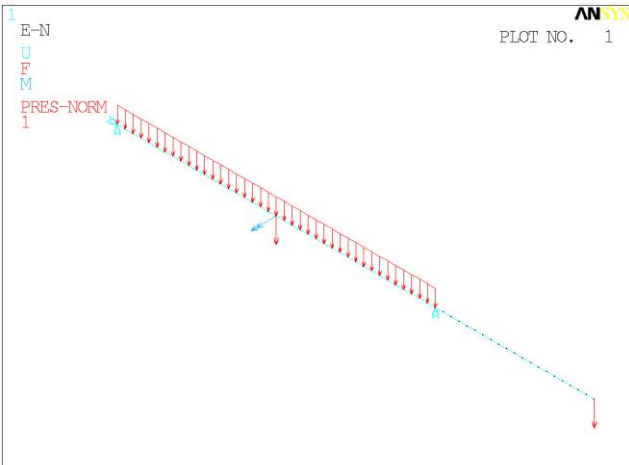
№	Действие	Результат
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic ></p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu"</p> <p>> OK</p> <p>Закрываем окно «Deine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

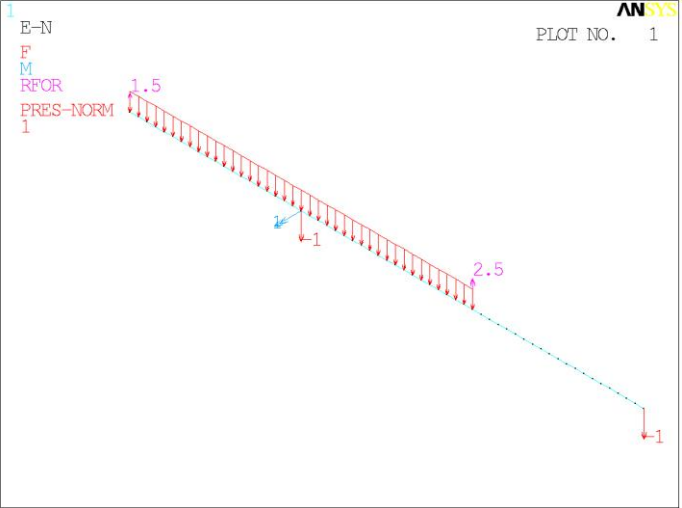
№	Действие	Результат
7	<p><i>Опоры:</i></p> <p>Левая: M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints > Левой кнопкой мыши нажать на 1 ключевую точку > OK > Lab2 установить "UX" и "UY" > OK</p> <p>Правая: M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints > Левой кнопкой мыши нажать на 3 ключевую точку > OK > Lab2 установить "UY" > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	



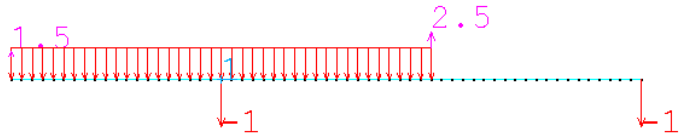
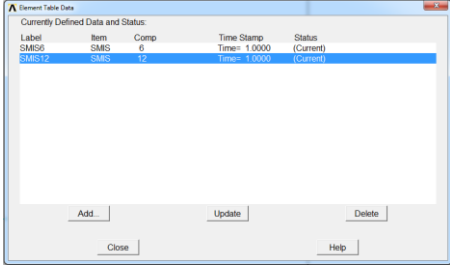

№	Действие	Результат
8	<p><i>Сосредоточенные внешний момент и внешние силы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Force/Moment > On Keypoints > Левой кнопкой мыши нажать на 2 ключевую точку > OK > Lab установить "MZ" VALUE установить "q*1**2" > Apply > Левой кнопкой мыши нажать на 2 ключевую точку > OK > Lab установить "FY" VALUE установить "-q*1" > Apply > Левой кнопкой мыши нажать на 2 ключевую точку > OK > Lab установить "FY" VALUE установить "-q*1" > OK</p>	
9	<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>	


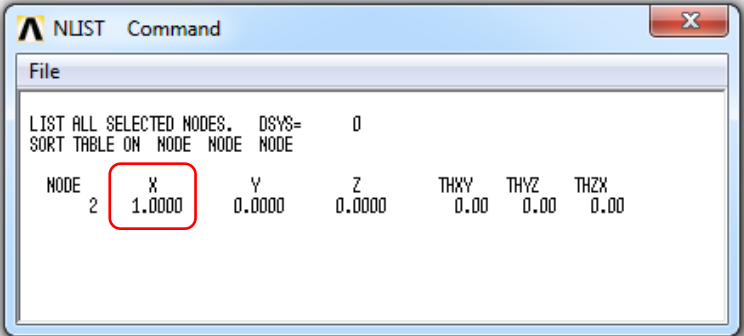
№	Действие	Результат
Конечноэлементная модель		
10	<p><i>Указываем материал, реальные константы и тип элементов:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh Attributes > All Lines > MAT установить "1" REAL установить "1" TYPE установить "1 BEAM3" > OK</p>	
11	<p><i>Размер конечных элементов:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Lines > All Lines > SIZE пишем L/20 > 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... > Появляется первое окно Multi-Plotting > OK ></p> <p>Появляется второе окно Multi-Plotting, оставляем в нём отметки только напротив Nodes и Elements > OK</p>	

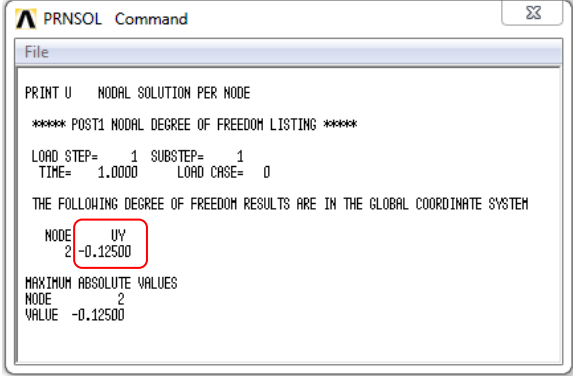
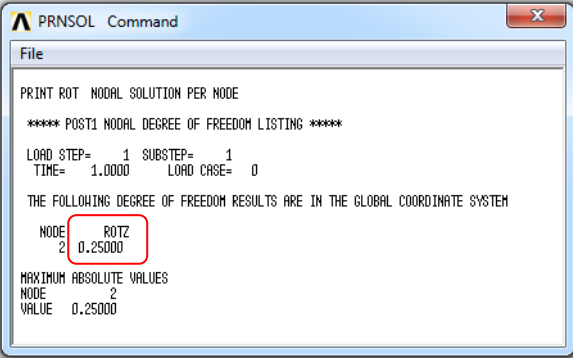
№	Действие	Результат
13	<p><i>Рабиваем линии на элементы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh > Lines > Pick All</p> <p>Обновляем изображение:</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Бирюзовым цветом изображены балочные элементы. Чёрные точки – это их узлы.</p>	
14	<p><i>Переносим на конечноэлементную модель нагрузки и закрепления с модели твердотельной:</i></p> <p>M_M > Loads > Define Loads > Operate > Transfer to FE > All Solid Lds > 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 элементы первого и второго участков от левого края до вектора внешнего момента > Apply ></p> <p>LKEY пишем 1</p> <p>VALI пишем q</p> <p>> OK</p> <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
16	<p><i>Скрываем оси системы координат:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Window Controls > Window Options > [/Triad] установить "Not Shown"</p> <p>> OK</p>	
Расчёт		
17	<p><i>Запускаем расчёт:</i></p> <p>M_M > Solution > Solve > Current LS</p> <p>Когда он закончится, появится окно «Solution is done!». Закройте это окно.</p>	

№	Действие	Результат
Просмотр результатов		
18	<p><i>Силовая схема:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Symbols > [/PBC] устанавливаем в положение "For Individual" Убираем галочку с "Miscellaneous" Surface Load Symbols устанавливаем Pressures Show pres and convect as устанавливаем Arrows > OK ></p> <p>В окне "Applied Boundary Conditions"</p> <p>U установить "Off" Rot установить "Off" F установить "Symbol+Value" M установить "Symbol+Value" > OK ></p> <p>В окне "Reactions"</p> <p>NFOR установить "Off" NMOM установить "Off" RFOR установить "Symbol+Value" RMOM установить "Symbol+Value" > OK</p> <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Elements</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1а</i>. (числа, выделенные синим цветом). В рабочем поле видим следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Красным цветом начерчена распределённая нагрузка; - Синим цветом начерчен вектор внешнего момента; - Малиновым цветом нарисованы реактивные силы. 	 <p>The image shows an ANSYS plot of a structural member. The member is a straight line sloping downwards from left to right. A distributed load is applied along the top surface, represented by a series of red arrows pointing downwards. A blue arrow representing a moment is applied at the top-left end of the member. At the bottom-right end, a red arrow pointing downwards represents a reaction force. At the top-right end, a magenta arrow pointing upwards represents a reaction force. The plot includes a legend on the left with the following items: E-N, F, M, RFOR, PRES-NORM, and 1. The plot number is 1. The values 1.5, 2.5, and -1 are labeled on the plot.</p>

№	Действие	Результат
19	<p><i>Цветовая шкала будет состоять из десяти цветов:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Contours > Uniform Contours > NCONT пишем 10 > OK</p>	
20	<p><i>Фронтальный вид:</i></p> <p> - вид спереди;  - автоформат (размер изображения по размеру окна рабочего поля).</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" > Apply > "By sequence num", "SMISC,", "12" > OK > > Close</p>	
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. 1в.</i> (только числа, выделенные синим цветом). Значения показывает цветовая шкала.</p> <p>Можете рисунок эпюры сделать крупнее: коэффициент Fact установите 4.</p>	

<p>23</p>	<p><i>Форма упругой оси нагруженной балки:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Plot Results > > Deformed Shape > KUND установить Def + undeformed > OK</p> <p>Это точная форма изогнутой оси. Сравните с приближённой на <i>рис. 1в</i>.</p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Displacement Scaling > DMULT устанавливаем "User specified" User specified factor увеличиваем в три раза с 0.3 до 1 > OK</p>	 <p>DISPLACEMENT PLOT NO. 1 STEP=1 SUB =1 TIME=1 DMX =.5</p>														
<p>24</p>	<p><i>Выделяем мышью узел конечноэлементной модели, соответствующий точке В:</i></p> <p>U_M > Select > Entities... > В окошке Select Entities установить "Nodes" "By Location" Точку верхнего селектора установить на «X coordinates» В окне Min,Max пишем координату X точки А: "L" Точку нижнего селектора установить на «From Full» > OK</p> <p>Проверяем, действительно ли выделен узел с координатой $X=L/2=0,5$</p> <p>U_M > List > Nodes... > OK</p> <p>Видим, кстати, что это узел №2. Закрываем окно NLIST Command</p>	 <p>NLIST Command</p> <p>File</p> <p>LIST ALL SELECTED NODES. DSYS= 0 SORT TABLE ON NODE NODE NODE</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>THXY</th> <th>THYZ</th> <th>THZX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	NODE	X	Y	Z	THXY	THYZ	THZX	2	1.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00
NODE	X	Y	Z	THXY	THYZ	THZX										
2	1.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00										

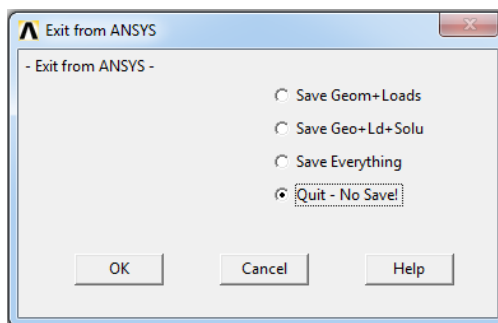
<p>25</p>	<p><i>Вертикальное перемещение узла №2:</i></p> <p>M_M > General Postproc > List Results > Nodal Solution > Nodal Solution > DOF Solution > Y-Component of displacement > OK</p> <p>Пропечаталась величина вертикального перемещения:</p> <p>UY=-0,125</p> <p>Отрицательная, значит, вниз. Результат совпадает с <i>рис. 1г</i>.</p>	
<p>26</p>	<p><i>Угол поворота узла №2:</i></p> <p>M_M > General Postproc > List Results > Nodal Solution > Nodal Solution > DOF Solution > Z-Component of rotation > OK</p> <p>Пропечаталась величина углового перемещения:</p> <p>ROTZ= 0,25</p> <p>Положительная, значит – против часовой стрелки. Результат совпадает с <i>рис. 1д</i>.</p> <p>Выделяем всё: U_M > Select > Everything</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.