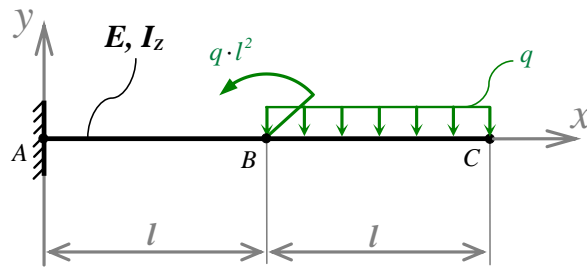


G-10 (ANSYS)

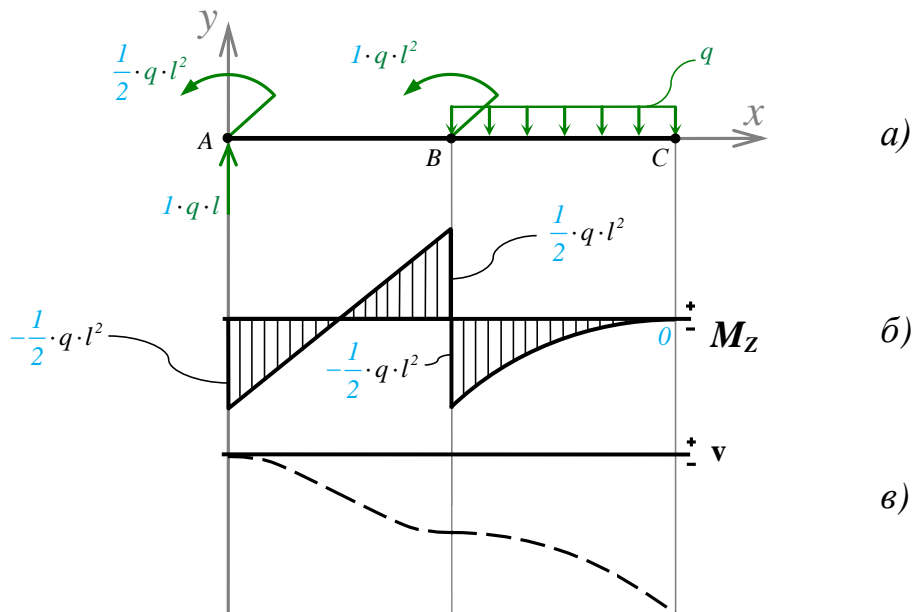
Формулировка задачи:



Дано: Консольная балка постоянной жёсткости нагружена моментом $q \cdot l^2$ и распределённой нагрузкой q .
 E – модуль упругости материала;
 I_z – изгибный момент инерции.

Найти: Эпюру внутреннего изгибающего момента M_z ;
 Форму упругой оси нагруженной балки;
 $v_C = ?$, $\theta_C = ?$

В конспектах [G-10](#) и [G-20](#) аналитически вычисляется эпюра внутреннего изгибающего момента, линейное и угловое перемещения точки C , изображается примерный вид изогнутой оси:



$$v_C = \frac{5}{24} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_z} = 0,2083 \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_z} \quad - \quad \text{áí è ç;} \quad \text{з)}$$

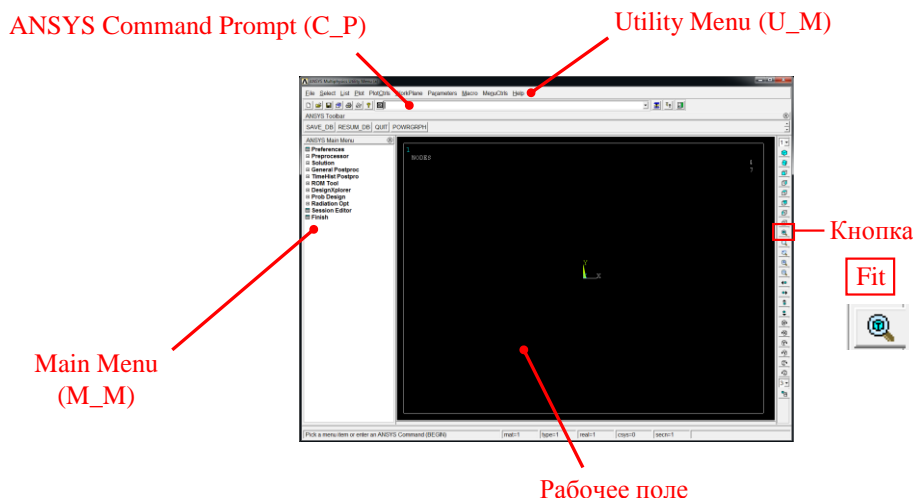
$$\theta_C = \frac{1}{6} \cdot \frac{q \cdot l^3}{E \cdot I_z} = 0,1667 \cdot \frac{q \cdot l^3}{E \cdot I_z} \quad - \quad \text{ï î ÷ à ñ ã ä é ò ð ñ ò ð ä ä ä ä.} \quad \text{д)}$$

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:



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
```

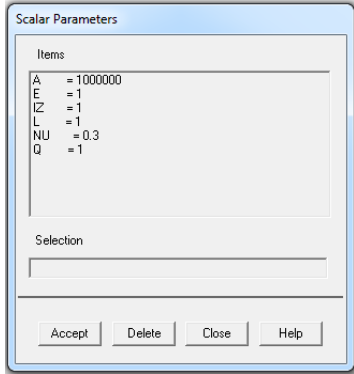
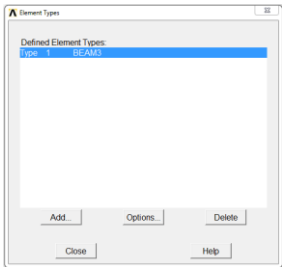
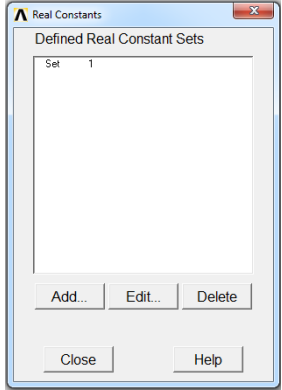
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
```

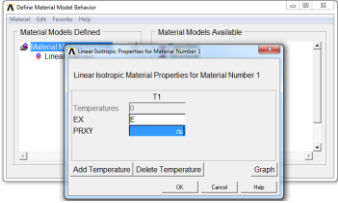

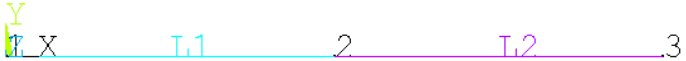
```
Установить «Размер» на «22» > OK
```

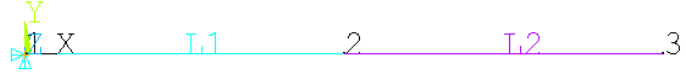
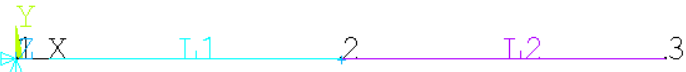


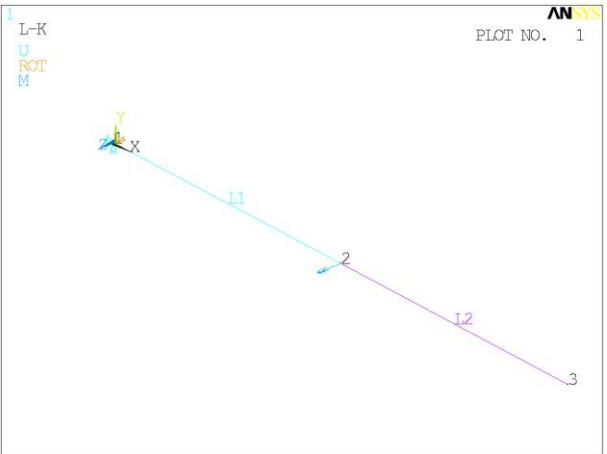
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

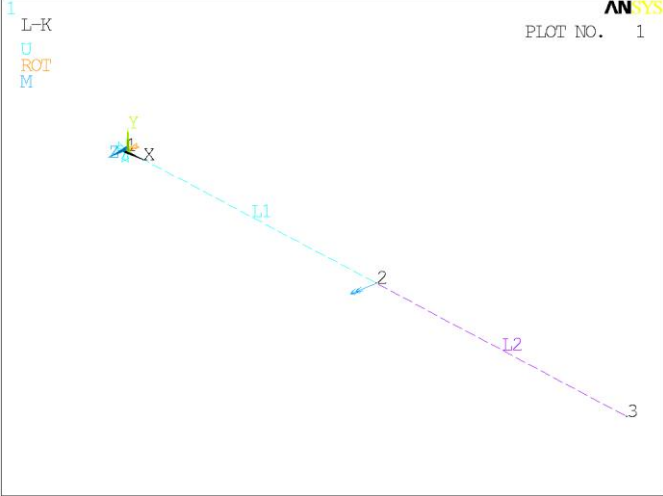
Решение задачи:

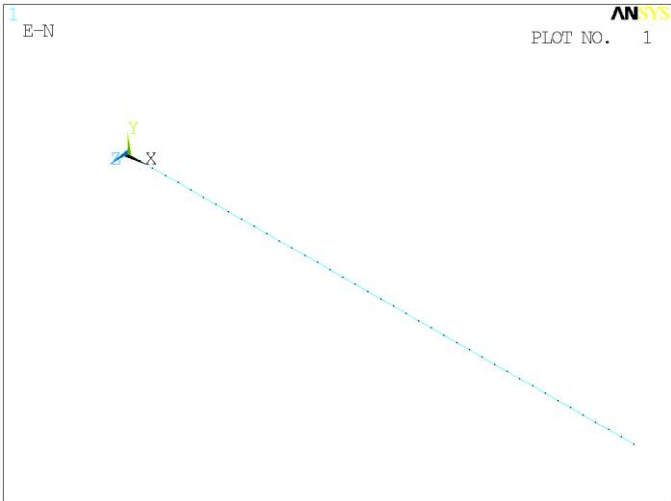
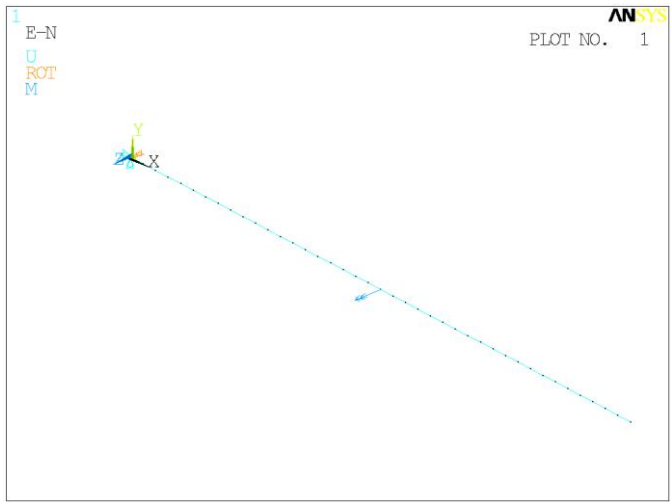
Приравняв E , I_z , q и l к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

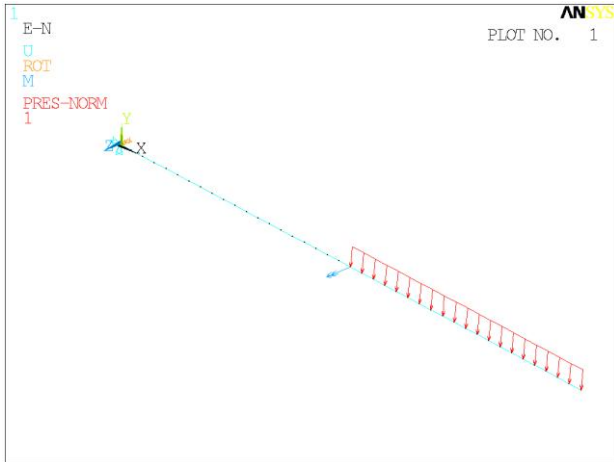
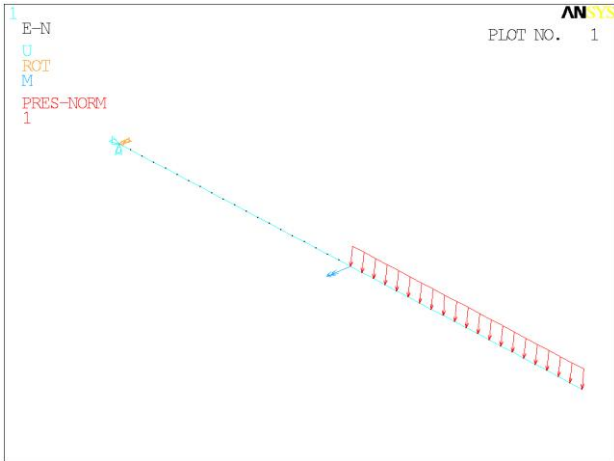
№	Действие	Результат
1	<p><i>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</i></p> <p>U_M > Parameters > Scalar Parameters > E=1 > Accept > A=1e6 > Accept > Iz=1 > Accept > q=1 > Accept > l=1 > Accept > nu=0.3 > Accept > > Close</p>	
2	<p><i>Первая строчка в таблице конечных элементов – плоский 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>	

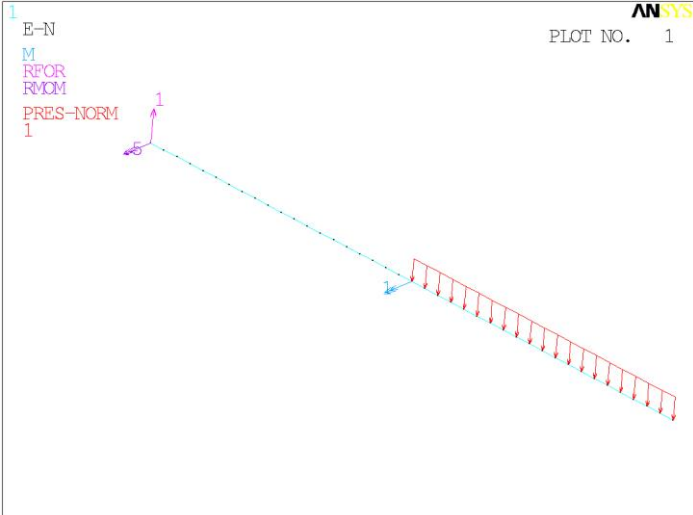
№	Действие	Результат
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic ></p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu" > OK</p> <p>Закрываем окно «Define Material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



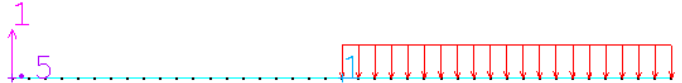
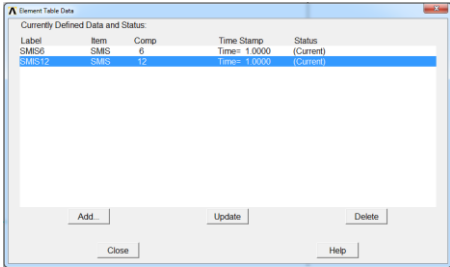
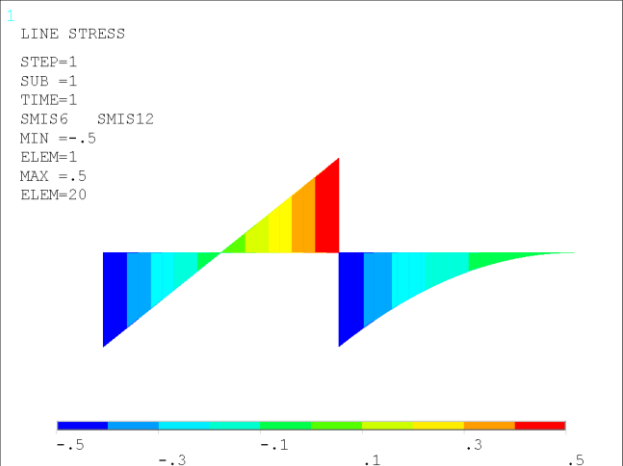
№	Действие	Результат
7	<p><i>Заделка:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints > Left mouse button click on 1 keypoint > > OK > Lab2 set "All DOF" > > OK</p> <p>Prorivayem vse, chto est: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
8	<p><i>Сосредоточенный внешний момент:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Force/Moment > On Keypoints > Left mouse button click on 2 keypoint > > OK > Lab set "MZ" & VALUE set "q*1**2" & > OK</p>	
9	<p><i>Изометрия:</i></p> <p>Do сих por modeli my rassmatrivali, ispolzuya frontalnyy vid («sboку»).</p> <p>Vektor izgibaющego momenta pri etom viden ploхо, a ego napravlenie ne opredelyetsya vovse. Menyam ugol zreniya: sprava ot rabochego polya nazhimaem knopki</p> <p> - izometriya;</p> <p> - avtoformat (razmer izobrazheniya po razmeru okna rabochego polya).</p>	


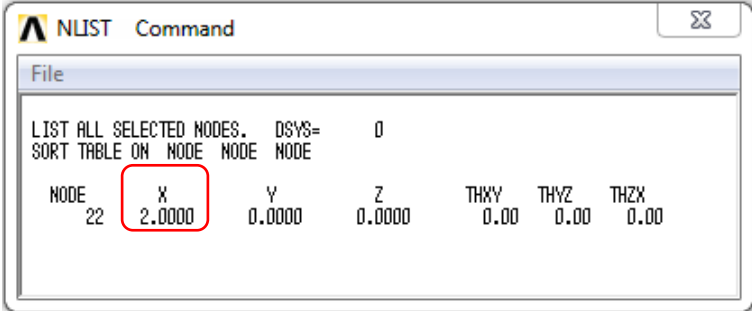
№	Действие	Результат
Конечноэлементная модель		
10	<p><i>Указываем материал, реальные константы и тип элементов:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh Attributes > All Lines > MAT установить "1" REAL установить "1" TYPE установить "1 BEAM3" > OK</p>	
11	<p><i>Размер конечных элементов:</i></p> <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>	 <p>The screenshot displays a 2D beam model in ANSYS. The beam is oriented along the X-axis, with nodes 1, 2, and 3 marked. Element L1 is between nodes 1 and 2, and element L2 is between nodes 2 and 3. The plot shows the results of a finite element analysis, with displacement (U) and rotation (ROT) values indicated by the color of the beam segments. The plot is titled 'ANSYS PLOT NO. 1'.</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>	

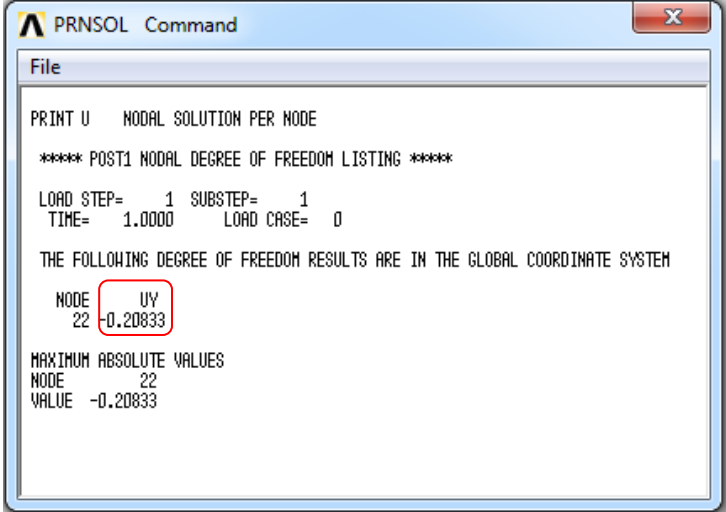
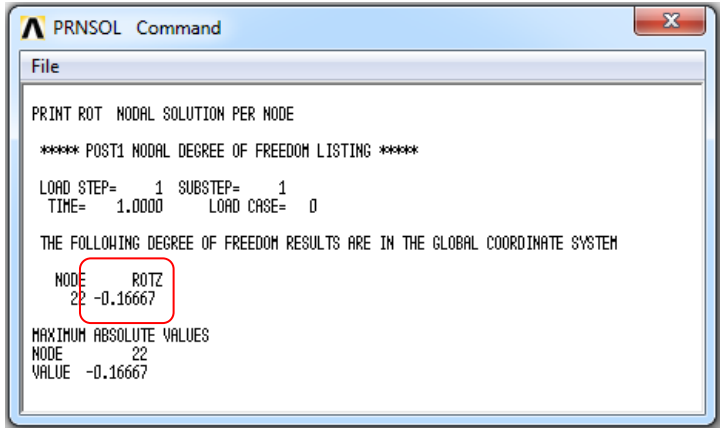
№	Действие	Результат
13	<p><i>Рабиваем линии на элементы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh > Lines > Pick All</p> <p>Обновляем изображение:</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Бирюзовым цветом изображены балочные элементы. Чёрные точки – это их узлы.</p>	
14	<p><i>Переносим на конечноэлементную 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>> ОК</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>> ОК</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. 	

№	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. Можете рисунок эпюры сделать крупнее: коэффициент Fact установите 4.</p>	 <pre> 1 LINE STRESS STEP=1 SUB =1 TIME=1 SMIS6 SMIS12 MIN =- .5 ELEM=1 MAX =.5 ELEM=20 </pre>

№	Действие	Результат														
23	<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>Для наглядности увеличиваем масштаб:</p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Displacement Scaling > DMULT устанавливаем "User specified" User specified factor увеличиваем в восемь раз с 0.48 до 4 > OK</p>															
24	<p><i>Выделяем мышью узел конечноэлементной модели, соответствующий точке С:</i></p> <p>U_M > Select > Entities... > В окошке Select Entities установить "Nodes" "By Num/Pick" Точку селектора установить на «From Full» > OK ></p> <p>Левой кнопкой мыши кликнуть на точку С на деформированной форме (самая низкая точка формы). Кстати, при этом в окошке Select nodes припишется номер узла в этой точке «Node No. = 22» > OK</p> <p>Проверяем, действительно ли выделен узел с координатой $X=2 \cdot l=2$</p> <p>U_M > List > Nodes... > OK</p> <p>Закрываем окно NLIST Command</p>	 <table border="1" data-bbox="1370 1038 2119 1350"> <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>22</td> <td>2.0000</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	22	2.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00
NODE	X	Y	Z	THXY	THYZ	THZX										
22	2.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00										

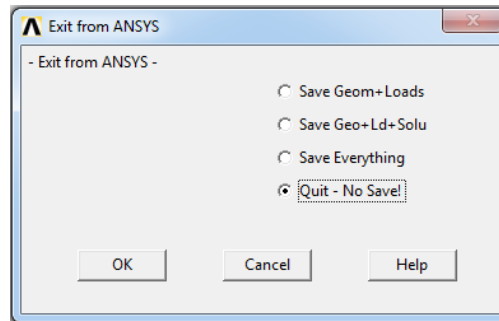
№	Действие	Результат
25	<p><i>Вертикальное перемещение узла №22:</i></p> <p>M_M > General Postproc > List Results > Nodal Solution > Nodal Solution > DOF Solution > Y-Component of displacement > OK</p> <p>Пропечаталась величина вертикального перемещения:</p> <p>UY=-0,2083</p> <p>Отрицательная, значит, вниз. Результат совпадает с <i>рис. 1г.</i></p>	
26	<p><i>Угол поворота узла №22:</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=-0,1667</p> <p>Отрицательная, значит – по часовой стрелке. 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.