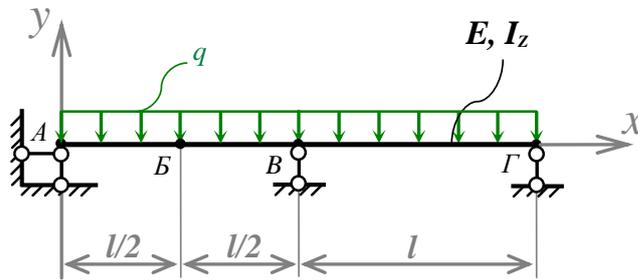


L-03 (ANSYS)

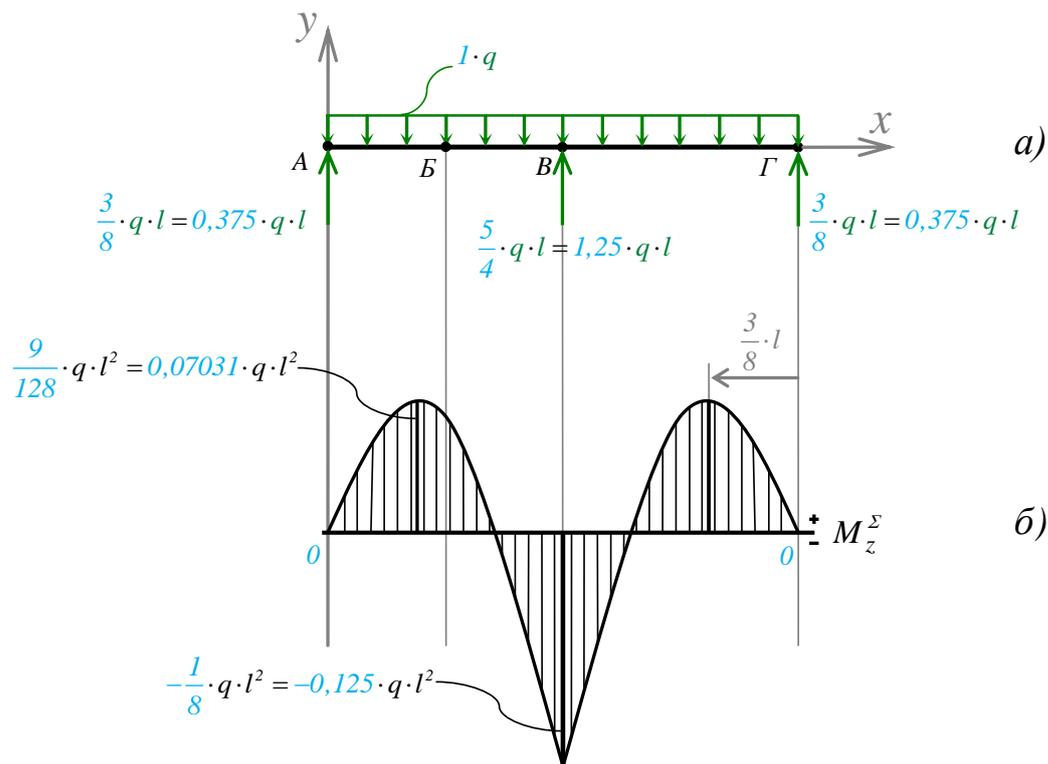
Формулировка задачи:



Дано: Статически неопределимая балка постоянной жёсткости с шарнирными опорами нагружена сосредоточенной силой силой F .
 E – модуль упругости материала;
 I_z – изгибный момент инерции.

Требуется: Построить эпюру внутреннего изгибающего момента M_z ;
 Определить вертикальное перемещение точки Б.

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



$$v_B = \frac{1}{192} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_z} = 0,005208 \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_z} \quad \text{— вниз.}$$

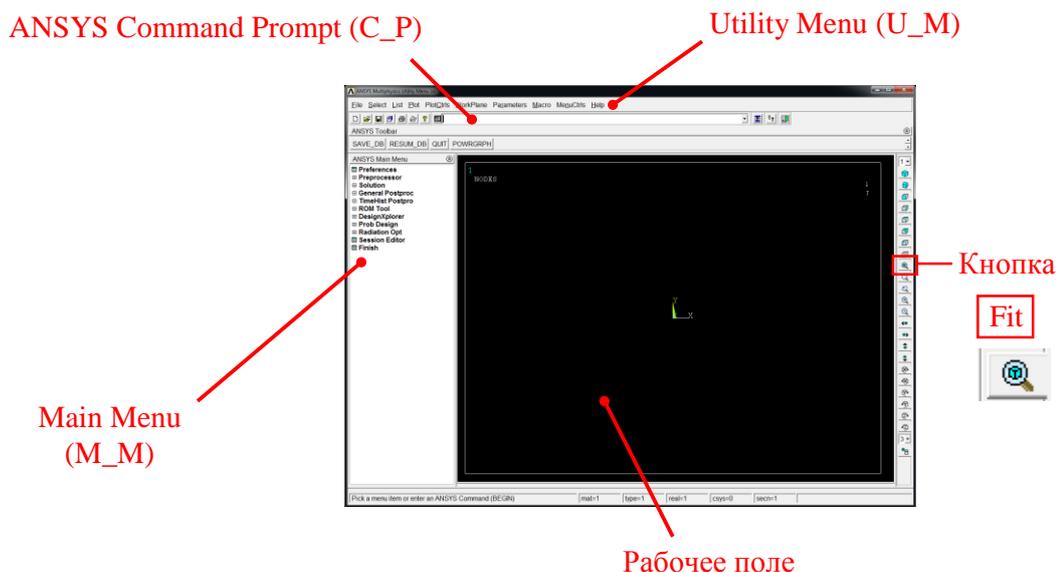
в)

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
```

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:

```
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
```

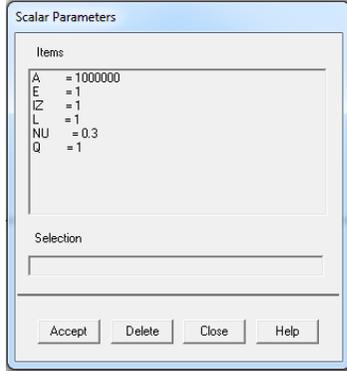
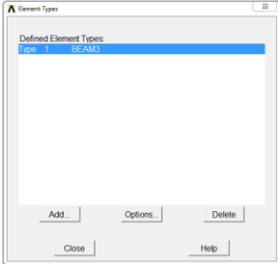
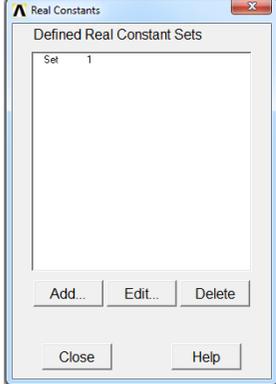
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
```

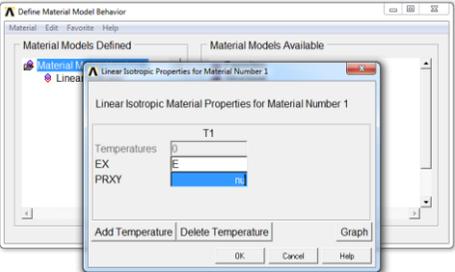
```
Установить «Размер» на «22»> OK
```

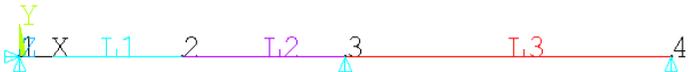
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

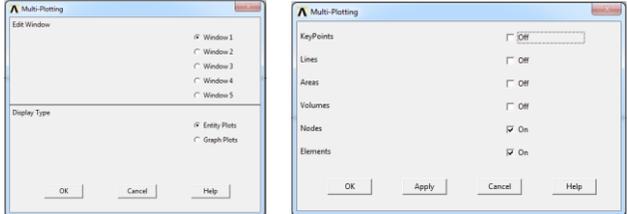
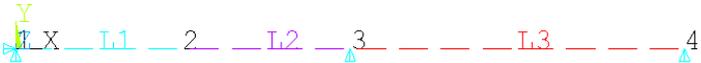
Решение задачи:

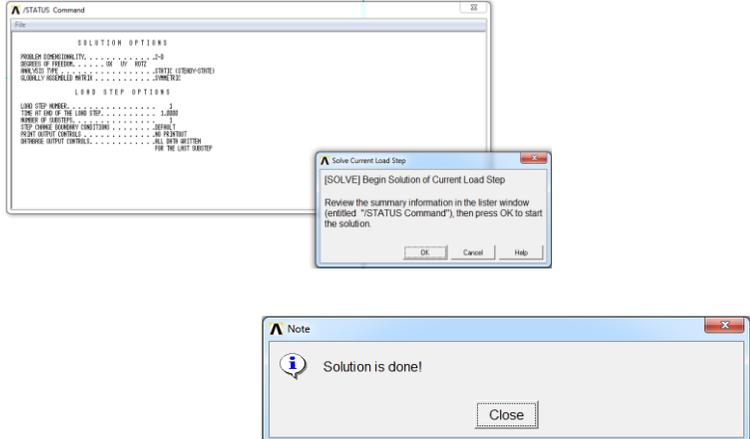
Приравняв E , I_z , q и l к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

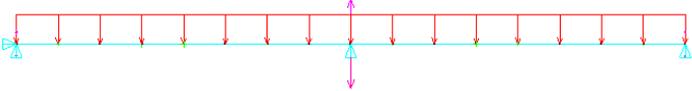
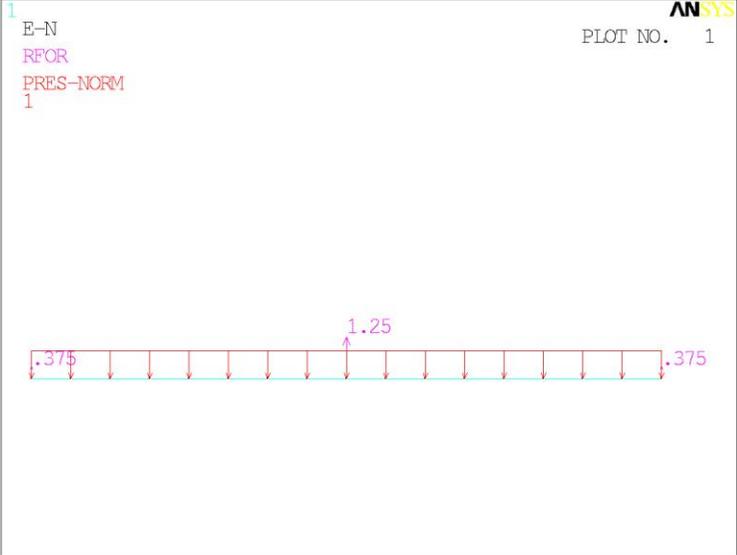
№	Действие	Результат
1	<p><i>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</i></p> <p>U_M > Parameters > Scalar Parameters > A=1e6 > Accept > E=1 > Accept > q=1 > Accept > Iz=1 > Accept > l=1 > Accept > nu=0.3 > Accept > > Close</p>	
2	<p><i>Первая строка в таблице конечных элементов – плоский 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 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 > R, 1, A, Iz, L/100 > Enter</p> <p>Посмотрим таблицу реальных констант: M_M > Preprocessor > Real Constants > Add/Edit/Delete > Close</p>	

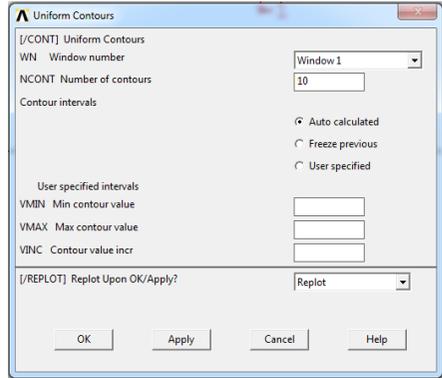
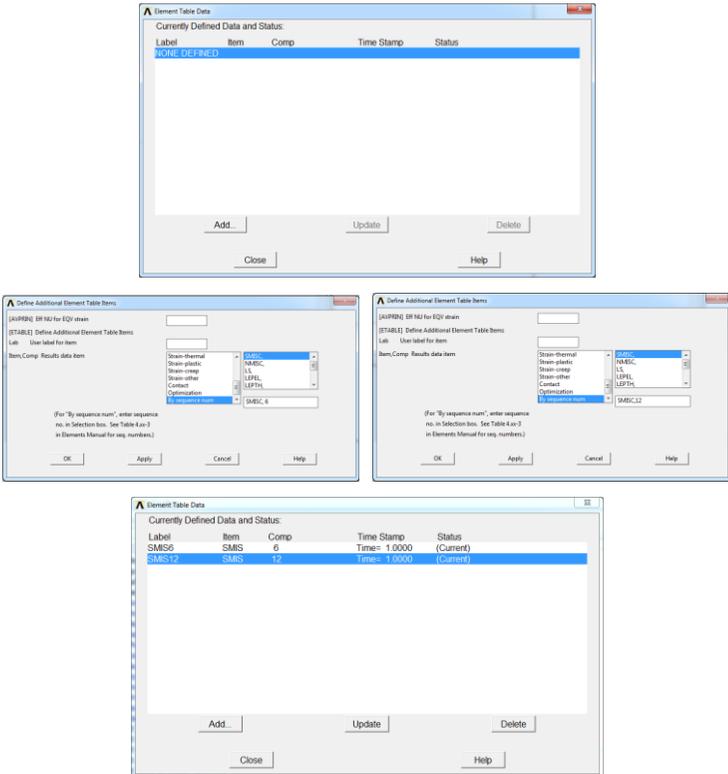
№	Действие	Результат
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic ></p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu"</p> <p>> OK</p> <p>Закрываем окно «Define Material Model Behavior».</p>	
<p>Твердотельное моделирование</p>		
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 l/2, 0, 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 > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть:</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Справа от рабочего поля нажимаем кнопку Fit .</p>	

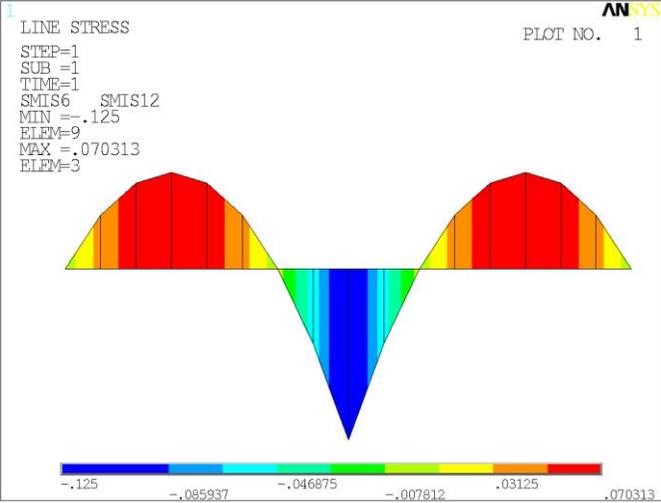
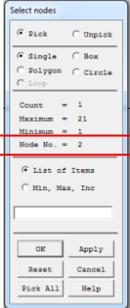
№	Действие	Результат
6	<p><i>Три участка – три линии:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line ></p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно нажать на ключевые точки: 1 и 2 2 и 3 3 и 4 > OK</p>	
7	<p><i>Опоры:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на ключевую точку 1 > OK ></p> <p>Lab2 установить "UX" Lab2 установить "UY" > Apply ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на ключевую точку 3 > OK ></p> <p>Lab2 установить "UY" > Apply ></p> <p>Левой кнопкой мыши нажать на ключевую точку 4 > OK ></p> <p>Lab2 установить "UY" > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	

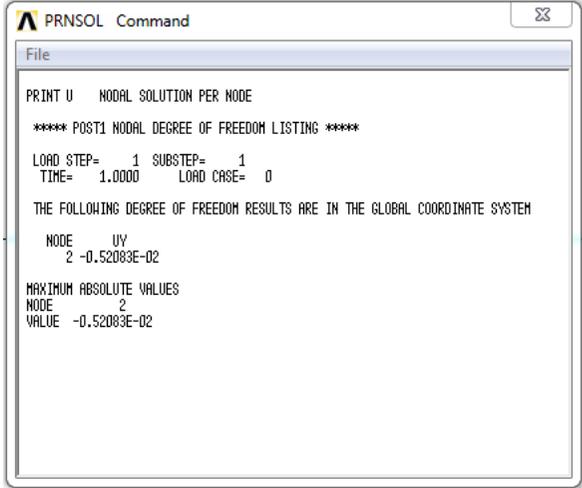
№	Действие	Результат
Конечноэлементная модель		
8	<p><i>Указываем материал, реальные константы и тип элементов:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh Attributes > All Lines > MAT установить "1" REAL установить "1" TYPE установить "1 BEAM3" > OK</p>	
9	<p><i>Указываем, что именно нужно теперь прорисовывать по команде Multi-Plots:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Multi-Plot Controls > Появляется первое окно Multi-Plotting > > OK > Появляется второе окно Multi-Plotting > Оставляем в нём отметки только напротив Nodes и Elements > OK</p>	
10	<p><i>Размер элемента 1/8 нам пригодится для расчёта расстояний:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Lines > All Lines > OK SIZE пишем 1/8 > OK</p>	
11	<p><i>Рабиваем линии на элементы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh > Lines > Pick All Обновляем изображение: U_M > Plot > Multi-Plots Бирюзовым цветом изображены балочные конечные элементы, чёрные точки - их узлы.</p>	

№	Действие	Результат
12	<p><i>Поперечная распределённая нагрузка q:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Pressure > On Beams > Pick All ></p> <p>LKEY пишем 1 VALI пишем q > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
13	<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: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
Расчёт		
14	<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		
15	<p><i>Скрываем оси системы координат:</i> U_M > PlotCtrls > Window Controls > Window Options > [/Triad] установить "Not Shown" > OK</p>	
16	<p><i>Силовая схема:</i> 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" U установить "Off" Rot установить "Off" F установить "Symbol+Value" M установить "Symbol+Value" > OK ></p> <p>В окне "Reactions" NFOR установить "Off" NMOM установить "Off" RFOR установить "Symbol+Value" RMOM установить "Symbol+Value" > OK</p> <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>При необходимости корректируйте масштаб кнопками  или .</p> <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1а</i>. Красным цветом указан вектор внешней силы, малиновым – вектора реакций опор.</p>	

№	Действие	Результат
17	<p><i>Цветовая шкала будет состоять из десяти цветов:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Contours > Uniform Contours > NCONT пишем 10 > OK</p>	
18	<p><i>Составление эпюры внутреннего изгибающего момента:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Add > В левом списке выбрать "By sequence num" ПОТОМ в правом верхнем списке выбрать "SMISC," ПОТОМ в правом нижнем списке к надписи "SMISC," приписать слева "6". > Apply > Снова: "By sequence num", "SMISC," "12" > OK > Close</p> <p>Эта операция называется «заполнение таблицы элементов». Создаётся база данных, по которым будут выводиться результаты.</p>	

№	Действие	Результат
19	<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, например 2 или 3.</p>	
20	<p><i>Выделяем мышью узел конечноэлементной модели, соответствующий точке Б:</i></p> <p>Рисуем элементы и узлы: U_M > Plot > Multi-Plots U_M > Select > Entities... > В окошке Select Entities установить "Nodes" "By Num/Pick" "By Num/Pick" Точку селектора установить на «From Full» > OK ></p>  <p>Левой кнопкой мыши кликнуть на пятый слева узел (точка Б находится на расстоянии четырёх элементов длиной $l/8$ от левой опоры). Кстати, при этом в окошке Select nodes припишется номер узла в этой точке «Node No. = 2» > OK</p>	 

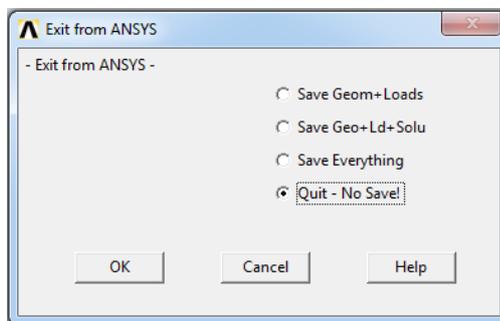
№	Действие	Результат
21	<p><i>Вертикальное перемещения узла №2:</i></p> <p>M_M > General Postproc > List Results > Nodal Solution > Nodal Solution > DOF Solution > Y-Component of displacement > OK</p> <p>Пропечаталась величина вертикального перемещения: UY=-0,005208</p> <p>Перемещение отрицательное. Значит – против оси Y (то есть, вниз).</p> <p>Результат совпадает с <i>рис. 1в</i>.</p>	 <pre> PRNSOL Command File PRINT U NODAL SOLUTION PER NODE **** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING **** LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1 TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0 THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM NODE UY 2 -0.52083E-02 MAXIMUM ABSOLUTE VALUES NODE 2 VALUE -0.52083E-02 </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” и “.stat”.

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