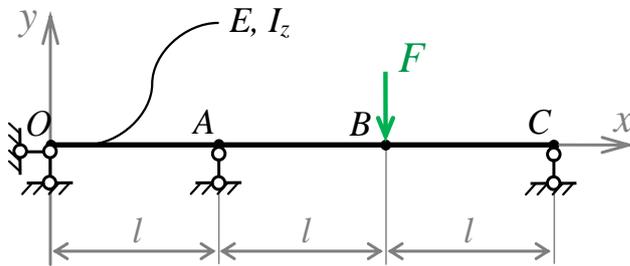


L-02 (ANSYS)

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 .

Аналитический расчёт (см. [L-02](#)) даёт следующие решения:

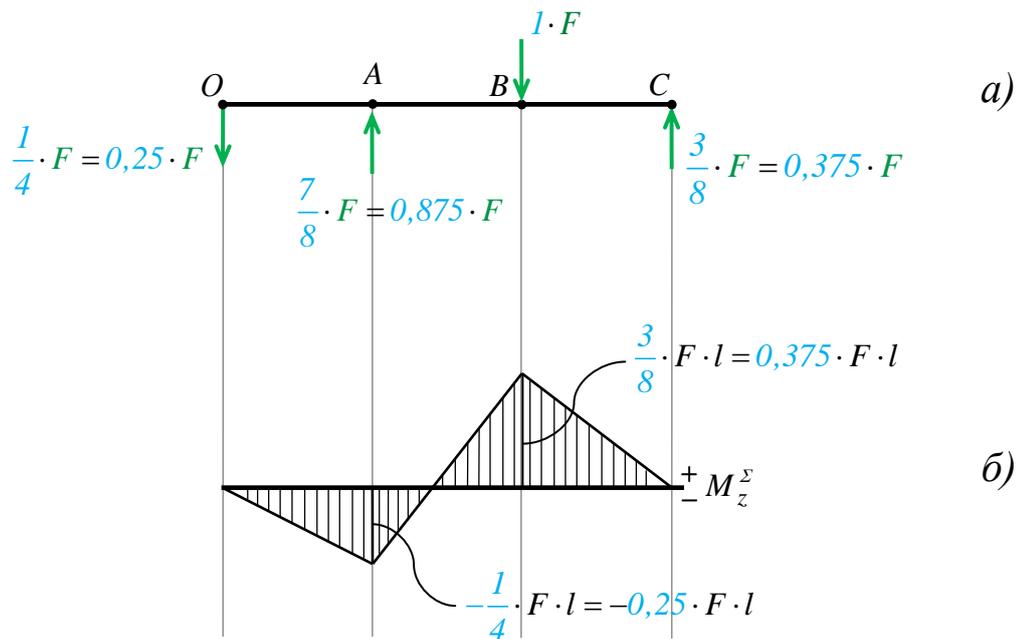


Рис. 1.

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

Предварительные настройки:

Для решения задачи используется ANSYS Multiphysics 14.0:

ANSYS Command Prompt (C_P)

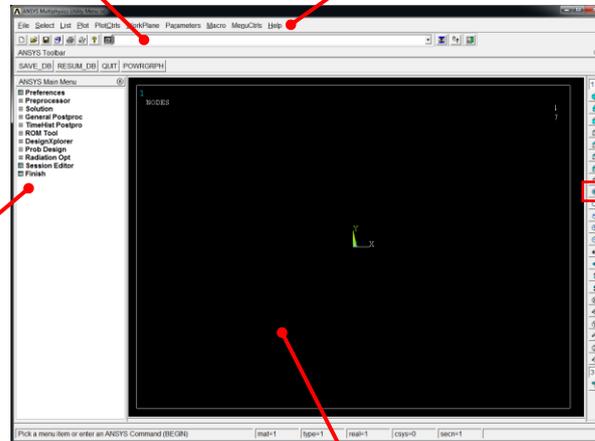
Utility Menu (U_M)

Main Menu (M_M)

Рабочее поле

Кнопка

Fit

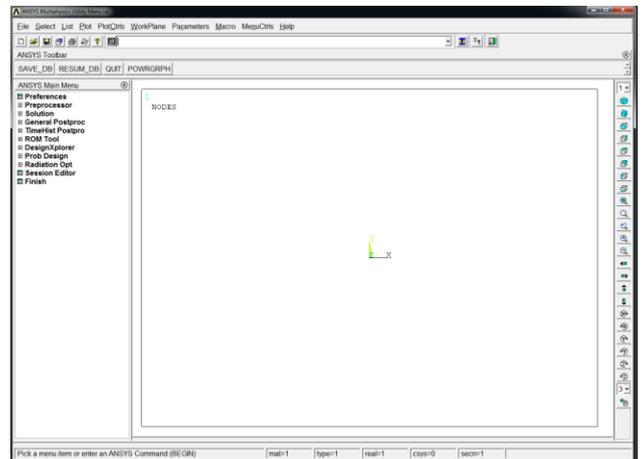


С меню M_M и U_M работают мышью, выбирая нужные опции.

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

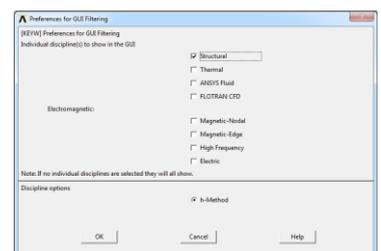
Чёрное рабочее поле не всегда приятно для глаза. Кроме того, оно неудобно для печати рисунков. Меняем чёрный цвет фона на белый следующими действиями:

U_M > PlotCtrls > Style > Colors
> Reverse Video



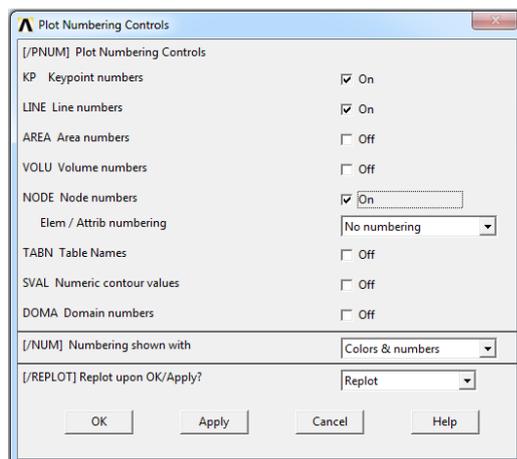
Убрать пункты меню, относящиеся к расплавам, магнитам и так далее, оставить только относящиеся к прочностным расчётам:

M_M > Preferences > Отметить "Structural" > OK



При построениях полезно видеть номера точек и линий твердотельной модели а также номера узлов модели конечноэлементной:

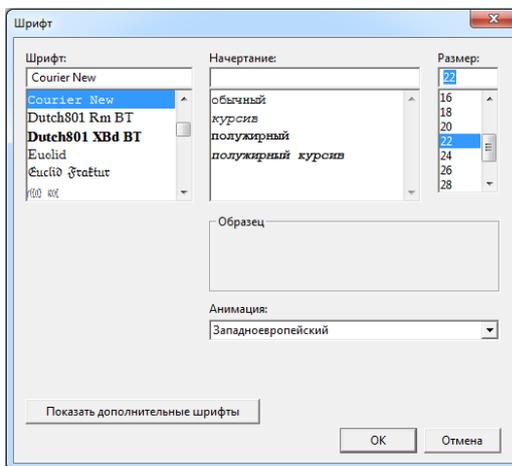
```
U_M > PlotCtrls > Numbering >
Отметить KP, LINE, NODE ;
Установить Elem на "No numbering";
Установить [/NUM] на "Colors & numbers"
> OK
```



Для большей наглядности увеличим размер шрифта:

```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Legend Font >
Установить «Размер» на «22»
> OK
```

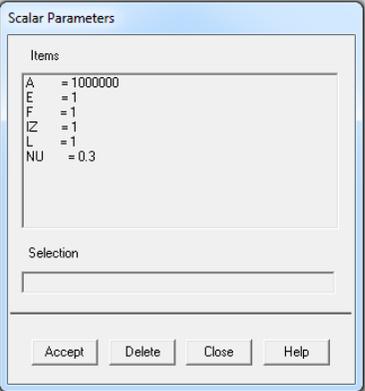
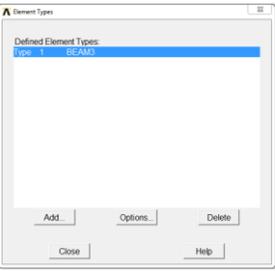
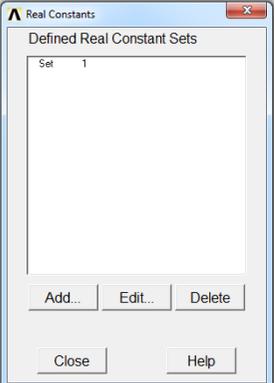
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
Установить «Размер» на «22»
> OK
```

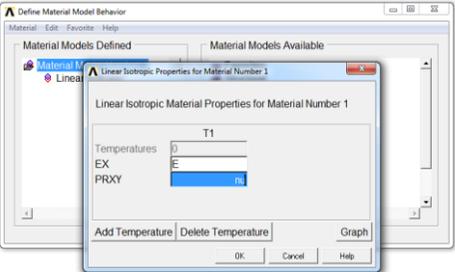


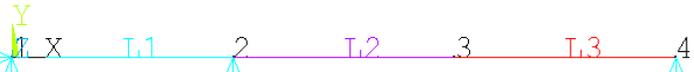
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

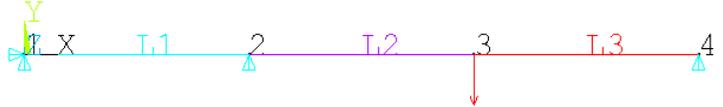
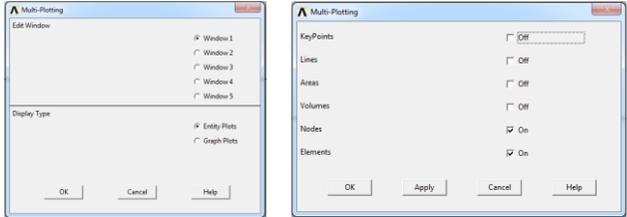
Решение задачи:

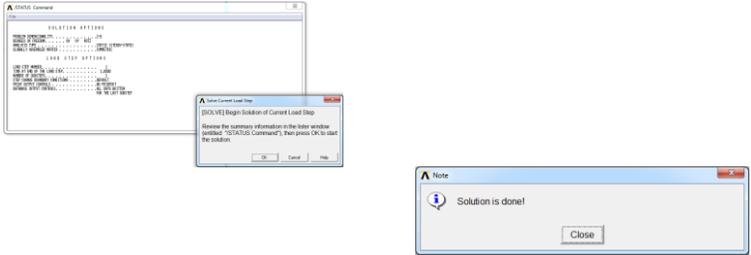
Приравняв E , I_z , F и l к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

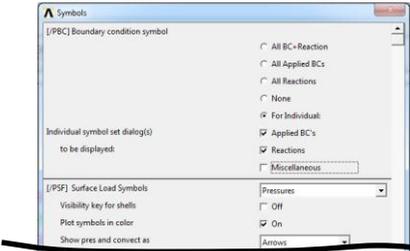
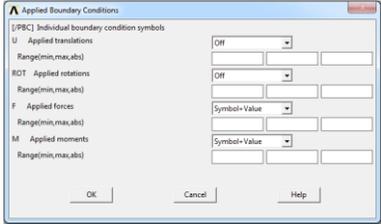
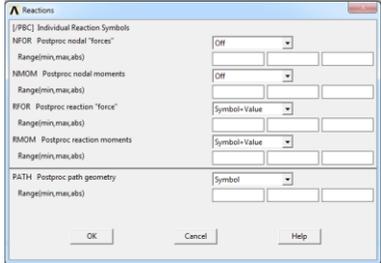
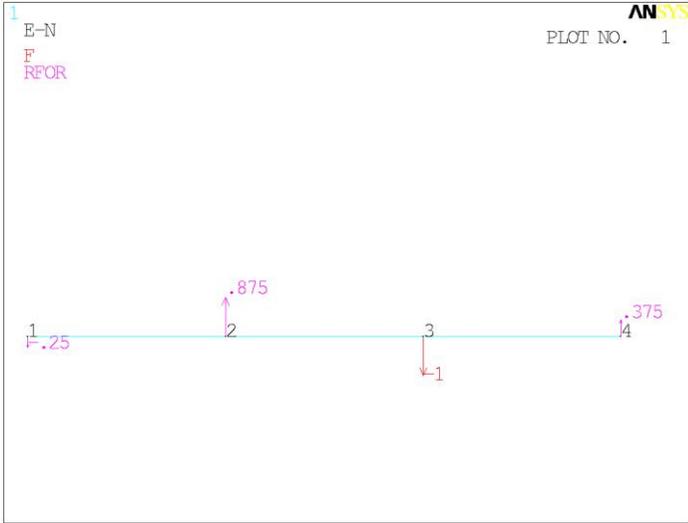
| № | Действие | Результат |
|---|--|---|
| 1 | <p><i>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</i></p> <p>U_M > Parameters > Scalar Parameters > A=1e6 > Accept > E=1 > Accept > F=1 > Accept > Iz=1 > Accept > l=1 > Accept > nu=0.3 > Accept > > Close</p> |  |
| 2 | <p><i>Первая строка в таблице 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> |  |

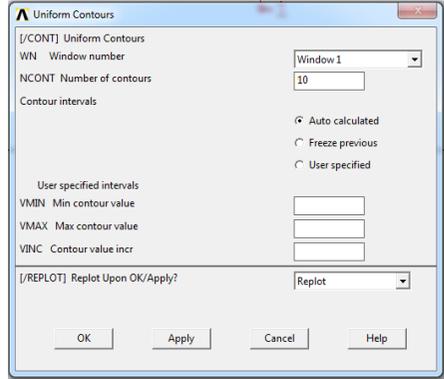
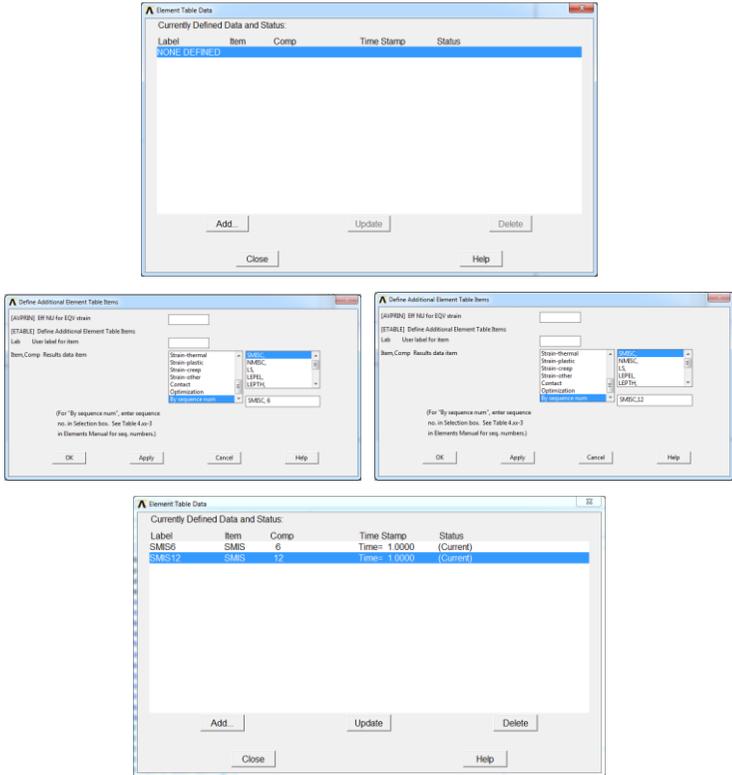
| № | Действие | Результат |
|--------------------------------------|---|---|
| 4 | <p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic ></p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu"</p> <p>> ОК</p> <p>Закрываем окно «Define Material Model Behavior».</p> |  |
| <h3>Твердотельное моделирование</h3> | | |
| 5 | <p><i>Ключевые точки – границы участков: O → 1, A → 2, B → 3 и C → 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, 0, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 3</p> <p>X, Y, Z пишем 2*l, 0, 0 > Apply ></p> <p>NPT пишем 4</p> <p>X, Y, Z пишем 3*l, 0, 0 > ОК</p> <p>Прорисовываем всё, что есть:</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Справа от рабочего поля нажимаем кнопку Fit .</p> |  |

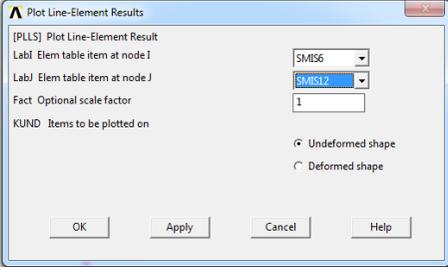
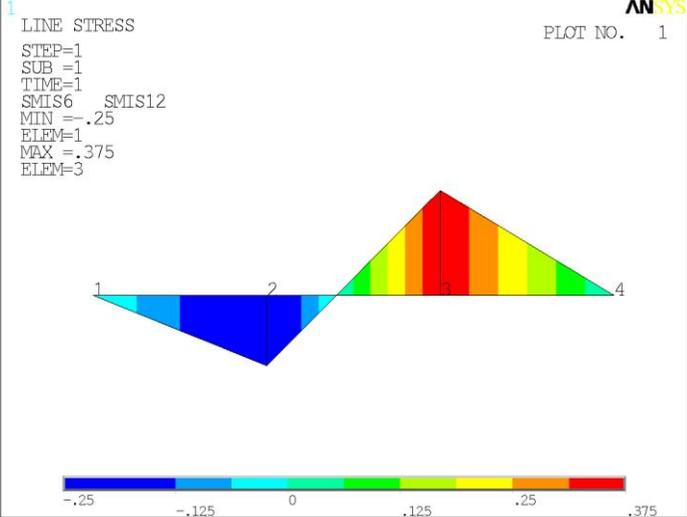
| № | Действие | Результат |
|---|---|--|
| 6 | <p><i>Три участка – три линии:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line ></p> <p>Левой кнопкой мыши последовательно нажать на ключевые точки: 1 и 2 2 и 3 3 и 4 > ОК</p> |  |
| 7 | <p><i>Опоры:</i></p> <p>M_M > Preprocessor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

| № | Действие | Результат |
|---------------------------------|---|--|
| 8 | <p><i>Сосредоточенная сила:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Force/Moment > On Keypoints > Left mouse button click on keypoint 3 > OK > Lab установить "FY" VALUE установить "-F" > OK Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p> |  <p>The diagram shows a horizontal beam element with four keypoints labeled 1, 2, 3, and 4. Keypoint 1 is at the left end, and keypoint 4 is at the right end. The beam is divided into three segments: L1 (between 1 and 2), L2 (between 2 and 3), and L3 (between 3 and 4). A vertical force arrow labeled 'FY' is applied downwards at keypoint 3. A coordinate system is shown at keypoint 1 with X and Y axes.</p> |
| Конечноэлементная модель | | |
| 9 | <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> | |
| 10 | <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> |  <p>The first screenshot shows the 'Multi-Plotting Edit Window' with 'Window 1' selected and 'Display Type' set to 'Entity Plots'. The second screenshot shows the 'Multi-Plotting' dialog box with 'Nodes' and 'Elements' checked under the 'Display Type' section.</p> |
| 11 | <p><i>Участки без распределённых нагрузок можно бить одним конечным элементом:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Lines > All Lines > OK SIZE пишем l > OK</p> |  <p>The diagram shows a horizontal beam element with four keypoints labeled 1, 2, 3, and 4. The beam is divided into three segments: L1 (between 1 and 2), L2 (between 2 and 3), and L3 (between 3 and 4). A vertical force arrow labeled 'FY' is applied downwards at keypoint 3. A coordinate system is shown at keypoint 1 with X and Y axes.</p> |

| № | Действие | Результат |
|-----------------------------|--|---|
| 12 | <p><i>Рабиваем линии на элементы:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Mesh > Lines > Pick All</p> <p>Обновляем изображение: U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Бирюзовым цветом изображены балочные конечные элементы, чёрные точки – их узлы.</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> |  |
| Просмотр результатов | | |
| 15 | <p><i>Скрываем оси системы координат:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Window Controls > Window Options > [/Triad] установить "Not Shown" > OK</p> |  |

| № | Действие | Результат |
|----|--|--|
| 16 | <p>Силовая схема:</p> <p>U_M > PlotCtrls > Symbols > [/PBC] устанавливаем в положение "For Individual"</p> <p>Убираем галочку с "Miscellaneous" Surface Load Symbols устанавливаем Pressures</p> <p>Show pres and convect as устанавливаем Arrows > 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:</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>При необходимости корректируйте масштаб кнопками  или .</p> <p>Получаем тот же результат, что и на рис. 1а. 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 эюры 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> |  |

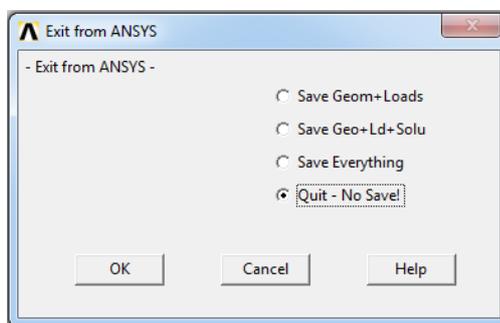
| № | Действие | Результат |
|----|--|--|
| 19 | <p>Прорисовка эпюры внутреннего изгибающего момента:</p> <p>M_M > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Line Elem Res ></p> <p>LabI установить "SMIS6" LabJ установить "SMIS12" Fact пишем 1 > OK</p>  <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1б</i>. (только числа, выделенные синим цветом). Значения показывает цветовая шкала. Можете рисунок эпюры сделать крупнее: коэффициент Fact установите, например 2.</p> |  <p>LINE STRESS STEP=1 SUB =1 TIME=1 SMIS6 SMIS12 MIN =-.25 ELEM=1 MAX =.375 ELEM=3</p> <p>PLOT NO. 1</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.