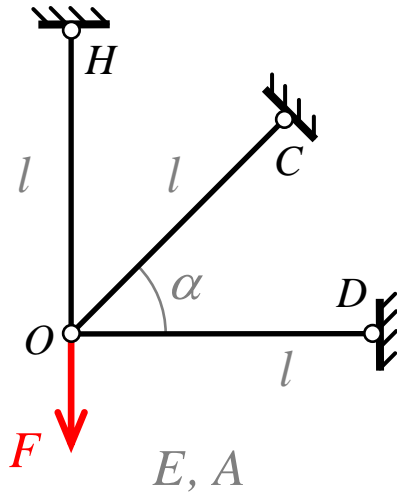


B-14 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: Несимметричная ферма нагружена внешней сосредоточенной силой.

E – модуль упругости материала;

A – площадь поперечного сечения.

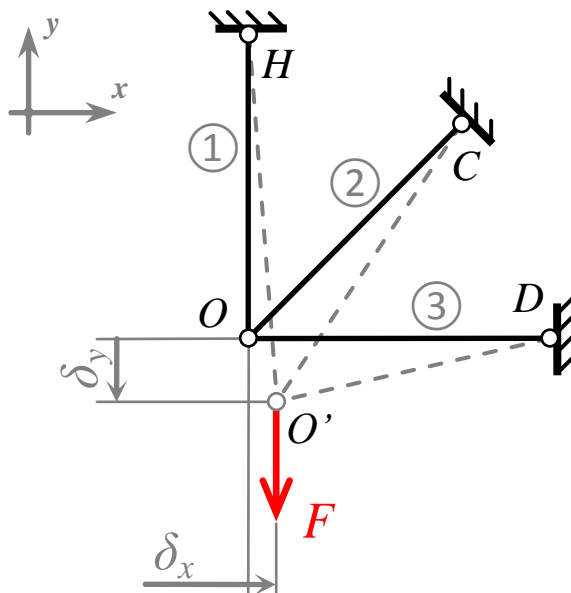
l – длина ;

F – внешняя сила;

$\alpha = 45^\circ$.

Найти: W_F - работу силы F .

Аналитический расчёт (см. [B-14](#)) даёт следующие решения:



$$N_1 = \frac{3}{4} \cdot F = 0,75 \cdot F \quad ;$$

$$N_2 = \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot F = 0,3536 \cdot F \quad ;$$

$$N_3 = -\frac{1}{4} \cdot F = -0,25 \cdot F \quad ;$$

$$\delta_x = \frac{1}{4} \cdot \frac{F \cdot l}{E \cdot A} = 0,25 \cdot \frac{F \cdot l}{E \cdot A} \quad ;$$

$$\delta_y = \frac{3}{4} \cdot \frac{F \cdot l}{E \cdot A} = 0,75 \cdot \frac{F \cdot l}{E \cdot A} \quad ;$$

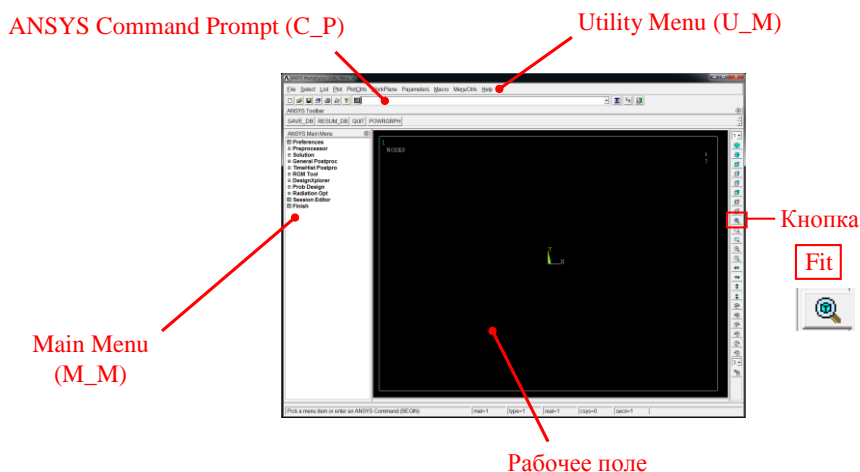
Рис. 1.

$$W_F = U = \frac{3}{8} \cdot \frac{F^2 \cdot l}{E \cdot A} = 0,375 \cdot \frac{F^2 \cdot l}{E \cdot A} \quad .$$

Задача данного примера: при помощи ANSYS Multyphysics получить эти же решения 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 окне C_P вручную вводят текстовые команды, после чего следует нажать на клавиатуре **Enter**.

Меняем чёрный цвет фона на белый:

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

Скрываем пункты меню, не относящиеся к прочностным расчётам:

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

При построениях полезно видеть номера узлов и номера конечных элементов (один участок – один конечный элемент):

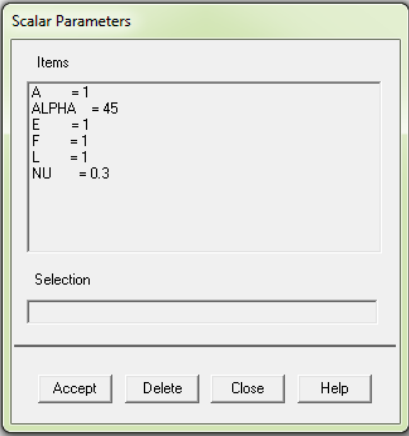
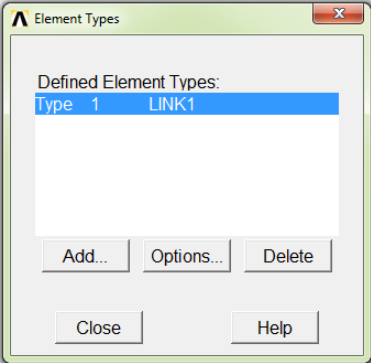
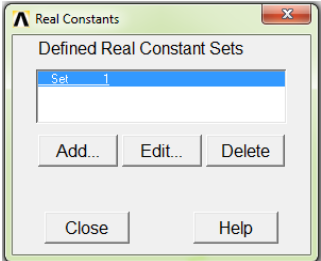
```
U_M > PlotCtrls > Numbering >
Отметить NODE ;
Установить Elem на "Element numbers";
Установить [/NUM] на "Colors&numbers"
> OK
```

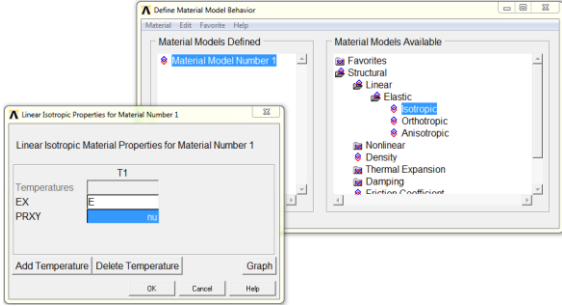
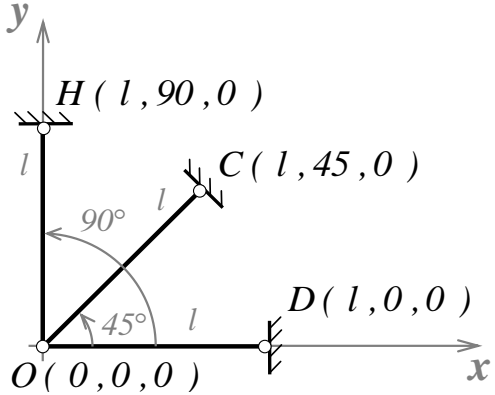
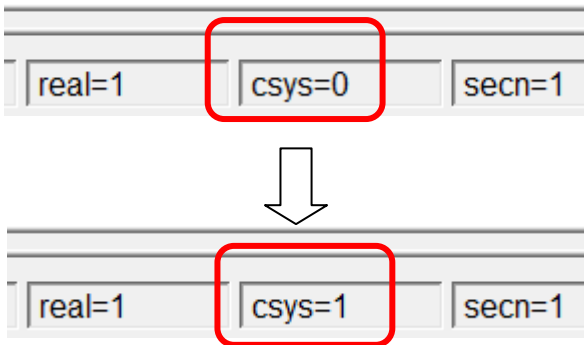
Для большей наглядности увеличим размер шрифта:


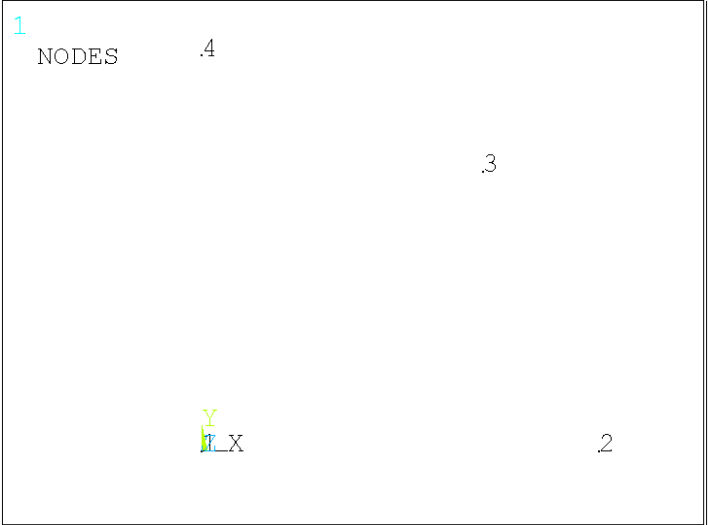
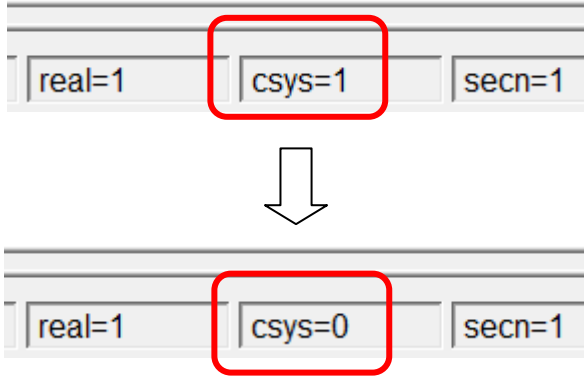
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Legend Font >
Установить «Размер» на «22» > OK
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
Установить «Размер» на «22» > OK
```

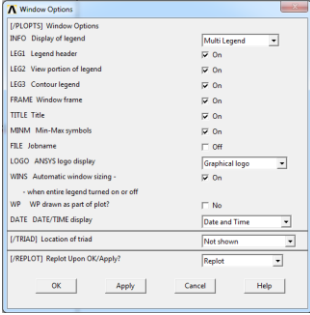

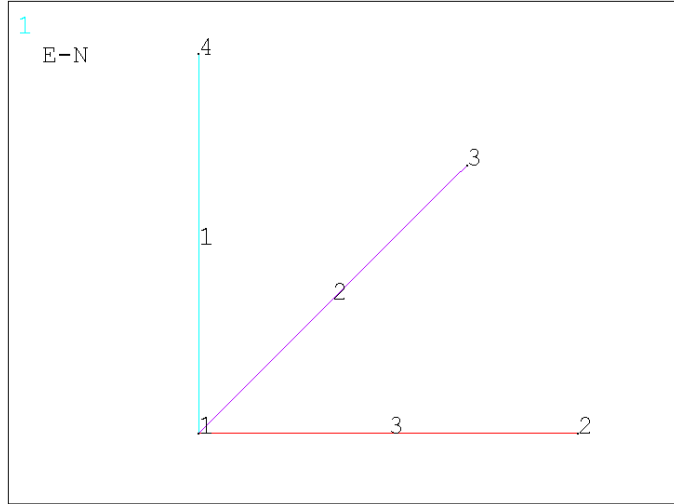
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

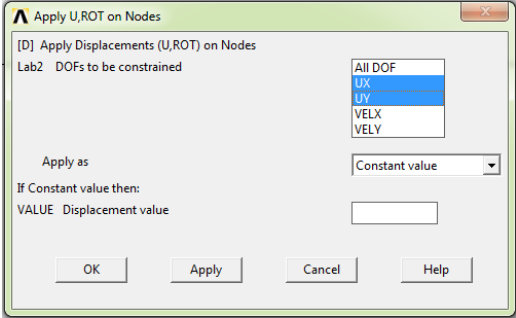
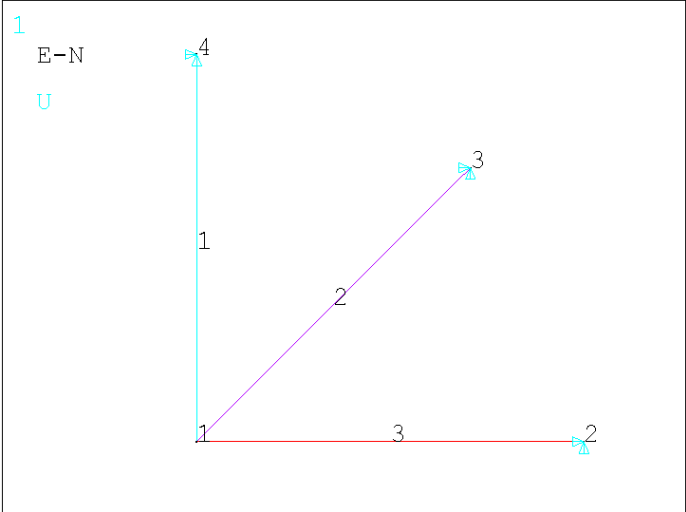
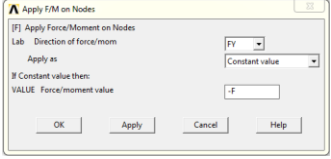
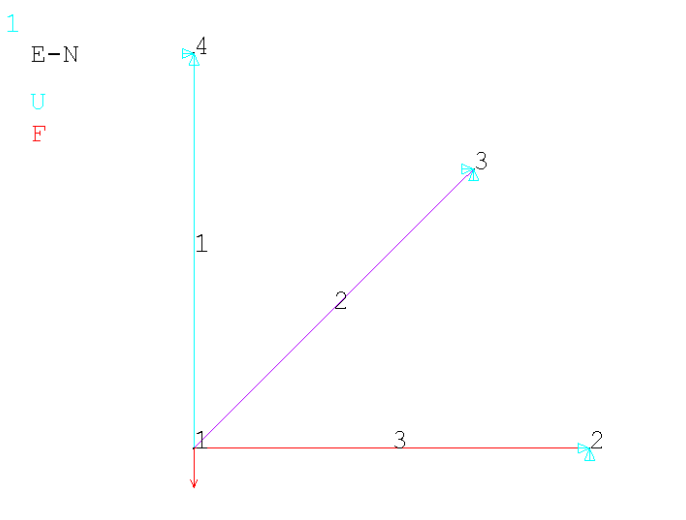
Решение задачи: Приравняв E , A , F и l , к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

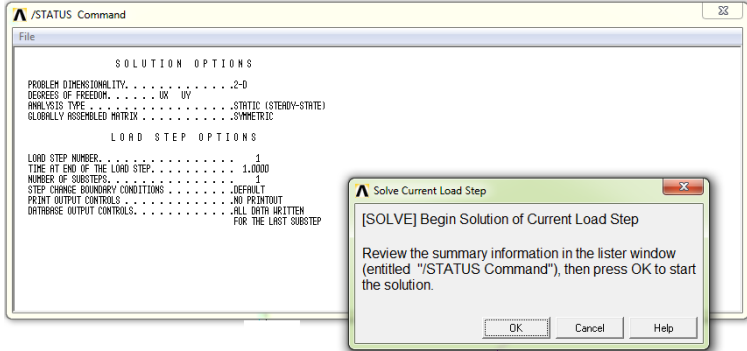
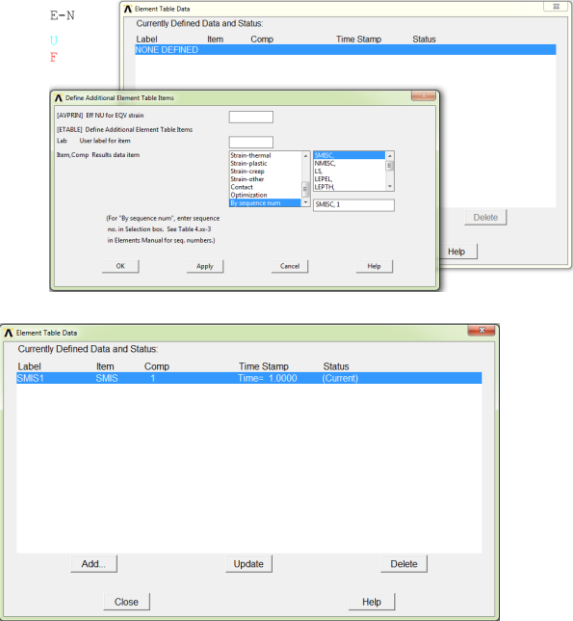
№	Действие	Результат
1	<p><i>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</i></p> <p>U_M > Parameters > Scalar Parameters > E=1 > Accept > A=1 > Accept > F=1 > Accept > l=1 > Accept > Alpha=45 > Accept > nu=0.3 > Accept > > Close</p> <p>nu – коэффициент Пуассона для металлов.</p>	
2	<p><i>Первая строка в таблице конечных элементов – плоский фермовый LINK1:</i></p> <p>M_M > Preprocessor C_P > ET, 1, LINK1 > Enter</p> <p>Посмотрим таблицу конечных элементов: M_M > Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete > Close</p>	
3	<p><i>Таблица реальных констант:</i></p> <p>Сечение площадью A:</p> <p>C_P > R, 1, A > Enter</p> <p>Посмотрим таблицу реальных констант: M_M > Preprocessor > Real Constants > Add/Edit/Delete > Close</p>	

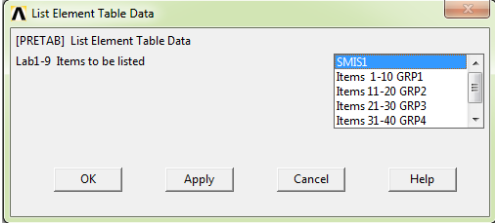
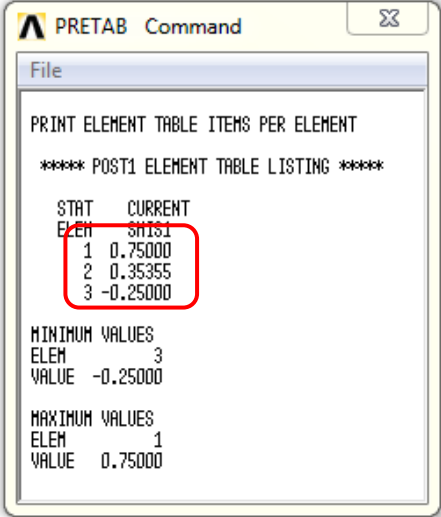
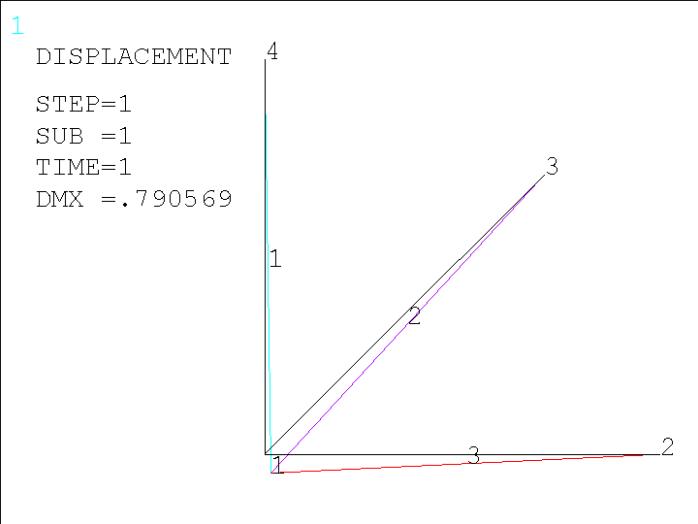
№	Действие	Результат
4	<p><i>Таблица материалов:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic > EX пишем E PRXY пишем nu > ОК</p> <p>Закрываем окно «Define Material Model Behavior».</p>	
5	<p><i>Координаты точек конструкции:</i></p> <p>Определяемся с координатами точек (узлов фермы). Можно задать их в декартовой системе координат, но в данном случае все точки лежат на прямых, выходящих из точки <i>O</i>. Проще всего использовать цилиндрическую систему координат с началом в этой точке. Тогда координаты узлов в формате (R, φ, z) будут следующими:</p>	
<p>Конечноэлементная модель</p>		
6	<p><i>Активируем глобальную цилиндрическую систему координат:</i></p> <p>U_M > WorkPlane > Change Active CS to > Global Cylindrical</p>	

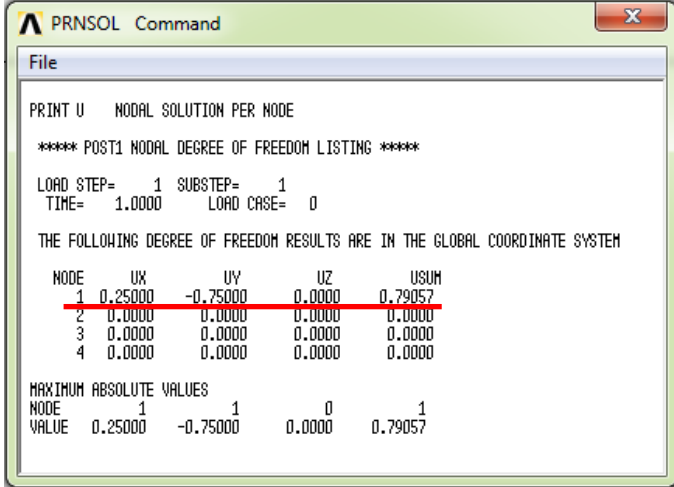
№	Действие	Результат
7	<p>Узлы 1, 2, 3 и 4 в точках O, D, C и H соответственно:</p> <pre>M_M> Preprocessor> Modeling> Create> Nodes> In Active CS > NODE пишем 1 X,Y,Z пишем 0,0,0 > Apply > NODE пишем 2 X,Y,Z пишем l,0,0 > Apply > NODE пишем 3 X,Y,Z пишем l,45,0 > Apply > NODE пишем 4 X,Y,Z пишем l,90+Beta,0 > OK</pre> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p> <p>Справа от рабочего поля нажимаем кнопку Fit .</p>	
8	<p>Активируем глобальную декартову систему координат:</p> <pre>U_M > WorkPlane > Change Active CS to > Global Cartesian</pre>	

№	Действие	Результат
9	<p><i>Скрываем оси системы координат:</i></p> <pre>U_M > PlotCtrls > Window Controls > Window Options > [/Triad] установить "Not Shown" > OK</pre> 	
10	<p><i>Конечные элементы последовательно протягиваем по участкам фермы:</i></p> <pre>M_M> Preprocessor> Modeling> Create> Elements> Elem Attributes [TYPE]установить "1 LINK1" [MAT]установить "1" [REAL]установить "1" > OK</pre> <pre>M_M > Preprocessor > Modeling > Create > Elements > > Auto Numbered > Thru Nodes</pre> <p>Левой кнопкой мыши последовательно кликаем узлы 1 и 4 > Apply > 1 и 3 > Apply > 1 и 2 > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	

№	Действие	Результат
11	<p><i>Заделки:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > > Structural > Displacement > On Nodes > Левой кнопкой мыши нажать на узлы 2, 3 и 4 > OK > Lab2 установить "UX" и "UY" > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p> 	
12	<p><i>Внешняя сила:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > > Structural > Force/Moment > On nodes > Левой кнопкой мыши нажимаем на узел 1 > OK > Lab устанавливаем "FY" VALUE пишем -F > OK</p>  <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	

№	Действие	Результат
Расчёт		
13	<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.</p> <p>Расчёт окончен.</p>	
Просмотр результатов		
14	<p><i>Расчёт внутренних осевых растягивающих сил в фермовых элементах:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Element Table > Define Table > Add > "By sequence num", "SMISC,", "1"</p> <p>> OK ></p> <p>> Close</p>	

№	Действие	Результат
<p>15</p>	<p><i>Распечатка значений внутренних осевых растягивающих сил N_i в конечных элементах:</i></p> <p>M_M > General Postproc > List Results > Elem Table Data > Отметить мышью строчку SMIS1 > OK</p>  <p>Получаем тот же результат, что и на <i>рис. 1</i> (числа, выделенные синим цветом).</p>	 <pre> PRETAB Command File PRINT ELEMENT TABLE ITEMS PER ELEMENT **** POST1 ELEMENT TABLE LISTING **** STAT CURRENT ELEM SMIS1 1 0.75000 2 0.35355 3 -0.25000 MINIMUM VALUES ELEM 3 VALUE -0.25000 MAXIMUM VALUES ELEM 1 VALUE 0.75000 </pre>
<p>16</p>	<p><i>Деформированная форма конструкции:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Plot Results > > Deformed Shape > KUND установить Def + undeformed > OK</p> <p>Чёрным цветом начерчена недеформированная форма фермы, цветными линиями – ферма после нагружения (масштаб перемещений выбирается автоматически).</p>	 <pre> 1 DISPLACEMENT STEP=1 SUB =1 TIME=1 DMX =.790569 </pre>

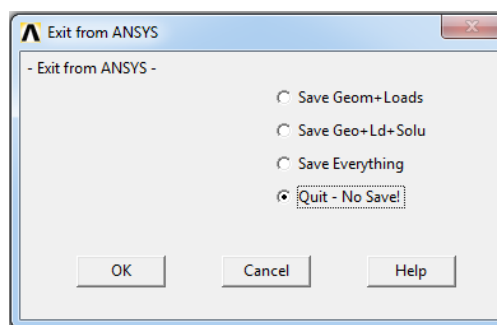
№	Действие	Результат
17	<p><i>Перемещения точки O конструкции (узла №1 конечноэлементной модели) :</i></p> <p>M_M > General Postproc > List Results > Nodal Solution > > Nodal Solution > Displacement vector sum > OK</p> <p>Горизонтальное перемещение узла №1</p> $UX = 0,25 \cdot \frac{F \cdot l}{E \cdot A} \text{ (положительное, то есть вправо, по оси X) ;}$ <p>Вертикальное перемещение узла №1</p> $UY = -0,75 \cdot \frac{F \cdot l}{E \cdot A} \text{ (отрицательное, то есть вниз, против оси Y) ;}$ <p>в точности совпадает с результатом аналитического расчёта (рис. 1., числа, выделенные синим цветом).</p>	 <pre> PRNSOL Command File PRINT U MODAL SOLUTION PER NODE **** POST1 MODAL 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 UX UY UZ USUM 1 0.25000 -0.75000 0.0000 0.79057 2 0.00000 0.00000 0.0000 0.00000 3 0.00000 0.00000 0.0000 0.00000 4 0.00000 0.00000 0.0000 0.00000 MAXIMUM ABSOLUTE VALUES NODE 1 1 0 1 VALUE 0.25000 -0.75000 0.0000 0.79057 </pre>
18	<p><i>Потенциальная энергия упругой деформации в конструкции (она же – работа внешней силы):</i></p> <p>M_M > General Postproc > List Results > Element Solution > Energy > Strain energy > OK</p> <p>Получаем список «Элемент-энергия». Суммируем энергию:</p> $U = 0,28125 + 0,0625 + 0,03125 = 0,375 \cdot \frac{F^2 \cdot l}{E \cdot A} .$ <p>Получаем тот же результат, что и на рис. 1. (только коэффициент перед формулой, выделен синим цветом).</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.