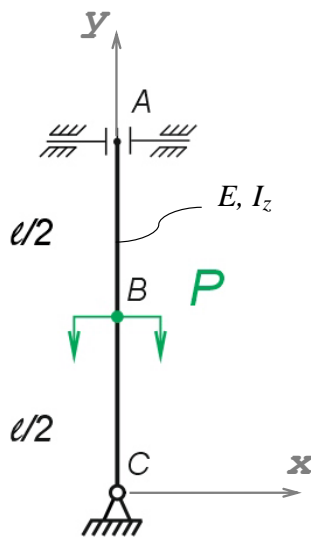


W-06 (ANSYS)

Формулировка задачи:



Дано: E, I_z, l .

Сжимаемая консоль.

E – модуль упругости материала;

I_z – изгибный момент инерции.

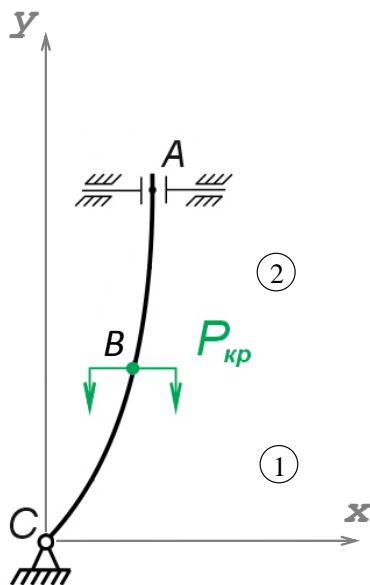
Найти: 1) Критическую силу первой формы

потери устойчивости $P_{кр}$;

2) Коэффициент приведения длины μ .

Аналитический расчёт (см. [W-06](#), и [W-12](#)) даёт следующее решение:

Первая форма потери устойчивости:



а) Точный метод:

$$\mu = 1,826 ;$$

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{\mu^2 \cdot l^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{1,826^2 \cdot l^2} = 2,960 \cdot \frac{E \cdot I_z}{l^2} ;$$

б) Приближённый метод (энергетический):

$$\mu = 1,788 ;$$

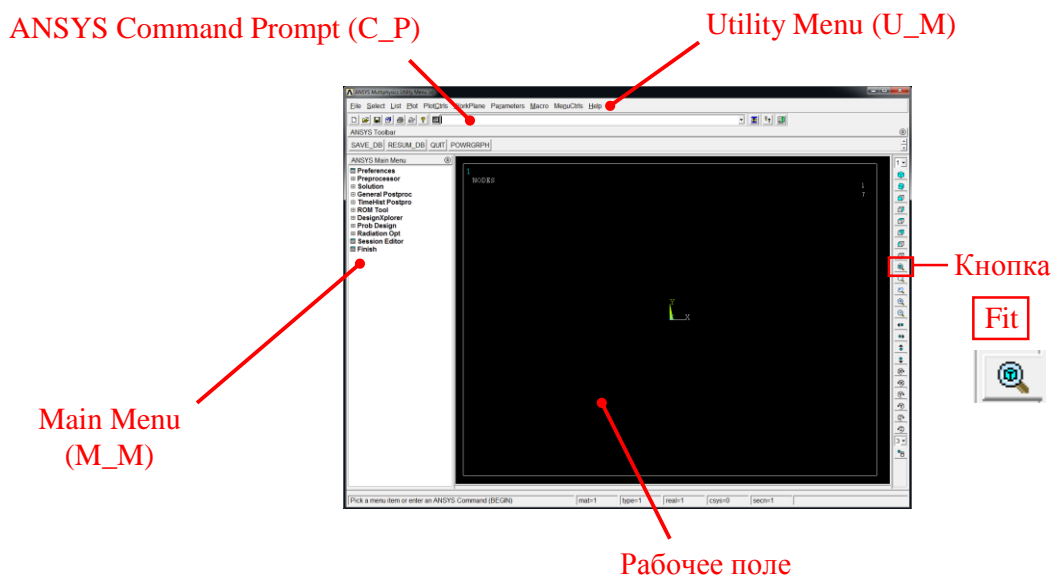
$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{\mu^2 \cdot l^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{1,788^2 \cdot l^2} = 3,087 \cdot \frac{E \cdot I_z}{l^2} .$$

Рис. 1.

Задача данного примера: при помощи ANSYS Multyphysics получить эти же результаты 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
```

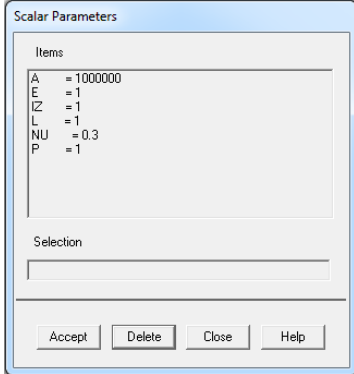
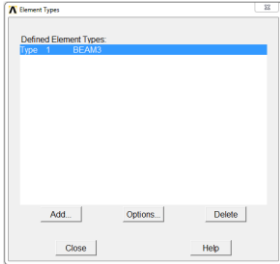
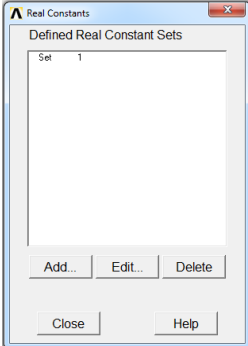
```
U_M > PlotCtrls > Font Controls > Entity Font >
```

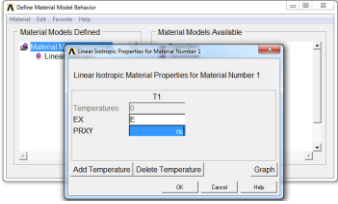

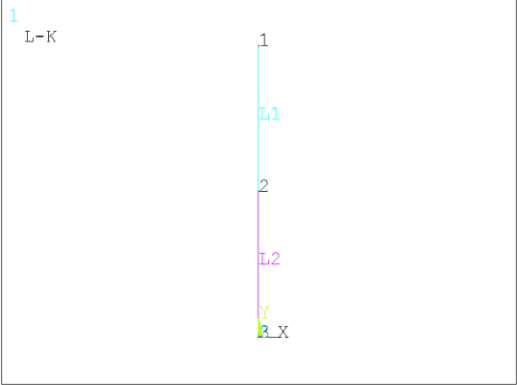
```
Установить «Размер» на «22»> OK
```

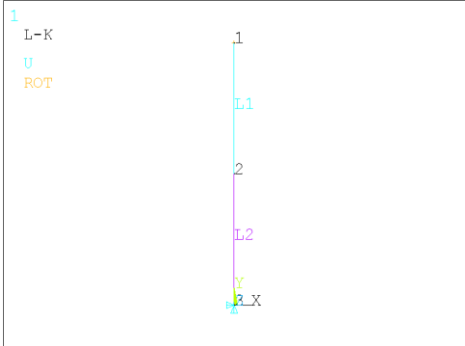
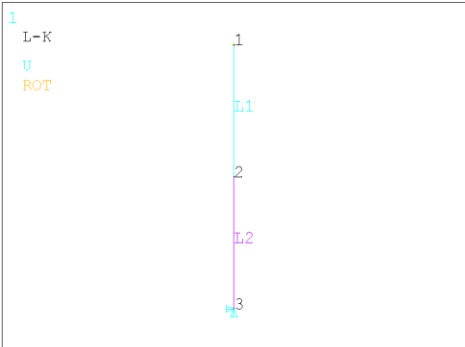
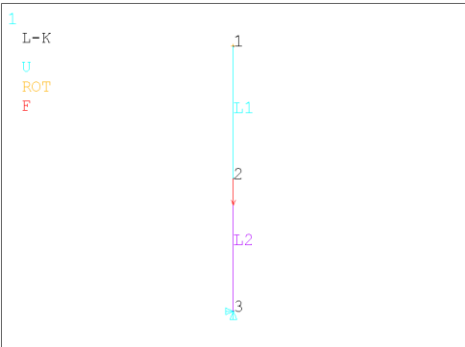
Предварительные настройки выполнены, можно приступать к решению задачи.

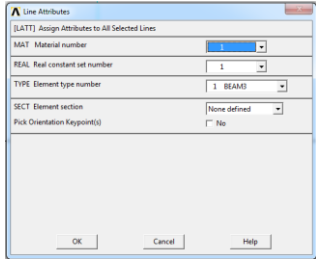
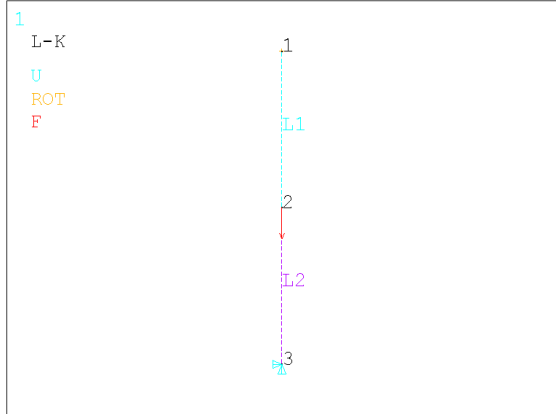
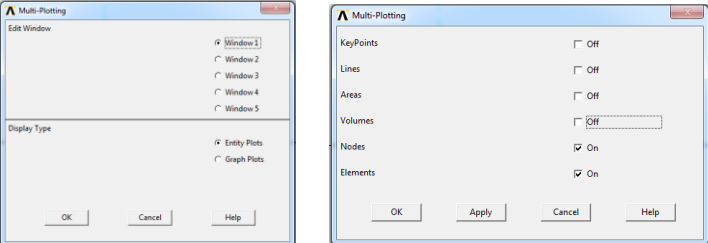
Решение задачи:

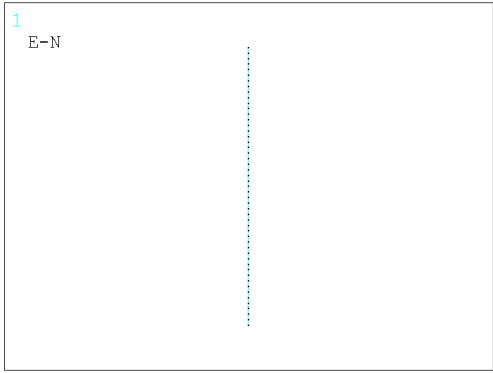
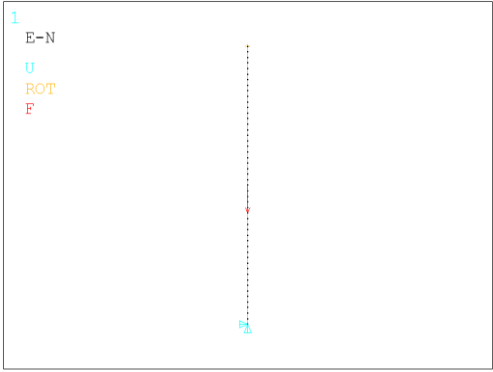
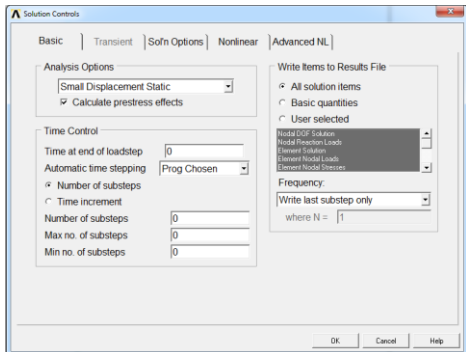
Приравняв E , I_z , P и l к единице, результаты получим в виде чисел, обозначенных на *рис. 1*. синим цветом.

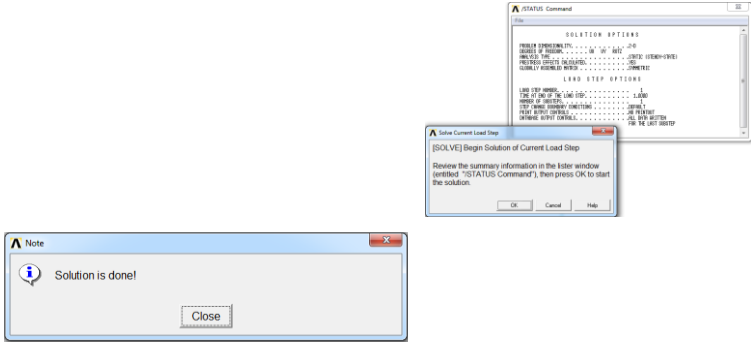
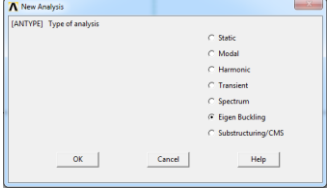
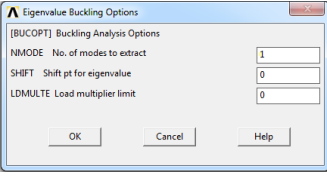
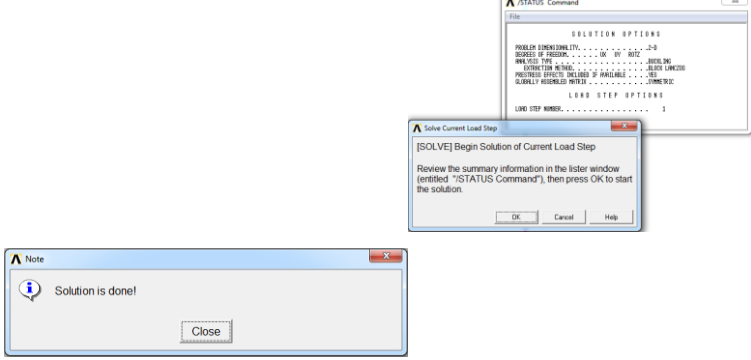
№	Действие	Результат
1	<p>Задаём параметры расчёта – базовые величины задачи:</p> <p>U_M > Parameters > Scalar Parameters > E=1 > Accept > A=1e6 > Accept > Iz=1 > Accept > l=1 > Accept > P=1 > Accept > nu=0.3 > Accept > > Close</p>	
2	<p>Первая строка в таблице конечных элементов – плоский балочный тип 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 строка в таблице параметров («реальных констант») выбранного типа конечного элемента: площадь поперечного сечения = A; момент инерции = Iz; высота поперечного сечения = l/100.</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>	

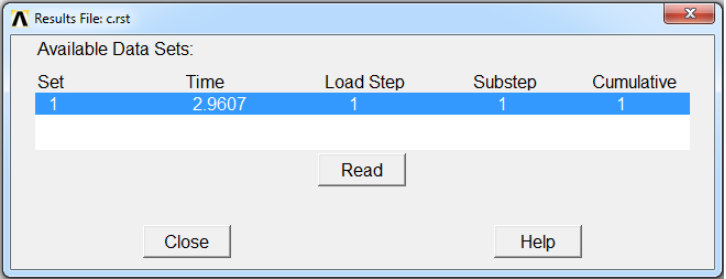
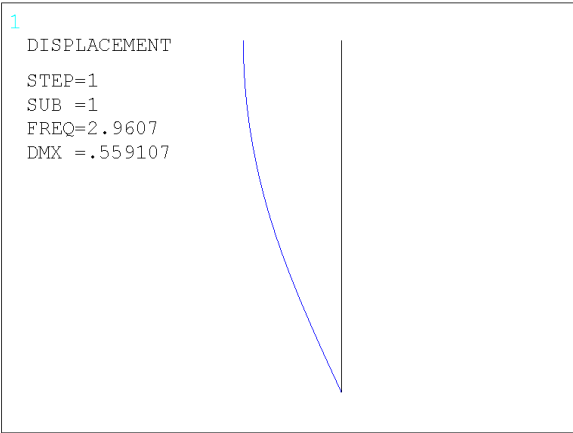
№	Действие	Результат
4	<p><i>Свойства материала стержня – модуль упругости и коэффициент Пуассона:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic ></p> <p>В окошке EX пишем "E", в окошке PRXY пишем "nu"</p> <p>> ОК</p> <p>Закрываем окно «Define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

№	Действие	Результат
7	<p><i>Каретка - сверху, шарнирная опора - снизу:</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Keypoints > левой кнопкой мыши нажать на 1 ключевую точку > OK > Lab2 установить "ROTZ" > Apply > левой кнопкой мыши нажать на 3 ключевую точку > OK > Lab2 установить "UX" и "UY" > OK</p> <p>Прорисовываем всё, что есть: U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
8	<p><i>Скрываем оси системы координат:</i></p> <p>U_M > PlotCtrls > Window Controls > Window Options > [/Triad] установить "Not Shown" > OK</p>	
9	<p><i>Сила:</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 "FY" VALUE установить "-P" > OK</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 конечного элемента (должен быть небольшим):</i></p> <p>M_M > Preprocessor > Meshing > Size Cntrls > ManualSize > Lines > All Lines > Левой кнопкой мыши кликаем на линию L1 > OK Size пишем $l/50$ > 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 > 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> <p>Обновляем изображение:</p> <p>U_M > Plot > Multi-Plots</p>	
Статический расчёт предварительного напряжённого состояния:		
15	<p><i>Опции статического расчёта:</i></p> <p>M_M > Solution > Analysis Type > Sol'n Controls > Отмечаем галочкой "Calculate prestress effects" > OK</p>	

№	Действие	Результат
16	<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. Расчёт окончен.</p>	
Расчёт на устойчивость:		
17	<p><i>Указываем тип расчёта:</i></p> <p>M_M > Solution > Analysis Type > New Analysis > Ставим точку селектора на "Eigen Buckling" > ОК</p>	
18	<p><i>Количество форм потери устойчивости:</i></p> <p>M_M > Solution > Analysis Type > Analysis Options > NMODE пишем 1 > ОК</p>	
19	<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. Расчёт окончен.</p>	

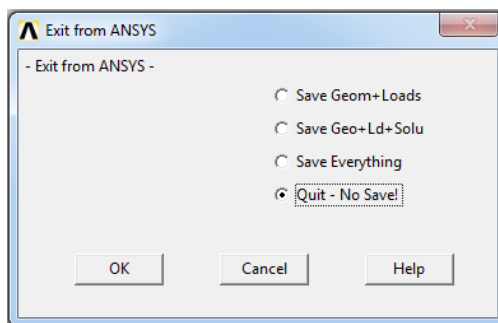
№	Действие	Результат
Просмотр результатов		
20	<p><i>Значение критической силы:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Read Results > By Pick</p> <p>Видим:</p> $P_{кр} = 2,961 \cdot \frac{E \cdot I_z}{l^2};$ <p>Расхождение с результатом точного метода (рис. 1) составляет 0,03%. Расхождение с результатом энергетического метода (рис. 1) составляет 4%.</p> <p>> Close</p>	
21	<p><i>Коэффициент приведения длины:</i></p> $P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{\mu^2 \cdot l^2} \Rightarrow \mu = \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{P_{кр} \cdot l^2}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{l \cdot l}{2,961 \cdot l^2}} = \frac{\pi}{\sqrt{2,961}} = 1,826 ;$ <p>С точным методом полное совпадение; с энергетическим расхождение 2%.</p>	
22	<p><i>Первая форма потери устойчивости:</i></p> <p>M_M > General Postproc > Read Results > First Set</p> <p>M_M > General Postproc > Plot Results > Deformed Shape > KUND установить Def + undeformed</p> <p>> OK</p> <p>Масштаб отклонений выбирается автоматически. Можно его увеличить:</p> <p>U_M > PlotCtrls > Style > Displacement Scaling > DMULT устанавливаем "User specified"</p> <p>User specified factor увеличиваем, например, до 0.5</p> <p>> OK</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.