

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский государственный университет

А. С. Кравчук, А. С. Чашинский, А. И. Кравчук

**Электронная библиотека механики и физики.
Лекции по ANSYS/LS-DYNA и основам LS-PREPOST
с примерами решения задач
в трех частях**

Часть 3.

**Основные элементы графического интерфейса LS-PREPOST.
Решение задач с помощью LS-DYNA Solver**

Минск
2013

УДК 531/534:004.4(075.8)(076.1) + 539.3:004.4(075.8)(076.1)

Решение о депонировании документа вынес
совет механико-математического факультета (протокол № 7 от 18.06.2013 г.)

Авторы:

А.С. Кравчук, А.С. Чашинский, А.И. Кравчук

Рецензенты:

Босяков С. М., канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры теоретической и прикладной механики БГУ

Недзьведь А. М., канд. тех. наук, ведущий научный сотрудник отдела интеллектуальных информационных систем Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси.

Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS/LS-DYNA и основам LS-PREPOST с примерами решения задач [Электронный ресурс] : курс лекций для студ. мех.-мат. фак. обучающихся по специальности 1-31 03 02 «Механика (по направлениям)». В 3 ч. Ч. 3. Основные элементы графического интерфейса LS-PREPOST/ **А. С. Кравчук, А. С. Чашинский, А. И. Кравчук.** – Электрон. текстовые дан. – Минск : БГУ, 2013. – 74 с. : ил. – Библиогр.: с. 71–72. – Загл. с тит. экрана. – № 002118062013. Деп. в БГУ 18.06.2013 г.

Дано описание основных элементов графического интерфейса LS-PREPOST, средств корректировки некоторых параметров, решения задач с помощью LS-DYNA Solver, а также средств визуализации результатов LS-PREPOST.

Авторы выражают благодарность представительству CAD-FEM GmbH в СНГ за разрешение использовать ANSYS 10 ED при написании данного раздела.

Основные элементы графического интерфейса LS-PREPOST

Использование графического интерфейса пользователя является наиболее простым способом взаимодействия с LS-PREPOST (Рисунок 1). Графический интерфейс пользователя LS-PREPOST состоит из следующих частей:

- **Верхнее раскрывающееся меню** – данное меню находится вверху окна LS-PREPOST и содержит пункты для работы с файлами, выбора объектов, настройки интерфейса и прочие команды имеющие вспомогательный характер.
- **Нижнее кнопочное меню** содержит кнопки быстрого управления отображением модели, выбора проекции и др.
- **Система закладок** расположена справа под боковым кнопочным меню. Она позволяет в постраничном режиме просмотреть состав кнопок, соответствующих указанной закладке.
- **Боковое кнопочное меню** содержит кнопки, соответствующие определенной закладке, для создания модели и т.д. Оно расположено над системой закладок.
- **Поле просмотра списка дополнительных пунктов**, относящихся к каждой выбранной кнопке бокового кнопочного меню. Оно расположено под системой закладок.

З а м е ч а н и е! При загрузке LS-PREPOST это поле не активировано, поскольку не нажата ни одна кнопка кнопочного меню.

- **Панель управления анимацией** расположена под кнопочным меню и позволяет просмотреть результаты решения задачи как для заданного времени, так и при непрерывном изменении данного параметра.
- **Поле ввода команд.** В поле ввода команд можно вводить текстовые команды LS-PREPOST.
- **Окно просмотра списка предыдущих команд.** В нем можно просмотреть порядок ввода команд.
- **Графическое окно** – окно, в котором отображается модель (основное рабочее окно) (Рисунок 2).

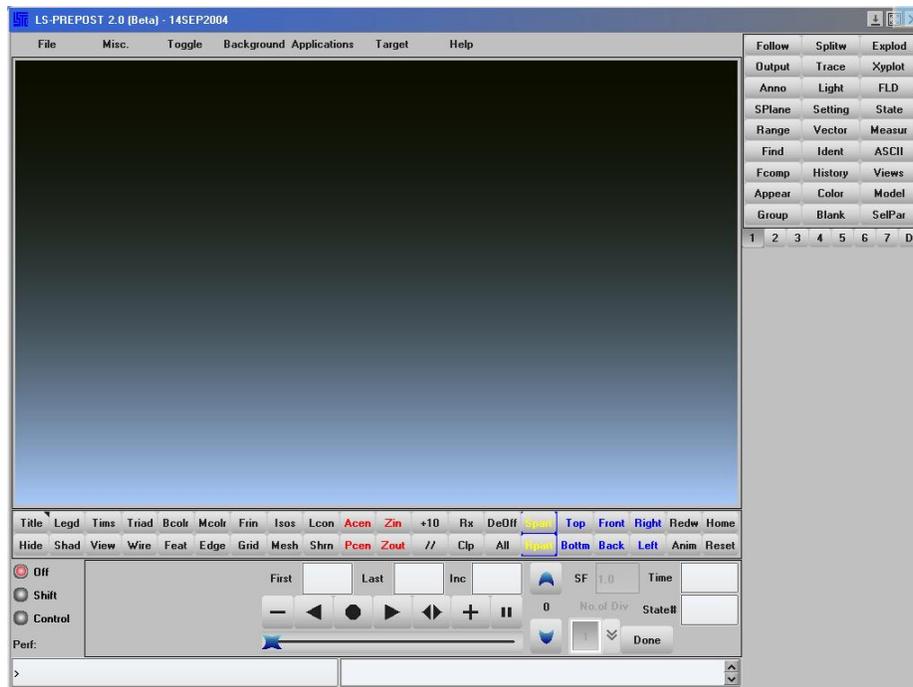


Рисунок 1. Окно LS-PREPOST

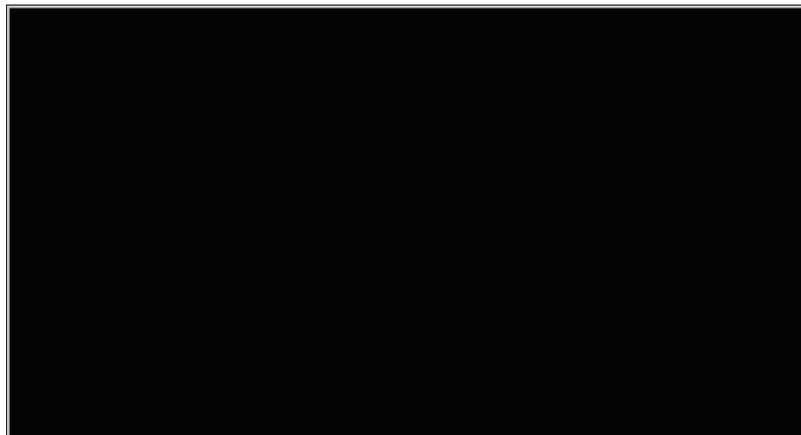


Рисунок 2. Графическое окно

Верхнее раскрывающееся меню LS-PREPOST

Верхнее выпадающее меню содержит команды для управления файлами, выбора элементов модели, отображения элементов модели и параметров (Рисунок 3). Оно состоит из следующих пунктов:

- **File** – в данном пункте меню содержатся команды для работы с файлами, такие как сохранение модели в файле, чтение ее из файла, выход из программы и другие.

- **Misc.** – в данном меню содержатся команды, позволяющие отобразить модель относительно плоскости, получить информацию о размере модели, изменить название модели и пр.
- **Toggle** – команды данного меню позволяют выбирать компоненты модели, используемые в работе.
- **Background** – с помощью команд данного меню можно управлять отображением модели.
- **Applications** – в данном пункте меню содержатся команды, управляющие графическим выводом. С их помощью можно изменять масштаб изображения, поворачивать, сдвигать, выбирать точку зрения.
- **Target** – команды из этого меню позволяют работать с рабочей плоскостью – перемещать ее поворачивать и так далее.
- **Help** – содержит команды для вывода на экран справочной информации о системе.



Рисунок 3. Верхнее раскрывающееся меню LS-PREPOST

При выборе любого из пунктов меню появится раскрывающееся подменю, содержащее список соответствующих подпунктов.

Пункт File

Пункт меню содержит следующие подпункты:

- **New** – закрыть все открытые модели и подготовиться к загрузке новой модели;
- **Open** – выбрать файл с помощью диалогового окна открытия.
- **Update** – обновление при выводе данных *d3plot* файлов.
- **Save Keyword** – записать данные препроцессора в *k*-файл (*.k).
- **Save Config** – записать конфигурационный файл (*.lspostrc).
- **Print** – вызов диалогового окна печати.
- **Movie** – вызов диалогового окна создания видео.
- **Exit** – выйти из LS-PREPOST.
- **Save_Exit** – сохранить текущие данные и выйти из LS-PREPOST.

Пункт Misc.

Пункт меню содержит следующие подпункты:

- **Reflect** – зеркальное отображение объекта.
- **Model Info** – выдача информации о размере модели.
- **Swap byte on Title** – показ названия в различной байтовой последовательности
- **Mesh line width** – определение ширины линий сетки в пикселях 2-*D* модель.
- **Edge line width** – определение ширины линий ребра в пикселях 3-*D* модель.
- **Feature angle** – выбор характеристики линейного угла.
- **Start record** – начало записи данных командного файла.
- **Stop record** – окончание записи данных командного файла.
- **Playback** – воспроизведение записанных данных командного файла.
- **Ruler** – открытие диалогового окна масштабной линейки.
- **Command File** – открытие диалогового окна командного файла.
- **Title** – изменение названия модели
- **Assign Menu Button** – открытие диалогового окна кнопочного меню
- **View Message Dialog** – открытие диалогового окна сообщений об ошибках при чтении файла

Пункт Toggle

Пункт меню содержит следующие подпункты:

- **Local axes On** – включение локальных осей.
- **Texture On** – переключение режима текстур.
- **Onesided Lighting** – одно- и двустороннее освещение.
- **FringeLight** – при выключении этой опции модель будет отображаться в режиме интерференционного цвета.
- **Outlining edge**– выделение ребер модели.
- **PlotUnode on** – переключение на изображение, не ссылающееся на узлы.
- **Highlight off** – включение/выключение повышенной яркости изображения.
- **Smooth Shade** – опция включения затушевывания поверхностей с плавными цветовыми переходами.
- **Outline white** – выбор цвета контура.
- **Deleted Nodes on** – показ удаленных узлов.

- **Record Message on** – все сообщения, отображаемые в командном окне, будут сохранены в файл.
- **Beam Style Prism** – отображение балочных элементов либо в виде линий, либо призмы.
- **Animate mode once** – переключение в режим анимации.
- **Deleted Elements on** - показ удаленных элементов.

Пункт Background

Пункт меню содержит следующие подпункты:

- **Full(ESC to return)** – показ области расположения рисунка в полноэкранном режиме
- **Plain** – установка монохромного фона изображения (выбрать из палитры).
- **Fade, DiaFade, TriFade** – установить блеклый, более блеклый и еще более блеклый фон соответственно (выбрать из палитры).
- **Picture** – выбрать *jpeg*-файл в качестве фона.

Нижнее кнопочное меню

Меню содержит следующие кнопки (Рисунок 4):

- **Title** - переключатель, показывающий название.
- **Legd** - переключатель, показывающий легенду.
- **Tims** - переключатель, изменяющий временные отметки.
- **Triad** - переключатель, изменяющий цветовую триаду.
- **Bcolr** - переключатель, изменяющий цвет фона.
- **Mcolr** - переключатель, изменяющий цвет линий сетки.
- **Frin** - цветной контур указателя (края).
- **Isos** - изо-поверхностная схема (чертеж).
- **Lcon** - цветные линии контура.
- **Hide** - изображение модели со скрытыми удаленными линиями.
- **Shad** - изображение модели цветным штриховочным способом (методом).
- **View** - изображение модели простым цветным методом (способом)
- **Wire** - каркасное изображение модели.
- **Feat** - изображение модели в режиме свойства линии (угол по умолчанию равен 30 градусов).

- **Edge** - изображение модели в режиме краевых линий.
- **Grid** - изображение каждой узловой точки как цветного пикселя.
- **Mesh** - наложение линий сетки на изображение модели.
- **Shrn** - отображение элементов в сжатом виде («по умолчанию» значение равно **0.85**).
- **Acen** - автоматическое центрирование модели в окне.
- **Pcen** - выбор узла в качестве новой центральной точки для вращения модели.
- **Zin** - увеличение выделенного изображения («мышью» указывается левый верхний и правый нижний угол прямоугольного фрагмента изображения).
- **Zout** - уменьшение масштаба всего изображения.
- **+/- 10** - вращение на **10** градусов вокруг осей **X, Y, Z**, соответственно.
- **Rx, Ry, Rz** - правый щелчок кнопкой мыши на **RX, RY, RZ** переключает оси вращения.
- **//** - доступность параллельного просмотра, щелчок кнопкой мыши переключает на вид **3-D** модели в перспективе.
- **Pers** – вид **3-D** модели в перспективе.
- **DeOff** - выключение отображаемых объектов.
- **DeOn** - включение всех предварительно отображаемых объектов.
- **Clp** - удаление всей выбранной информации.
- **All** - активизация всех объектов.
- **Rpat** - восстановление последней удаленной части.
- **Top, Front, Right, Bottm, Back, Left** - переключение на соответствующий вид (сверху, спереди, справа, снизу, сзади и слева).
- **Redw** - перерисовка текущей модели.
- **Home** - установка модели в «домашнюю» позицию.
- **Anim** - запуск и остановка анимации.
- **Rset** - восстановление модели в исходное положение и состояние.



Рисунок 4. Нижнее кнопочное меню

Система закладок, боковое кнопочное меню и поле просмотра списка дополнительных пунктов

З а м е ч а н и е! Совокупность элементов графического интерфейса состоящего из рассматриваемых трех разделов (системы закладок, бокового кнопочного меню и поля просмотра списка дополнительных пунктов) называется *Main Menu*. Это комплексное обозначение будет в дальнейшем часто использоваться.

Необходимо отметить следующую логическую структуру главного меню при использовании. Сперва пользователь должен выбрать закладку (т.е. страничку с соответствующим кнопочным меню), затем нажать необходимую кнопку и выбрать в поле просмотра списка дополнительных пунктов необходимую опцию (Рисунок 5).

Таким образом, кнопки сгруппированы постранично:

- Закладка **1**. Кнопки, расположенные на данной страничке, предназначены для общих манипуляций с моделью и отображения графической и числовой информации о решении задачи (в терминологии ANSYS/LS-DYNA это раздел – *Post processing*).
- Закладка **2**. Кнопки, расположенные на этой страничке, частично относятся к манипуляциям по подготовке модели (зеркальное отображение, поворот модели и др.), т.е. *Pre processing*, кроме того, несколько кнопок относится к *Post processing*.
- Закладка **3** содержит кнопки редактирования *k*-файла.
- Закладка **4** содержит кнопки, позволяющие подготовить модель к решению, т.е. *Pre processing*.
- Закладка **D** содержит кнопки, используемые для отображения компонент текущего *k*-файла (текущей модели).

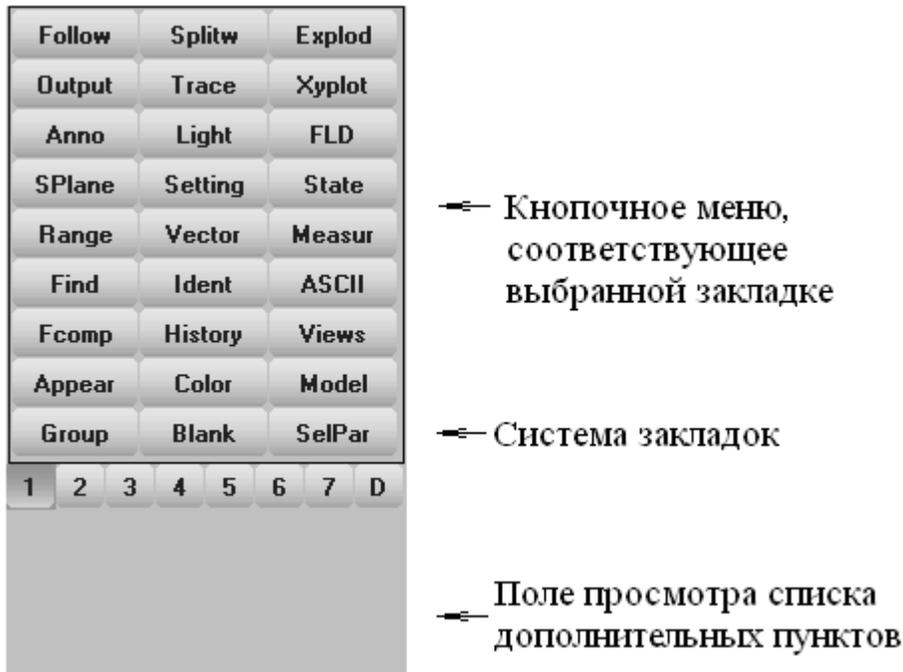


Рисунок 5. Система закладок, боковое кнопочное меню, поле просмотра списка пунктов кнопочного меню

ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АНИМАЦИЕЙ

Меню содержит поля (Рисунок 6):

- Поле **First** используется для ввода номера начального состояния.
- Поле **Last** используется для ввода номера конечного состояния.
- Поле **Inc** используется для ввода шага при отображении состояний на экране.
- Поле **Time** используется для определения времени текущего состояния.
- Поле **State#** используется для определения номера отображаемого на экране состояния.
- Поле **SF** используется для ввода масштабного коэффициента смещения.
- Раскрывающий список **No.of Div** используется для выбора количества промежуточных шагов между отображаемыми состояниями.

Кроме того меню содержит следующие кнопки (Рисунок 6):

- Кнопки   используются для проигрывания анимации назад и вперед соответственно.

- С помощью кнопки  можно остановить проигрывание анимации.
- Кнопка  позволяет остановить анимацию («пауза»), однако ползунок будет изменять состояния на экране.
- С помощью кнопки  можно снова запустить анимацию после «паузы».
- Кнопки   позволяют изменять состояние модели на один шаг назад и вперед, соответственно
- С помощью кнопки  можно изменить направление анимации.
- Кнопки   позволяют корректировать скорость анимации относительно указанного шага в поле *Inc*.
-  - ползунок.



Рисунок 6. Вид панели управления анимацией

Окно ввода команд и окно просмотра их списка

LS-PREPOST имеет возможность ввода команд из командной строки (Рисунок 7) и просмотра их списка и последовательности ввода (Рисунок 8). Команды вводятся в текстовом виде для подтверждения окончания ввода команды необходимо нажать *Enter* на клавиатуре.

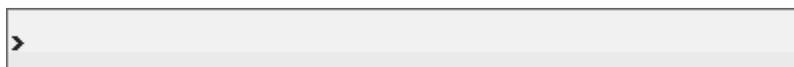


Рисунок 7. Окно ввода команды



Рисунок 8. Окно просмотра списка команд

Основные кнопки закладки 1

Как ранее уже отмечалось, закладка содержит кнопки отображения результатов решения.

Кнопка отображения полей деформаций и напряжений *Fcomp*

Общая информация

Main Menu > 1 > *Fcomp*

Используя данную кнопку в поле просмотра списка дополнительных пунктов появится окно *Fringe Compotent* (Рисунок 9), содержащее следующие разделы:

- ***Stress*** – список глобальных компонент напряжения и пластической деформации.
- ***Ndv*** - контур смещения/скорости узлов конечноэлементного разбиения.
- ***Result*** - компоненты главного вектора напряжений.
- ***Strain*** - компоненты логарифмической деформации ϵ_{1n} .
- ***Misc*** - давление, температура, плотность и т.д.
- ***Infin*** - малые деформации ϵ .
- ***Green*** - деформации ***Green-St. Venant*** ϵ_G .
- ***Almans*** - деформации ***Almansi*** ϵ_{A1} .
- ***S.Rate*** - скорости деформации.
- ***Residue*** - остаточная упругая деформация.
- ***FLD - FLD*** компоненты деформации.
- ***Beam*** – моменты относительно осей t и s сечения, торсионные моменты, аксиальные напряжения растяжения/сжатия балочных элементов.
- ***CFD*** - компоненты ***Navier-Stokes***.
- ***D3Mean*** - средняя по времени компонента окна ***Fringe Compotent***.
- ***User*** - компоненты окна ***Fringe Compotent*** пользователя по умолчанию.

Кнопка ***Apply*** используется для подтверждения выбора компонент для отображения.

З а м е ч а н и е! Пусть L - исходная длина образца, l - конечная длина после приложения силы к образцу. При одномерном нагружении образца логарифмическая деформация ϵ_{ln} связана с деформацией по Коши $\epsilon = \left(\frac{l}{L} - 1 \right) \cdot L$ соотношением $\epsilon_{ln} = \ln \left(\frac{l}{L} + \epsilon \right)$. Деформации *Green-St. Venant* ϵ_G и *Almansi* ϵ_{Al} определяются уравнениями $\epsilon_G = \left(\frac{l}{L} \right)^2 - 1$, $\epsilon_{Al} = \left(\frac{l}{L} \right)^2 - 1$.

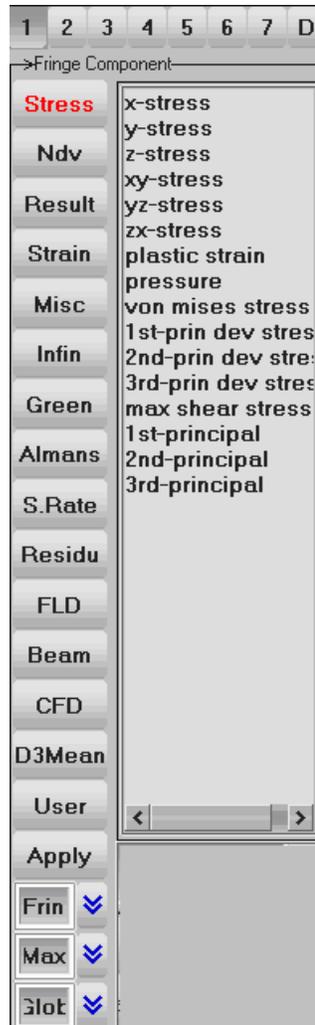


Рисунок 9. Список *Fringe Component*

Некоторые возможности отображения полей перемещений

Main Menu > 1 > Fcomp > Fringe Compotent > Ndv > x-displacement

Main Menu > 1 > Fcomp > Fringe Compotent > Ndv > y-displacement

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Ndv> z-displacement

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Ndv> result displace

Отображение полей главных напряжений

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Stress> 1st-prin stress

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Stress> 2st-prin stress

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Stress> 3st-prin stress

Отображение полей главных малых деформаций

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Infin> 1st-prin. strain

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Infin> 2st-prin. strain

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Infin> 3st-prin. strain

Отображение полей главных деформаций Green-St.Venant

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Green> 1st-prin. strain

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Green> 2st-prin. strain

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Green> 3st-prin. strain

Отображение полей главных деформаций Almansi

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Almansi> 1st-prin. strain

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Almansi> 2st-prin. strain

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Almansi> 3st-prin. strain

Отображение физических параметров балочных элементов

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Beam> axial forse resultant

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Beam> t-forse resultant

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Beam> s-moment resultant

Main Menu> 1> Fcomp> Fringe Compotent> Beam> torsional moment

Кнопка отображения векторных полей *Vector*

Общая информация

Main Menu> 1> Vector

Данный интерфейс показывает вектор нормали для любого элемента модели. Используя данную кнопку, в *поле просмотра списка дополнительных пунктов* появится окно *Vector Plot* (Рисунок 10) содержащее опции:

- *X, Y, Z* - переключение между *X, Y, Z* компонентами вектора.
- *Vector range* - ввод минимального и максимального значений вектора.
- *Dynamic* - установка вычисления мин/макс диапазона на каждом промежутке времени.
- *Static* - вычисление постоянного мин/макс диапазона на всем временном диапазоне.
- *User* - установка пользователем мин/макс диапазона.
- *Show* - показ элементов, чьи значения векторов попадают во введенный диапазон.
- *SF* - ввод масштабного коэффициента для векторов.
- *Hidden line vector off* - выключение скрытых линий для векторов (при выборе этой опции, если вектор будет находиться за элементом, он не будет показан).
- *Whole* - построение векторов для целой (всей) модели.
- *Part* - выбор элементов для построения векторов.
- *Area* - определение поверхности для построения векторов.
- *El/Node* - выбор узла для построения вектора.

Окно содержит также кнопки:

- *Apply* - выполнить построение векторов.
- *Clear* - очистить от векторов модель.
- *Done* - выйти из интерфейса построения векторов.

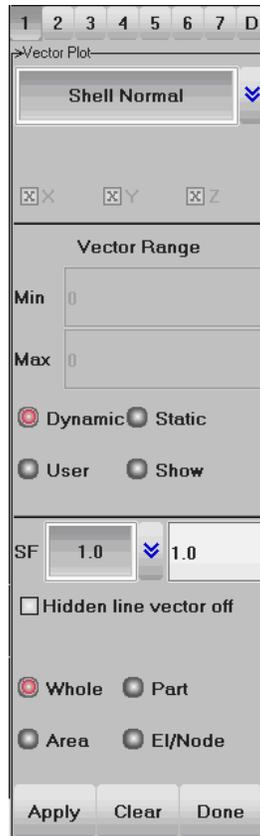


Рисунок 10. Окно *Vector Plot*

Построение векторов

Main Menu > I > Vector

При использовании этого пункта необходимо выбрать:

- Направление (выбирается направление *X*, *Y*, *Z*).
- Тип векторного диапазона (например, *Dynamic*, *Static*).
- Масштабный коэффициент для векторов (поле *SF*)
- Компоненты модели, для которых будет отображаться векторы.

Далее необходимо нажать кнопку *Apply*.

Кнопка показа и подготовки данных в зависимости от времени *History*

Общие сведения

Main Menu > I > History

Данный интерфейс используется для показа и подготовки данных в зависимости от времени. При нажатии на указанную кнопку, в *поле просмотра списка дополнительных пунктов* появится окно *Time History Results* (Рисунок 11), содержащее опции:

Первая секция:

- **Global** - выбор глобального изменения во времени
- **Nodal** - выбор узлового изменения во времени
- **Element** - выбор элементного изменения во времени
- **Int.pt.** - выбор точечного интегрирования элемента изменения во времени
- **Material** - выбор изменения во времени материала
- **R-Nodal** - выбор относительно узлов изменения во времени
- **Scalar** - выбор скалярного *fringed* изменения во времени
- **Vol-fail** - выбор опции пропадаания объема материала
- **Sum mats** - сумма материалов для изменения во времени материала.

Вторая секция состоит из списка, состав которого зависит от выбора полей первой секции.

Третья секция используется для выбора параметра, изменяющегося во времени и состоит из ряда раскрывающихся списков:

- **Value** - выбор значений элемента или макс/мин значение элемента для материала:
 1. **Elm** - построение (*plot*) данных для выбранных элементов
 2. **Max** - построение (*plot*) данных для элемента с максимальным значением для выбранного материала
 3. **Min** - построение (*plot*) данных для элемента с минимальным значением для выбранного материала
- **E-type** - выбор типа элемента для изображения изменения во времени.
- **E-axes** - выбор осей элемента для изображения изменения во времени.
- **Surface** - выбор положения поверхности напряжений.



Рисунок 11. Окно *Time History Results*

Четвертая секция содержит кнопки:

- **Plot** - построение изменения во времени данных в текущем *XY-Plot* окне.
- **New** - построение изменения во времени данных в новом *XY-Plot* окне.
- **Padd** - добавление данных в текущее *XY-Plot* окно.
- **Raise** - перевести на передний план все открытые *XY-Plot* окна.
- **Pop** - открыть и перевести на передний план все закрытые *XY-Plot* окна.
- **Clear** - очистить выбранные элементы в списке.
- **Done** - выйти из интерфейса «Результаты изменения во времени».

Вывод изменения основных параметров модели во времени

Main Menu> 1> History

При использовании этого пункта необходимо выбрать:

- Параметр модели.
- Узлы для *Nodal* и *R-Nodal*/-элементы для *Element and Int. Pt./*, материалы для *Materials/* или выберите *fringe* параметр для *Scalar*, воспользовавшись *Fcomp*.

З а м е ч а н и е! Например, сначала необходимо в *FComp*, выбрать *1 prin stress* и только после этого в *Hystory* появится поле, выбрав которое можно построить соответствующий график.

- Далее необходимо нажать кнопку *Plot* или *New*.

Кнопка просмотра состояния системы *State*

Общие сведения

Main Menu> *1*> *State*

Данная кнопка используется для активации временных состояний и наложения их на модель. Последовательность действий при просмотре наложения системы в различные периоды времени:

Опции выбора окна *State Times* (Рисунок 12):

- *Choose* – Опция выбора состояния из списка состояний, которое затем будет показано;
- *Delete* – опция отмены выбора состояния в списке состояний делаются неактивными;

Средства управления режимом наложения *State Times* (Рисунок 12):

- *Overlay State* – поле ввода номера состояния для наложения;
- *Overlay Color* – выбор цвета наложения;
- *Overlay Type* – выбор типа наложения;
- *Reset* – установка активными всех состояний;
- *Done* – выход из интерфейса.

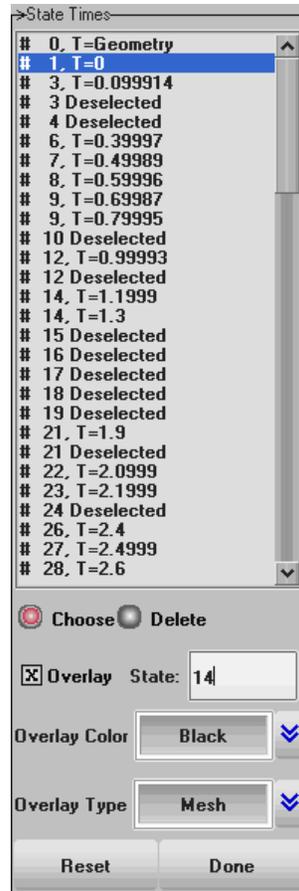


Рисунок 12. Окно *State Times*

Наложении состояний системы в различные периоды времени

Main Menu > I > State

При использовании этого пункта необходимо выбрать:

- Активировать режим наложения, выбрав из списка первое состояние.
- Выбрать цвет наложения с помощью раскрывающегося списка *Overlay Color*.
- Выбрать тип наложения *Overlay Type*.
- Выбрать состояние из списка состояний, введя номер в окно *State*.

З а м е ч а н и е! Обязательно необходимо нажать *Enter* на клавиатуре.

Кнопка измерения рассчитываемых параметров (величин) системы *Measur*

Общие сведения

Main Menu > 1 > *Measur*

Данная кнопка используется для измерения вычисляемых параметров модели и создания локальных систем координат. При использовании данной кнопки в поле просмотра списка дополнительных параметров появляется окно *Measure* (Рисунок 13), которое состоит из ряда опций, раскрывающегося списка, окна *History* и ряда кнопок:

- *Item* – раскрывающийся список для измерения или создание локальной системы координат.
- *Cancel pick* – кнопка для удаления последней выбранной операции (узла).
- *History* – окно для выбора типа записи для создания графиков.
- *Active Element Only* – опция для измерения частей активных элементов.
- *Plot* – кнопка для отрисовки графика изменения параметра в текущем окне *PlotWindow*.
- *New* – кнопка для отрисовки графика изменения параметра в новом окне *PlotWindow*.
- *Padd* – кнопка для добавления данных (графика) в текущем окне *PlotWindow*.
- *Clear* – кнопка для удаления выделенных элементов в списке.
- *Raise* – кнопка для активирования всех окон *PlotWindow*.
- *Pop* – кнопка открытия и активирования всех закрытых окон *PlotWindow*.
- *Done* – кнопка выхода из интерфейса *Measure*.

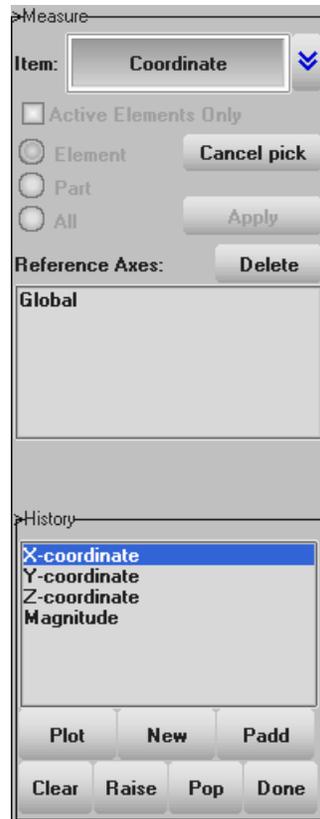


Рисунок 13. Окно *Measure*

Вычисление (получение) координат

Main Menu > 1 > Measur

Последовательность действий:

- Выберите *Reference Axes* («по умолчанию» *Global*).
- В раскрывающемся списке *Item* выберите раздел *Coordinate*.
- Выберите узел конечно-элементной модели.

З а м е ч а н и е! Координаты текущего состояния будут отображены в командном окне.

- Выберите тип координаты (*X-coordinate*, *Y-coordinate*, *Z-coordinate* или *Magnitude*) в окне *Hystory*.
- Нажмите кнопку *Plot* (*New* или *PAdd*) для построения графика изменения выбранной величины во времени.

Измерение расстояния

Main Menu> 1> Measur

Последовательность действий:

- Выберите **Reference Axes** («по умолчанию» **Global**).
- В раскрывающемся списке **Item** выберите **Distance** (или **Distance N2S**).
- Выберите два узла (или узел и элемент) конечно-элементной модели.
- Расстояние между выбранными компонентами будет отображено в командном окне.
- Выберите тип проекции в окне **Hystory**.
- Нажмите кнопку **Plot (New или PAdd)** для построения графика изменения выбранной величины во времени.

Кнопка выбора компонентов на дисплее **SelPar**

Общие сведения

Main Menu> 1> SelPar

Данный интерфейс используется для выбора компонентов на дисплее. При нажатии на данную кнопку в поле просмотра списка дополнительных пунктов появится окно **Part Selection** (Рисунок 14), содержащее следующие секции и опции:

Первая секция:

- Раскрывающий список моделей.
- **Beam** – выбор балочных элементов.
- **Shell** – выбор оболочечных элементов.
- **Solid** – выбор твердотельных элементов.
- **Tshell** – выбор **T**-каркасных элементов.
- **Mass** – выбор материальных элементов.
- **Discrete** – выбор дискретных элементов.
- **Seatbelt** – выбор элементов Seatbelt (ремень безопасности).
- **Inertia** - выбор инерционных элементов.
- **Rsurf** - выбор элементов жесткой поверхности.
- **SPHnd** – выбор элементов **SPH**-узлов.

- **Fluid** – выбор жидкостных элементов.

Вторая секция:

- **Single** – опция выбора компонента модели одиночным кликом.
- **Area** – опция выбора компонентов модели, находящихся на поверхности, выбранной пользователем.
- **Polygon** – опция выбора компонентов модели, входящих в область, выбранную пользователем.

Кроме того окно **Part Selection** содержит:

- Кнопку **Save** для сохранения выбранных компонентов модели в буфер.
- Кнопку **Load** для загрузки компонентов модели из выбранного буфера.
- Список **Buff(n)** используется для выбора буфера для загрузки или сохранения.
- Опция **Rm** применяется для удаления компонентов, входящих в выбранную область.
- Опция **Kp** позволяет осуществить выбор компонентов, входящих в область/регион.
- Кнопка **Info** позволяет показать информацию о выбранных компонентах модели.
- Кнопка **All** осуществляет выбор всех компонентов.
- Кнопка **None** отменяет выбор всех компонентов.
- Кнопка **Rev** осуществляет реверс выбора всех компонентов.
- Кнопка **Auto** выполняет обновление изображения с выбранным компонентом автоматически.
- Кнопка **Apply** осуществляет обновление изображения с выделенными компонентами.
- Кнопка **Done** позволяет осуществить выход из интерфейса выбора компонентов **Part Selection**.

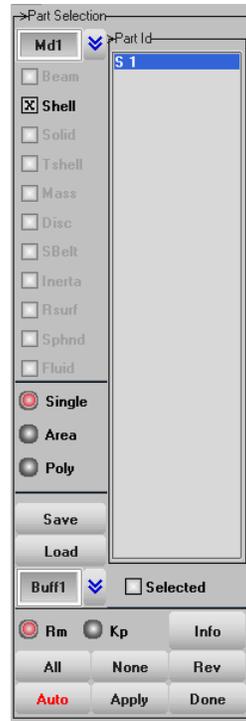


Рисунок 14. Окно *Part Selection*

Использование интерфейса выбора «групп»

Main Menu > 1 > SelPar

При использовании этого пункта необходимо:

- Выбрать опцию **Rm (Remove)** или **Kp (Keep)** в зависимости от того, удаляете или выбираете «группу» **Part** из рассмотрения.
- Выбрать тип «группы» (**Single, Area, Poly**).
- Выбрать «группу» из модели или из списка **Part ID**.
- Нажать кнопку **Apply**.

Краткое описание кнопочного меню закладки 3

Закладка 3 содержит кнопки редактирования **k**-файла.

*Кнопка *Boudry*

Main Menu > 3 > *Boudry

Кнопка используется для различных способов задания фиксированных или переменных граничных условий.

*Кнопка *Constrnd***Main Menu> 3> *Constrnd**

С помощью кнопки накладываются ограничения.

*Кнопка *Contact***Main Menu> 3> *Contact**

Кнопка позволяет пользователю задавать различные типы контактного взаимодействия между деформируемыми или деформируемым и жестким телами.

*Кнопка *Control***Main Menu> 3> *Control**

Кнопка дает возможность переустановить задаваемые «по умолчанию» параметры расчета, такие как вид расчета, шаг расчета и другие.

*Кнопка *Dbase***Main Menu> 3> *Dbase**

При помощи кнопки можно задать периодичность записи информации в базу данных.

*Кнопка *Define***Main Menu> 3> *Define**

Кнопка позволяет вводить кривые, определяющие соотношения, векторы и т.п.

*Кнопка *Element***Main Menu> 3> *Element**

Кнопка определяет идентификаторы и взаимодействие для различных типов конечных элементов программы, включая оболочечные, балочные, объемные и элементы, моделирующие пружины, и сосредоточенные массы.

*Кнопка *Eos*

Main Menu> 3> *Eos

Кнопка содержит параметры уравнения состояния.

*Кнопка *Initial*

Main Menu> 3> *Initial

Кнопка задает начальные скорости и начальные импульсы для узлов модели.

*Кнопка *Load*

Main Menu> 3> *Load

Кнопка предоставляет различные способы нагружения конструкций сосредоточенными силами, распределенным давлением, массовыми силами и тепловыми нагрузками.

*Кнопка *Mat*

Main Menu> 3> *Mat

Кнопка позволяет задать определяющие константы для всех материалов модели.

*Кнопка *Node*

Main Menu> 3> *Node

Кнопка определяет идентификаторы и координаты узловых точек.

*Кнопка *Part*

Main Menu> 3> *Part

Кнопка используется для связывания идентификатора «группы» модели с входными данными **SECTION*, **MATERIAL*, **EOS* и т.д.

*Кнопка *Set***Main Menu > 3 > *Set**

Кнопка позволяет группировать узлы, элементы, материалы и т.д. в отдельные множества.

Примеры чтения и корректировки k-файла в LS-PREPOST**Пример 1. Редактирование k-файла модели растяжения цилиндрического образца в LS-PREPOST***Шаг 1. Чтение k-файла в LS-PREPOST*

Для чтения полученного из ANSYS *k*-файла вы должны из выпадающего меню препостпроцессора выбрать **File > Import > LS-DYNA Keyword**. При использовании данного пункта меню появляется окно *Input File* (Рисунок 15).

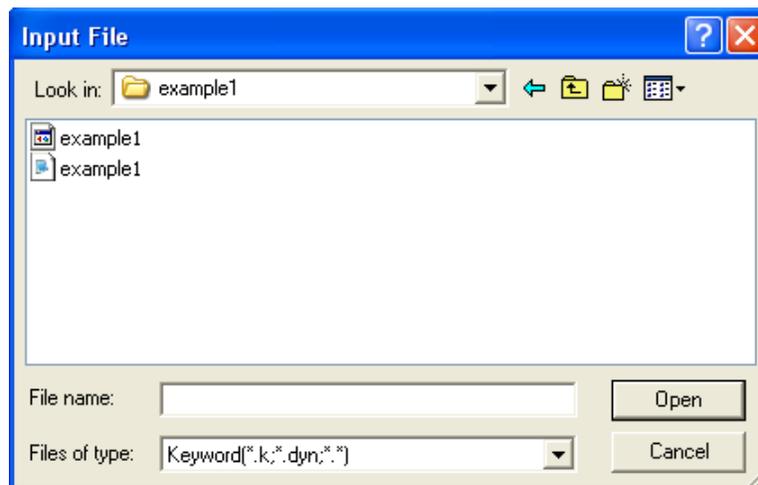


Рисунок 15. Окно *Input File*

Далее выполняем следующие действия:

- Выбираем местоположение нашего *k*-файла (*C:\example1*).
- Выбираем созданный ранее *k*-файл (*example1.k*).
- Нажимаем кнопку **Open**. В рабочем окне препроцессора открывается модель (Рисунок 16).

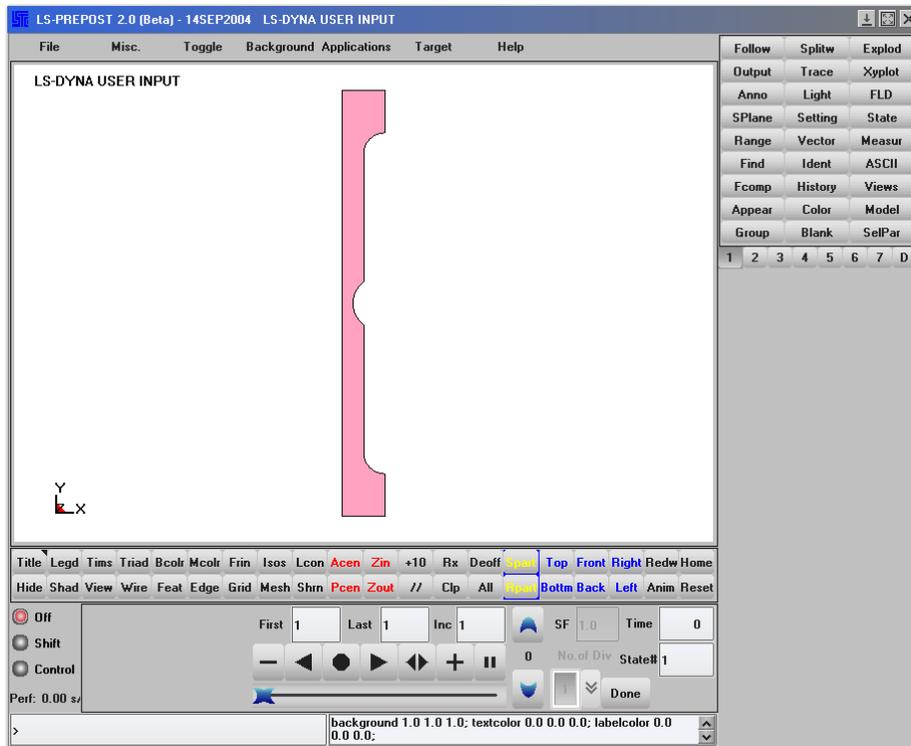


Рисунок 16. Модель в окне препостпроцессора.

Шаг 2. Редактирование *k*-файла в *LS-PREPOST*

После создания *k*-файла в ANSYS файл решения создается в выходном формате ANSYS. Для последующей обработки данных, полученных в результате моделирования, через LS-PREPOST необходимо изменить выходной формат данных для LS-DYNA. Для этого необходимо использовать закладку номер 3 (Рисунок 17).



Рисунок 17. Выбор закладки номер 3

Далее:

- В кнопочном меню нажимаем кнопку **Dbase* (Рисунок 18).
- В списке ключевых слов *Keyword *DATABASE* (Рисунок 19) выбираем для редактирования **FORMAT*.
- В списке ключевых слов *Keyword *DATABASE* нажимаем кнопку *Edit* (Рисунок 19).



Рисунок 18. Вид кнопочного меню закладки 3 с нажатой кнопкой **Dbase*

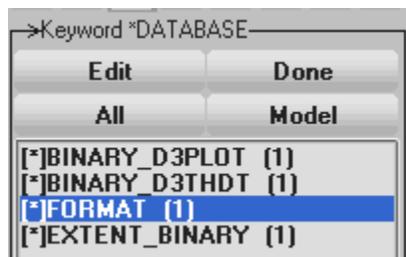


Рисунок 19. Список ключевых слов *Keyword *DATABASE* кнопки **Dbase*

- В результате произведенных операций возникнет окно редактирования **DATABASE_FORMAT* (Рисунок 20).
- Редактируем первый параметр *IFORM* данной карты. Изменяем его на значение *0*, соответствующее формату вывода данных в LS-DYNA (Рисунок 20).
- Нажимаем кнопку *Accept* и затем кнопку *Done* в окне **DATABASE_FORMAT* (Рисунок 20).

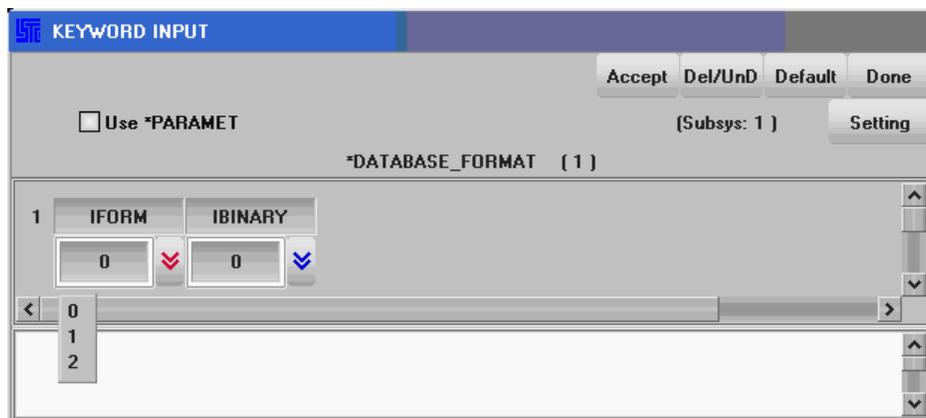


Рисунок 20. Изменение параметра *IFORM* карты **DATABASE_FORMAT*

Шаг 3. Изменение шага по времени при решении задачи

При решении задачи с помощью LS-DYNA автоматически устанавливается шаг изменения времени. Обычно этот шаг настолько мал, что время расчета даже простейших задач неоправданно возрастает. Для изменения автоматического шага расчета воспользоваться закладкой номер три (Рисунок 17):

- В кнопочном меню, соответствующему закладке 3, выбираем ***Control** (Рисунок 21).
- В списке ключевых слов выбираем для редактирования карту ***TIMESTEP** (Рисунок 22).
- Нажимаем кнопку **Cre/Edt** (Рисунок 22).
- В появившемся диалоговом окне **CONTROL_TIMESTEP** (Рисунок 23) изменяем параметр **DT2MS** на новый шаг времени. В нашем случае это будет **0.00001**.
- Нажимаем кнопку **Accept** и затем кнопку **Done** в окне **CONTROL_TIMESTEP** (Рисунок 23).

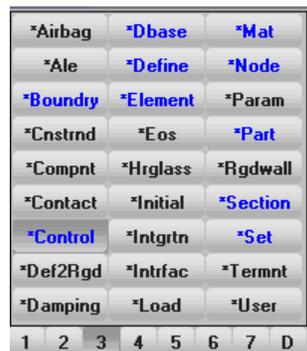


Рисунок 21. Кнопочное меню с нажатой кнопкой ***Control**



Рисунок 22. Список ключевых слов *Keyword *DATABASE* кнопки ***Control**

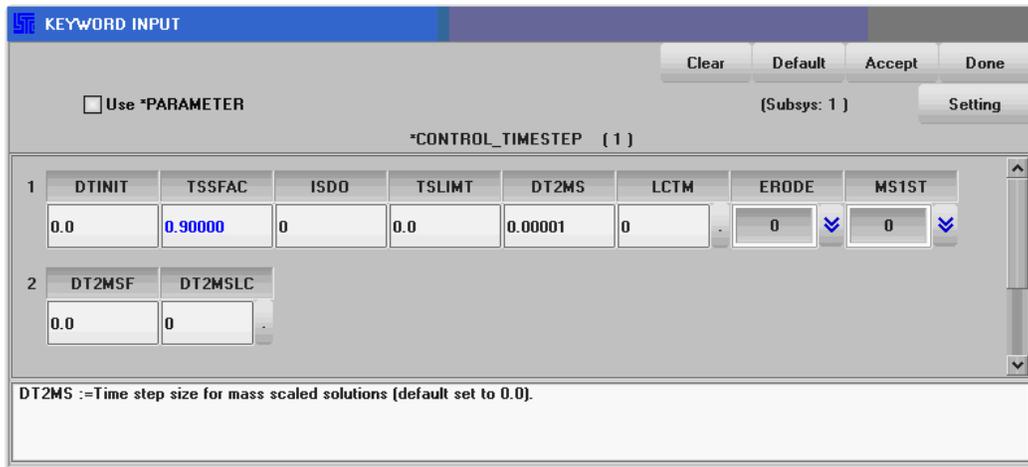


Рисунок 23. Изменение параметра *DT2MS* карты **CONTROL_TIMESTEP*

Шаг 4. Сохранение измененной модели.

Для сохранения отредактированного в препостпроцессоре *k*-файла вы должны из верхнего выпадающего меню препостпроцессора выбрать **File> Save Keyword**. При использовании данного пункта меню появляется окно **Save Keyword** (Рисунок 24).

Далее выполняем следующие действия:

- Нажимаем кнопку **Browse** и в окне **Save Keyword File** выбираем место сохранения нашего *k*-файла (например, *C:\example1*).
- Выбираем ранее созданный *k*-файл (например, *example1.k*).
- Нажимаем **Open** в окне **Save Keyword File**.
- Нажимаем кнопку **Save** в окне **Save Keyword**.

З а м е ч а н и е! В появившемся окне **LSPP Question** нажимаем кнопку **Yes**. Окно **LSPP Question** может и не появиться (это зависит от версии **LS-PREPOST**). При этом на место ранее созданного **ANSYS**-ом *k*-файла, будет записан модифицированный вами *k*-файл.

- Закройте **LS-PREPOST**.

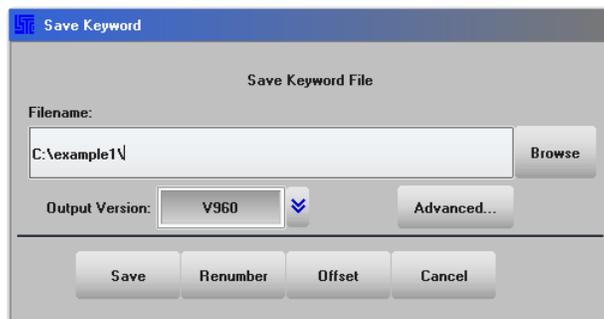


Рисунок 24. Окно **Save Keyword**

Пример 2. Напряженное состояние и хрупкое разрушение криволинейного листа рессоры при высокоскоростном деформировании

Шаг 1. Чтение *k*-файла в *LS-PREPOST*

Для чтения полученного из ANSYS *k*-файла необходимо из выпадающего меню препостпроцессора выбрать **File> Import> LS-DYNA Keyword**. При использовании данного пункта меню появляется окно **Input File**. Далее:

- Выбираем местоположение нашего *k*-файла (например, *C:\example2*).
- Выбираем созданный ранее *k*-файл (*example2.k*).
- Нажимаем кнопку **Open**.

В рабочем окне препроцессора открывается модель (Рисунок 25).

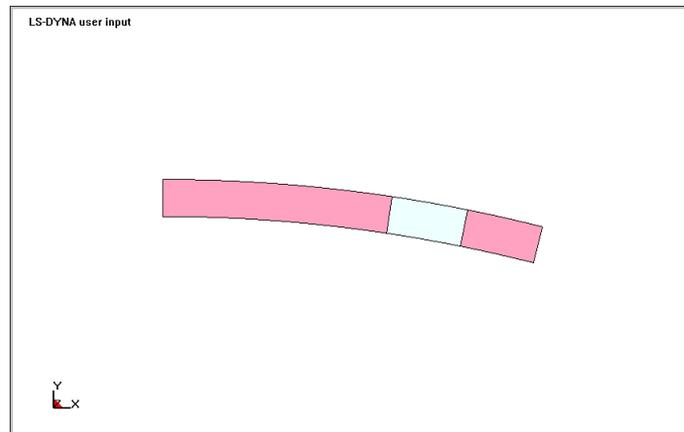


Рисунок 25. Модель листа рессоры

Шаг 2. Редактирование *k*-файла в *LS-PREPOST*

Для последующей обработки данных, полученных в результате моделирования, через LS-PREPOST необходимо изменить выходной формат данных на LS-DYNA. Для этого заходим в закладку номер 3 (Рисунок 17). Далее:

- В кнопочном меню нажимаем кнопку ***Dbase** (Рисунок 18).
- В списке ключевых слов **Keyword *DATABASE** (Рисунок 19) выбираем для редактирования ***FORMAT**.

- В списке ключевых слов *Keyword *DATABASE* нажимаем кнопку *Edit* (Рисунок 19).
- В результате произведенных операций возникнет окно редактирования **DATABASE_FORMAT* (Рисунок 20).
- Редактируем первый параметр *IFORM* данной карты. Изменяем его на значение *0*, соответствующее формату вывода данных в LS-DYNA (Рисунок 20).
- Нажимаем кнопку *Accept* и затем кнопку *Done* в окне **DATABASE_FORMAT* (Рисунок 20).

Шаг 3. Изменение шага по времени при решении задачи

При решении задачи с помощью LS-DYNA автоматически устанавливается шаг изменения времени. Обычно этот шаг настолько мал, что время расчета даже простейших задач неоправданно возрастает. Для изменения автоматического шага расчета воспользоваться закладкой номер 3:

- В кнопочном меню, соответствующему указанной закладке, выбираем **Control* (Рисунок 26).
- В списке ключевых слов выбираем для редактирования карту **TIMESTEP* (Рисунок 27).
- Нажимаем кнопку *Cre/Edt* (Рисунок 27).
- В появившемся диалоговом окне *CONTROL_TIMESTEP* изменяем параметр *DT2MS* на новый шаг времени. В нашем случае это будет *0.00005*.
- Нажимаем кнопку *Accept* и затем кнопку *Done* в окне *CONTROL_TIMESTEP*.

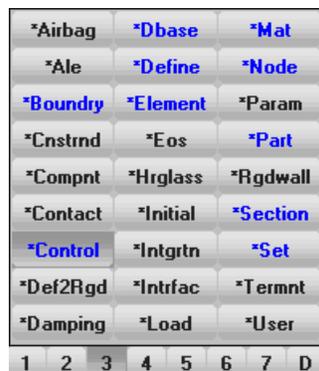


Рисунок 26. Кнопочное меню третьей закладки с нажатой кнопкой **Control*

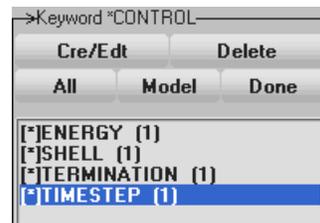


Рисунок 27. Список ключевых слов *Keyword *CONTROL* кнопки **Control*

Шаг 4. Добавление возможности разрушения материала.

Воспользуемся картой **MAT_ADD_EROSION* для разрушения второй «группы» (*second part*) материала (Рисунок 28).

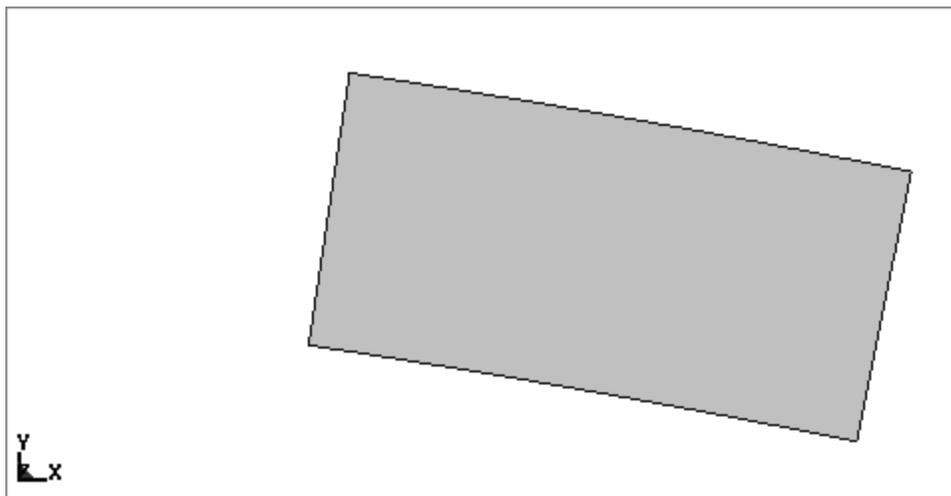


Рисунок 28. Вторая «группа» модели

Для этого необходимо создать еще один материал **MAT_ELASTIC*, затем созданный материал присвоить второй «группе» и после добавить **MAT_ADD_EROSION* к созданному второму материалу. Для этого:

- В кнопочном меню, соответствующему закладке 3, выбираем **MAT* (Рисунок 29). Выбираем тип материала *001-ELASTIC* и нажимаем на кнопку *Edit*.
- В появившемся окне *MAT_ELASTIC* (Рисунок 30) нажимаем кнопку *NewID*, а затем *Accept*. В результате проведенных действий возникает второй материал с идентичными значениями механических характеристик.
- Нажимаем *Done*.

- В выпадающем меню *GroupBy* окна *Keyword *MAT* выбрать *All* (Рисунок 31).
- В списке ключевых слов выбираем карту **000-ADD_EROSION* (Рисунок 32).
- Нажимаем кнопку *Edit* (Рисунок 32).
- В появившемся диалоговом окне *MAT_ADD_EROSION* нажимаем на кнопку *NewID* и устанавливаем значение *MID* на значение *2*, также устанавливаем параметр главной деформации *EPSP1* на значение *0.00065* (Рисунок 33).
- Нажимаем кнопку *Accept* и затем кнопку *Done* в окне *MAT_ADD_EROSION* (Рисунок 33).

З а м е ч а н и е! Значение параметра *MID* необходимо задать равным *2*, т.к. разрушение накладываем на вторую «группу», а, следовательно, и на второй материал.

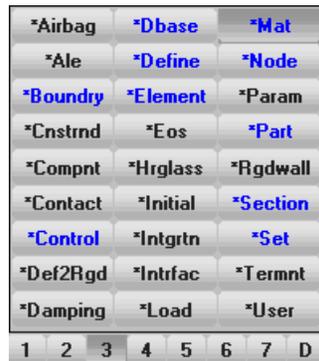


Рисунок 29. Кнопочное меню с нажатой кнопкой **Mat*

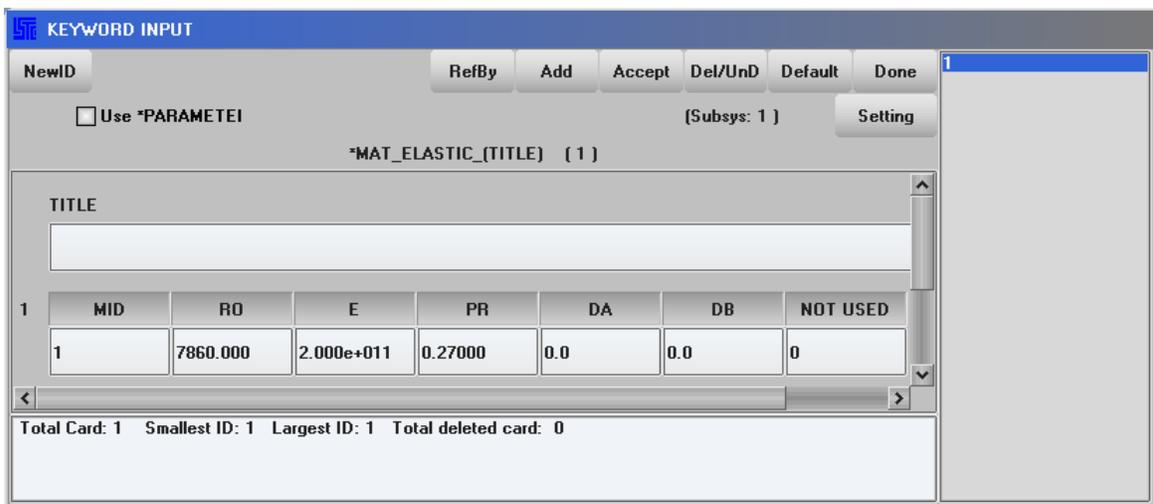


Рисунок 30. Карта **MAT_ELASTIC*



Рисунок 31. Выбор всех типов материалов LS-DYNA.

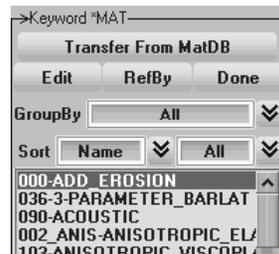


Рисунок 32. Список ключевых слов *Keyword *MAT* кнопки **Mat*

Далее:

- В кнопочном меню, соответствующему закладке 3, нажимаем кнопку **Part*, выбираем строку *(*)PART (2)* и нажимаем кнопку *Edit*. В результате появляется карта **PART_(TITLE)* (Рисунок 34).
- Затем выбираем *2 Part* в правой колонке и изменяем *MID* материала второй «группе» модели на значение *2* (Рисунок 34).
- Последовательно нажмем на кнопки *Accept* и *Done*.



Рисунок 33. Начальные значения карты **MAT_ELASTIC*

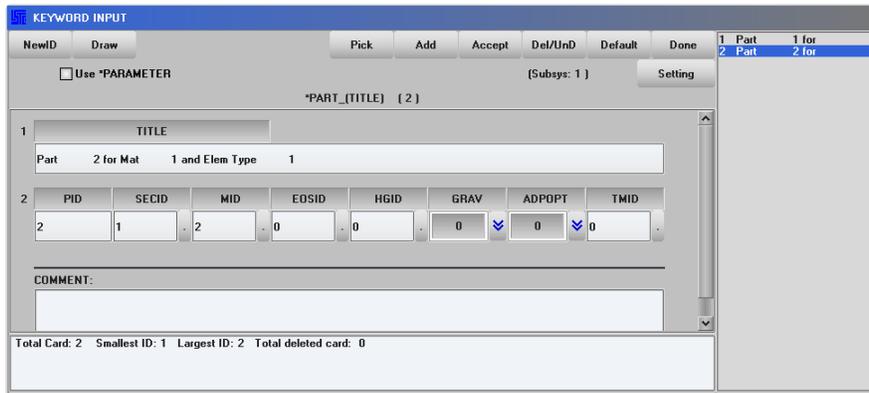


Рисунок 34. Карта **PART* после модификации 2 Part

Шаг 5. Сохранение измененной модели.

Для сохранения отредактированного в препостпроцессоре *k*-файла необходимо из верхнего выпадающего меню препостпроцессора выбрать **File> Save Keyword**. При использовании данного пункта меню появляется окно **Save Keyword**.

Далее выполняем следующие действия:

- Нажимаем кнопку **Browse** и в окне **Save Keyword File** выбираем место сохранения нашего *k*-файла (например, *C:\example2*).
- Выбираем ранее созданный *k*-файл (например, *example2.k*).
- Нажимаем **Open** в окне **Save Keyword File**.
- Нажимаем кнопку **Save** в окне **Save Keyword**.

З а м е ч а н и е! В появившемся окне **LSPP Question** нажимаем кнопку **Yes**. Окно **LSPP Question** может и не появиться (это зависит от версии LS-PREPOST). При этом на место ранее созданного ANSYS-ом *k*-файла, будет записан модифицированный вами *k*-файл.

- Закрываем **LS-PREPOST**.

Пример 3. Чтение *k*-файла модели пули и брони в LS-PREPOST

Шаг 1. Чтение *k*-файла в LS-PREPOST

Для редактирования *k*-файла, полученного из ANSYS, необходимо из выпадающего меню LS-PREPOST выбрать **File> Import> LS-DYNA Keyword**. В результате появляется окно **Input File**. Далее:

- Выбираем местоположение нашего *k*-файла (например, *C:\example3*).
- Выбираем созданный ранее *k*-файл (*example3.k*).
- Нажимаем кнопку *Open*. В рабочем окне препроцессора открывается модель (Рисунок 35).

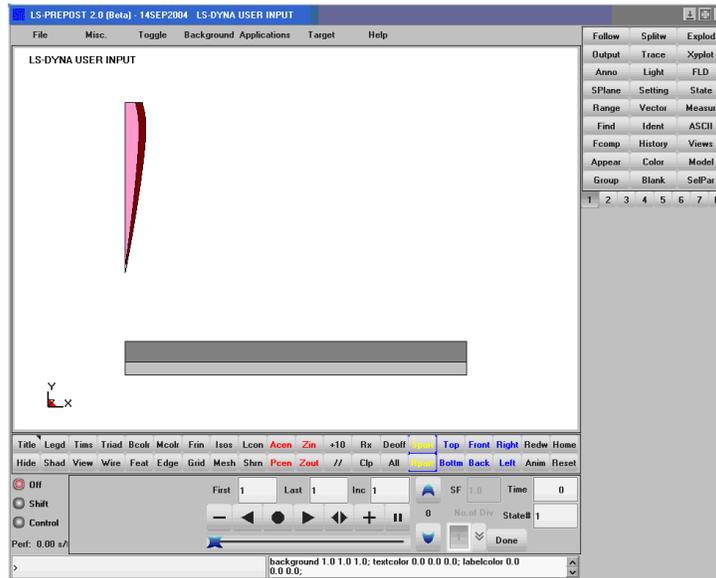


Рисунок 35. Модель сечения пули и брони в окне LS-PREPOST

Шаг 2. Редактирование *k*-файла в LS-PREPOST

Для изменения выходного формата для последующей обработки данных, полученных в результате моделирования, через LS-PREPOST необходимо зайти в закладку номер 3 (Рисунок 17). Далее выполняем следующие действия:

- В кнопочном меню нажимаем кнопку **Dbase* (Рисунок 18).
- В списке ключевых слов *Keyword *DATABASE* (Рисунок 19) выбираем **FORMAT*.
- В списке ключевых слов *Keyword *DATABASE* нажимаем кнопку *Edit* (Рисунок 19).
- В результате возникнет окно редактирования **DATABASE_FORMAT* (Рисунок 20).
- Редактируем первый параметр *IFORM* данной карты. Изменяем его на значение *0* (Рисунок 20).
- В окне **DATABASE_FORMAT* нажимаем кнопку *Accept* и затем кнопку *Done* (Рисунок 20).

Шаг 3. Сохранение измененной модели.

Для сохранения отредактированного в препостпроцессоре *k*-файла необходимо из выпадающего меню препостпроцессора выбрать ***File> Save Keyword***. При использовании данного пункта меню появляется окно ***Save Keyword***.

Далее выполняем следующие действия:

- Нажимаем кнопку ***Browse*** и в окне ***Save Keyword File*** выбираем место сохранения нашего *k*-файла (например, *C:\example3*).
- Выбираем ранее созданный *k*-файл (например, *example3.k*).
- Нажимаем ***Open*** в окне ***Save Keyword File***.
- Нажимаем кнопку ***Save*** в окне ***Save Keyword***.

З а м е ч а н и е! В некоторых более поздних версиях LS-PREPOST необходимо еще подтвердить необходимость замены старой версии файла на новую нажатием кнопки ***Yes*** в дополнительном диалоговом окне ***LSPP Question***.

- Закрываем ***LS-PREPOST***.

Пример 4 и 5. Об особенностях создания *k*-файла

З а м е ч а н и е! При создании *k*-файла примера 4 и 5 было также выбрана опция создания выходных файлов ***ANSYS and LS-DYNA***, поэтому изменение формата данных не производилось.

Решение исправленной задачи с помощью LS-DYNA SOLVER и просмотр результатов в LS-PREPOST

Решение откорректированной задачи с помощью ANSYS Product Launcher

Для решения откорректированной задачи сохраненной в к-файле необходимо использовать *Ansys Product Launcher* (Рисунок 36):

start> Programs> Ansys ED 10.0> ANSYS Product Launcher

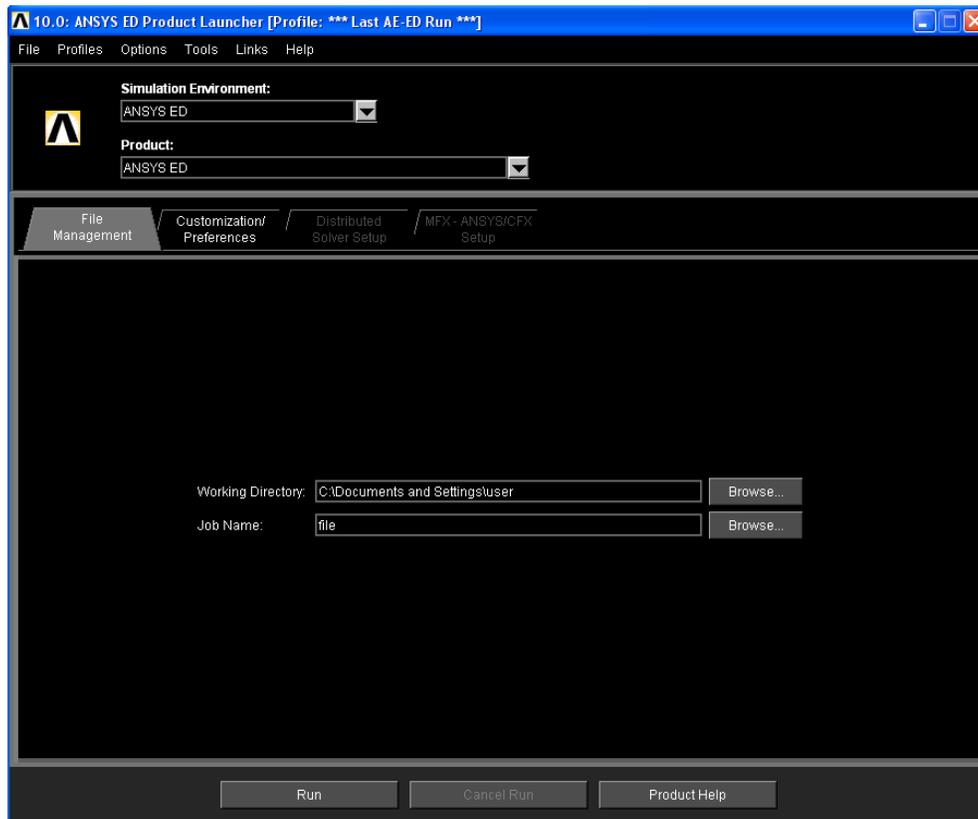


Рисунок 36. Окно *10.0: ANSYS ED Product Launcher*

В появившемся окне:

- В раскрывающемся списке *Simulation Environment* следует выбрать пункт *LS-DYNA ED Solver* (Рисунок 37).
- В списке *Analysis Type* следует выбрать *Typical LS-DYNA Analysis* (Рисунок 37).

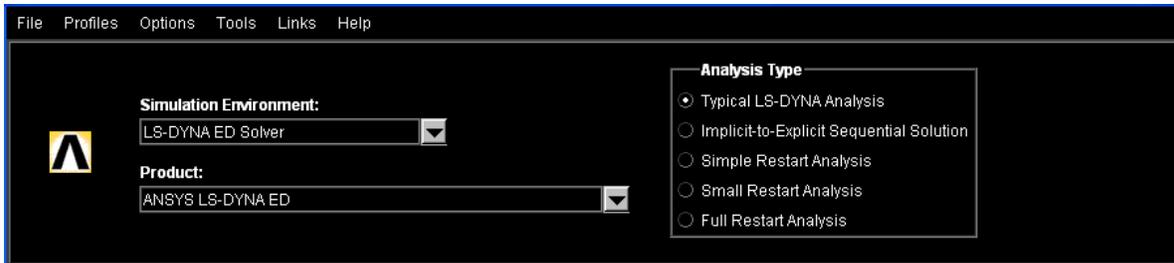


Рисунок 37. Выбор опции *LS-DYNA ED Solver*

- По умолчанию будет открыта закладка *File Management*. В поле *Working Directory* поменяйте директорию «по умолчанию» на директорию, в которой находится *k*-файл. Для этого следует нажать кнопку *Browse...* и далее с помощью окна *Browse for Folder* (Рисунок 38) выбрать указанную папку. Нажать кнопку *OK*.
- Укажите имя исполняемого *k*-файла в поле *Keyword Input File*. Для этого следует нажать кнопку *Browse...* и далее с помощью окна *Select Keyword Input File* (Рисунок 39) выбрать необходимый файл. Нажать кнопку *Open* (Рисунок 40).
- Нажмите кнопку *Run* в окне *Launch ANSYS Product Launcher* (Рисунок 36).

После выполнения всех указанных действий появится вспомогательное окно *ANSYS Product Launcher*, в котором пользователь увидит процесс подготовки и решения задачи (Рисунок 41). Решение задачи продолжается до того момента, пока в окне не появится сообщение об окончании решения и предложение нажать любую клавишу для закрытия окна (иногда окно закрывается автоматически). Результаты решения будут сохранены в файле *d3plot* в папке, указанной ранее в поле *Working Directory*.

После окончания решения следует закрыть *ANSYS Product Launcher* (Рисунок 36) с помощью пункта раскрывающегося меню *File> Exit*, либо нажать кнопку .

З а м е ч а н и е! Примеры в данном пособии хранятся в отдельных каталогах, поскольку при решении следующей задачи файл *d3plot* будет автоматически перезаписан результатами нового решения.

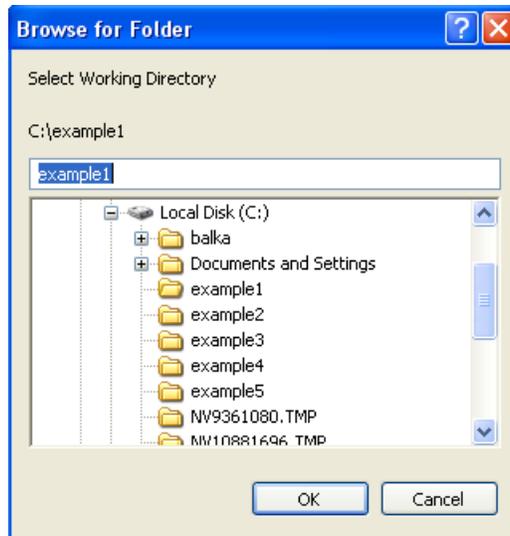


Рисунок 38. Окно *Browse for Folder*

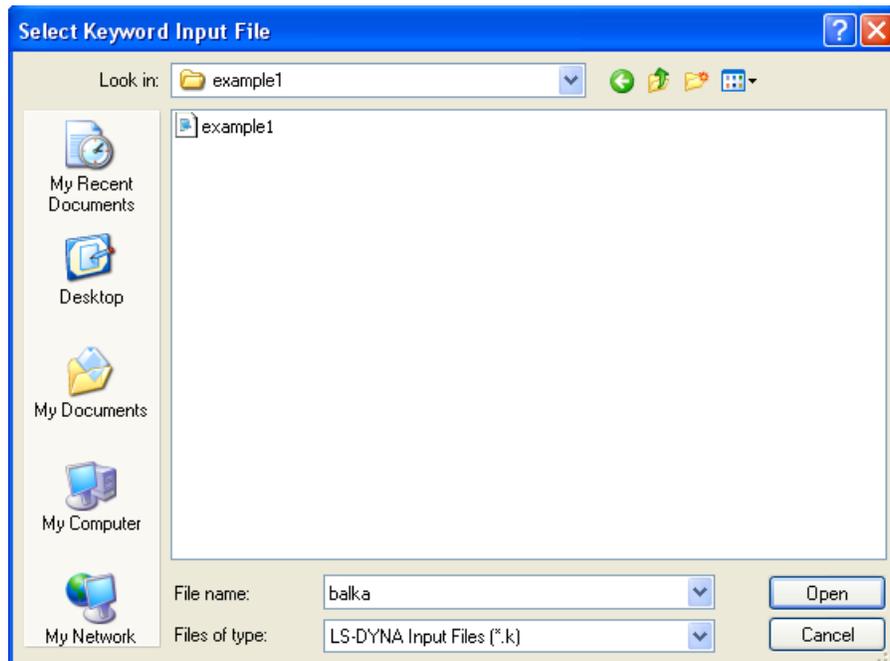


Рисунок 39. Окно *Select Keyword Input File*

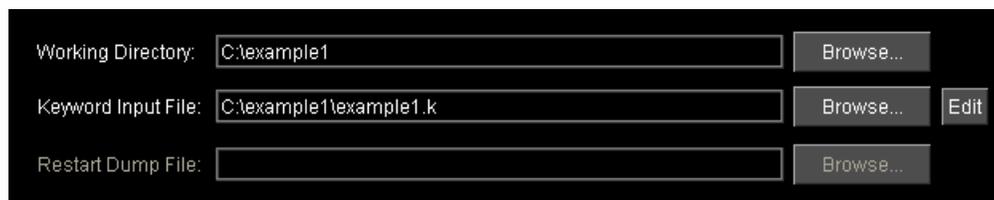


Рисунок 40. Результат выбора *Working Directory* и *Keyword Input File*



```

ANSYS Product Launcher
internal energy..... 1.00000E-20
spring and damper energy..... 1.00000E-20
hourglass energy ..... 0.00000E+00
system damping energy..... 0.00000E+00
sliding interface energy..... 0.00000E+00
external work..... 0.00000E+00
eroded kinetic energy..... 0.00000E+00
eroded internal energy..... 0.00000E+00
total energy..... 1.00000E-20
total energy / initial energy.. 1.00000E+00
energy ratio w/o eroded energy. 1.00000E+00
global x velocity..... 0.00000E+00
global y velocity..... 0.00000E+00
global z velocity..... 0.00000E+00
cpu time per zone cycle..... 2450980 nanoseconds
average cpu time per zone cycle... 2450980 nanoseconds
average clock time per zone cycle.. 651960 nanoseconds

estimated total cpu time = 21394447 sec < 5942 hrs 54 mins >
estimated cpu time to complete = 21394446 sec < 5942 hrs 54 mins >
estimated total clock time = 5690922 sec < 1580 hrs 48 mins >
estimated clock time to complete = 5690922 sec < 1580 hrs 48 mins >
1 t 0.0000E+00 dt 4.67E-08 flush i/o buffers
1 t 0.0000E+00 dt 4.67E-08 write ANSYS result file

```

Рисунок 41. Окно *ANSYS Product Launcher*

Просмотр результатов решения задачи средствами LS-PREPOST

Для загрузки файла результатов вы должны из верхнего выпадающего меню препостпроцессора выбрать *File> Open> Binary Plot*. При использовании данного пункта меню появляется окно *Input File* (Рисунок 42).

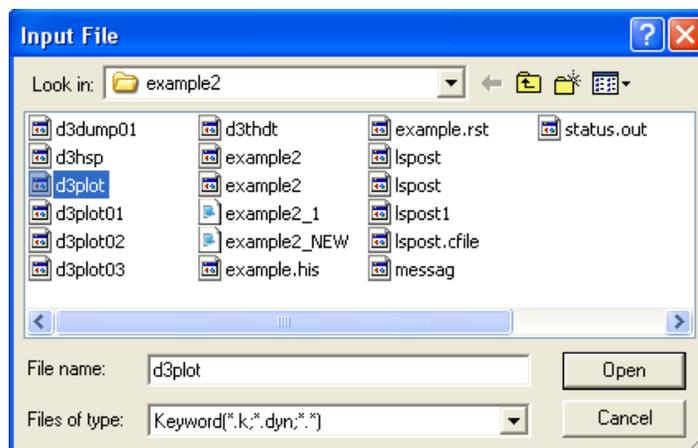


Рисунок 42. Окно *Input File*

Затем выполняем следующие действия:

- Выбираем папку (например, *C:\example1*), в которую записывались результаты моделирования.
- Выбираем созданный во время моделирования файл *d3plot*.
- Нажимаем кнопку *Open*.

Примеры решения откорректированных задач и просмотр результатов

Пример 1. Решение откорректированной задачи разрушения цилиндрического образца и просмотр результатов в LS-PREPOST

Шаг 1. Решение откорректированного первого примера с помощью Ansys Product Launcher

Запускаем *Ansys Product Launcher*:

start> Programs> Ansys ED 10.0> ANSYS Product Launcher

В появившемся окне:

- В раскрывающемся списке *Simulation Environment* следует выбрать пункт *LS-DYNA ED Solver*.
- В списке *Analysis Type* следует выбрать *Typical LS-DYNA Analysis*.
- В поле *Working Directory* с помощью кнопки *Browse...* и окна *Browse for Folder* следует выбрать директорию (например, *C:\example1*), в которой хранится файл. Нажать кнопку *OK*.
- Следует указать имя исполняемого *k*-файла в поле *Keyword Input File* с помощью кнопки *Browse...* и окна *Select Keyword Input File* выбрать необходимый файл *example1.k*. Нажать кнопку *Open*.
- Следует нажать кнопку *Run* в окне *Launch ANSYS Product Launcher*.
- После окончания решения следует закрыть окно *Launch ANSYS Product Launcher*.
- После окончания решения необходимо сохранить *d3plot* в отдельный каталог, поскольку при решении следующей задачи, этот файл будет автоматически перезаписан результатами нового решения.

Шаг 2. Чтение файла результатов решения откорректированной задачи в LS-PREPOST

Для загрузки файла результатов необходимо из выпадающего меню препостпроцессора выбрать *LS-PREPOST> File> Open> Binary Plot*. При использовании данного пункта меню появляется окно *Input File*.

Затем выполняем следующие действия:

- Выбираем папку (*C:\example1*), в которую записывались результаты моделирования.
- Выбираем созданный во время моделирования файл *d3plot*.
- Нажимаем кнопку *Open*.

В рабочем окне препроцессора появится модель (Рисунок 43).

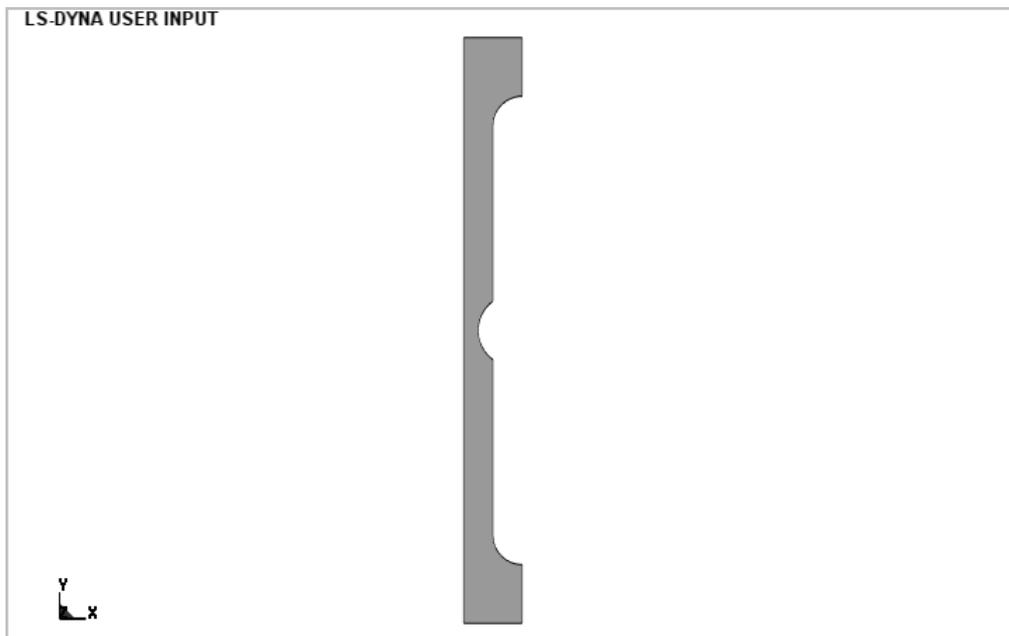


Рисунок 43. Модель цилиндрического образца

Шаг 3. Просмотр изменения полей главных напряжений и разрушения симметричного образца

Для отображение симметричного распределения полей деформаций следует воспользоваться пунктом верхнего раскрывающегося меню:

LS-PREPOST> Misc.> Reflect> Reflect about YZ Plane

Для просмотра полей распределения первых главных напряжений следует:

- Воспользоваться кнопочным меню, соответствующим закладке номер *1* (Рисунок 44).
- Нажать кнопку *Fcomp* (Рисунок 44).
- В списке компонентов *Fringe Component* нажать кнопку *Stress* и в появившемся списке выбрать *1st-prinsipal stress* (Рисунок 45).

- Нажать *Apply*.
- С помощью полосы прокрутки установить для какого времени (для данного примера в интервале от 0 до 1 с.) необходимо просмотреть результаты (Рисунок 46).

З а м е ч а н и е! В частности можно установить, что разрушение цилиндрического образца произошло приблизительно на 0.92 с (Рисунок 46).



Рисунок 44. Кнопочное меню, соответствующее закладке *1*

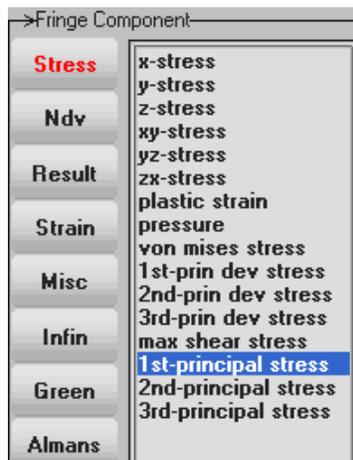


Рисунок 45. Список *Fringe Component* с выбранным первым главным напряжением (*1st-prinsipal stress*)

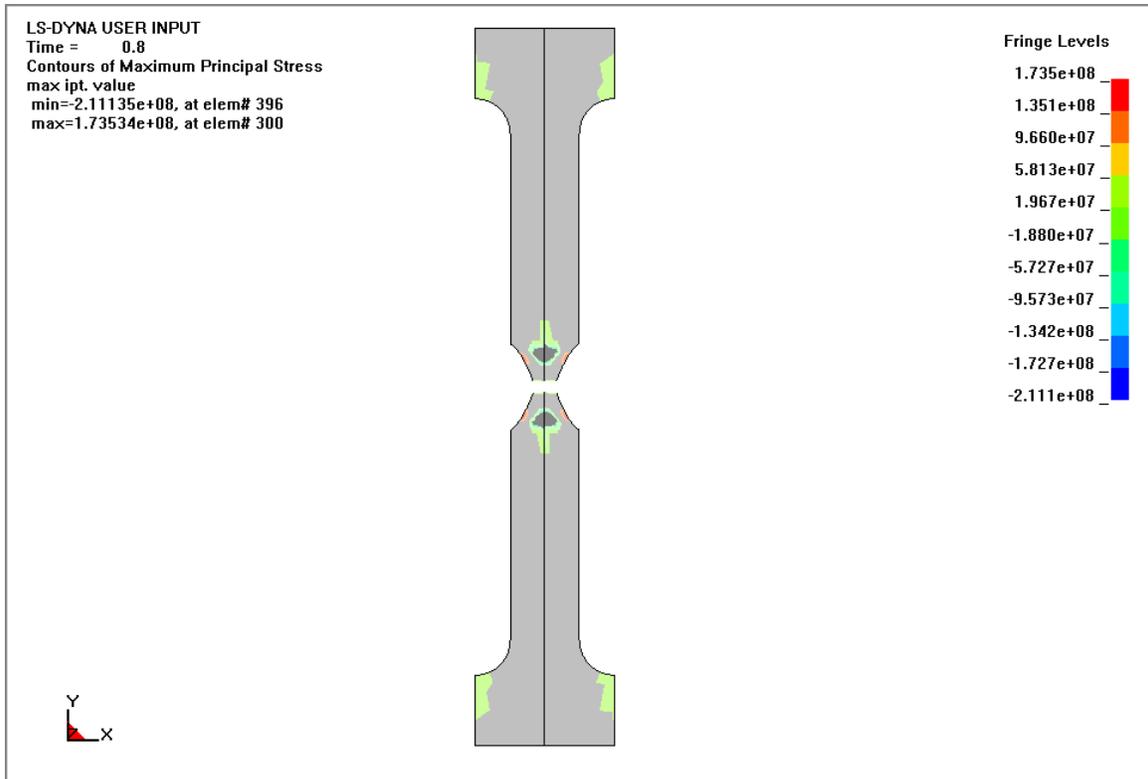


Рисунок 46. Разрушение образца

Шаг 4. Построение графика изменения первого главного напряжения во времени для фиксированной точки

С помощью полосы прокрутки установить время 0 . Для построения графика изменения первого главного напряжения во времени следует воспользоваться закладкой . Далее:

- В кнопочном меню выбрать ***Fcomp***.
- В списке компонентов ***Fringe Component*** нажать кнопку ***Stress*** и в появившемся меню выбрать ***1st-principal stress*** (Рисунок 45).
- Выбрать кнопку ***History*** (Рисунок 47).
- Из списка компонентов ***Scalar*** выбрать ***Maximum Prinsipal Stress*** (Рисунок 47).
- Затем необходимо указать «мышью» узловую точку, в которой по результатам вычислений будет построен график (Рисунок 48).
- Нажать кнопку ***Plot*** (Рисунок 47, Рисунок 49).

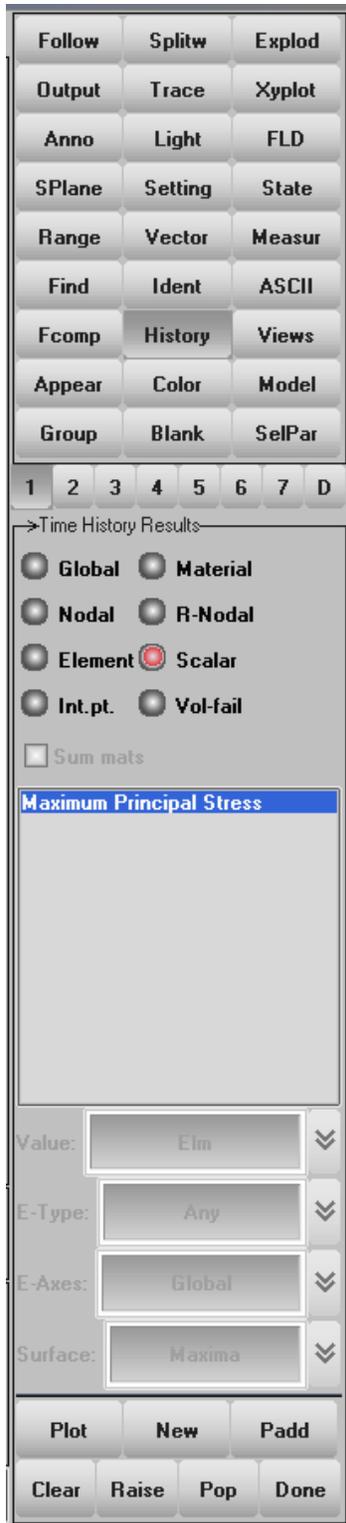


Рисунок 47. Выбор параметров для рисования графика изменения напряжений в узловой точке

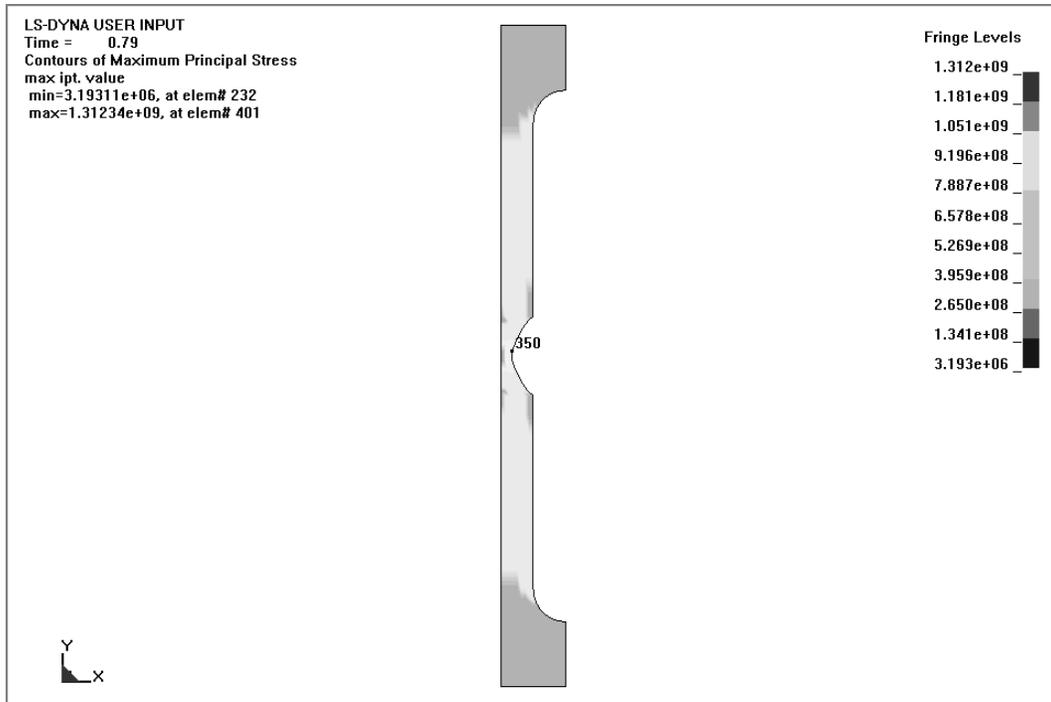


Рисунок 48. Выбор узловой точки для построения графика

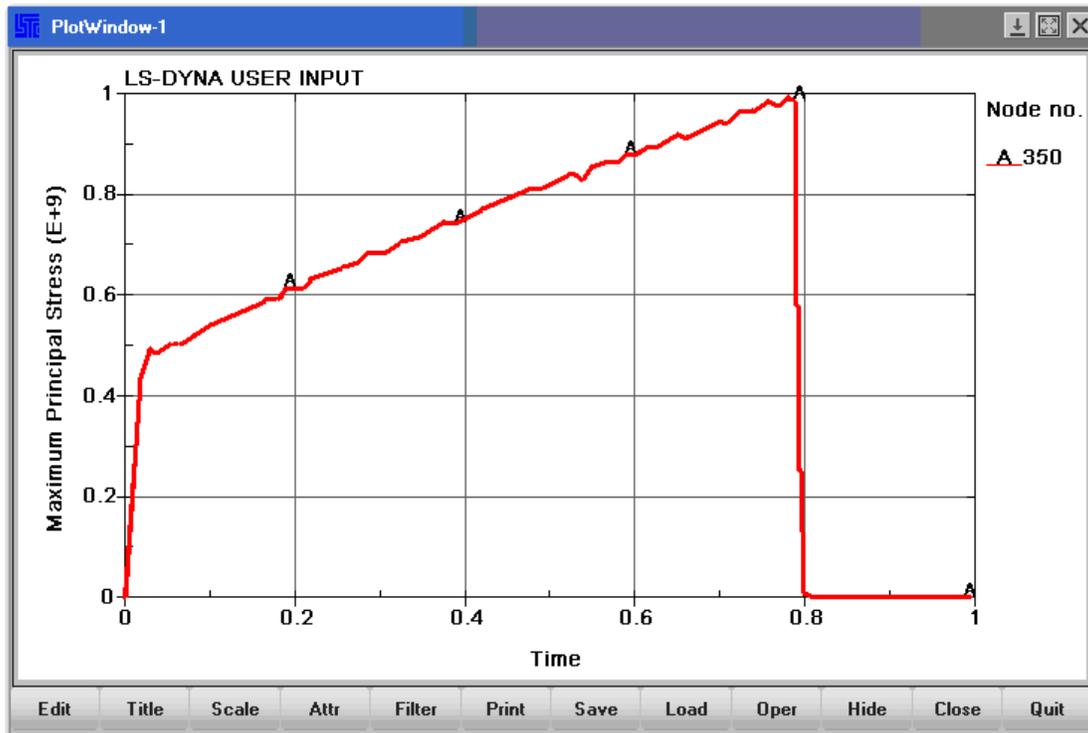


Рисунок 49. График изменения первого главного напряжения на дне выточки

Шаг 5. Сравнение результатов полученных данных при изменении шага расчета

При изменении шага расчета приблизительно в **1000** раз время расчета составило **60** секунд вместо **3.25** часа. Расчет происходил на ПК AMD Athlon 64 Processor 3500+. Разрыв происходит на **0,93** секунде вместо **0,92** секунды. Значения первого главного напряжения на дне выточки при разрыве близки.

Таким образом, изменяя шаг по времени, можно существенно сократить время решения задачи, практически, не потеряв при этом точность.

Пример 2. Напряженное состояние и хрупкое разрушение криволинейного листа рессоры при высокоскоростном деформировании

Шаг 1. Решение откорректированного второго примера с помощью Ansys Product Launcher

Для решения откорректированной задачи, сохраненной в *k*-файле, необходимо использовать *Ansys Product Launcher*:

start> Programs> Ansys ED 10.0> ANSYS Product Launcher

В появившемся окне:

- В раскрывающемся списке *Simulation Environment* следует выбрать пункт *LS-DYNA ED Solver*.
- В списке *Analysis Type* следует выбрать *Typical LS-DYNA Analysis*.
- По умолчанию будет открыта закладка *File Management*. В поле *Working Directory* поменяйте директорию «по умолчанию» на директорию, в которой находится *k*-файл. Для этого следует нажать кнопку *Browse...* и далее с помощью окна *Browse for Folder* выбрать указанную папку (например, *C:\example2*). Нажать кнопку *OK*.
- Укажите имя исполняемого *k*-файла в поле *Keyword Input File*. Для этого следует нажать кнопку *Browse...* и далее с помощью окна *Select Keyword Input File* выбрать необходимый файл (например, *example2.k*). Нажать кнопку *Open*.
- Нажмите кнопку *Run* в окне *Launch ANSYS Product Launcher*.

После выполнения всех указанных действий появится вспомогательное окно *ANSYS Product Launcher*, в котором пользователь увидит прогресс в решении задачи. Решение задачи продолжается до того момента, когда окно автоматически закроется и результаты решения будут сохранены в файле *d3plot* в папке (директории) указанной в поле *Working Directory*.

После окончания решения следует закрыть *ANSYS Product Launcher* с помощью пункта раскрывающегося меню *File> Exit*, либо нажать кнопку .

Шаг 2. Чтение файла результатов откорректированного решения в LS-PREPOST

Для загрузки файла результатов необходимо из верхнего выпадающего меню препостпроцессора выбрать *File> Open> Binary Plot*. При использовании данного пункта меню появляется окно *Input File*. Затем выполняем следующие действия:

- Выбираем папку (например, *C:\example2*), в которую записывались результаты моделирования.
- Выбираем созданный во время моделирования файл *d3plot*.
- Нажимаем кнопку *Open*.

В рабочем окне препроцессора появится модель (Рисунок 50).

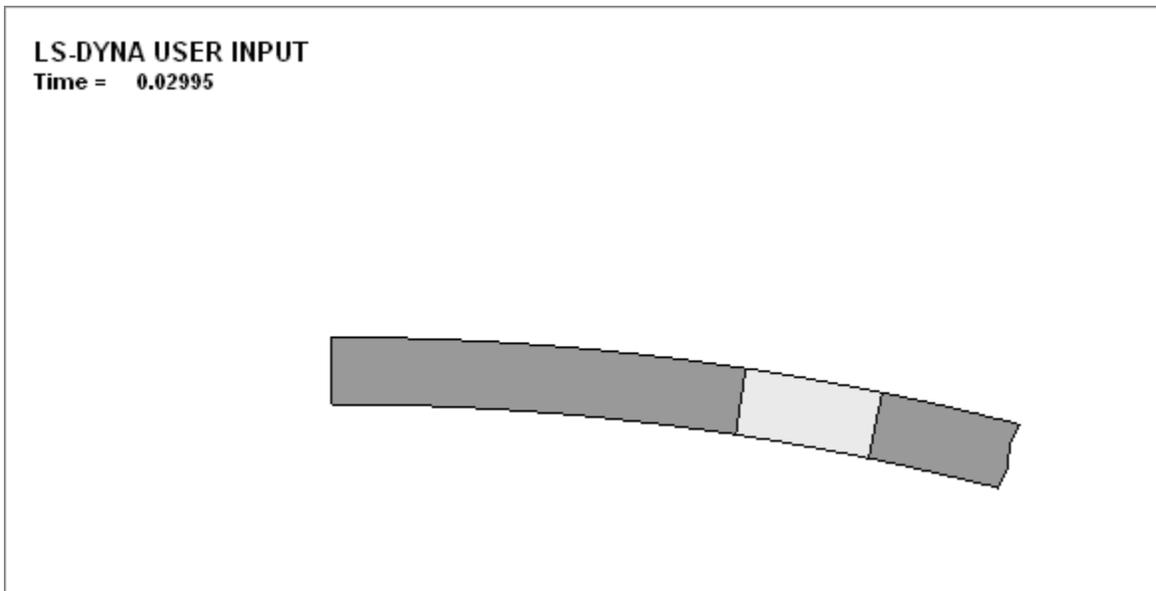


Рисунок 50. Модель криволинейного листа рессоры

Шаг 3. Просмотр изменения полей главных напряжений и разрушения листа рессоры

Для просмотра полей деформаций следует:

- Воспользоваться кнопочным меню, соответствующим закладке номер *1* (Рисунок 51).
- Нажать кнопку *Fcomp* (Рисунок 51).
- В списке компонентов *Fringe Component* нажать кнопку *Stress* и в появившемся списке выбрать *1st-prinsipal stress* (Рисунок 52).
- Нажать *Apply*.
- С помощью полосы прокрутки установить для какого времени (для данного примера в интервале от *0* до *1* с.) необходимо просмотреть результаты (Рисунок 53).

З а м е ч а н и е! В частности можно установить, что разрушение листа рессоры произошло приблизительно на *0.04* с (Рисунок 53).



Рисунок 51. Кнопочное меню соответствующее закладке *1* с нажатой кнопкой *Fcomp*

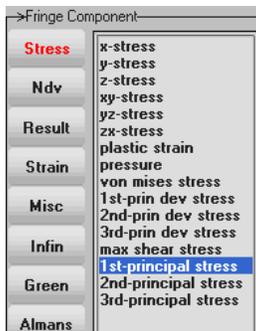


Рисунок 52. Список *Fringe Component* с выбранным первым главным напряжением (*1st-prinsipal stress*)

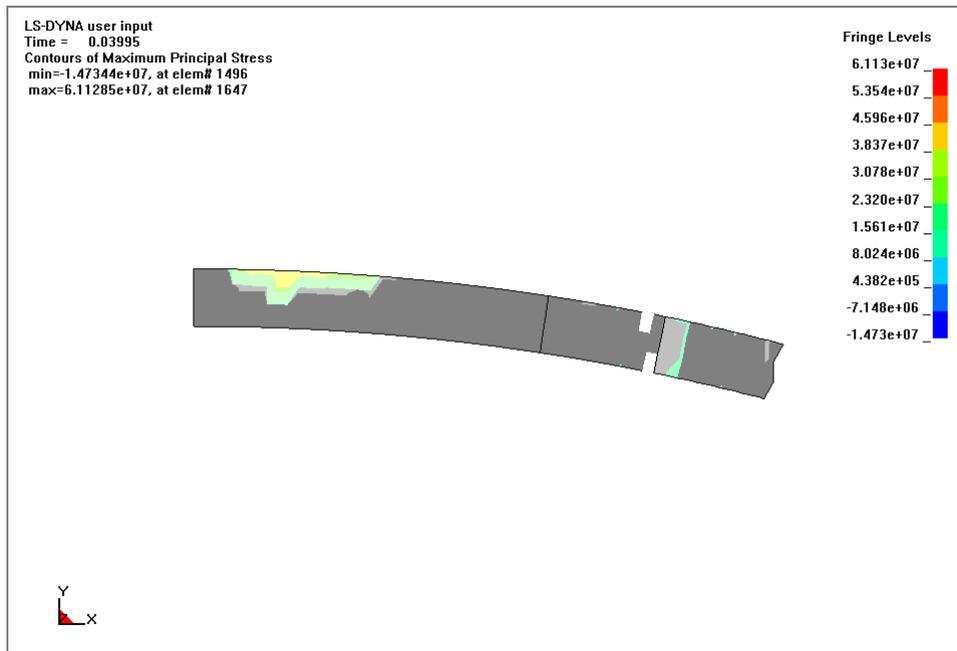


Рисунок 53. Разрушение листа рессоры

Шаг 4. Построение графика изменения первого главного напряжения во времени для фиксированной точки

Для построения графика изменения первого главного напряжения во времени следует воспользоваться закладкой . Далее:

- Выбрать ***Fcomp.***
- В списке компонентов ***Fringe Component*** нажать кнопку ***Stress*** и в появившемся меню выбрать ***1st-principal stress*** (Рисунок 52).
- Нажать кнопку ***History*** (Рисунок 54).
- В разделе ***Time History Results*** выбрать ***Scalar*** (Рисунок 54).
- Из списка компонентов ***Scalar*** выбрать ***Maximum Principal Stress*** (Рисунок 54).
- Затем необходимо указать «мышью» узловую точку (Рисунок 55), по изменению напряжений в которой будет строен график.
- Нажать кнопку ***Plot*** (Рисунок 56).

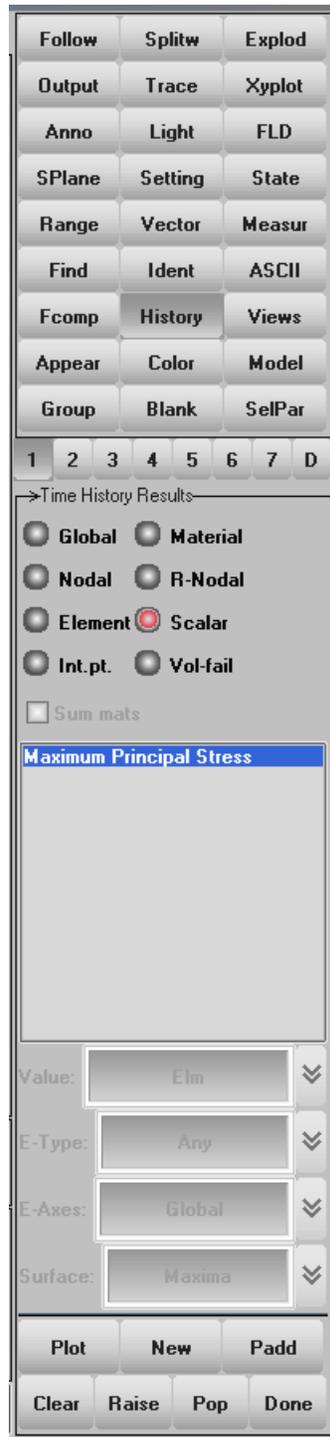


Рисунок 54. Выбор параметров для рисования графика изменения напряжений в узловой точке

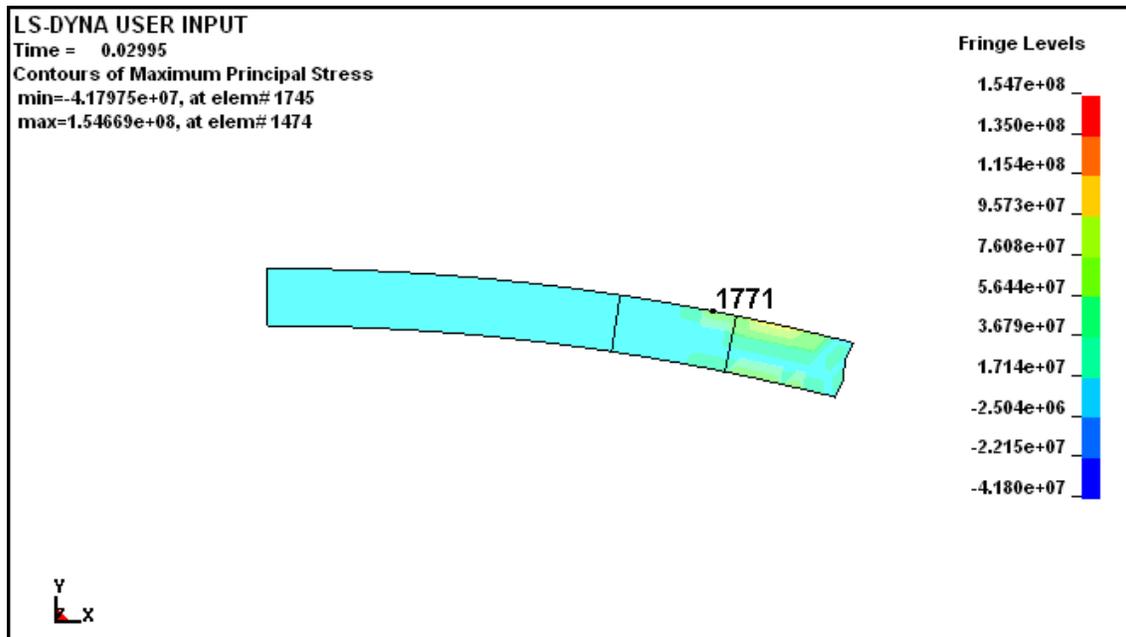


Рисунок 55. Выбор узловой точки для построения графика

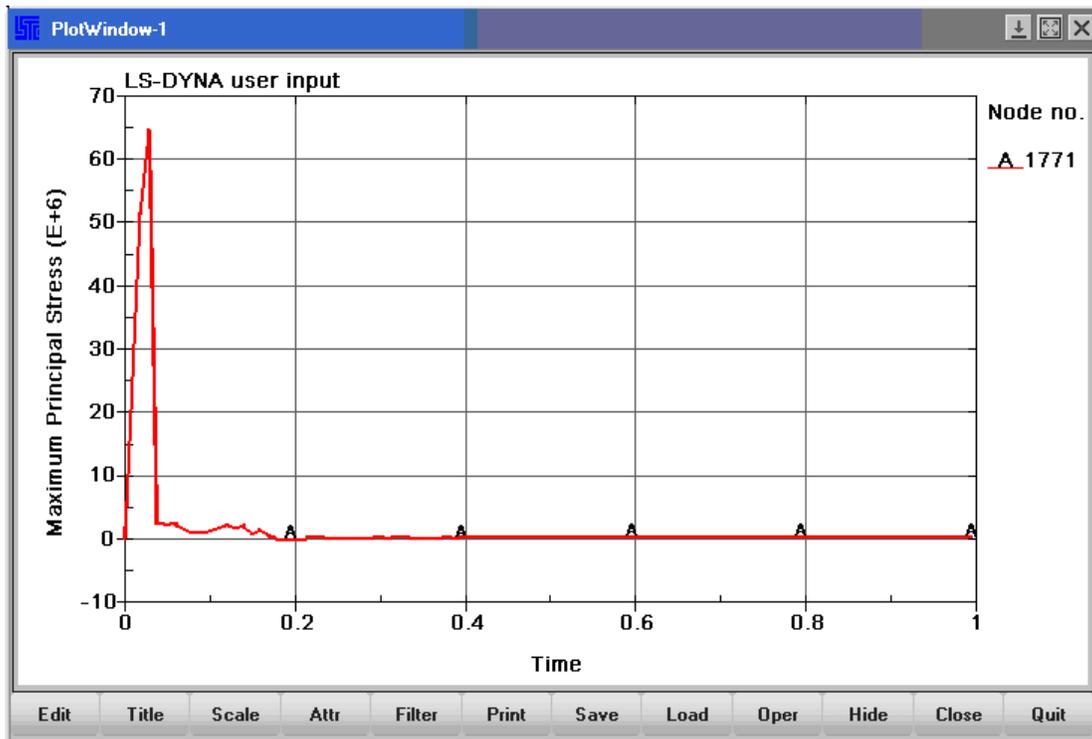


Рисунок 56. График изменения первого главного напряжения в указанной узловой точке на рессоре

Пример 3. Решение откорректированной задачи пробивания пулей композиционной брони с помощью *Ansys Product Launcher*

Шаг 1. Решение откорректированного примера

Запускаем *Ansys Product Launcher*:

start> Programs> Ansys ED 10.0> ANSYS Product Launcher

В появившемся окне:

- В раскрывающемся списке *Simulation Environment* следует выбрать пункт *LS-DYNA ED Solver*.
- В списке *Analysis Type* следует выбрать *Typical LS-DYNA Analysis*.
- В поле *Working Directory* с помощью кнопки *Browse...* и окна *Browse for Folder* следует выбрать директорию в которой хранится файл (*C:\example3*). Нажать кнопку *OK*.
- Следует указать имя исполняемого *k*-файла в поле *Keyword Input File* с помощью кнопки *Browse...* и окна *Select Keyword Input File* выбрать необходимый файл *example3.k*. Нажать кнопку *Open*.
- Следует нажать кнопку *Run* в окне *Launch ANSYS Product Launcher*.
- После окончания решения следует закрыть окно *Launch ANSYS Product Launcher*.
- После окончания решения необходимо сохранить *d3plot* в отдельный каталог, поскольку при решении следующей задачи, этот файл будет автоматически перезаписан результатами нового решения.

Шаг 2. Чтение файла результатов откорректированного решения в LS-PREPOST

Для загрузки файла результатов необходимо из выпадающего меню препостпроцессора выбрать *File> Open> Binary Plot*. При использовании данного пункта меню появляется окно *Input File*.

Затем выполняем следующие действия:

- Выбираем папку (директорию), в которую записывались результаты моделирования (например, *C:\example3*).

- Выбираем созданный во время моделирования файл *d3plot*.
- Нажимаем кнопку *Open*.

В рабочем окне препроцессора появится модель (Рисунок 57).

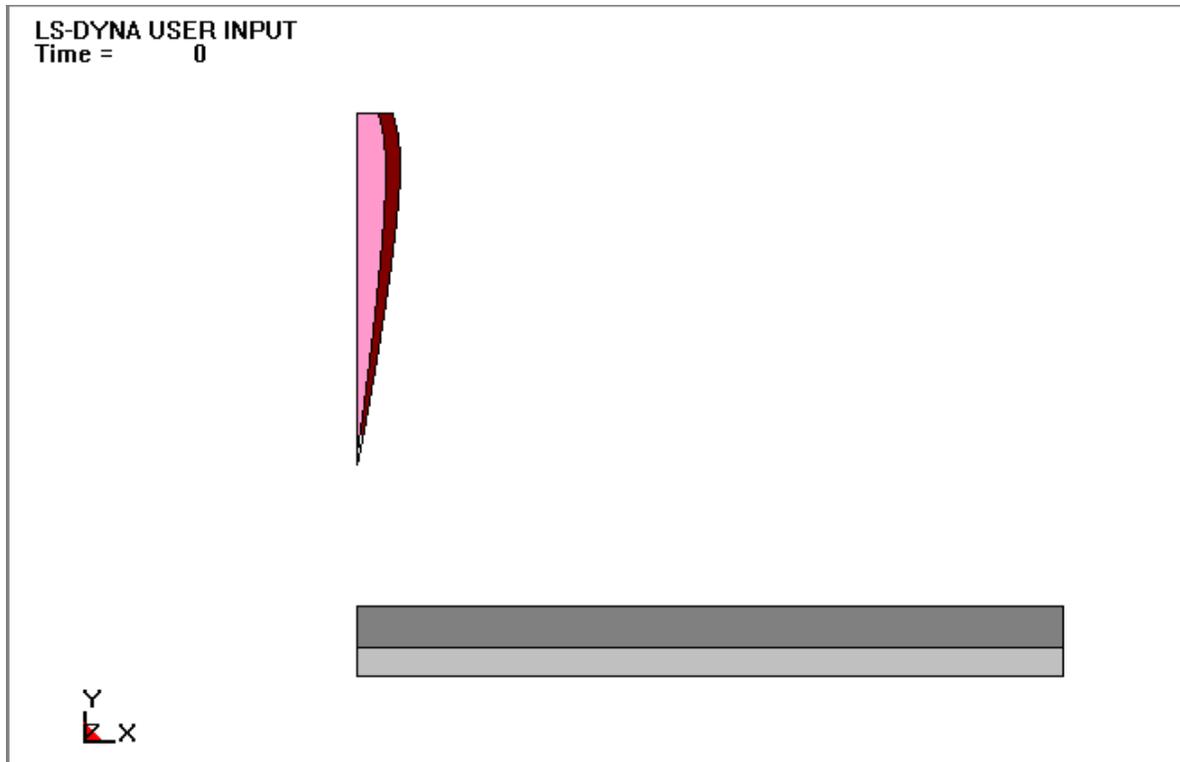


Рисунок 57. Модель пули и брони

Шаг 3. Просмотр изменения полей напряжений Мизеса в пуле и броне

Для просмотра полей напряжений следует:

- Воспользоваться кнопочным меню, соответствующим закладке номер *1* (Рисунок 58).
- Нажать кнопку *Fcomp* (Рисунок 58).
- В списке компонентов *Fringe Component* нажать кнопку *Stress* и в появившемся списке выбрать *von mises stress* (Рисунок 59).
- Нажать *Apply*.
- С помощью полосы прокрутки можно просмотреть результаты моделирования (Рисунок 60).

З а м е ч а н и е! В частности можно установить, что сквозное проникновение пули произошло приблизительно на *0.000012*.



Рисунок 58. Кнопочное меню, соответствующее закладке 1

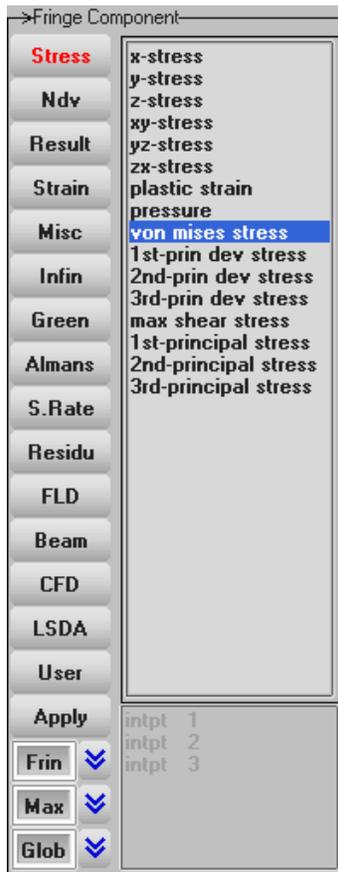


Рисунок 59. Список *Fringe Component* с выбранными напряжениями *von mises stress*

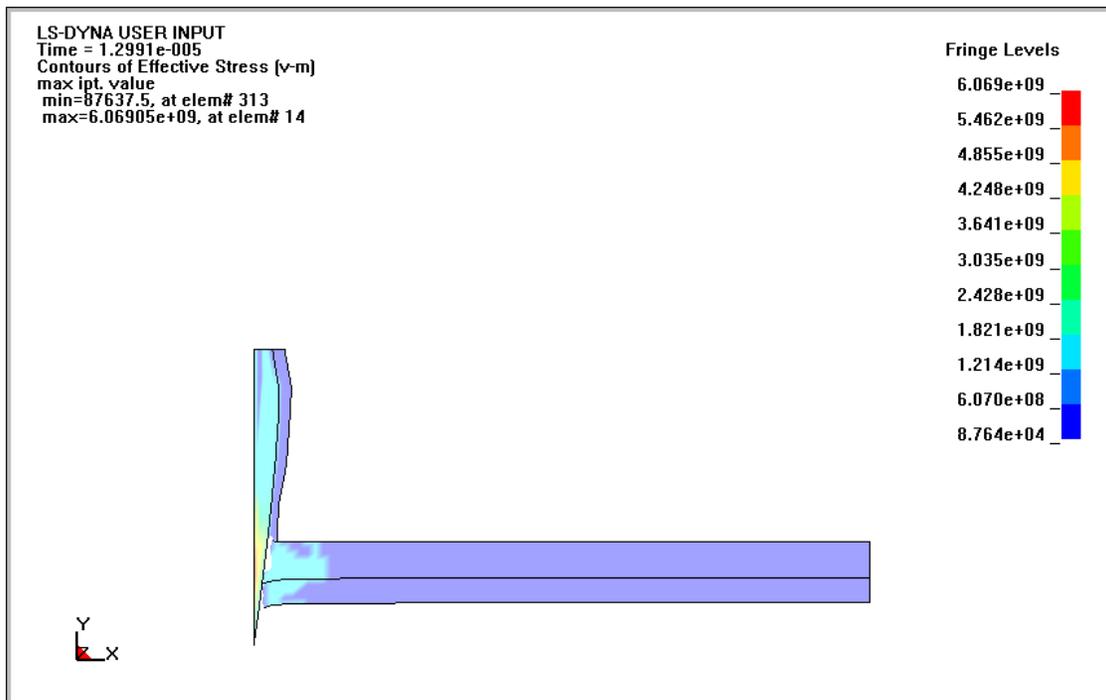


Рисунок 60. Разрушение двухслойной брони пулей

Шаг 4. Сравнение результатов, полученных в ANSYS/LS-DYNA и в LS-PREPOST

Необходимо отметить, что в рассмотренном примере LS-PREPOST позволяет более адекватно отобразить результаты решения задачи, в частности, относительное положение пули и брони.

Шаг 5. Создание avi-файла результата.

Для представления результатов моделирования наиболее предпочтительнее использовать видеофрагменты результатов расчета. Для этого необходимо при загруженных данных результатов из выпадающего меню выбрать **File> Movie...**. При использовании данного пункта меню появляется окно **Movie Dialog** (Рисунок 61).

Изменяем **Pathname** и **File Name** и нажимаем кнопку **Start** (Рисунок 61). В результате в выбранной папке возникает **avi-файл**, который можно использовать в презентационных целях (Рисунок 62).



Рисунок 61. Окно *Movie Dialog*

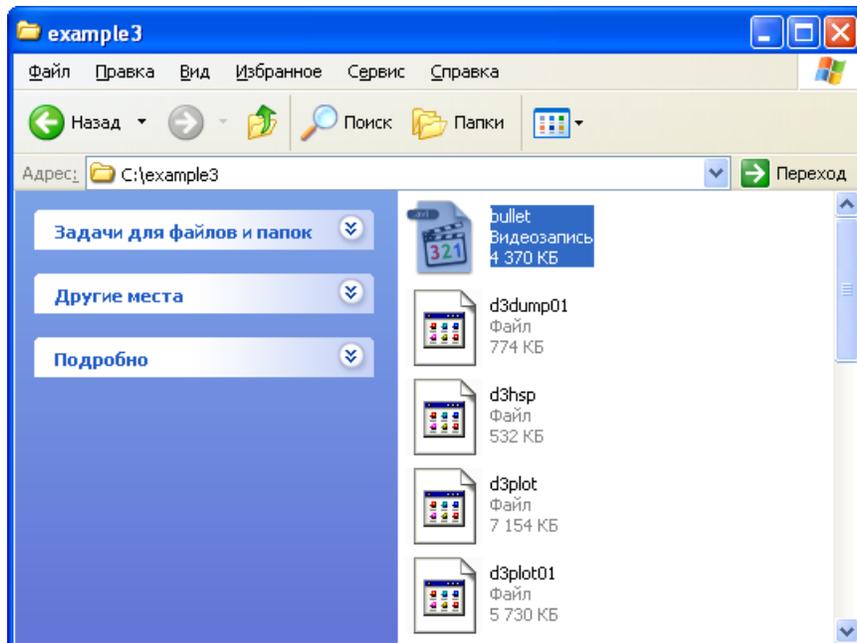


Рисунок 62. Создание *bullet.avi*

Пример 4. Решение задачи деформирования конической оболочки и просмотр результатов с помощью *LS-PREPOST*

Шаг 1. Решение откорректированного примера

Запускаем *Ansys Product Launcher*:

start> Programs> Ansys ED 10.0> ANSYS Product Launcher

В появившемся окне:

- В раскрывающемся списке *Simulation Environment* следует выбрать пункт *LS-DYNA ED Solver*.
- В списке *Analysis Type* следует выбрать *Typical LS-DYNA Analysis*.
- В поле *Working Directory* с помощью кнопки *Browse...* и окна *Browse for Folder* следует выбрать директорию, в которой хранится файл (*C:\example4*). Нажать кнопку *OK*.
- Следует указать имя исполняемого *k*-файла в поле *Keyword Input File* с помощью кнопки *Browse...* и окна *Select Keyword Input File* выбрать необходимый файл *example4.k*. Нажать кнопку *Open*.
- Следует нажать кнопку *Run* в окне *Launch ANSYS Product Launcher*.
- После окончания решения следует закрыть окно *Launch ANSYS Product Launcher*.

Шаг 2. Чтение файла результатов откорректированного решения в LS-PREPOST

Для загрузки файла результатов необходимо из выпадающего меню препостпроцессора выбрать *File> Open> Binary Plot*. При использовании данного пункта меню появляется окно *Input File*. Затем выполняем следующие действия:

- Выбираем папку (директорию), в которую записывались результаты моделирования (например, *C:\example4*).
- Выбираем созданный во время моделирования файл *d3plot*.
- Нажимаем кнопку *Open*.

В рабочем окне препроцессора появится модель.

Шаг 3. Просмотр изменения полей суммарных перемещений

Для просмотра суммарных перемещений необходимо:

- Воспользоваться кнопочным меню, соответствующим закладке номер *1*.
- Нажать кнопку *Fcomp*.
- В списке компонентов *Fringe Component* нажать кнопку *Ndv* и в списке выбрать *result displacement* (Рисунок 63).
- Нажать *Apply*.
- С помощью полосы прокрутки можно просмотреть результаты моделирования (Рисунок 64).

З а м е ч а н и е! Для вращения модели используйте *Shift + Левая клавиша мыши*, для увеличения/уменьшения модели *Shift + Колесико (Scroll)*.



Рисунок 63. Список *Fringe Component* с выбранным суммарным перемещением (*result displace*)

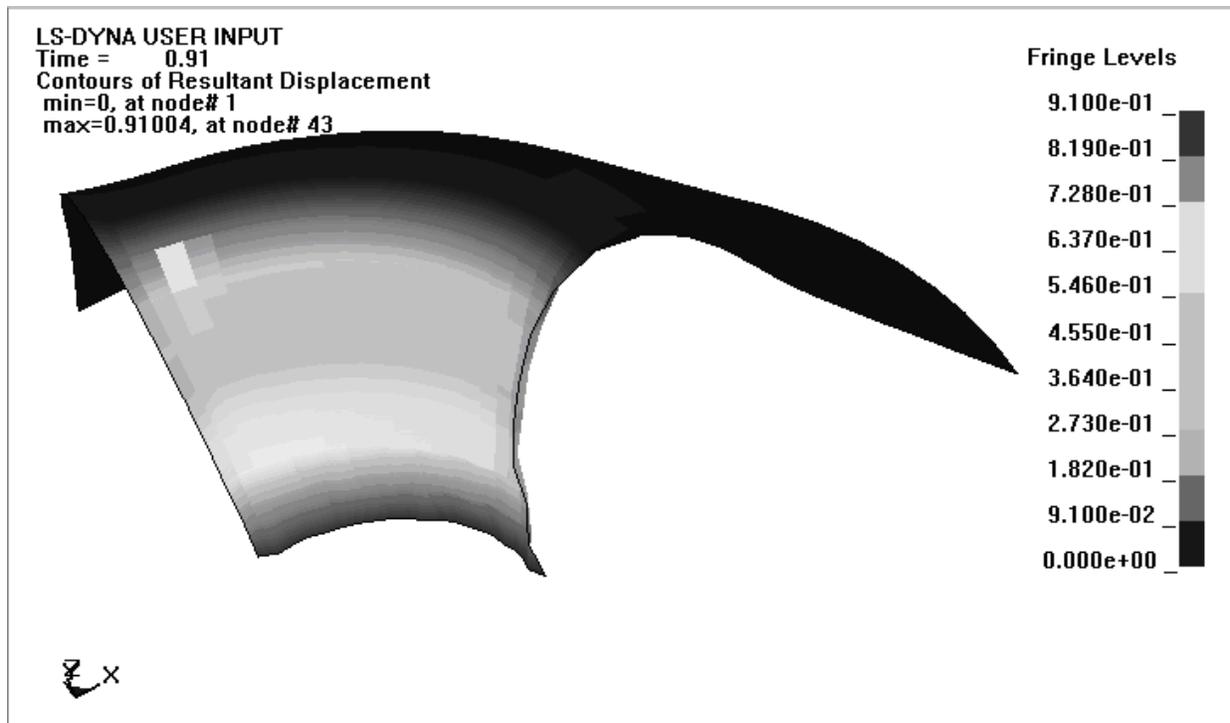


Рисунок 64. Результат деформирования оболочки

Шаг 4. Просмотр изменения расстояния между узлами.

Для определения расстояния между узлами на оболочке следует:

- Воспользоваться кнопочным меню, соответствующим закладке номер *1*.
- Нажать кнопку *Measure* в кнопочном меню.
- В раскрывающемся списке *Item* выбрать *Distance* (Рисунок 65).
- В разделе *History* выбрать *length* (Рисунок 65)
- Выбираем узлы, расстояние между которыми необходимо установить (Рисунок 66).
- Нажать кнопку *Plot* (Рисунок 67).



Рисунок 65. Список *Measure*

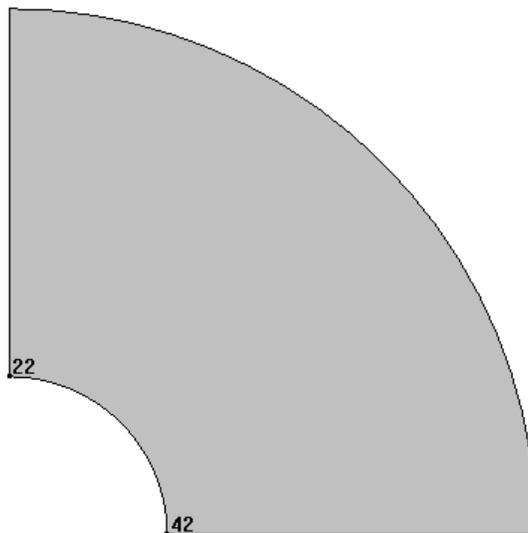


Рисунок 66. Выбор узлов 22 и 42 модели

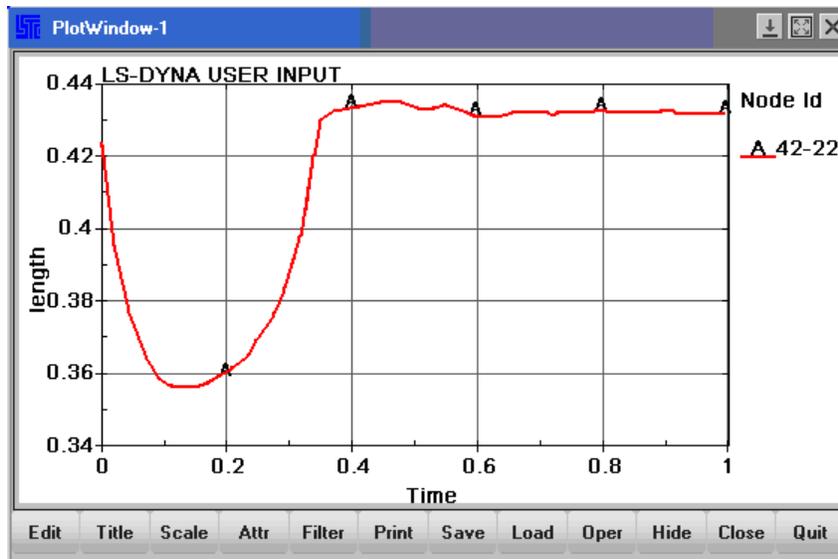


Рисунок 67. График изменения расстояния между крайними узловыми точками при деформации

Пример 5. Решение задачи деформирования каркаса при динамических воздействиях на основание и просмотр результатов с помощью *LS-PREPOST*

Шаг 1. Решение откорректированного примера

Запускаем *Ansys Product Launcher*:

start> Programs> Ansys ED 10.0> ANSYS Product Launcher

В появившемся окне:

- В раскрывающемся списке *Simulation Environment* следует выбрать пункт *LS-DYNA ED Solver*.
- В списке *Analysis Type* следует выбрать *Typical LS-DYNA Analysis*.
- В поле *Working Directory* с помощью кнопки *Browse...* и окна *Browse for Folder* следует выбрать директорию, в которой хранится файл (например, *c:\example5*). Нажать кнопку *OK*.
- Следует указать имя исполняемого *k*-файла в поле *Keyword Input File* с помощью кнопки *Browse...* и окна *Select Keyword Input File* выбрать необходимый файл *example5.k*. Нажать кнопку *Open*.
- Следует нажать кнопку *Run* в окне *Launch ANSYS Product Launcher*.

- После окончания решения следует закрыть окно *Launch ANSYS Product Launcher*.
- После окончания решения необходимо сохранить *d3plot* в отдельный каталог, поскольку при решении следующей задачи, этот файл будет автоматически перезаписан результатами нового решения.

Шаг 2. Чтение файла результатов откорректированного решения в *LS-PREPOST*

Для загрузки файла результатов необходимо из выпадающего меню препостпроцессора выбрать *File> Open> Binary Plot*. При использовании данного пункта меню появляется окно *Input File*.

Затем выполняем следующие действия:

- Выбираем папку (директорию), в которой хранятся результаты моделирования (например, *C:\example3*).
- Выбираем созданный во время моделирования файл *d3plot*.
- Нажимаем кнопку *Open*.

В рабочем окне препроцессора появится модель (Рисунок 68).

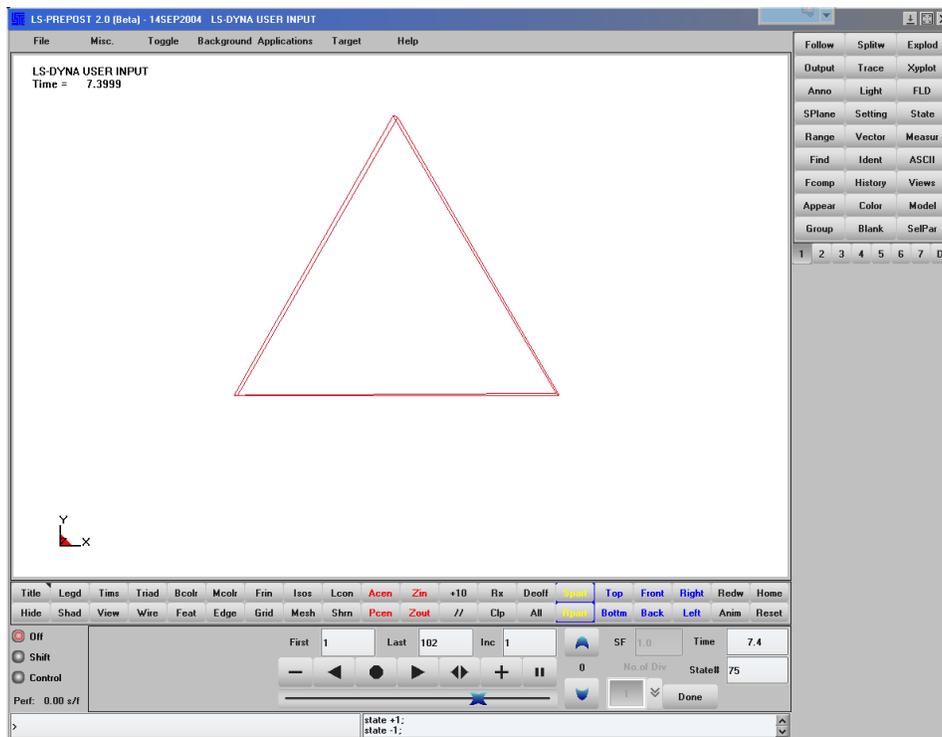


Рисунок 68. Модель каркаса

Шаг 3. Просмотр изменения s-изгибающих моментов в балочной конструкции

Выполняем следующие действия:

- Открываем кнопочное меню номер 1.
- Нажать кнопку **Fcomp**.
- В списке компонентов **Fringe Component** нажимаем кнопку **Beam** и в списке выбираем **s-moment resultant** (Рисунок 69).
- Нажимаем **Apply**.
- С помощью полосы прокрутки просматриваем результаты моделирования (Рисунок 70).

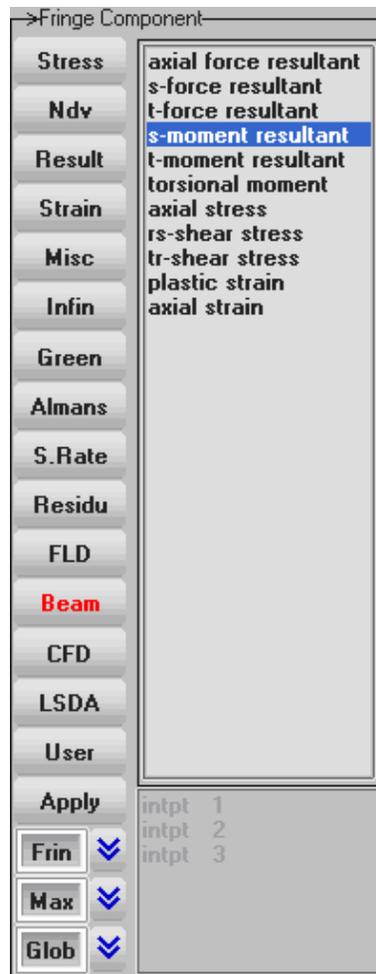


Рисунок 69. Список *Fringe Component* с выбранным изгибающим моментом (*s-moment resultant*)

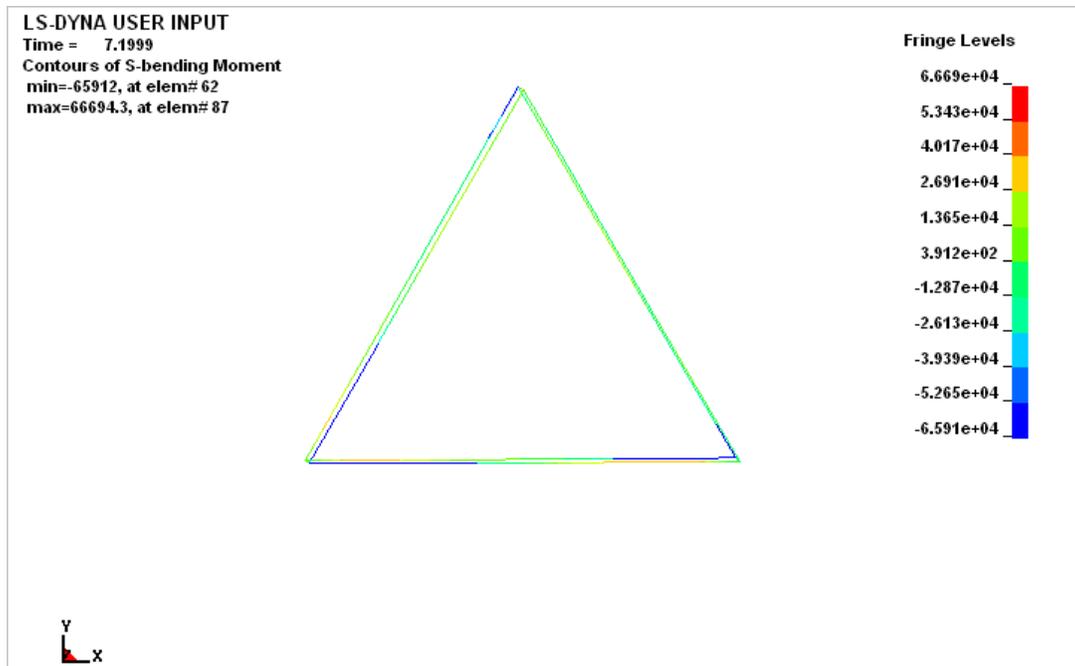


Рисунок 70. Изгибающий момент балочной конструкции

Шаг 4. Просмотр состояния балочной конструкции во времени

Для просмотра состояния системы необходимо:

- Выбрать кнопочное меню номер *1*.
- Нажать кнопку *State*.
- В списке компонентов *State Times* выбираем состояние системы № *1*, активируем режим наложения (в *Overlay* ставим крестик), в раскрывающемся списке *Overlay Color* выбираем цвет наложения модели *Black* и в раскрывающемся списке *Overlay Type* тип наложения *Mesh* (Рисунок 71).
- Затем вводим в поле *Overlay State* состояние № *14*. В результате на экране получается наложение системы в момент времени 0 с системой в момент времени 1.3 сек (Рисунок 72).

З а м е ч а н и е! Необходимо при вводе номера состояния в поле *Overlay State* обязательно нажать на *Enter*. В более поздних версиях LS-PREPOST используются два окна ввода номеров перекрываемых состояний.

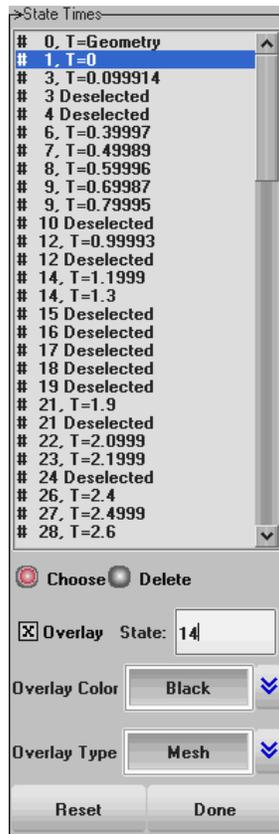


Рисунок 71. Окно *State Times* для балочной модели

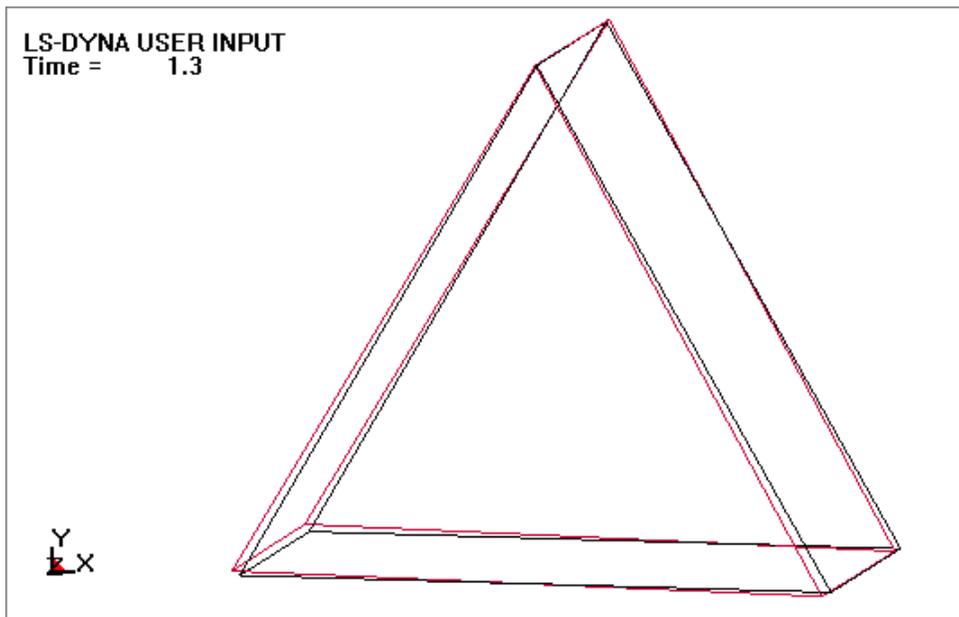


Рисунок 72. Состояние балочной модели в 0 (сек.) и 1.3 (сек.)

Литература

1. Журавков М. А. Простейшая модель высокоскоростного взаимодействия пули с твердосплавным сердечником и композиционной брони / М. А. Журавков, **А. С. Кравчук**, А. С. Чашинский // X Белорусская математическая конференция : тез. докладов межд. научн. конф. Минск, 3-7 ноября 2008 г. – Часть 2. – Минск : Институт математики НАН Беларуси, 2008. – С. 115.
2. Журавков М. А. Разрушение цилиндрического образца с концентратором / М. А. Журавков, **А.С. Кравчук**, А. С. Быков, С. М. Дорофеев // Аналитические методы анализа и дифференциальных уравнений : тез. докл. межд. конференции 14-19 сент. 2009 г. Минск, Беларусь – Минск : ИМ НАНБ, 2009. – С. 65.
3. Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS с примерами решения задач [Электронный ресурс] : курс лекций для студ. мех.-мат. фак. обучающихся по специальности 1-31 03 02 «Механика (по направлениям)». В 5 ч. Ч. 1. Графический интерфейс и командная строка. Средства создания геометрической модели / **А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк, А. И. Кравчук**. – Электрон. текстовые дан. – Минск : БГУ, 2013. – 130 с.: ил. – Библиогр.: с. 128 . – Загл. с тит. экрана. – № 001228052013. Деп. в БГУ 28.05.2013.
4. Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS с примерами решения задач [Электронный ресурс] : курс лекций для студ. мех.-мат. фак. обучающихся по специальности 1-31 03 02 «Механика (по направлениям)». В 5 ч. Ч. 2. Средства отображения и редактирования геометрических компонентов твердотельной модели. Примеры создания твердотельных моделей средствами ANSYS для решения физических задач / **А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк, А. И. Кравчук**. – Электрон. текстовые дан. – Минск : БГУ, 2013. – 145 с.: ил. – Библиогр.: с. 143. – Загл. с тит. экрана. – № 001328052013. Деп. в БГУ 28.05.2013.
5. Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS с примерами решения задач [Электронный ресурс] : курс лекций для студ. мех.-мат. фак. обучающихся по специальности 1-31 03 02 «Механика (по направлениям)». В 5 ч. Ч.3. Определение физических констант материалов и конечноэлементное разбиение твердотельной модели. Примеры выполнения этих действий с построенными ранее моделями / **А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк, А. И. Кравчук**. – Электрон.

- текстовые дан. – Минск : БГУ, 2013. – 193 с.: ил. – Библиогр.: с. 190. – Загл. с тит. экрана. – № 001428052013. Деп. в БГУ 28.05.2013.
6. Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS с примерами решения задач [Электронный ресурс] : курс лекций для студ. мех.-мат. фак. обучающихся по специальности 1-31 03 02 «Механика (по направлениям)». В 5 ч. Ч. 4. Ограничения и нагрузки. Разделы Solution и General Postproc главного меню. Примеры постановки краевых задач, их решения и просмотра результатов / **А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк, А. И. Кравчук.** – Электрон. текстовые дан. – Минск : БГУ, 2013. – 118 с.: ил. – Библиогр.: с. 116 . – Загл. с тит. экрана. – № 001528052013. Деп. в БГУ 28.05.2013.

СОДЕРЖАНИЕ

Основные элементы графического интерфейса LS-PREPOST	3
Верхнее раскрывающее меню LS-PREPOST.....	4
Нижнее кнопочное меню.....	7
Система закладок, боковое кнопочное меню и поле просмотра списка дополнительных пунктов	9
ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АНИМАЦИЕЙ	10
Окно ввода команд и окно просмотра их списка.....	11
Основные кнопки закладки 1	12
Кнопка отображения полей деформаций и напряжений <i>Fcomp</i>	12
Кнопка отображения векторных полей <i>Vector</i>	15
Кнопка показа и подготовки данных в зависимости от времени <i>History</i>	16
Кнопка просмотра состояния системы <i>State</i>	19
Кнопка измерения рассчитываемых параметров (величин) системы <i>Measur</i>	21
Кнопка выбора компонентов на дисплее <i>SelPar</i>	23
Краткое описание кнопочного меню закладки 3	25
Примеры чтения и корректировки к-файла в LS-PREPOST.....	28
Пример 1. Редактирование к-файла модели растяжения цилиндрического образца в LS-PREPOST.....	28
Пример 2. Напряженное состояние и хрупкое разрушение криволинейного листа рессоры при высокоскоростном деформировании.....	33
Пример 3. Чтение к-файла модели пули и брони в LS-PREPOST	38
Пример 4 и 5. Об особенностях создания к-файла.....	40
Решение исправленной задачи с помощью LS-DYNA SOLVER и просмотр результатов в LS-PREPOST.....	41
Решение откорректированной задачи с помощью ANSYS Product Launcher	41
Просмотр результатов решения задачи средствами LS-PREPOST.....	44
Примеры решения откорректированных задач и просмотр результатов.....	45
Пример 1. Решение откорректированной задачи разрушения цилиндрического образца и просмотр результатов в LS-PREPOST.....	45
Пример 2. Напряженное состояние и хрупкое разрушение криволинейного листа рессоры при высокоскоростном деформировании.....	51

Пример 3. Решение откорректированной задачи пробивания пульей композиционной брони с помощью <i>Ansys Product Launcher</i>	57
Пример 4. Решение задачи деформирования конической оболочки и просмотр результатов с помощью <i>LS-PREPOST</i>	62
Пример 5. Решение задачи деформирования каркаса при динамических воздействиях на основании и просмотр результатов с помощью <i>LS-PREPOST</i>	66
Литература	71