

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский государственный университет

А. С. Кравчук, А. И. Кравчук

**Электронная библиотека механики и физики.
Лекции по ANSYS/LS-DYNA и основам LS-PREPOST
с примерами решения задач
в 3 частях**

Часть 2.

**Ограничения и нагрузки в ANSYS/LS-DYNA.
Решение поставленных задач и просмотр результатов решения в
ANSYS/LS-DYNA**

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. 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. 2. Ограничения и нагрузки в ANSYS/LS-DYNA. Решение поставленных задач и просмотр результатов решения в ANSYS/LS-DYNA / **А. С. Кравчук, А. И. Кравчук**. – Электрон. текстовые дан. – Минск : БГУ, 2013. – 122 с. : ил. – Библиогр.: с. 119–120. – Загл. с тит. экрана. – № 002018062013. Деп. в БГУ 18.06.2013 г.

Данный раздел курса лекций посвящен средствам задания динамических нагрузок, решения задач с помощью LS-DYNA Solver, визуализации результатов как средствами ANSYS/LS-DYNA, так и LS-PREPOST. Рассмотрены средства обмена между ANSYS/LS-DYNA и LS-PREPOST. Для иллюстрации материала используется ряд примеров. Они сопровождаются подробными пояснениями использования пунктов меню.

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

Ограничения и нагрузки в ANSYS /LS-DYNA

Общие сведения

Целью проведения математического моделирования поведения объекта при каких либо внешних воздействиях. Однако, что бы определить реакцию объекта в ходе решения задачи, в начале необходимо определить тип и величину самого воздействия. Обычно внешнее воздействие определяется на границе созданной модели. В примере с балкой внешняя сила приложена на поверхности одного конца балки, а закрепление указывается отсутствием перемещений и вращений (т.е. закреплением) на другом конце балки.

Под терминами «ограничение» и «нагрузка» понимаются все разнообразные процессы, которые происходят как на поверхностях твердого тела или объема жидкости, так и внутри его. Например, под «ограничением» в LS-DYNA понимается ограничение перемещений, вращений, скоростей и ускорений, либо ограничение предельно допустимого уровня деформации, за пределами которой происходит разрушение (уничтожение элемента). Последний тип «ограничений» доступен только в LS-PREPOST.

Под «нагрузкой» понимается приложение изменяющихся во времени сосредоточенных или распределенных усилий, моментов, линейных и угловых скоростей и ускорений, перемещений и т.д.

З а м е ч а н и е! В ANSYS/LS-DYNA основным различием понятия «ограничение» и «нагрузка» является то, что «нагрузка» изменяется во времени, а «ограничение» – нет.

Не имеет значения, каким образом были наложены ограничения, т.к. перед решением задачи ANSYS/LS-DYNA преобразует их к компонентам конечно-элементной модели. Отметим, что если ограничения были приложены к геометрическим компонентам твердотельной модели, то они могут быть некорректно переданы в *k*-файл.

Нагрузки в ANSYS/LS-DYNA прикладываются к множествам, состоящим из узлов или элементов конечноэлементного разбиения, созданным по определенным правилам. При этом используются следующие термины:

- «Составная часть» (*component*) – рассмотрено в части 1 курса лекций «ANSYS/LS-DYNA. Общая характеристика интерфейса и средств создания твердотельной модели детали. Использование моделей материалов и типов конечных элементов LS-DYNA».

- «Группа» (*part*) элементов модели с новым *PART ID* создается из конечных элементов с уникальной комбинацией (характерной только этой группы) свойств материала (*Material number*), типа элементов (*Element type number*), действительных констант (*Real constant set number*). Создание групп важно для последующего создания «сборки» (*assembly*), а также при приложении распределенных нагрузок (например, давления) к части элементов конечно-элементной модели.
- «Сборка» (*assembly*) состоит из нескольких «групп» (*parts*). Применение «сборок» особенно удобно, при решении контактных задач.

З а м е ч а н и е! Если «группы» (*parts*) не будут созданы пользователем, то при создании *k*-файла или решении задачи, это произойдет автоматически.

Создание «группы» (*part*) элементов модели

Создание группы можно осуществить с помощью комбинированного использования пункта главного меню *Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Parts Options* и окон *Select Entities, Component Manager*.

При использовании пункта главного меню *Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Parts Options* появится первое окно *Parts Data Written for LS-DYNA* (Рисунок 1). Необходимо оставить все установки «по умолчанию» (пункт *Create all parts*) и нажать кнопку **OK**.

З а м е ч а н и е! Использование пункта *Create all parts* первый раз обязательно. Если созданные «по умолчанию» группы устраивают пользователя, то дальнейшие шаги можно опустить.

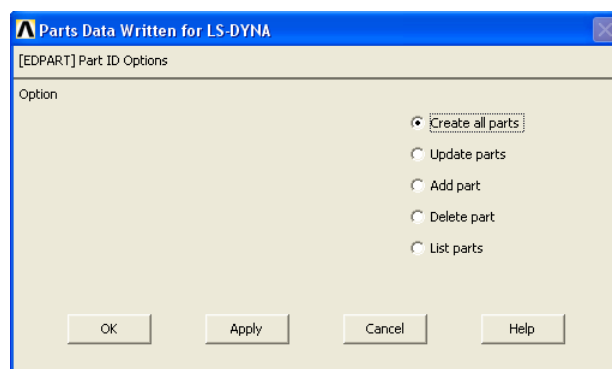


Рисунок 1. Первое окно *Parts Data Written for LS-DYNA*

Если необходимо откорректировать созданные по умолчанию группы (перераспределить элементы), то необходимо воспользоваться пунктом меню утилит:

Utility Menu > Select > Entities...

С использованием меню ***Select Entities*** необходимо выбрать тип твердотельных компонент модели (например, ***Volumes*** в первом раскрывающемся списке) с одинаковыми атрибутами (***By Attributes*** во втором раскрывающемся списке) (Рисунок 2). Для этого:

- Во втором разделе окне ***Select Entities*** необходимо выбрать пункт ***Material num.***
- В окне ввода ***Min, Max, Inc*** ввести интересующий номер материала.
- Нажать ***Apply.***
- Нажать ***Plot.***
- Во втором разделе окне ***Select Entities*** необходимо выбрать пункт ***Elem Type num.***
- В окне ввода ***Min, Max, Inc*** ввести интересующий номер типа элементов.
- Нажать ***Apply.***
- Нажать ***Plot.***
- Во втором разделе окне ***Select Entities*** необходимо выбрать пункт ***Real Set num.***
- В окне ввода ***Min, Max, Inc*** ввести интересующий номер вещественных констант.
- Нажать ***Apply.***
- Нажать ***Plot.***

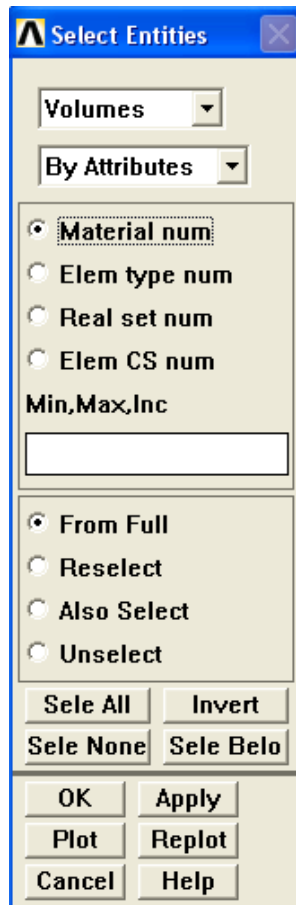


Рисунок 2. Окно *Select Entities* с выбранными опциями выделения геометрических компонент по номеру материала

После выполнения этих операций на экране останутся отображенными только геометрические компоненты (в данном случае объемы с уникальной комбинацией свойств материала (*Material number*), типа элементов (*Element type number*), действительных констант (*Real constant set number*).

Далее необходимо:


- В окне *Select Entities* необходимо выбрать во втором раскрывающемся списке пункт *By Num/Pick* (Рисунок 3), нажать *Apply* и с помощью окна выбора *Select...* и «мыши» из оставшегося множества выбрать геометрические компоненты модели, чьи конечные элементы будут объединены в «группу» (*part*). Нажать кнопку *OK* в окне выбора *Select...*
- Нажать кнопку *Plot* в окне *Select Entities*.



Рисунок 3. Окно *Select Entities* с выбранными опциями выделения геометрических компонент с помощью «мыши» или по ее номеру

После выполнения перечисленных выше действий необходимо использовать *Component Manager...* для создания «составной части» (*component*) из выбранных элементов:

Utility Menu > Select > Component Manager...

Необходимо нажать кнопку  в окне *Component Manager...*. Далее в окне *Create Component* необходимо выбрать пункт *Elements* в поле ввода написать имя «составной части» (*component*) и нажать кнопку **OK** и закрыть окно *Component Manager...*. Выбирать пункт *Pick Entities* в окне *Create Component* не нужно.

З а м е ч а н и е! После этого необходимо использовать пункт меню утилит для отмены выбора: *Utility Menu > Select > Everything*

На заключительном этапе создания «группы» (*part*) воспользуемся пунктом главного меню:

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Parts Options

В этом случае появится первое окно *Parts Data Written for LS-DYNA* (Рисунок 1). Для корректировки существующего разделения на «группы» с учетом созданной «составной части» (*component*) необходимо выбрать пункт *Add part* и нажать кнопку **OK**. После этого появится второе окно *Parts Data Written for LS-DYNA* (Рисунок 4), в котором в поле ввода *Part ID Number* необходимо ввести номер новой создаваемой группы, в

раскрывающемся списке выбрать уже созданную на предыдущих этапах «составную часть» (*component*) и нажать кнопку **OK** или **Apply**.

З а м е ч а н и е! После этого элементы будут перераспределены в созданных ранее группах.

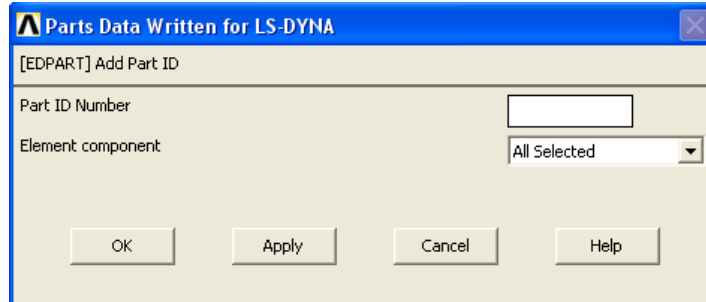


Рисунок 4. Второе окно *Parts Data Written for LS-DYNA*

Создание «сборки» (*assembly*) элементов модели из существующих «групп» (*parts*)

В данном случае следует воспользоваться пунктом главного меню:

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Assembly Options

При этом появится окно *Assembly Data Written for LS-DYNA* (Рисунок 5), в котором следует оставить выбранным первый пункт (***Create Assembly***) и нажать кнопку **OK**. После этого появится второе окно *Assembly Data Written for LS-DYNA* (Рисунок 6), в котором в полях ввода необходимо ввести номер создаваемой «сборки» и имена уже существующих «групп» (*parts*), объединяемых в «сборку» (*assembly*), нажать кнопку **OK**.

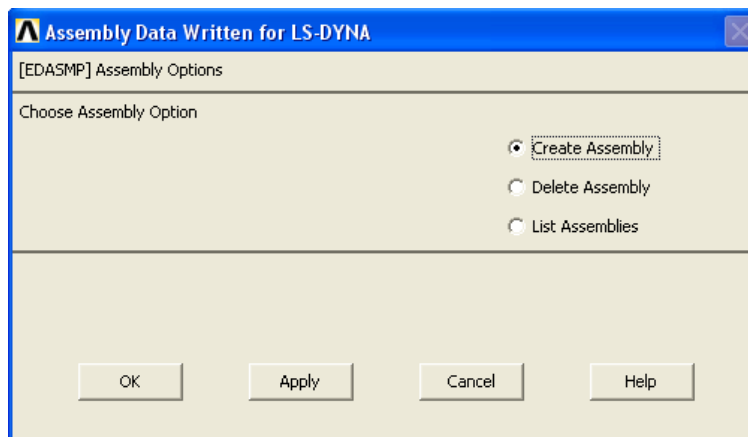


Рисунок 5. Первое окно *Assembly Data Written for LS-DYNA*

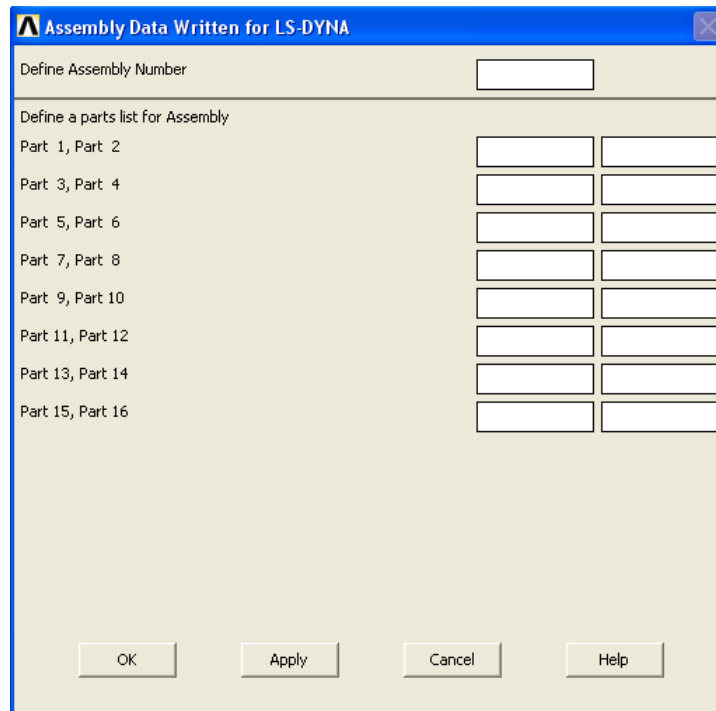


Рисунок 6. Второе окно *Assembly Data Written for LS-DYNA*

Приложение динамических нагрузок

Определение изменения нагрузки во времени с помощью массивов

Utility Menu > *Parameters* > *Array Parameters* > *Define/Edit...*

При использовании данного пункта меню появляется окно *Array Parameters* (Рисунок 7):

- В этом окне необходимо нажать *Add...*
- В появившемся окне *Add New Array Parameter* (Рисунок 8) в поле *Par* необходимо ввести имя массива, который будет определять характер изменения нагрузки. В первом окне раздела *I,J,K No. of row, column, planes* необходимо указать, сколько значений изменяющейся во времени нагрузки будет использоваться (размерность массива).
- Нажимаем *Apply*.
- В окне *Add New Array Parameter* в поле *Par* необходимо ввести имя нового массива, который будет определять изменение времени. В первом окне раздела *I,J,K No. of row, column, planes*

необходимо указать сколько узловых точек времени использоваться.

- Нажимаем **ОК**.

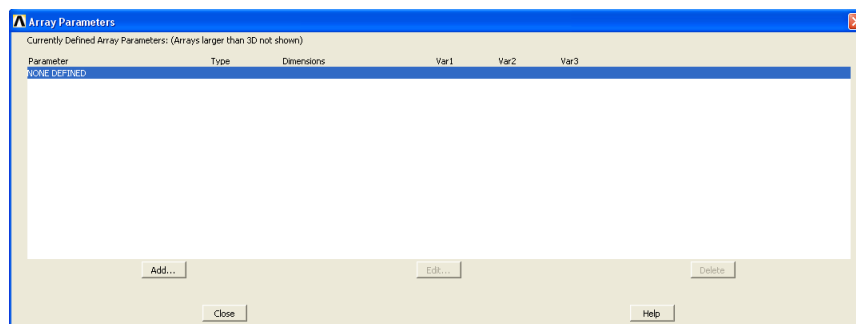


Рисунок 7. Окно *Array Parameters*

- В окне *Array Parameters* выбираем первый массив (массив значений нагрузки), нажимаем **Edit...** и в окне *Array Parameter ...* указываем первое значение (начальное значение нагрузки) и далее последующие значения нагрузки (безразмерная величина, значение и размерность которой будет устанавливаться позже с помощью коэффициента пропорциональности).

З а м е ч а н и е! Массив значений нагрузки может задаваться в нормированном относительно максимального значения виде.

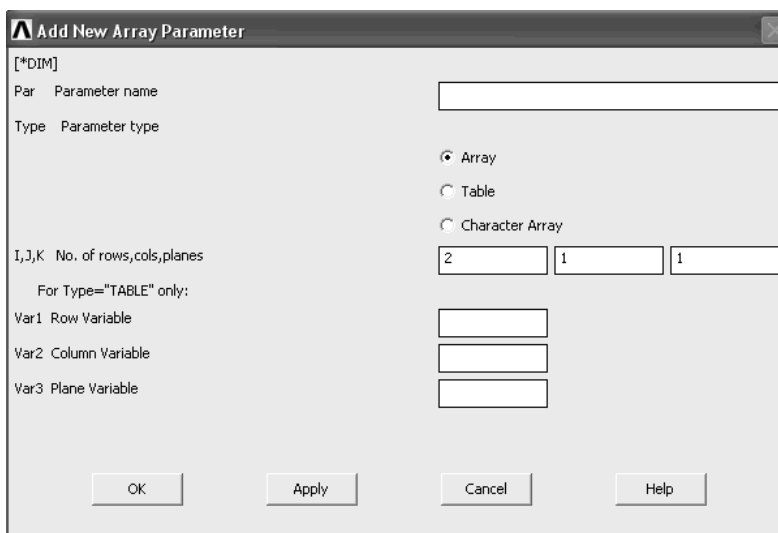


Рисунок 8. Окно *Add New Array Parameter*

- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта *File> Apply/Quite* раскрывающегося меню данного окна.
- В окне *Array Parameters* выбираем второй массив (массив узловых точек по времени), нажимаем *Edit...* и в окне *Array Parameter...* указываем первое значение (начальное значение времени) и последующие значения узловых точек интервала времени.
- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта *File> Apply/Quite* раскрывающегося меню данного окна.
- Нажимаем кнопку *Close* в окне *Array Parameters*.

Определение нагрузки с помощью кривой нагружения

З а м е ч а н и е! Нагрузки задаются только одним способом: либо с использованием массивов значений, либо с помощью кривой нагружения. Однако кривая создается на основе массивов значений.

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Curve Options> Add Curve

Main Menu> Solution> Loading Options> Curve Options> Add Curve

При использовании данных пунктов меню появляется окно *Add Curve Data for LS-DYNA Explicit* (Рисунок 9), в котором необходимо в поле *Curve ID Number* указать номер создаваемой кривой (умалчиваемого значения не существует), в первом раскрывающемся списке *Parameter name for abscissa val* необходимо выбрать уже созданный массив значений абсцисс будущей кривой, во втором раскрывающемся списке *Parameter name for ordinate val* необходимо выбрать уже созданный массив значений ординат будущей кривой и нажать кнопку **OK**.

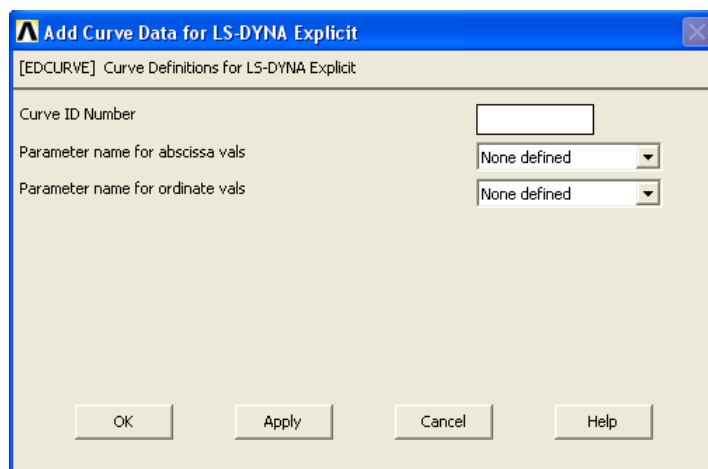


Рисунок 9. Окно *Add Curve Data for LS-DYNA Explicit*

Приложение заданной нагрузки к созданной «составной части» (*component*) или «группе» (*part*)

Main Menu> *Preprocessor*> *LS-DYNA Options*> *Loading Options*> *Specify Loads*

Main Menu> *Solution*> *Loading Options*> *Specify Loads*

При использовании данного пункта меню появляется окно *Specify Loads for LS_DYNA Explicit* (Рисунок 10). Далее выполняем следующие действия:

- В разделе *Load Labels* выбираем метку, определяющую нагрузку.
- В раскрывающемся списке *Component name or PART number* выбираем «составную часть» (*component*) или «группу» (*part*), к которой будут приложены динамические нагрузки (Рисунок 10).
- В раскрывающемся списке *Parameter name for time values* выбираем имя массива, который определяет массив узловых точек на интервале времени.
- В раскрывающемся списке *Parameter name for data values* выбираем имя массива, который определяет массив значений нагрузки в узловых точках времени.
- В разделе *Scale Factor for loading curve* вводим значение масштабного коэффициента.
- Нажимаем кнопку **OK** (Рисунок 10).

З а м е ч а н и е! Значение масштабного коэффициента должно быть отлнчено от нуля. Если используется кривая для определения действующей нагрузки, то в двух раскрывающих списках *Parameter name for time values* и *Parameter name for data values* окна *Specify Loads for LS_DYNA Explicit* (Рисунок 10) необходимо выбрать пункт *None defined*, а в поле *Load curve ID* необходимо указать номер уже созданной кривой

Specify Loads for LS-DYNA Explicit

[EDLOAD] Loading Options for LS-DYNA Explicit

Load Options: Add Loads

Load Labels: FY, FZ, MX, MY, MZ, UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ

FX

Coordinate system/Surface Key: 0

Component name or PART number: None defined

Parameter name for time values: None defined

Parameter name for data values: None defined

Analysis type for load curves:

- Transient only
- Dynamic relax
- Trans and Dynam

To use an existing load curve:

Load curve ID: []

Scale factor for load curve: []

BTIME Birth time-Activate impose: []

DTIME Death time-Remove imposed: []

OK Apply Cancel Help

Рисунок 10. Окно *Specify Loads for LS_DYNA Explicit*

Определение ограничений

Ограничение степеней свободы применяется к линиям и поверхностям, узлам конечно-элементной сетки. Можно ограничить перемещения вдоль осей декартовой системы координат и вращения вокруг этих осей (названия величин в ANSYS/LS-DYNA: *UX*, *UY*, *UZ*, *ROTX*, *ROTY*, *ROTZ*), а также соответствующие скорости и ускорения. Любое направление, указанное в названии (например, *UX*, *ROTZ*, *AY* и т.д.), задается в координатной системе узлов (т.е. глобальной декартовой).

Система пунктов главного меню и команд ANSYS/LS-DYNA позволяет наложить, убрать ограничения и просмотреть их список.

Ограничение перемещений, скоростей и ускорений на линиях

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Constraints > Apply > On Lines

Main Menu > Solution > Constraints > Apply > On Lines

При использовании любого из этих пунктов меню появится первое окно выбора *Apply U,ROT on Lines*. Следует:

- Выбрать линии с одинаковыми значениями ограничений с помощью «мыши» или окна ввода (по номеру).
- Подтвердить выбор нажатием кнопок **OK** или *Apply*.
- После этого появится второе диалоговое окно *Apply U, ROT on Lines* (Рисунок 11), в котором следует указать:
 1. направление глобальной системы координат (элемент списка *Lab2*: по оси *X* – пункты *UX*, *VX*, *AX*; по оси *Y* – пункты *UY*, *VY*, *AY*; по оси *Z* – пункт *UZ*, *VZ*, *AZ* или во всех направлениях – пункт *ALL DOF*, указанный «по умолчанию»), в котором необходимо ограничить перемещения, скорости или ускорения на линиях;

З а м е ч а н и е! Выбор осуществляется с помощью «мыши». Строка с выбранным пунктом подсвечивается синим цветом

2. величину допустимого перемещения (с учетом знака) (поле ввода *VALUE* – «по умолчанию» при не заполненном поле значение равно нулю);
3. подтвердить выбор, нажав кнопку **OK** или *Apply*.

З а м е ч а н и е! По умолчанию предполагается, что перемещения на выбранных линиях являются постоянными (в раскрывающемся списке пункт *Constant value*).

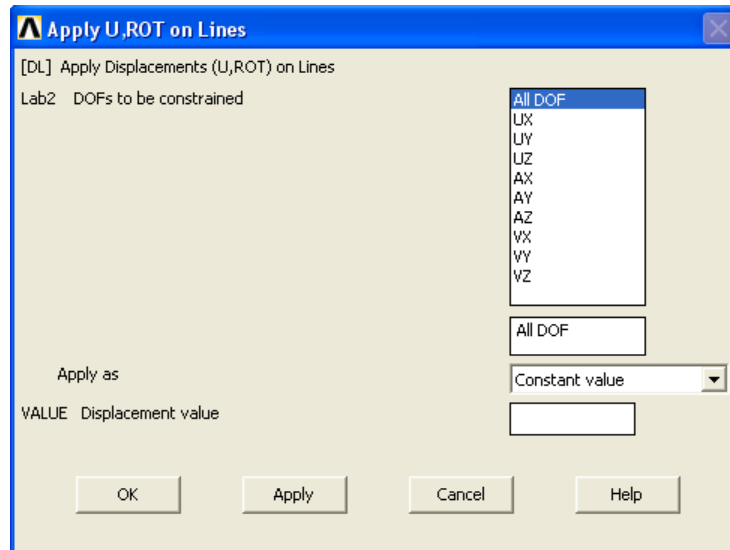


Рисунок 11. Второе окно *Apply U, ROT on Lines*

Ограничение перемещений, скоростей и ускорений на поверхностях

Main Menu> *Preprocessor*> *LS-DYNA Options*> *Constraints*> *Apply*> *On Areas*

Main Menu> *Solution*> *Constraints*> *Apply*> *On Areas*

При использовании любого из этих пунктов меню появится первое окно выбора *Apply U, ROT on Areas*. Следует:

- Выбрать поверхности с одинаковыми значениями ограничений с помощью «мыши» или окна ввода (по номеру).
- Подтвердить выбор нажатием кнопок **OK** или *Apply*.
- После этого появится второе диалоговое окно *Apply U, ROT on Areas*, в котором следует указать:

1. направление глобальной системы координат (элемент списка *Lab2*: по оси *X* – пункты *UX*, *VX*, *AX*; по оси *Y* – пункты *UY*, *VY*, *AY*; по оси *Z* – пункт *UZ*, *VZ*, *AZ* или во всех направлениях – пункт *ALL DOF*, указанный «по умолчанию»), в котором необходимо ограничить перемещения, скорости или ускорения на поверхностях;

2. величину допустимого перемещения (с учетом знака) (поле ввода *VALUE* – «по умолчанию» при не заполненном поле значение равно нулю);
3. подтвердить выбор, нажав кнопку *OK* или *Apply*.

Ограничение перемещений, скоростей и ускорений в узловых точках конечно-элементной сетки

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Constraints > Apply > On Nodes

Main Menu > Solution > Constraints > Apply > On Nodes

При использовании любого из этих пунктов меню появится окно выбора *Apply U, ROT on Nodes*. Следует:

- Выбрать узловые точки конечноэлементного разбиения с одинаковыми значениями ограничений с помощью «мыши» или окна ввода (по номеру).
- Подтвердить выбор нажатием кнопок *OK* или *Apply*.
- После этого появится диалоговое окно *Apply U, ROT on Nodes*, в котором следует указать:
 1. направление глобальной системы координат (элемент списка *Lab2*: по оси *X* – пункты *UX, VX, AX*; по оси *Y* – пункты *UY, VY, AY*; по оси *Z* – пункт *UZ, VZ, AZ* или во всех направлениях – пункт *ALL DOF*, указанный «по умолчанию»), в котором необходимо ограничить перемещения, скорости или ускорения в узловых точках;
 2. величину допустимого перемещения (с учетом знака) (поле ввода *VALUE* – «по умолчанию» при не заполненном поле значение равно нулю);
 3. подтвердить выбор, нажав кнопку *OK* или *Apply*.

Задание начальной скорости

З а м е ч а н и е! Задание начальной скорости осуществляется только одним из перечисленных ниже способов.

Начальная скорость «составной части» (component) или узловой точки относительно глобальной Декартовой системы координат

Main Menu> *Preprocessor*> *LS-DYNA Options*> *Initial Velocity*> *On Nodes*> *w/Nodal Rotate*

Main Menu> *Solution*> *Initial Velocity*> *On Nodes*> *w/Nodal Rotate*

При использовании любого из этих пунктов меню появится окно *Input Velocity*. Следует:

- В раскрывающемся списке *Input velocity on component* (Рисунок 12) выбрать заранее определенную «составную часть» (*component*), к которой будет приложена начальная скорость, либо ввести в поле ввода *or node (if node number chosen)* номер узловой точки.
- В соответствующих полях ввода определить величину проекций скоростей в глобальной декартовой системе координат при поступательном движении (поля *VX*, *VY*, *VZ*) и/или вращении относительно координатных осей (поля *OMEGAX*, *OMEGAY*, *OMEGAZ*).
- Подтвердить выбор, нажав кнопку *OK* или *Apply*.

Рисунок 12. Окно *Input Velocity*

Определение начальной скорости для «составной части» (*component*) или узловой точки относительно произвольной оси

Определение начальной скорости поступательного движения «составной части» (*component*) относительно глобальной декартовой системы координат и скорости вращения относительно произвольной оси осуществляется с использованием пункта главного меню:

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Initial Velocity> On Nodes> w/Axial Rotate

Main Menu> Solution> Initial Velocity> On Nodes> w/Axial Rotate

При использовании любого из этих пунктов меню появится окно *Generate Velocity* (Рисунок 13). Следует:

- В раскрывающемся списке **Generate velocity on component** выбрать заранее определенную «составную часть» (*component*), к которой будет приложена начальная скорость, либо ввести в поле ввода ниже номер узловой точки.
- В соответствующих полях ввода определить величину проекций скоростей в глобальной декартовой системе координат при поступательном движении (поля *VX*, *VY*, *VZ*).
- Определить угловую скорость вращения (поле **OMEGA**).
- Задать координаты точки оси вращения (поля *XC*, *YC*, *ZC*).
- Задать направляющие углы оси вращения по отношению к осям Декартовой системы координат (поля *ANGX*, *ANGY*, *ANGZ*).
- Нажать **OK** или **Apply**.

Определение начальной скорости «группы» (*part*) или «сборки» (*assembly*)

Относительно глобальной Декартовой системы координат

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Initial Velocity> On Parts> w/Nodal Rotate

Main Menu> Solution> Initial Velocity> On Parts> w/Nodal Rotate

Рисунок 13. Окно *Generate Velocity*

З а м е ч а н и е! Окно *Input Velocity* аналогично соответствующему окну пункта для определения начальной скорости для «составной части» (*component*).

При использовании любого из этих пунктов меню появится окно *Input Velocity*. Следует:

- В раскрывающемся списке *Input velocity on part/assembly* выбрать заранее определенную «группу» (*part*) или «сборку» (*assembly*), к которой будет приложена начальная скорость.
- В соответствующих полях ввода определить величину проекций скоростей в глобальной декартовой системе координат при

поступательном движении (поля VX , VY , VZ) и/или вращении относительно координатных осей (поля $OMEGAX$, $OMEGAY$, $OMEGAZ$).

- Подтвердить выбор, нажав кнопку **OK** или *Apply*.

Относительно произвольно определенной оси

Main Menu> **Preprocessor**> **LS-DYNA Options**> **Initial Velocity**> **On Parts**> **w/Axial Rotate**

Main Menu> **Solution**> **Initial Velocity**> **On Parts**> **w/Axial Rotate**

З а м е ч а н и е! Окно *Generate Velocity* аналогично соответствующему окну пункта для определения начальной скорости для «составной части» (*component*).

При использовании любого из этих пунктов меню появится окно *Generate Velocity*. Следует:

- В раскрывающемся списке *Generate velocity on part/assembly* выбрать заранее определенную «группу» (*part*) или «сборку» (*assembly*), к которой будет приложена начальная скорость.
- В соответствующих полях ввода определить величину проекций скоростей в глобальной декартовой системе координат при поступательном движении (поля VX , VY , VZ).
- Определить угловую скорость вращения (поле $OMEGA$).
- Задать координаты точки оси вращения (поля XC , YC , ZC).
- Задать направляющие углы оси вращения по отношению к осям Декартовой системы координат (поля $ANGX$, $ANGY$, $ANGZ$).
- Нажать **OK** или *Apply*.

Задание ускорения в глобальной системе координат

Main Menu> **Preprocessor**> **LS-DYNA Options**> **Acceleration CS**> **Set Accel CS**

Main Menu> **Solution**> **Loading Options**> **Acceleration CS**> **Set Accel CS**

При использовании данного пункта меню появляется окно *Define Acceleration Coordinate System* (Рисунок 14). В полях ввода X , Y , Z *global cartesian coord* необходимо ввести значение проекций ускорения на оси глобальной системы координат и нажать кнопку **OK**.

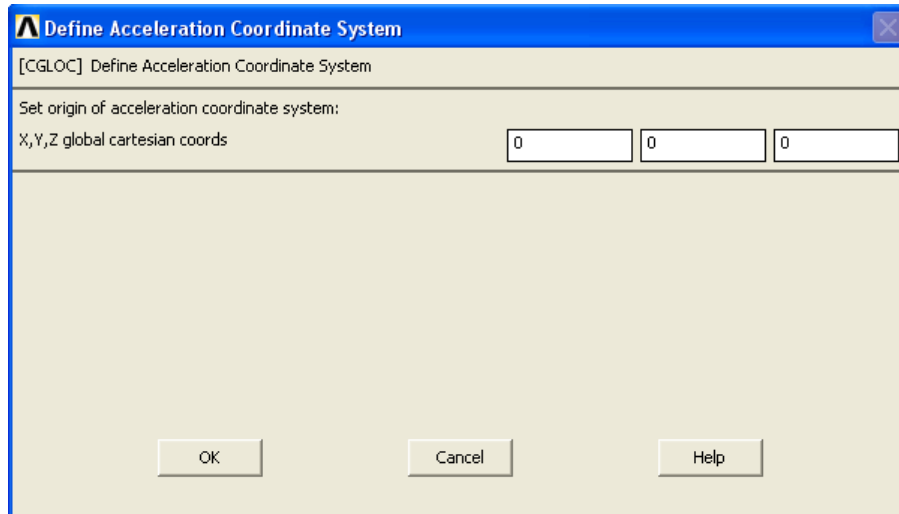


Рисунок 14. Окно *Define Acceleratuion Coodinate System*

Решение контактных задач

Последовательность решения контактной задачи:

1. Создать конечноэлементную модель.
2. Создать компоненты (множества) узловых точек, представляющих контактную поверхность и поверхность внедрения.
3. Определить тип контакта созданных компонент (множеств узловых точек).
4. Наложить ограничения на взаимодействующие тела и приложить нагрузки к ним.
5. Решить контактную задачу.
6. Просмотреть результаты.

Далее будем предполагать, что «составные части» из множества узловых точек уже созданы (см. п. «Создание составной части (множеств) из узлов или элементов конечно-элементной модели» данной главы), и остановимся на самом простом (в смысле использования в работе средств **GUI**) способе решения контактных задач с помощью пункта главного меню:

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Contact > Define Contact

При использовании указанного выше пункта меню становится доступно первое диалоговое окно ***Contact Parameter Definitions*** (Рисунок 15). Далее необходимо:

- Выбрать тип контакта. Возможные типы контакта сгруппированы в трех пунктах ***Single Surface***, ***Node to Surface***, ***Surface to Surface***

левого списка раздела *Contact Type* окна *Contact Parameter Definitions* (Рисунок 15). В правом списке раздела *Contact Type* можно уточнить выбор.

- Заполнить поля новыми значениями (или оставить значения «по умолчанию»)
- Подтвердить выбор кнопкой *OK* или *Apply*.

З а м е ч а н и е! Если в левом окне раздела *Contact Type* выбран тип контакта *Node to Surface* или *Surface to Surface*, то после нажатия *OK* или *Apply* появится окно *Contact Options*, в котором необходимо указать компоненты (множества узловых точек), представляющих контактную поверхность (*Contact Component*) и поверхность внедрения (*Target Component*).

[EDCGEN] LS-DYNA Explicit Contact Parameter Definitions	
Contact Type	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> Single Surface Nodes to Surface Surface to Surf </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> Auto Gen1 (AG) Automatic (ASSC) Auto 2-D (ASS2D) Single Surf (SS) Eroding (ESS) Edge (SE) </div> </div>
Static Friction Coefficient	<input type="text" value="0"/>
Dynamic Friction Coefficient	<input type="text" value="0"/>
Exponential Decay Coefficient	<input type="text" value="0"/>
Viscous Friction Coefficient	<input type="text" value="0"/>
Viscous Damping Coefficient	<input type="text" value="0"/>
Birth time for contact	<input type="text" value="0"/>
Death time for contact	<input type="text" value="10000000"/>
BOXID1 Contact box	<input type="text" value="0"/>
BOXID2 Target box	<input type="text" value="0"/>
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Apply"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Help"/>	

Рисунок 15. Окно *Contact Parameter Definitions*

Просмотр ограничений и нагрузок, используемых в модели

В ANSYS/LS-DYNA в отличие от ANSYS средства просмотра ограничений и нагрузок не систематизированы и разбросаны, как по меню утилит, так и по главному меню. Например, нельзя просмотреть список нагрузок, но можно отобразить их на модели и просмотреть график изменения нагрузки во времени средствами главного меню. Кроме того набор компонент, для которых возможен просмотр списка ограничений, существенно сокращен. Однако добавлен пункт главного меню, позволяющий просмотреть начальные скорости, типы контактов модели и т.д.

Просмотр списков ограничений на линиях, на поверхностях и в узловых точках


В ANSYS/LS-DYNA доступен только просмотр списков ограничений на линиях, поверхностях и в узловых точках средствами меню утилит. Действия, выполняемые при этом, полностью совпадают с действиями в ANSYS.

Пункты меню утилит

Utility Menu > List > Loads > DOF Constraints > On All Lines

Utility Menu > List > Loads > DOF Constraints > On All Areas

Utility Menu > List > Loads > DOF Constraints > On All Nodes

При использовании перечисленных пунктов меню появится окно **... Command** (вместо многоточия будет написана команда, соответствующая компоненте), содержащее список номеров компонент (первая колонка), меток степеней свободы, числовых значений ограничений, соответствующих меткам и некоторую другую информацию. Закрытие окна после ознакомления с информацией осуществляется либо с использованием меню **File** этого окна (пункт **Close**), либо нажатием кнопки  этого же окна.

З а м е ч а н и е! Если ни на один компонент не наложены ограничения, то список ограничений пуст, о чем выдается соответствующее сообщение в окне **... Command**.

Дополнительные пункты меню утилит

Utility Menu > List > Loads > DOF Constraints > On Picked Lines

Utility Menu > List > Loads > DOF Constraints > On Picked Areas


Utility Menu> List> Loads> DOF Constraints> On Picked Nodes

При его использовании появится окно выбора ***List ... DOF Constraints*** (вместо многоточия будет стоять имя геометрической компоненты). С его помощью следует выбрать компоненты, параметры которых необходимо отобразить в списке. После подтверждения выбора нажатием кнопки ***OK*** или ***Apply*** появляется описанное выше окно ***... Command***, в котором отображаются все ограничения наложенные на линии.

З а м е ч а н и е! Если на выбранных линиях не наложены ограничения, то список ограничений пуст, о чем выдается соответствующее сообщение в окне ***... Command***.

Просмотр списка начальных скоростей «составных частей» (*component*) или узловых точек

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Initial Velocity> On Nodes> List***Main Menu> Solution> Initial Velocity> On Nodes> List***

При использовании данного пункта меню появляется окно ***List Initial Velocity*** (Рисунок 16). В раскрывающемся списке ***List velocity of component*** следует выбрать имя «составной части» (***component***), для которой необходимо вывести значение начальной скорости, или раздел ***All*** (если список должен содержать значения для всех «составных частей»). Далее необходимо нажать кнопку ***OK***. После этого появится окно ***EDVE Command*** (Рисунок 17) со списком значений. После ознакомления данное окно необходимо закрыть кнопкой .

З а м е ч а н и е! Вместо «составной части» (***component***) можно ввести номер узловой точки в поле ***or node (if node number chosen)***.

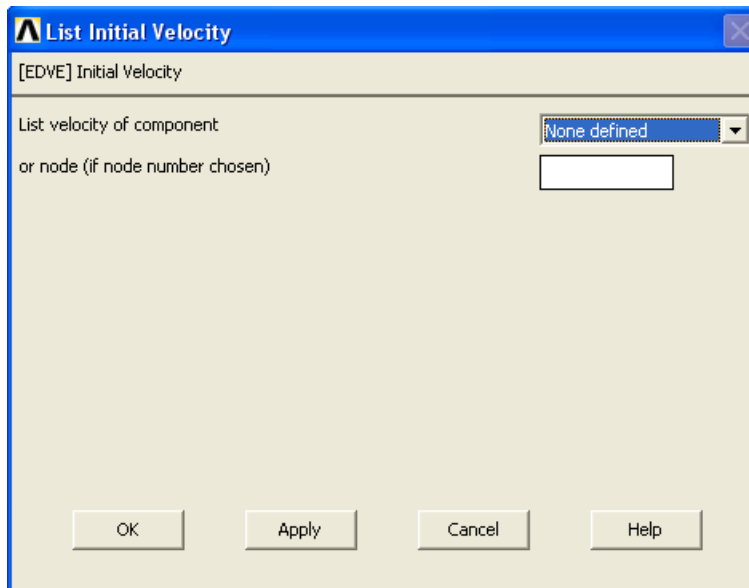


Рисунок 16. Окно *List Initial Velocity*

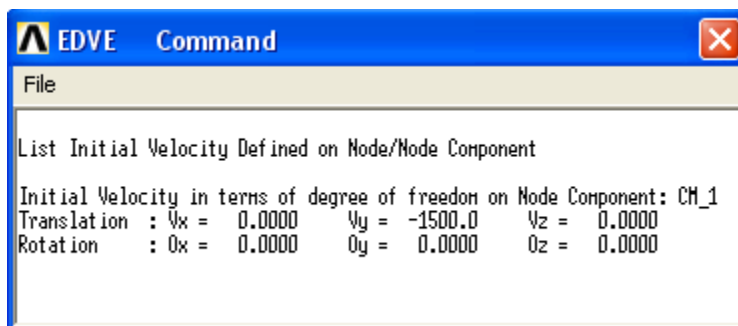



Рисунок 17. Окно *EDVE Command*

Просмотр списка начальных скоростей «групп» (*part*) или «сборок» (*assembly*)

Main Menu> *Preprocessor*> *LS-DYNA Options*> *Initial Velocity*> *On Parts*> *List*

Main Menu> *Solution*> *Initial Velocity*> *On Parts*> *List*


При использовании данного пункта меню появляется окно *List Initial Velocity*. В раскрывающемся списке *List velocity of part/assembly* следует выбрать имя «группы» (*part*) или «сборки» (*assembly*), для которой необходимо вывести значения начальной скорости (раздел *All* следует выбирать если список должен содержать начальные скорости всех «групп» или «сборок»). Далее необходимо нажать кнопку **OK**. После этого появится

окно *EDPV Command* со списком значений. После ознакомления данное окно необходимо закрыть кнопкой .

Средства отображения контактов модели

Просмотр списка созданных контактов

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Contact > List Entities

При его использовании появится окно *EDCLIST Command*, содержащее список типов контакта, определенных для данной конечноэлементной модели и список значений параметров (Рисунок 18). Закрытие окна после ознакомления с информацией осуществляется либо с использованием меню *File* (пункт *Close*), либо нажатием кнопки  этого же окна.

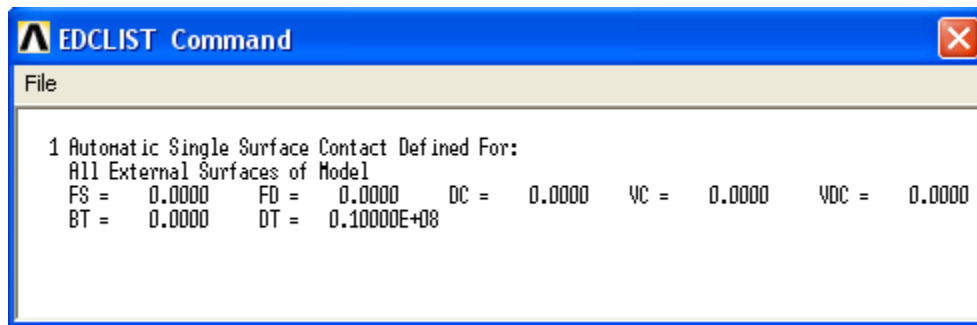


Рисунок 18. Окно *EDCLIST Command*

Выборочное отображение контактов модели

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Contact > Select and Plot

При его использовании появится окно *Select and Plot Contact Entities* (Рисунок 19). В поле *Minimum contact number* вводится минимальный номер компоненты, участвующей в создании контакта («по умолчанию» равно 1), в поле *Maximum contact number* вводится максимальный номер компоненты, участвующей в создании контакта («по умолчанию» равно *Minimum contact number*), в поле *Increment* вводится приращение номера от *Minimum contact number* до *Maximum contact number* («по умолчанию» равно 1). Для отображения контактов необходимо нажать кнопку **OK**.



Рисунок 19. Окно *Select and Plot Contact Entities*

Средства отображения приложенных нагрузок в ANSYS/LS-DYNA

Отображение сил, приложенных к модели

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Loading Options > Show Forces

Main Menu > Solution > Loading Options > Show Forces

При использовании данного пункта меню появляются окно **Plot Explicit dynamics load symbols on the model** (Рисунок 20). В разделе **Display load symbols** следует выбрать пункт **Show** (если необходимо отобразить нагрузки) или **Hide** (если требуется выключить отображенные нагрузки) и нажать кнопку **OK**.

З а м е ч а н и е! При использовании данного пункта меню автоматически включается отображение конечноэлементной модели.

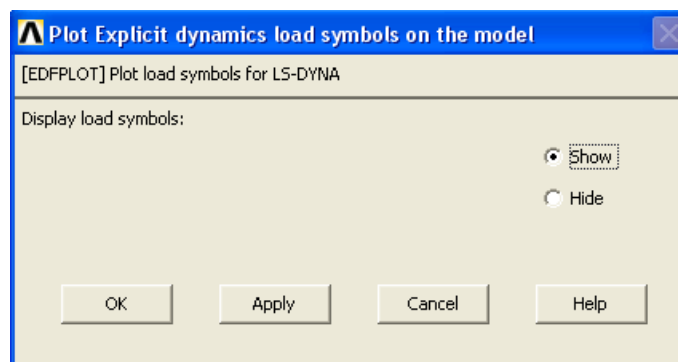


Рисунок 20. Окно *Plot Explicit dynamics load symbols on the model*

Отображение графика изменения во времени приложенной к модели нагрузки

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Plot Load Curve

Main Menu> Solution> Loading Options> Plot Load Curve

При использовании данного пункта меню появляются два окна. Первое окно **EDLOAD Command** (Рисунок 21) содержит список кривых нагружения. Во втором окне **Plot Load Curve for LS-DYNA** (Рисунок 21) в поле **Load reference number** необходимо ввести номер интересующей кривой нагружения (из окна **EDLOAD Command**), нажать кнопку **OK** и закрыть первое окно **EDLOAD Command**. После этого можно просмотреть график кривой нагружения.

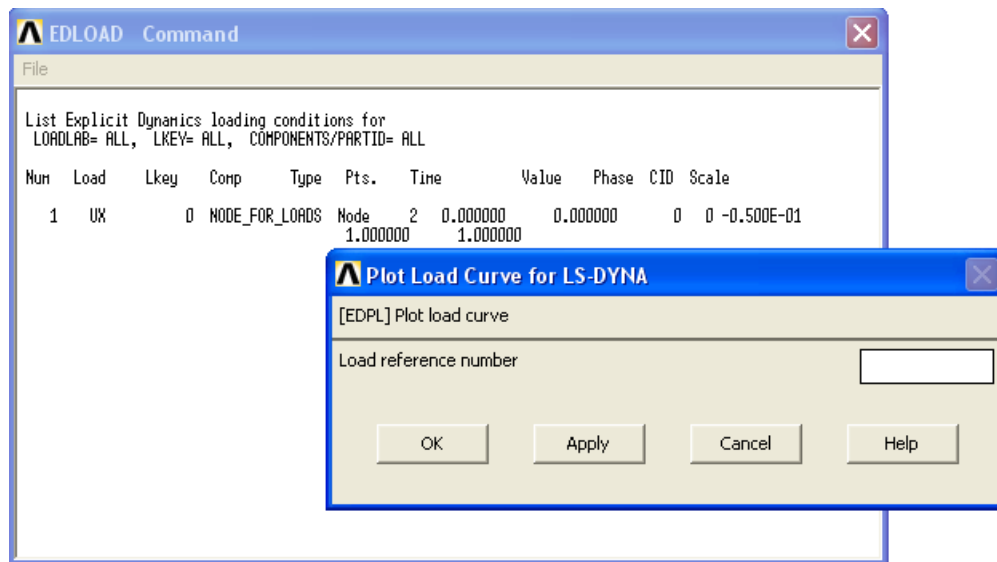


Рисунок 21. Расположение окон *EDLOAD Command* и *Plot Load Curve for LS-DYNA*

Просмотр массива узловых значений существующей кривой в виде списка

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Curve Options> List Curve

Main Menu> Solution> Loading Options> Curve Options> List Curve

При использовании одного из указанных пунктов меню появляется окно **List Curve Data for LS-DYNA Explicit** (Рисунок 22), в раскрывающемся списке которого необходимо указать номер существующей кривой (либо

пункт *All* – «по умолчанию») и нажать кнопку **OK**. После этого появится окно *EDCURVE Command* (Рисунок 23), в котором отображается массив значений.

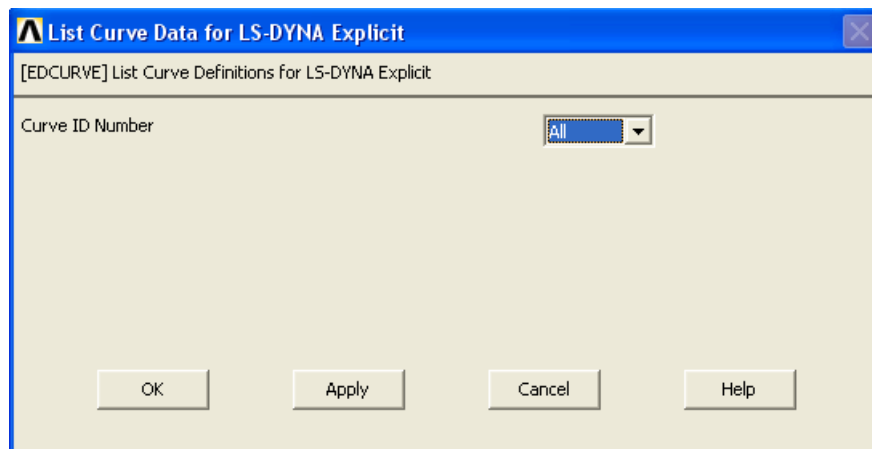


Рисунок 22. Окно *List Curve Data for LS-DYNA Explicit*

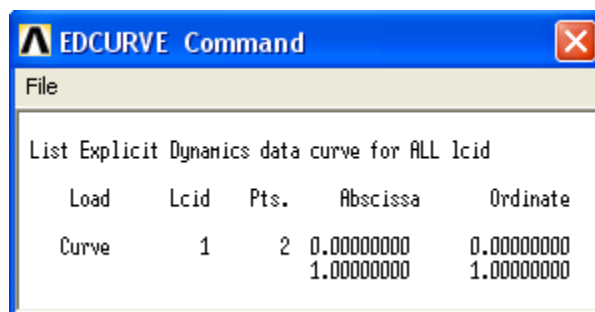


Рисунок 23. Окно *EDCURVE Command*

Отображение графика созданной кривой

Main Menu> *Preprocessor*> *LS-DYNA Options*> *Loading Options*>
Curve Options> *Plot Curve*

Main Menu> *Solution*> *Loading Options*> *Curve Options*> *Plot Curve*

При использовании данных пунктов меню появляется окно *Plot Curve Data for LS-DYNA Explicit* (Рисунок 24), в котором необходимо в раскрывающемся списке *Curve ID Number* указать номер существующей кривой и нажать кнопку **OK**.

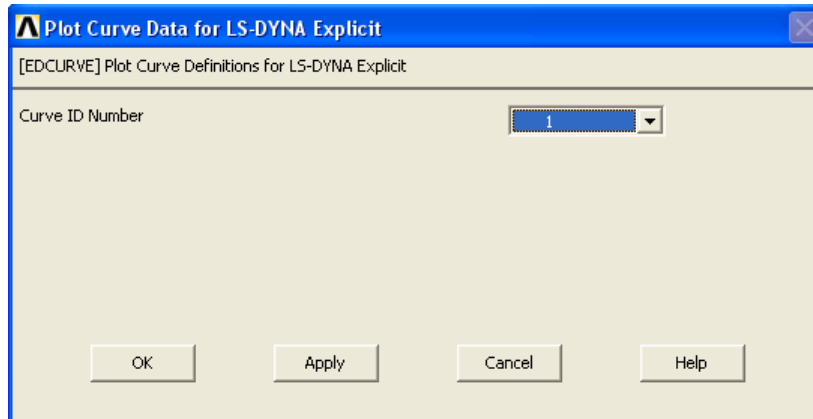


Рисунок 24. Окно *Plot Curve Data for LS-DYNA Explicit*

Удаление созданных ограничений и нагрузок

Удаление ограничений

Удаление ограничений на линиях

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Constraints > Delete > On Lines

Main Menu > Solution > Constraints > Delete > On Lines

При использовании данного пункта меню с помощью окна выбора ***Delete Line Constraints*** необходимо выбрать линии, с которых будут удаляться ограничения и после окончания выбора нажать кнопку **ОК**. После этого во втором окне ***Delete Line Constraints*** (Рисунок 25) в раскрывающемся списке ***Lab Constraints to be deleted*** необходимо выбрать метку, соответствующую удаляемому ограничению («по умолчанию» выбран пункт ***All DOF*** – будут удалены все ограничения) и нажать кнопку **ОК** во втором окне.

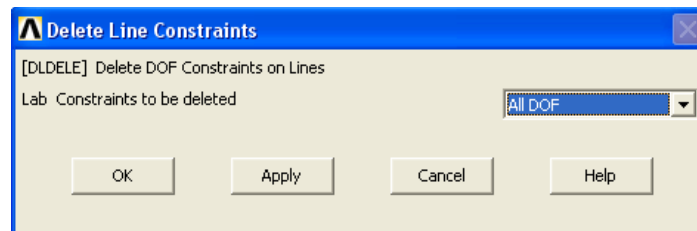


Рисунок 25. Окно *Delete Line Constraints*

Удаление ограничений на поверхностях

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Constraints > Delete > On Areas

Main Menu> Solution> Constraints> Delete> On Areas

При использовании данного пункта меню с помощью окна выбора **Delete Area Constraints** необходимо выбрать поверхности, с которых будут удаляться ограничения и после окончания выбора нажать кнопку **OK**. После этого во втором окне **Delete Area Constraints** в раскрывающемся списке **Lab Constraints to be deleted** необходимо выбрать метку, соответствующую удаляемому ограничению («по умолчанию» выбран пункт **All DOF** – будут удалены все ограничения) и нажать кнопку **OK** во втором окне.

Удаление ограничений, определенных в узлах конечноэлементной сетки

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Constraints> Delete> On Nodes**Main Menu> Solution> Constraints> Delete> On Nodes**

При использовании данного пункта меню с помощью окна выбора **Delete Node Constraints** необходимо выбрать узловые точки, с которых будут удаляться ограничения и после окончания выбора нажать кнопку **OK**. После этого во втором окне **Delete Node Constraints** в раскрывающемся списке **Lab Constraints to be deleted** необходимо выбрать метку, соответствующую удаляемому ограничению («по умолчанию» выбран пункт **All DOF** – будут удалены все ограничения) и нажать кнопку **OK** во втором окне.

Удаление приложенной нагрузки

Удаление всех нагрузок

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Delete Loads> Delete All**Main Menu> Solution> Loading Options> Delete Loads> Delete All**

При использовании данного пункта меню появляется окно **Verify** (Рисунок 26), в котором надо подтвердить правильность своего решения об удалении (кнопка **Yes**) или отказаться от проведения операции (кнопка **No**).

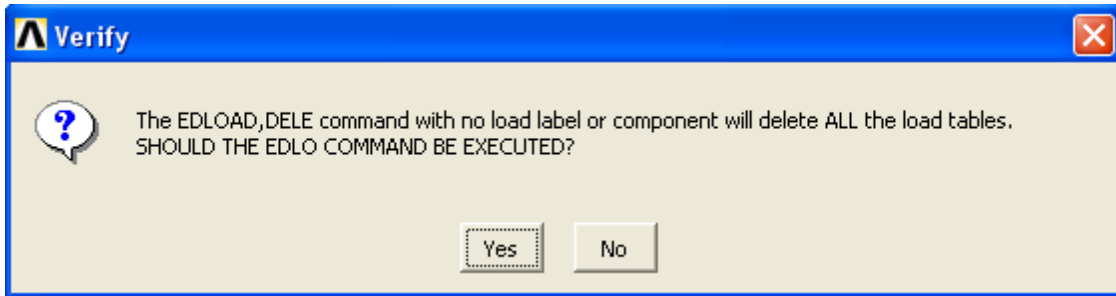


Рисунок 26. Окно *Verify* с контрольным сообщением

Выборочное удаление нагрузок

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Delete Loads> Delete Individ

Main Menu> Solution> Loading Options> Delete Loads> Delete Individ

При использовании данного пункта меню появится окно ***Delete Loads for LS-DYNA Explicit*** (Рисунок 27), в нем необходимо выбрать метки нагрузки (***Load Labels***), имена массивов, определяющих изменение времени (***Parameter name for time values***) и значений нагрузки (***Parameter name for data values***), а также «составную часть» (***component***) или «группу» (***part***), к которой приложена нагрузка (***Component name or PART number***). Если при определении нагрузки использовалась кривая, то необходимо указать ее номер в поле ***Load Curve ID***. Далее необходимо нажать ***OK***.

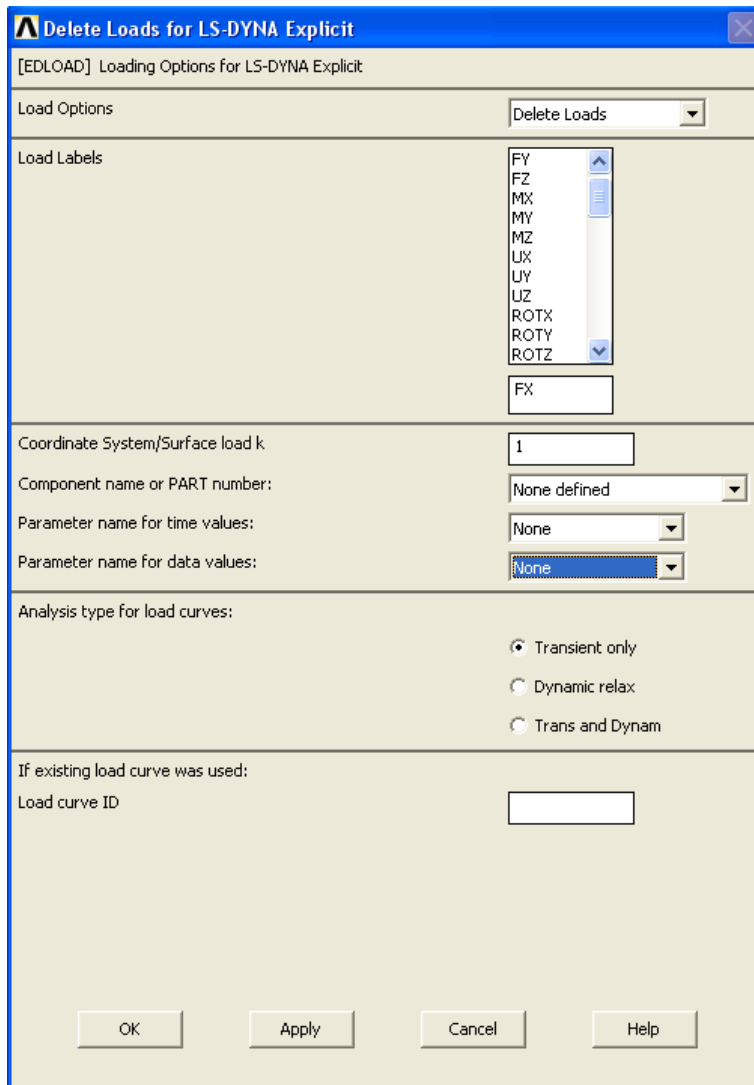


Рисунок 27. Окно *Delete Loads for LS-DYNA Explicit*

Удаление существующих кривых

Main Menu> *Preprocessor*> *LS-DYNA Options*> *Loading Options*>
Curve Options> *Delete Curve*

Main Menu> *Solution*> *Loading Options*> *Curve Options*> *Delete Curve*

При использовании одного из указанных пунктов меню появляется окно *Delete Curve Data for LS-DYNA Explicit*, в раскрывающемся списке которого необходимо указать номер существующей кривой (либо пункт *All* – «по умолчанию») и нажать кнопку **OK**.

Удаление начальной скорости

Удаление начальной скорости «составной части» (**component**) или узловой точки

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Initial Velocity > On Nodes > Delete

Main Menu > Solution > Initial Velocity > On Nodes > Delete

При использовании данного пункта меню появится окно **Delete Initial Velocity** (Рисунок 28), в котором необходимо с помощью раскрывающегося списка **Delete velocity of component** выбрать существующую «составную часть» либо в поле **or node (if node number chosen)** указать номер узловой точки, у которой необходимо удалить значение начальной скорости, и нажать кнопку **OK**.

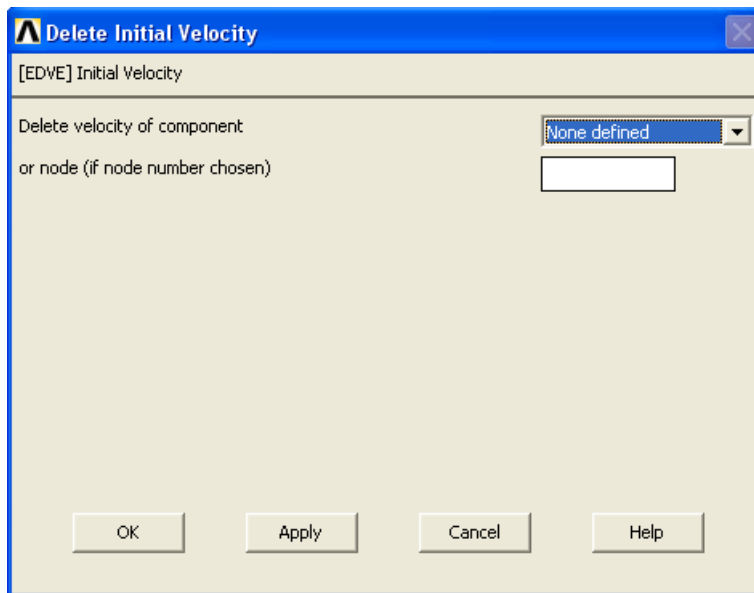


Рисунок 28. Окно *Delete Initial Velocity*

Удаление начальной скорости «группы» (**part**) или «сборки» (**assembly**)

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Initial Velocity > On Parts > Delete

Main Menu > Solution > Initial Velocity > On Parts > Delete

При использовании данного пункта меню появится окно **Delete Initial Velocity**, в котором необходимо с помощью раскрывающегося

списка *Delete velocity of part/assembly* выбрать существующую «группу» либо «сборку», у которой необходимо удалить значение начальной скорости, и нажать кнопку **OK**.

Удаление ускорения в глобальной системе координат

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Acceleration CS> Delete Accel CS

Main Menu> Solution> Loading Options> Acceleration CS> Delete Accel CS

При использовании данного пункта меню появляется окно *Delete Acceleration Coordinate System* (Рисунок 29). Для удаления ускорения необходимо нажать кнопку **OK**.

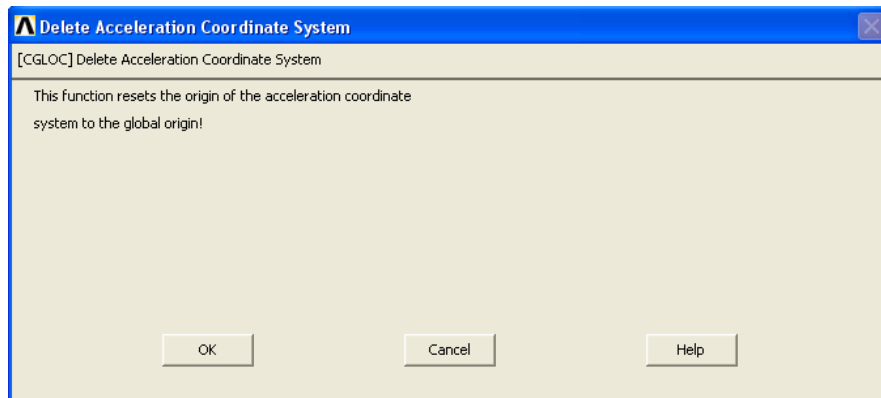


Рисунок 29. Окно *Delete Acceleration Coordinate System*

Удаление контактов

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Contact> Delete Entities

При использовании данного пункта меню появляется окно *Delete Contact Entities for LS-DYNA Explicit* (Рисунок 30), в котором необходимо указать удаляемый тип контакта (*Contact Type*), контактную «составную часть» или номер «группы» (раскрывающийся список *Contact Component or Part no*), а также «составную часть» или группу внедрения (раскрывающийся список *Target Component or Part no*). Для удаления контакта необходимо нажать кнопку **OK**.

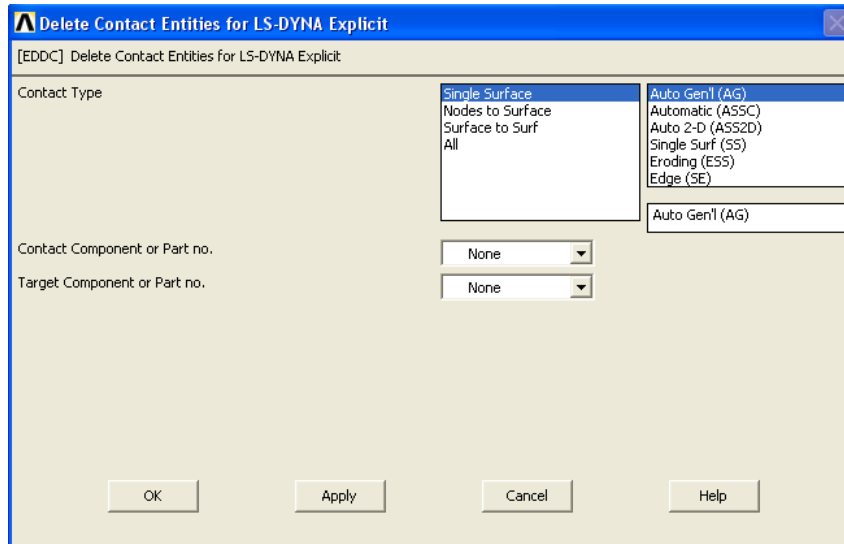


Рисунок 30. Окно *Delete Contact Entities for LS-DYNA Explicit*

Примеры задания нагрузок и ограничений на компонентах конечноэлементных моделей

Пример 1. Осевое растяжение цилиндрического образца с концентратором

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла

Utility Menu > File > Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно **Resume DataBase**. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, **C:\example1**), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, **example1.db**) в списке **Resume DataBase From**, в котором хранится вторая созданная модель.

Шаг 2. Отображение узлов конечноэлементного разбиения без нумерации

Пункт меню утилит

Utility Menu > Plot > Nodes

При использовании этого пункта меню утилит вместо конечноэлементного разбиения будут отображаться узлы (Рисунок 31).

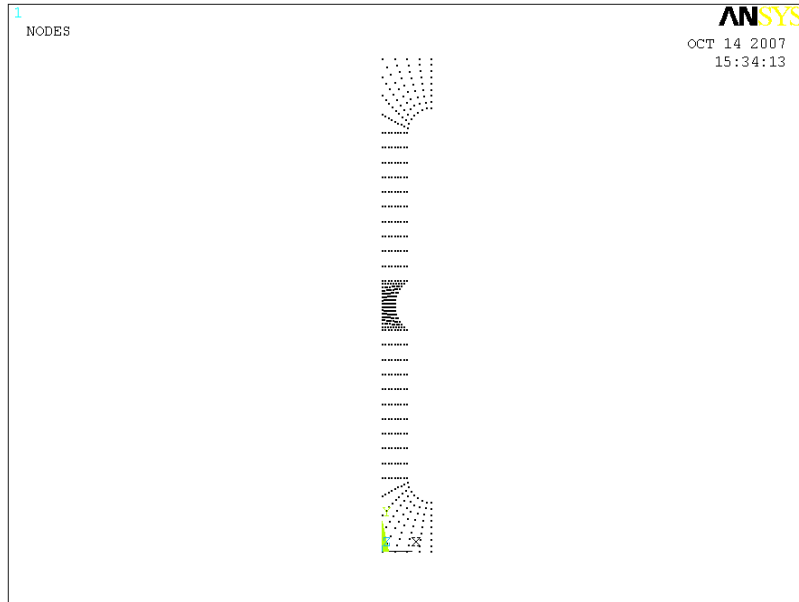
Команда***NPLOT,0***

Рисунок 31. Узлы конечно-элементного разбиения

*Шаг 3. Закрепление нижних узлов модели*Пункт главного меню***Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Constraints> Apply> On Nodes******Main Menu> Solution> Constraints> Apply> On Nodes***

При использовании пункта главного меню появляется окно ***Apply U,ROT on Nodes***. В этом случае следует:

- Выбираем узлы (Рисунок 32) лежащие на нижней линии ***L1*** (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).
- Нажимаем кнопку ***OK***.
- Далее необходимо в списке с меткой ***Lab2*** второго окна ***Apply U,ROT on Lines*** (Рисунок 33) выбрать с помощью «мыши» ***UY***, т.е. направление декартовой системы координат ***OY***, в котором необходимо ограничить перемещения. В поле с меткой ***VALUE*** вводим ***0***, либо оставляем пустым. Отсутствие перемещений на этой линии.

- Нажимаем кнопку **ОК** (Рисунок 34).

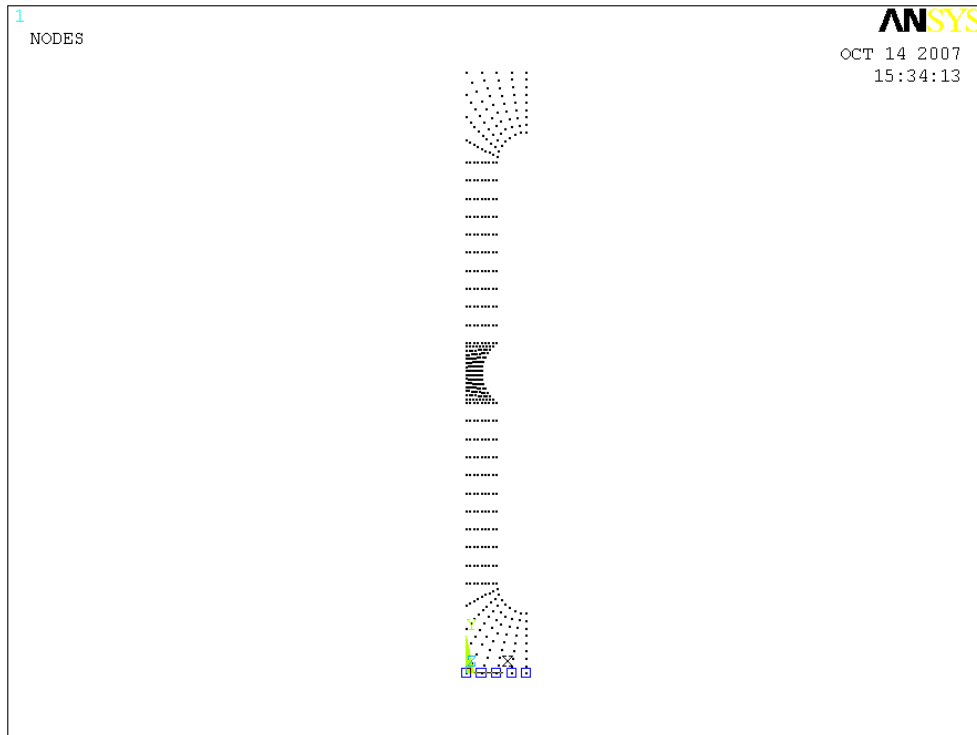


Рисунок 32. Выбор точек закрепления

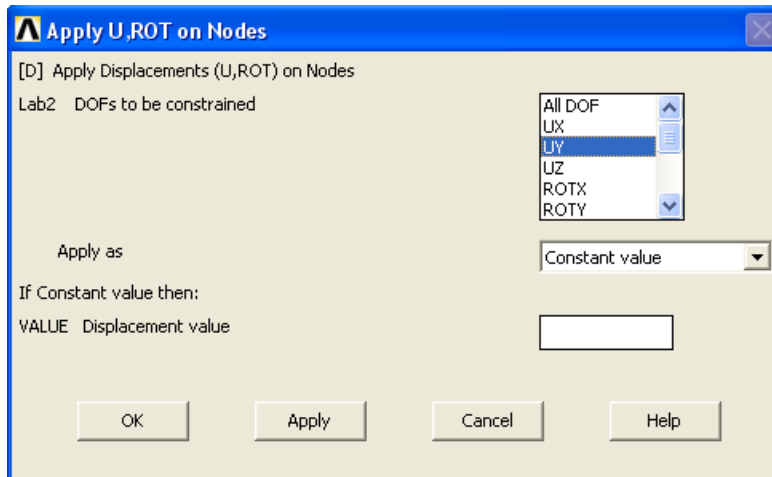


Рисунок 33. Вид второго окна *Apply U,ROT on Nodes*

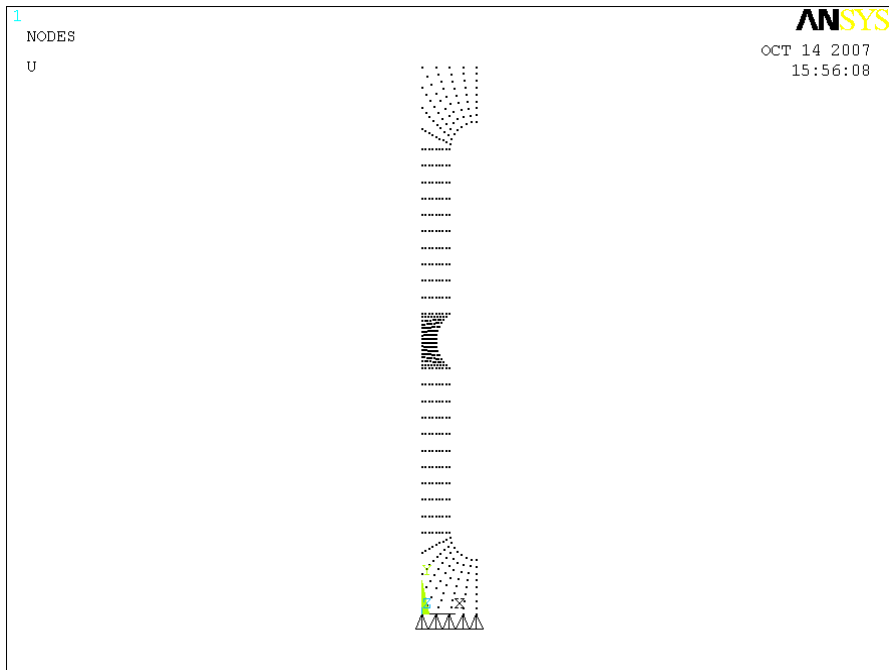



Рисунок 34. Результат закрепления нижних узловых точек

Шаг 4. Создание «составной части» (component) из узловых точек, к которым прилагается динамическая нагрузка

Utility Menu > Select > Component Manager...

При использовании данного пункта меню появится окно **Component Manager**. Далее необходимо:

- Нажать первую кнопку **Create Component** .
- В появившемся окне **Create Component** выбираем раздел **Nodes**, указываем, что выбор будет осуществляться с помощью «мыши» (необходимо поставить флаг в разделе **Pick Entities**), в поле ввода указываем имя «составной части» (**component**) (в данном случае **NODES_FOR_LOADS**).
- Нажимаем кнопку **OK**.
- Далее необходимо с помощью окна выбора **Reselect nodes** выбрать узловые точки (Рисунок 35), принадлежащие верхней границе образца линии **L6** (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).
- Нажимаем кнопку **OK**.
- Закрываем окно **Create Component**.

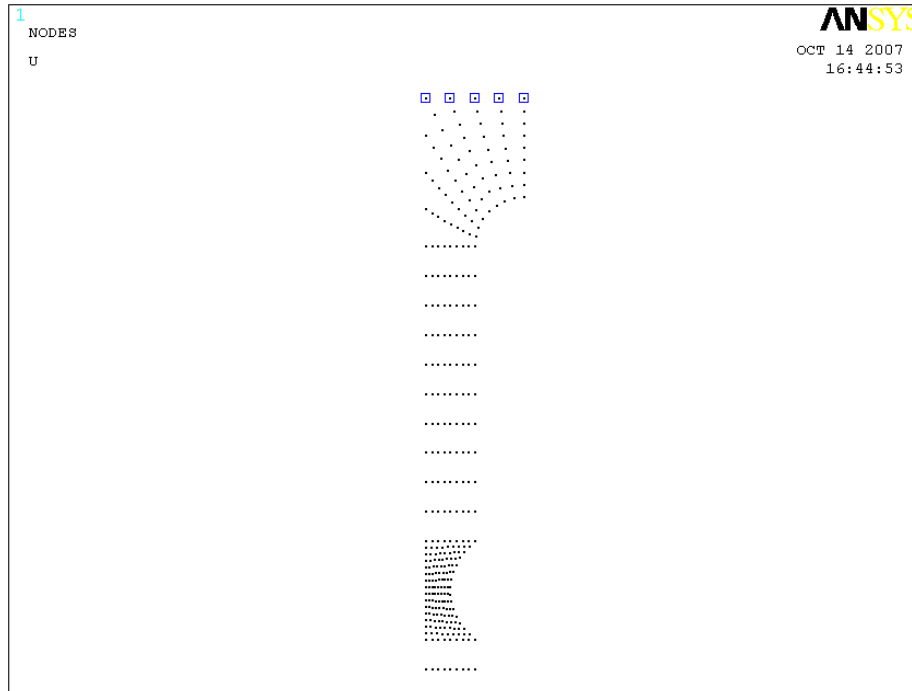


Рисунок 35. Выбор узловых точек, к которым приложены динамические нагрузки

Шаг 5. Определение динамической нагрузки в виде массива

Utility Menu > Parameters > Array Parameters > Define/Edit...

При использовании данного пункта меню появляется окно *Array Parameters* (Рисунок 36):

- В этом окне необходимо нажать *Add...* и в окне *Add New Array Parameter* (Рисунок 37) в поле *Par* необходимо ввести имя массива (в данном случае *LOAD_ARRAY*), в котором будут заданы начальное и конечное значение нормированной нагрузки, т.е. будем использовать массив из двух строк (указано «по умолчанию» раздел *I,J,K No. of row, column, planes*).

З а м е ч а н и е! Нормированная нагрузка – нагрузка, максимальное значение которой (в примере - конечное значение) принято за единицу.

- Нажимаем *Apply*.
- В окне *Add New Array Parameter* в поле *Par* необходимо ввести имя нового массива (в данном случае *TIME*), в котором будут заданы начальное и конечное значение времени, в течение которого будет изменяться сила от начального значения до

конечного. Т.е. снова будем использовать массив из двух строк (указано «по умолчанию» раздел *I,J,K No. of row, column, planes*).

- Нажимаем **ОК**.

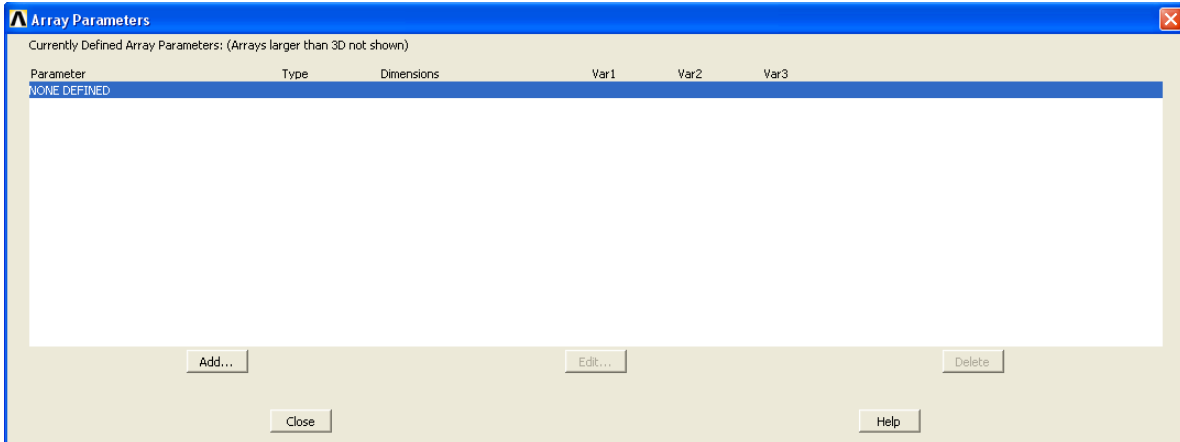


Рисунок 36. Окно *Array Parameters*

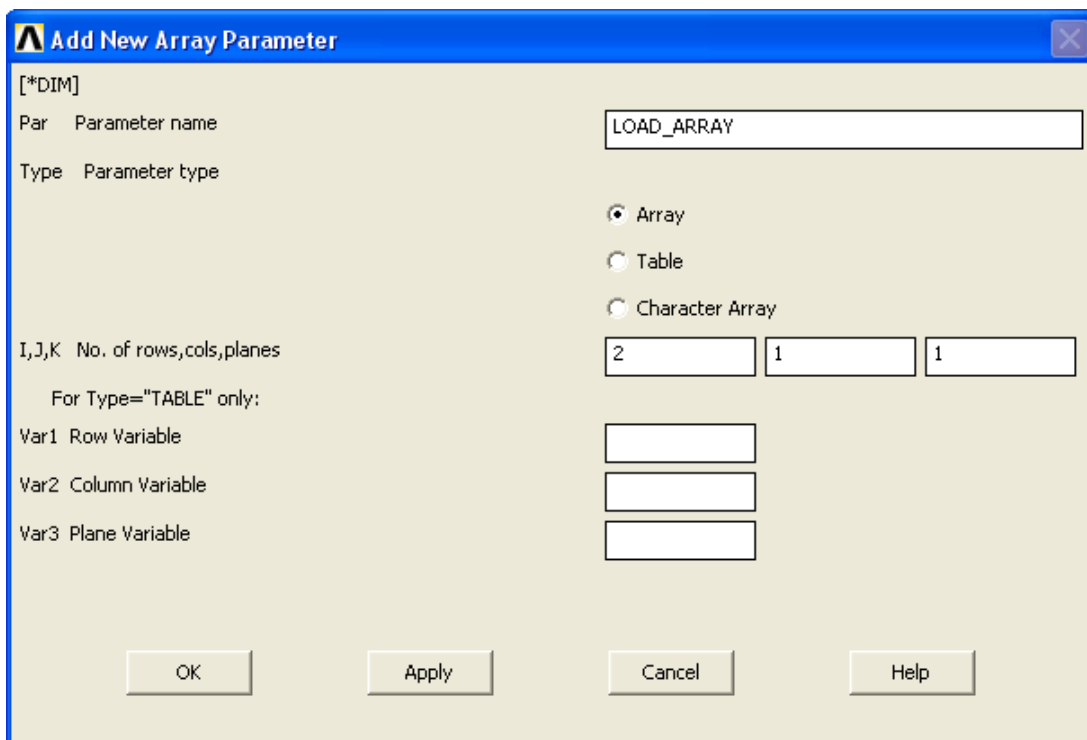


Рисунок 37. Окно *Add New Array Parameter*

- В окне *Array Parameters* (Рисунок 36) выбираем массив **LOAD_ARRAY**, нажимаем **Edit...** и в окне *Array Parameter LOAD_ARRAY* (Рисунок 38) указываем первое

значение 0 (начальное значение нагрузки) и второе значение (до которого возрастает нагрузка в каждом узле) 1 (безразмерная величина, значение и размерность которой будет устанавливаться позже с помощью коэффициента пропорциональности).

- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта **File> Apply/Quit** раскрывающегося меню данного окна (Рисунок 38).

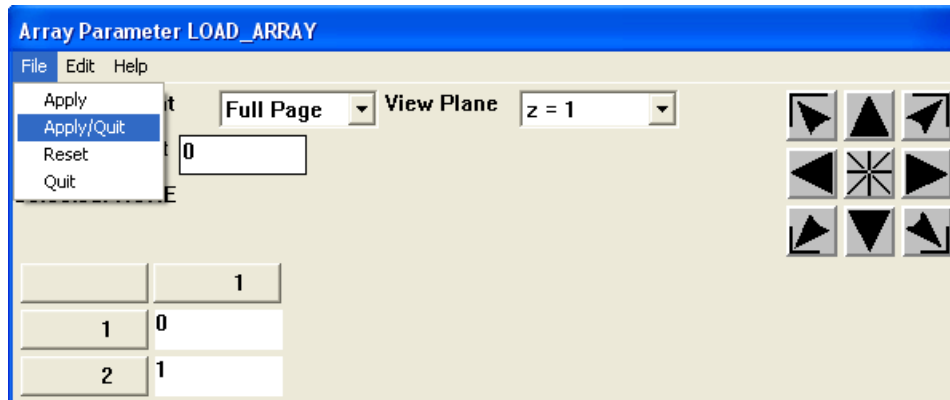


Рисунок 38. Определение первого и последнего значения силы с помощью окна *Array Parameter LOAD_ARRAY*

- В окне *Array Parameters* (Рисунок 36) выбираем массив *TIME*, нажимаем **Edit...** и в окне *Array Parameter TIME* указываем первое значение 0 (начальное значение времени) и второе значение (до которого изменяется время) 1 (с).
- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта **File> Apply/Quit** раскрывающегося меню данного окна.
- Нажимаем кнопку **Close**.

Шаг 6. Определение динамической нагрузки, действующей в отдельных узлах

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Specify Loads

Main Menu> Solution> Loading Options> Specify Loads

При использовании данного пункта меню появляется окно **Specify Loads for LS_DYNA Explicit** (Рисунок 39). Далее выполняем следующие действия:

- Раздел *Load Labels*. Выбираем метку *UY* (перемещение вдоль оси *OY*).
- В раскрывающемся списке *Component name or PART number* выбираем «составную часть», к которой будут приложены динамические нагрузки *NODES_FOR_LOADS* (Рисунок 39).

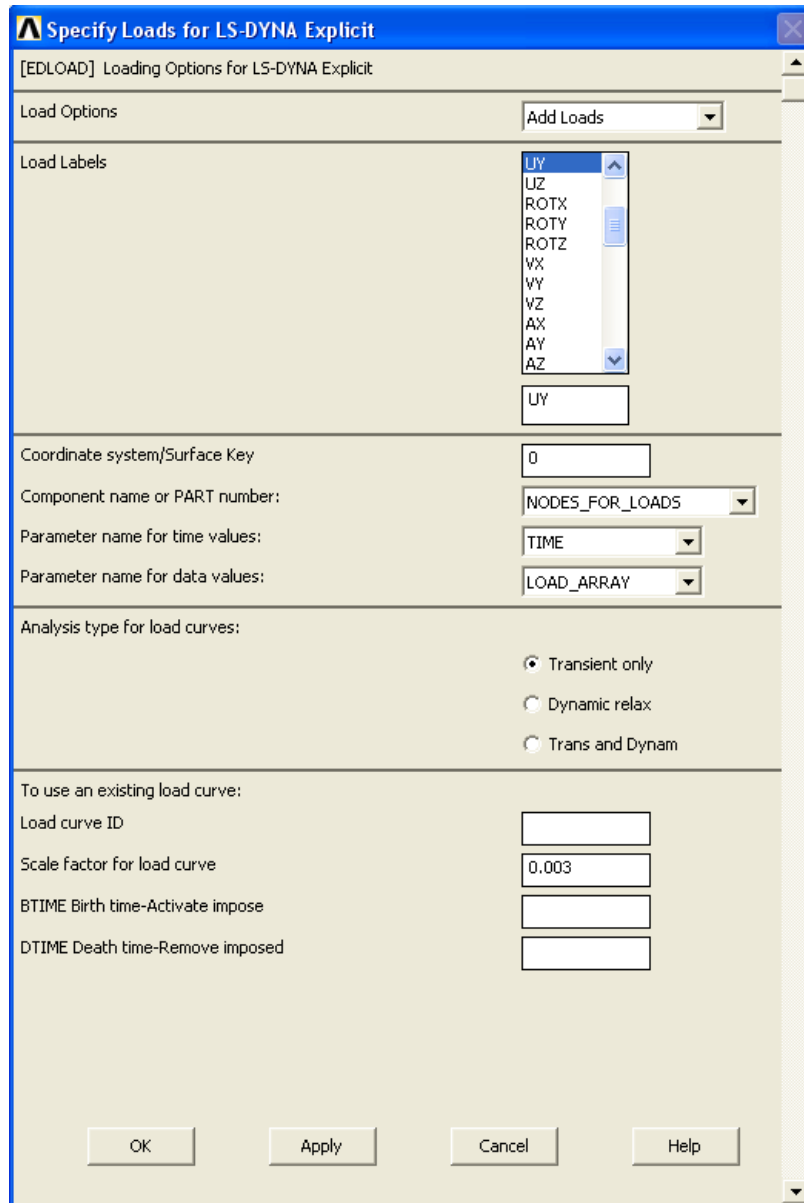


Рисунок 39. Окно *Specify Loads for LS_DYNA Explicit*

- В следующем раскрывающемся списке *Parameter name for time values* выбираем имя массива *TIME*,

который определяет начальное и конечное значение отрезка времени.

- Далее в раскрывающемся списке *Parameter name for data values* выбираем имя массива *LOAD_ARRAY*, который определяет начальное и конечное значение нагружения.
- В разделе *Scale Factor for loading curve* в качестве масштабного коэффициента в данном случае необходимо ввести **0.003** (м), т.к. предполагаем, что происходит растяжение образца.
- Нажимаем кнопку **OK** (Рисунок 40).

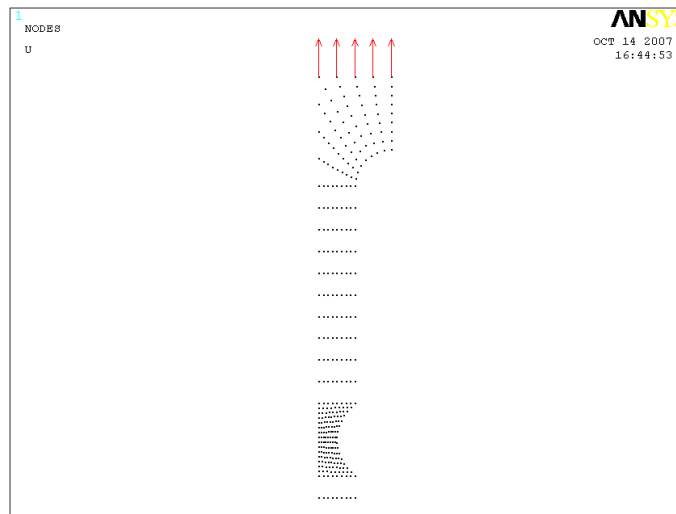


Рисунок 40. Результаты приложения нагрузки к узловым точкам «составной части» *NODE_ROR_LOAD*

Шаг 7. Сохранение измененной модели в db-файле

Utality Menu > File > Save as...

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора *Save DataBase*. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example1*), в которой будет храниться модель, полностью описана ранее. В данном случае, необходимо выбрать имя существующего файла (*example1.db*) в окне *Save DataBase to* и нажать кнопку *Yes* («по умолчанию» включена кнопка *No*) для перезаписи существующего файла.

Пример 2. Задание ограничений и приложение динамической нагрузки, действующей на криволинейный лист рессоры

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла



Utility Menu > File > Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно **Resume DataBase**. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example2*), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, *example2.db*) в списке **Resume DataBase From**, в котором хранится вторая созданная модель.

Шаг 2. Отображение узловых точек лежащих на поверхности A1

Utility Menu > Select > Component Manager...

Далее:

- Выбираем «составную часть» **AREA_1** (Рисунок 41).
- Нажимаем кнопку **Select Component/Assembly** .
- Нажимаем кнопку **Display Component/Assembly** .
- Закрываем **Component Manager**.
- Для выбора узловых точек принадлежащих поверхности **A1** используем пункт **Utility Menu > Select > Entities...**

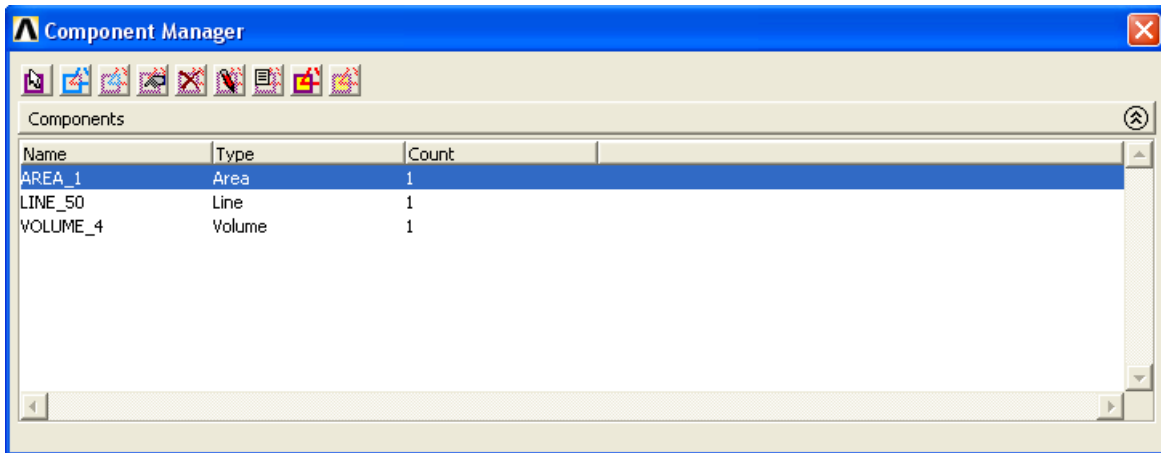


Рисунок 41. Окно Component Manager с выбранным пунктом AREA_1

Далее необходимо:

- В первом раскрывающемся списке первого раздела окна **Select Entities** следует установить пункт **Nodes** (Рисунок 42).

- Во втором раскрывающемся списке необходимо выбрать пункт *Attached to* (Рисунок 42).
- Во второй секции (секции переключателей) необходимо выбрать пункт *Areas, all* (Рисунок 42).
- Нажать *Apply*.
- Нажать кнопку *Plot*.
- Нажать кнопку *Cancel* (Рисунок 43).

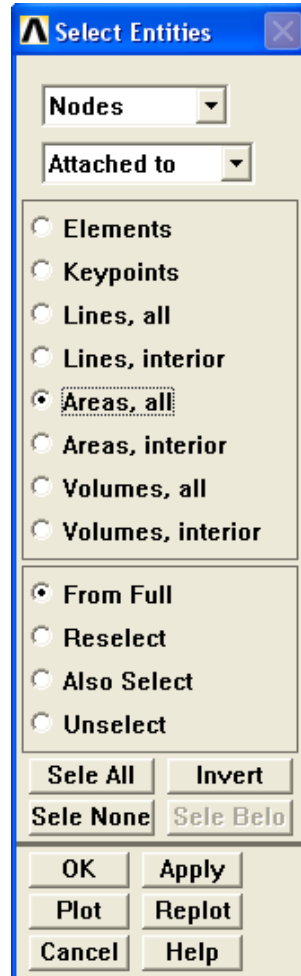


Рисунок 42. Пункты необходимые для выбора узловых точек, расположенных на поверхности

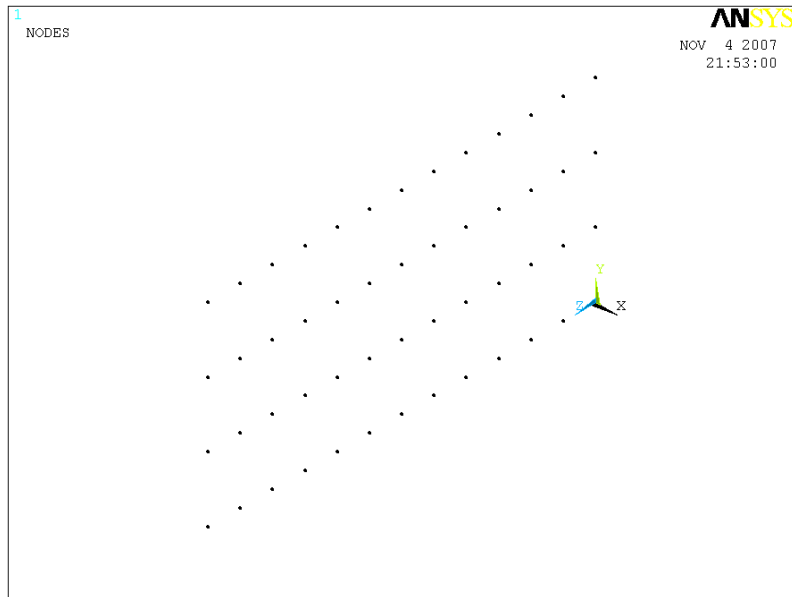


Рисунок 43. Результат выбора узловых точек поверхности A1

Шаг 3. Определение ограничений на узловых точках поверхности A1

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Constraints > Apply > On Nodes

Main Menu > Solution > Constraints > Apply > On Nodes

При использовании данного пункта меню появится окно выбора *Apply U, Rot on Nodes*, в котором необходимо нажать кнопку *Pick All*. После этого в появившемся диалоговом окне *Apply U, Rot on Nodes* (Рисунок 44) необходимо выбрать *UX* и нажать *OK* (Рисунок 45).

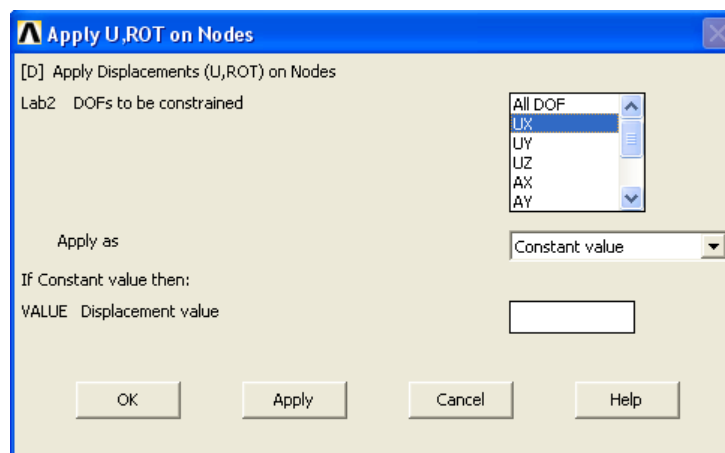


Рисунок 44. Диалоговое окно *Apply U, Rot on Nodes*

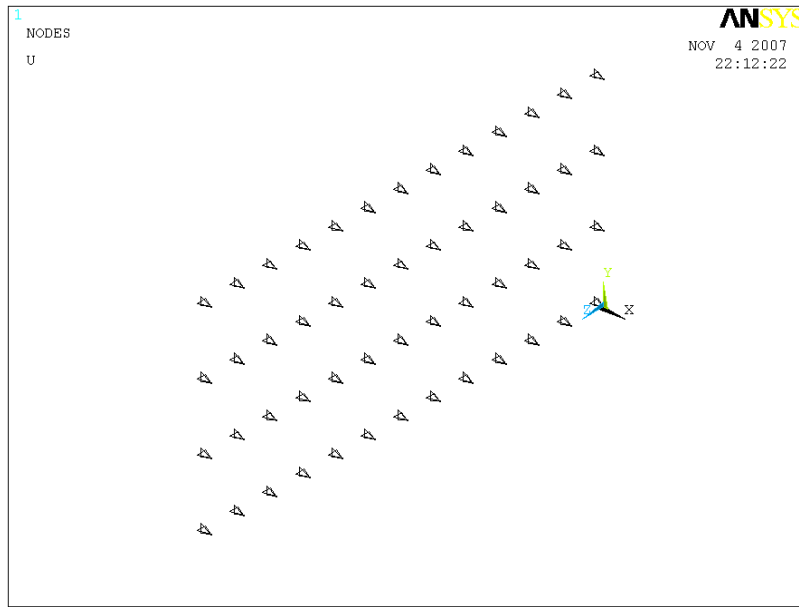


Рисунок 45. Результаты приложения ограничений к узловым точкам поверхности A1

Шаг 4. Отмена выбора поверхности A1



Utility Menu> Select> Everything

Использование данного пункта необходимо для того, чтобы в дальнейшем все (геометрические и конечно-элементные) компоненты модели были доступны.

Шаг 5. Отображение узловых точек лежащих на линии L50

Utility Menu> Select> Component Manager...

Далее:

- Выбираем «составную часть» **LINE_50**.
- Нажимаем кнопку **Select Component/Assembly** .
- Нажимаем кнопку **Display Component/Assembly** .
- Закрываем **Component Manager**.

Для выбора узловых точек, принадлежащих линии **L50**, используем пункт **Utility Menu> Select> Entities...** . Далее необходимо:

- В первом раскрывающемся списке первого раздела окна **Select Entities** следует установить пункт **Nodes**.

- Во втором раскрывающемся списке необходимо выбрать пункт *Attached to*.
- Во второй секции (секции переключателей) необходимо выбрать пункт *Lines, all*.
- Нажать *Apply*.
- Нажать кнопку *Plot*.
- Нажать кнопку *OK* (Рисунок 46).

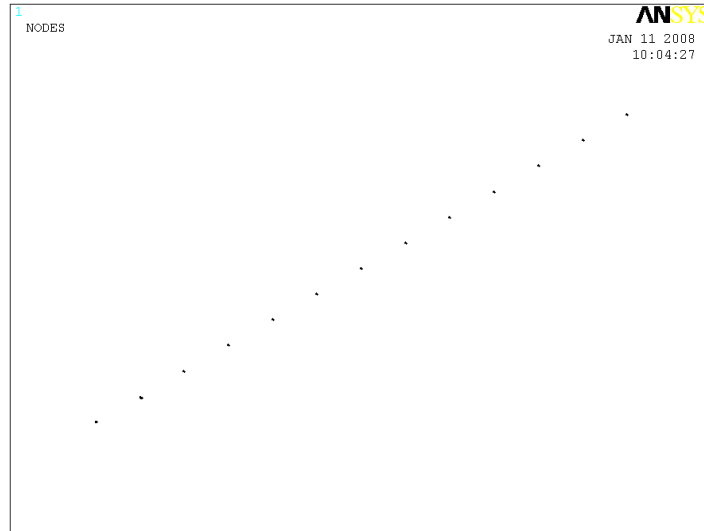



Рисунок 46. Результат выбора узловых точек линии L50

Шаг 6. Создание «составной части» (component) из узловых точек линии L50

Utility Menu > Select > Component Manager...

При использовании данного пункта меню появится окно *Component Manager*. Далее необходимо:

- Нажать первую кнопку *Create Component* .
- В появившемся окне *Create Component* (Рисунок 47) выбираем раздел *Nodes*, в поле ввода указываем имя «составной части» (*component*) (в данном случае *NODES_FOR_LOAD*).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Далее нажимаем *Pick All* в окне выбора *Reselect nodes*.
- Закрываем окно *Component Manager*.

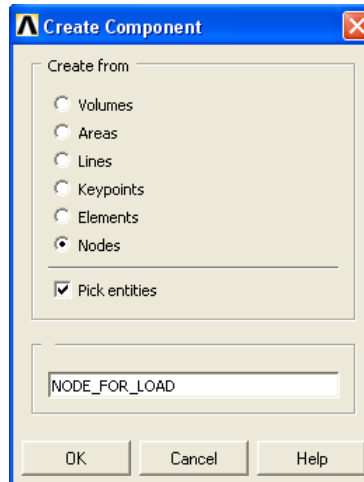


Рисунок 47. Окно *Create Component*

Шаг 7. Определение ограничений на узловых точках линии L50

Необходимо ограничить перемещения вдоль оси $0Y$ на линии $L50$:

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Constraints > Apply > On Nodes

Main Menu > Solution > Constraints > Apply > On Nodes

При использовании данного пункта меню появится окно выбора *Apply U, Rot on Nodes*, в котором необходимо нажать кнопку *Pick All*. После этого в появившемся диалоговом окне *Apply U, Rot on Nodes* (Рисунок 48) необходимо выбрать UY и нажать *OK* (Рисунок 49).

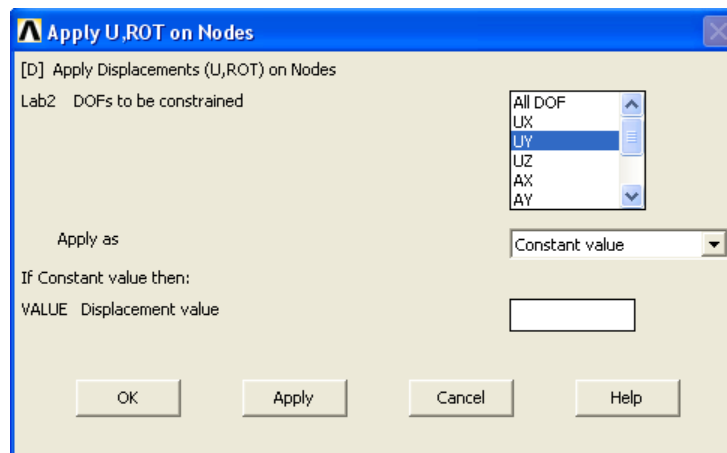


Рисунок 48. Диалоговое окно *Apply U, Rot on Nodes*

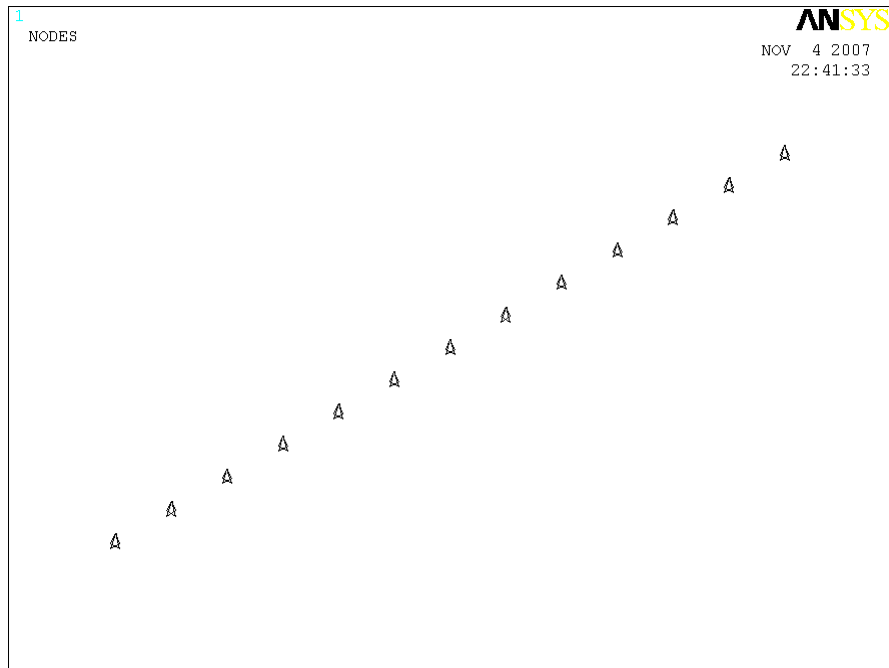


Рисунок 49. Результаты приложения ограничений к узловым точкам линии L50

Шаг 8. Отмена выбора линии L50

Utility Menu > Select > Everything

Шаг 9. Отрисовка элементов модели с приложенными ограничениями

Пункт меню утилит

Для отображения линий необходимо воспользоваться пунктом меню:

Utility Menu > Plot > Elements

Список команд

EPLOT

З а м е ч а н и е! Данная команда «по умолчанию» соответствует команде *EPLOT,All*

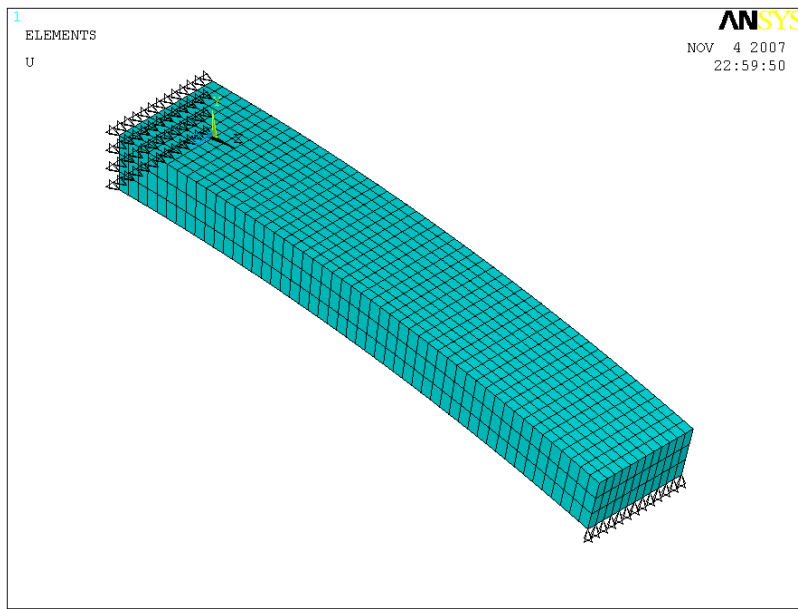


Рисунок 50. Конечноэлементная модель рессоры с примененными ограничениями

Шаг 10. Определение динамической нагрузки в виде массива

Utility Menu > Parameters > Array Parameters > Define/Edit...

При использовании данного пункта меню появляется окно *Array Parameters* (Рисунок 36):

- В этом окне необходимо нажать *Add...*. Далее в окне *Add New Array Parameter* (Рисунок 37) в поле *Par* необходимо ввести имя массива (в данном случае *LOAD_ARRAY*), в котором будут заданы начальное и конечное значение нормированной нагрузки, т.е. будем использовать массив из двух строк (указано «по умолчанию» раздел *I,J,K No. of row, column, planes*).
- Нажимаем *Apply*.
- В окне *Add New Array Parameter* в поле *Par* необходимо ввести имя нового массива (в данном случае *TIME*), в котором будут заданы начальное и конечное значение времени, в течение которого будет изменяться сила. Т.е. снова будем использовать массив из двух строк (указано «по умолчанию» раздел *I,J,K No. of row, column, planes*).
- Нажимаем *OK*.
- В окне *Array Parameters* выбираем массив *LOAD_ARRAY*, нажимаем кнопку *Edit...*. Далее появляется окно

Array Parameter LOAD_ARRAY (Рисунок 38), в котором указываем первое значение 0 (начальное значение нагрузки) и второе значение (до которого возрастает нагрузка в каждом узле) 1 (безразмерная величина, значение и размерность которой будет устанавливаться позже с помощью выбора метки нагрузки и коэффициента пропорциональности).

- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта *File > Apply/Quit* раскрывающегося меню данного окна (Рисунок 51).

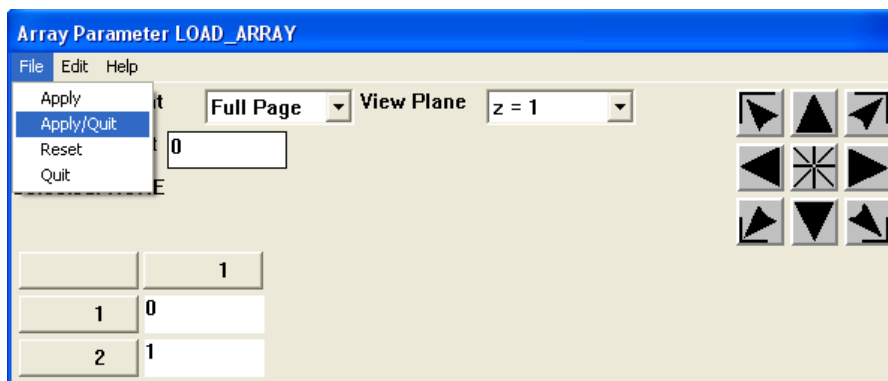


Рисунок 51. Определение первого и последнего значения силы с помощью окна *Array Parameter LOAD_ARRAY*

- В окне *Array Parameters* выбираем массив *TIME*, нажимаем *Edit...* и в окне *Array Parameter TIME* указываем первое значение 0 (начальное значение времени) и второе значение (до которого изменяется время) 1 (с).
- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта *File > Apply/Quit* раскрывающегося меню данного окна.
- Нажимаем кнопку *Close*.

Шаг 11. Определение динамической нагрузки, действующей в узловых точках

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Loading Options > Specify Loads

Main Menu > Solution > Loading Options > Specify Loads

При использовании данного пункта меню появляется окно *Specify Loads for LS_DYNA Explicit* (Рисунок 39). Далее выполняем следующие действия:

- В разделе *Load Labels* выбираем метку *UX* (перемещение вдоль оси *OX*).
- В первом раскрывающемся списке *Component name or PART number* выбираем «составную часть», к которой будут приложены динамические нагрузки *NODES_FOR_LOAD*.
- Во втором раскрывающемся списке *Parameter name for time values* выбираем имя массива *TIME*, который определяет начальное и конечное значение отрезка времени.
- В третьем раскрывающемся списке *Parameter name for data values* выбираем имя массива *LOAD_ARRAY*, который определяет начальное и конечное значение нагрузки.
- Далее в разделе *Scale Factor for loading curve* в качестве масштабного коэффициента необходимо ввести *-0.05* (м), т.к. происходит сжатие половины рессоры, а максимальное перемещение всего листа равно *-0.1* (м).
- Нажимаем кнопку *OK* (Рисунок 52).

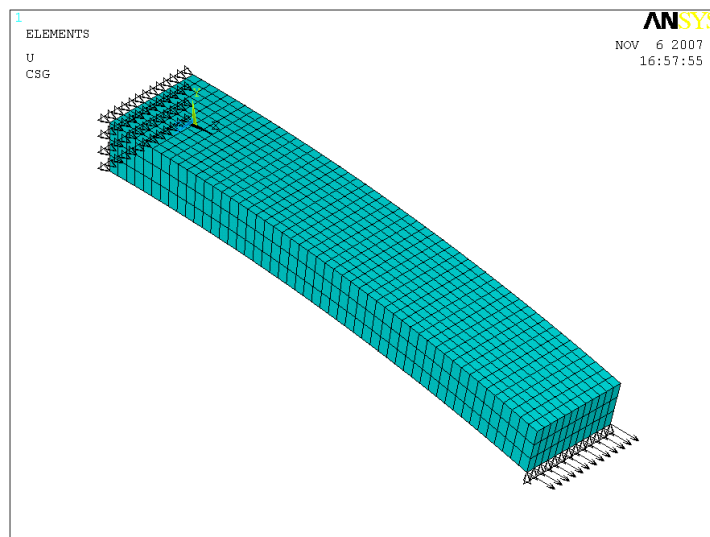




Рисунок 52. Результаты приложения нагрузки к узловым точкам составляющим составной части *NODE_ROR_LOAD*

Шаг 12. Отрисовка объема, выделенного в отдельную «составную часть» (component) модели

Utility Menu > Select > Component Manager

Далее следует выбрать «составную часть» (*component*) с именем **VOLUME_4** и нажать кнопку **Select Component/Assembly** , далее – кнопку **Display Component/Assembly**  в окне **Component Manager**, затем закрыть окно **Component Manager** (Рисунок 53).

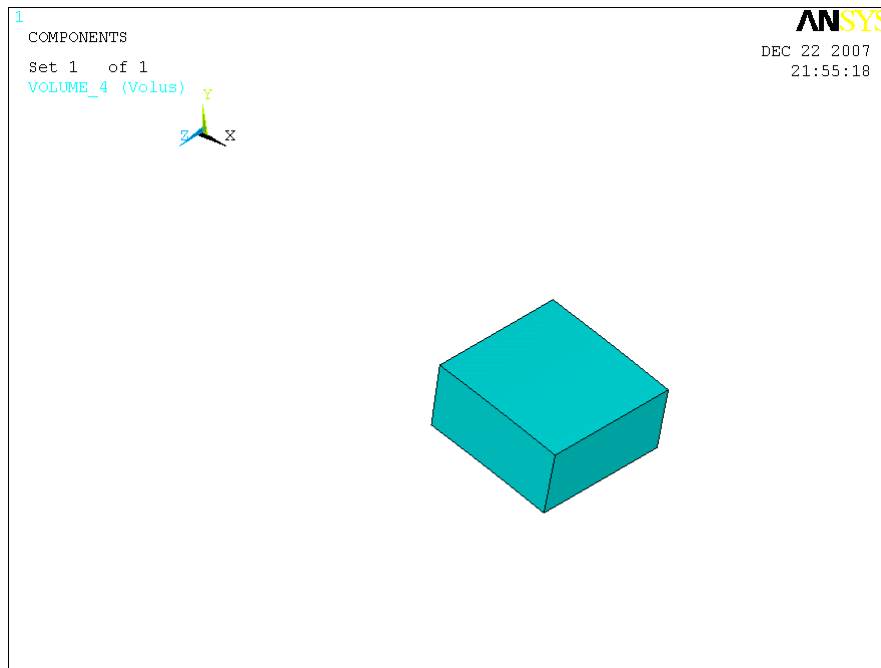


Рисунок 53. Объем, выделенный в отдельную «составную часть» (*component*) модели

*Шаг 13. Выделение элементов для создаваемой «составной части» (*component*) модели*

Utility Menu > Select > Entities...

В первой секции окна **Select Entities** в первом раскрывающемся списке необходимо выбрать пункт **Elements**, во втором раскрывающемся списке должно остаться **Attached to**, во второй секции (секции переключателей) необходимо выбрать пункт **Volumes** (в третьей секции остается пункт **From Full**). Далее следует:

- Нажать **Apply**.

- Нажать кнопку **Plot**.
- Нажать кнопку **Cancel** (Рисунок 54).

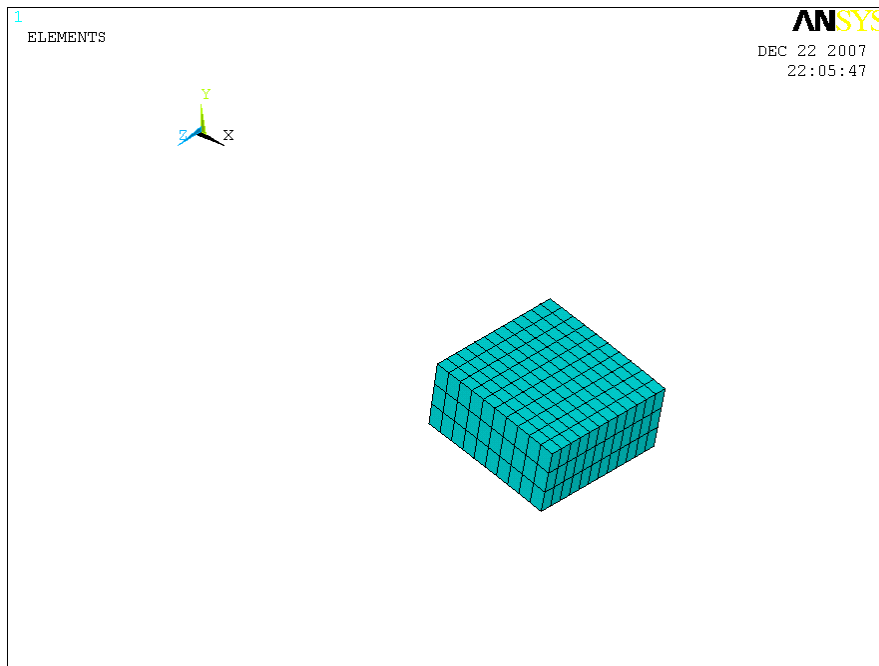



Рисунок 54. Элементы объема V4

Шаг 14. Создание «составной части» (component) модели, которая будет использована для создания «группы» (part) модели

Utility Menu > Select > Component Manager...

При использовании данного пункта меню появится окно **Component Manager**. Далее:

- Нажимаем первую кнопку **Create Component** .
- В появившемся окне **Create Component** выбираем раздел **Elements**, в поле ввода указываем имя составной части (в данном случае **ELEMENTS_FOR_PART**).
- Нажимаем кнопку **OK**.
- Необходимо нажать **Pick All**.
- Закрываем окно **Component Manager**.

Шаг 15. Отмена выбора элементов объема V4

Utility Menu> Select> Everything

Шаг 16. Создание двух «групп» (parts) элементов модели

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Parts Options

В появившемся окне **Parts Data Written for LS-DYNA** необходимо нажать **Apply** (первый раз все установки остаются «по умолчанию») и закрыть окно **EDPART Command**. Затем необходимо:

- Выбрать пункт **Add part**.
- Нажать кнопку **OK**.
- В поле **Part ID Number** необходимо указать номер **2**, в раскрывающемся списке **Element component** второго окна необходимо выбрать пункт **ELEMENTS_FOR_PART**.
- Нажать кнопку **OK**.

В появившемся окне **EDPART Command** следует проконтролировать количество элементов в двух созданных компонентах и закрыть данное окно.

Шаг 17. Сохранение измененной модели в db-файле

Utility Menu> File> Save as...

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора **Save DataBase**. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, **C:\example2**), в которой будет храниться модель, полностью описана ранее. В данном случае, необходимо выбрать имя существующего файла (**example2.db**) в окне **Save DataBase to** и нажать кнопку **Yes** («по умолчанию» включена кнопка **No**) для перезаписи существующего файла.

Пример 3. Взаимодействие пули и композиционной брони

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла

Utility Menu> File> Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно **Resume DataBase**. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, **C:\example3**), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном

случае необходимо выбрать другой файл (например, *example3.db*) в списке *Resume DataBase From*, в котором хранится вторая созданная модель.

Шаг 2. Отображение узлов конечно-элементного разбиения

Пункт меню утилит

Utility Menu> Plot> Nodes

При использовании этого пункта меню утилит вместо конечноэлементного разбиения будут отображаться узлы (Рисунок 55).

Команда

NPLOT,1

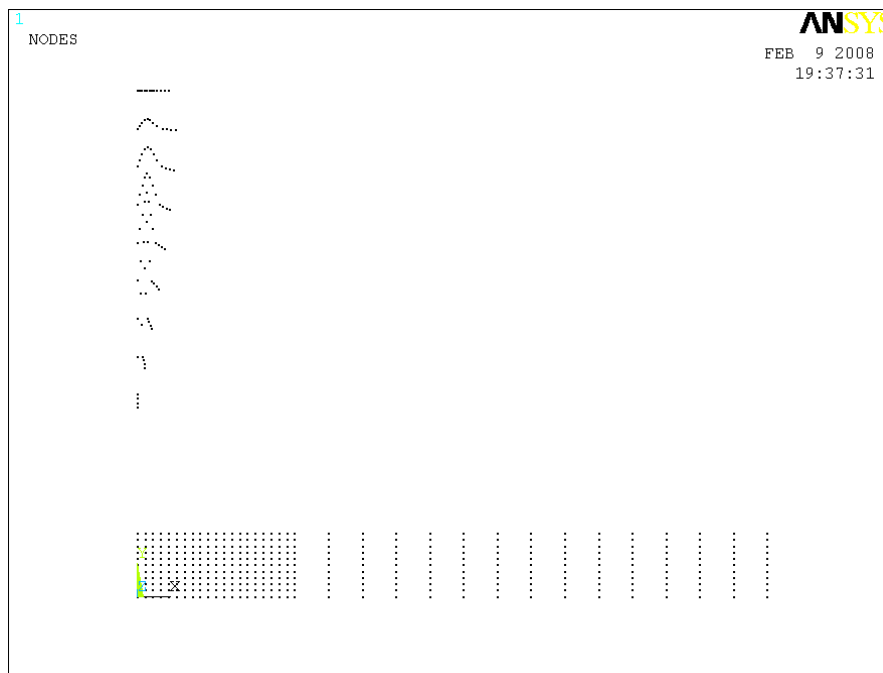


Рисунок 55. Узлы конечно-элементного разбиения

Шаг 3. Закрепление крайних правых узлов модели композиционной брони

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Constraints> Apply> On Nodes

Main Menu> Solution> Constraints> Apply> On Nodes

При использовании пункта главного меню появляется окно *Apply U,ROT on Nodes*. В этом случае следует:

- Выбрать пункт **Box** во втором разделе данного окна (Рисунок 56).
- Нажать кнопку **OK**.
- Выбрать крайний правый столбец узловых точек с помощью растягивающегося прямоугольника (Рисунок 57).
- Нажать кнопку **OK**.

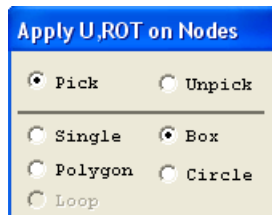


Рисунок 56. Первая и вторая секции окна *Apply U,ROT on Nodes*

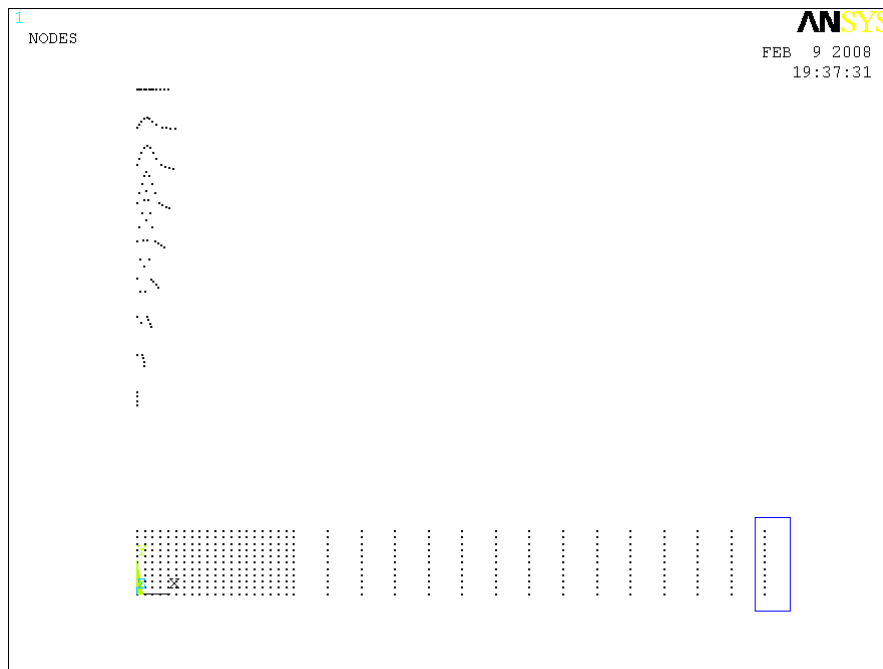


Рисунок 57. Выбор крайнего правого столбца узловых точек с помощью растягивающегося прямоугольника для наложения ограничений

- Далее необходимо в списке с меткой **Lab2** второго окна *Apply U,ROT on Nodes* (Рисунок 58) выбрать с помощью «мыши» **ALL DOF**, т.е. необходимо ограничить перемещения во всех направлениях. В поле с меткой **VALUE** вводим **0**, либо оставляем пустым.

- Нажимаем кнопку **OK** (Рисунок 59).

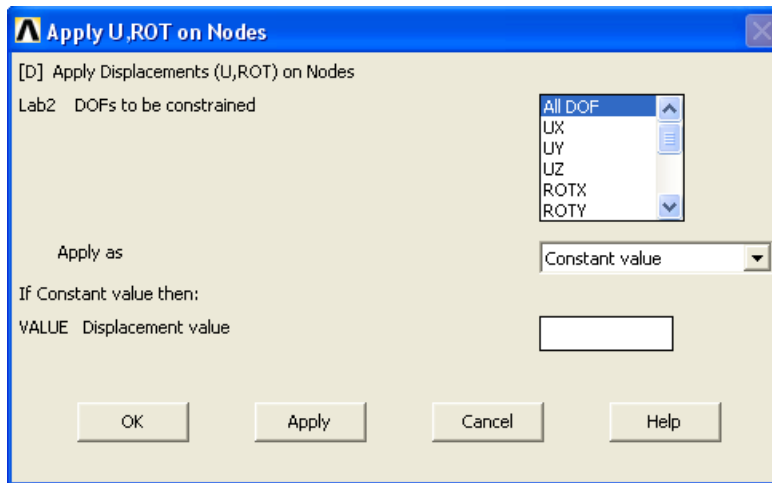


Рисунок 58. Вид второго окна *Apply U,ROT on Lines*

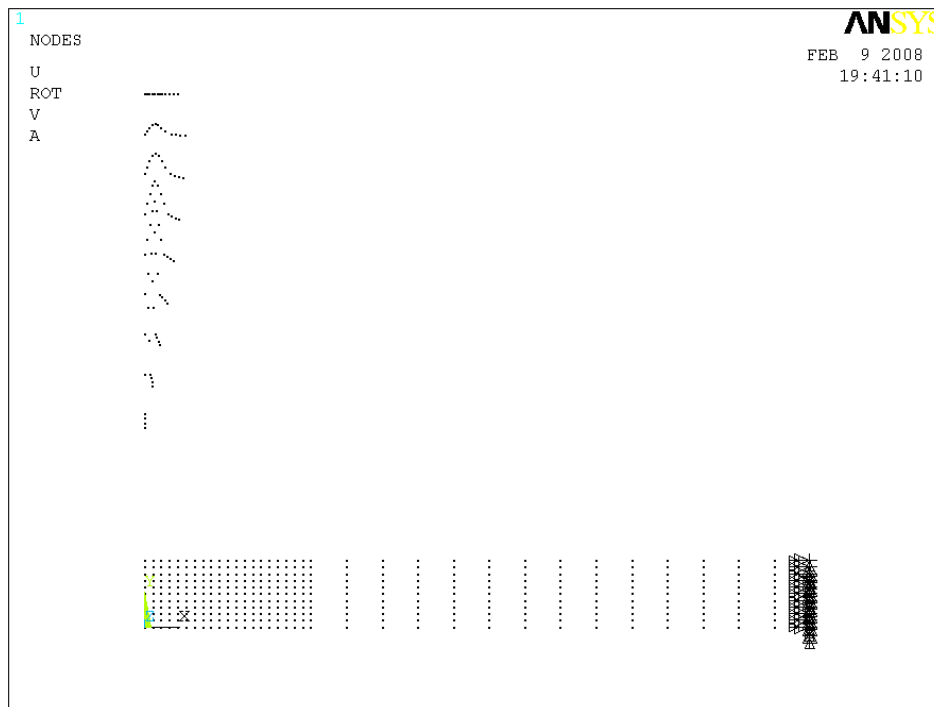



Рисунок 59. Результат закрепления крайних правых узловых точек

Шаг 4. Создание «составной части» (component) из узловых точек, которым будет задаваться начальная скорость

Utility Menu > Select > Component Manager...

При использовании данного пункта меню появится окно *Component Manager*. Далее необходимо:

- Нажать первую кнопку *Create Component* .
- В появившемся окне *Create Component* выбираем раздел *Nodes*, указываем, что выбор будет осуществляться с помощью «мыши» (необходимо поставить флаг в разделе *Pick Entities*), в поле ввода указываем имя «составной части» (*component*) (в данном случае *NODES_FOR_VELOCITY*).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Далее необходимо с помощью окна выбора *Reselect nodes* выбрать узловые точки, принадлежащие сечению пули (Рисунок 60).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Закрываем окно *Create Component*.

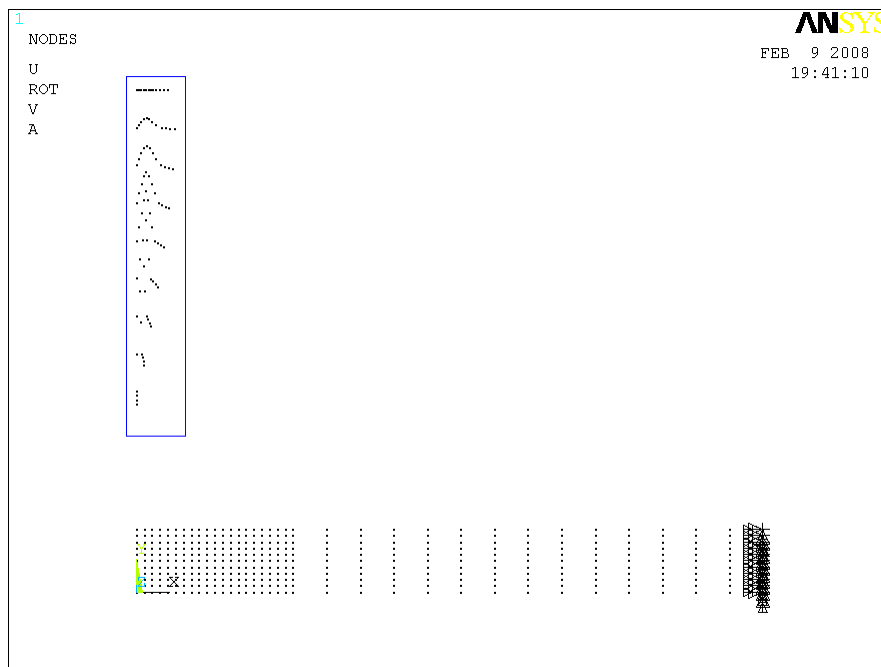


Рисунок 60. Выбор узловых точек (сечение пули), у которых будет задана начальная скорость

Шаг 5. Определение начальной скорости узловых точек пули

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Initial Velocity> On Nodes> w/Nodal Rotate

Main Menu > Solution > Initial Velocity > On Nodes > w/Nodal Rotate

При использовании данного пункта меню появляется окно ***Input Velocity*** (Рисунок 61):

- В этом окне необходимо в раскрывающемся списке ***Input velocity on component*** выбрать имя «составной части» (***component***) ***NODES_FOR_VELOCITY***, для которых будут задано начальное значение скорости.
- В поле ввода ***VY Global Y-component*** (Рисунок 61) необходимо ввести значение ***-1500 (м/с)***.
- Нажимаем ***ОК***.

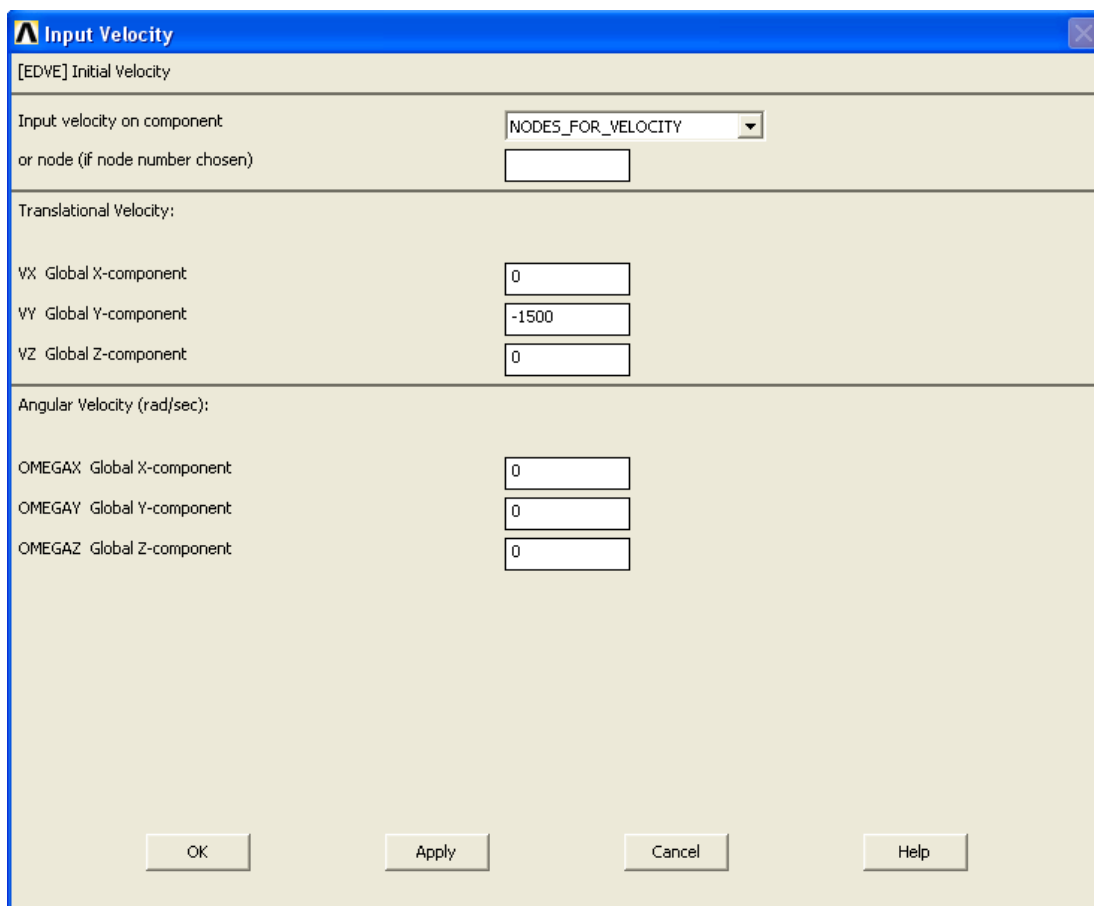


Рисунок 61. Окно *Input Velocity*

Шаг 6. Создание контакта

Main Menu > Preprocessor > LS-DYNA Options > Contact > Define Contact

При использовании данного пункта меню появляется окно *Contact Parameter Definitions* (Рисунок 62). Далее выполняем следующие действия:

- В разделе *Contact Type* выбираем раздел *Single Surface* и метку *Auto 2-D (ASS2D)*.
- Нажимаем кнопку *OK*.

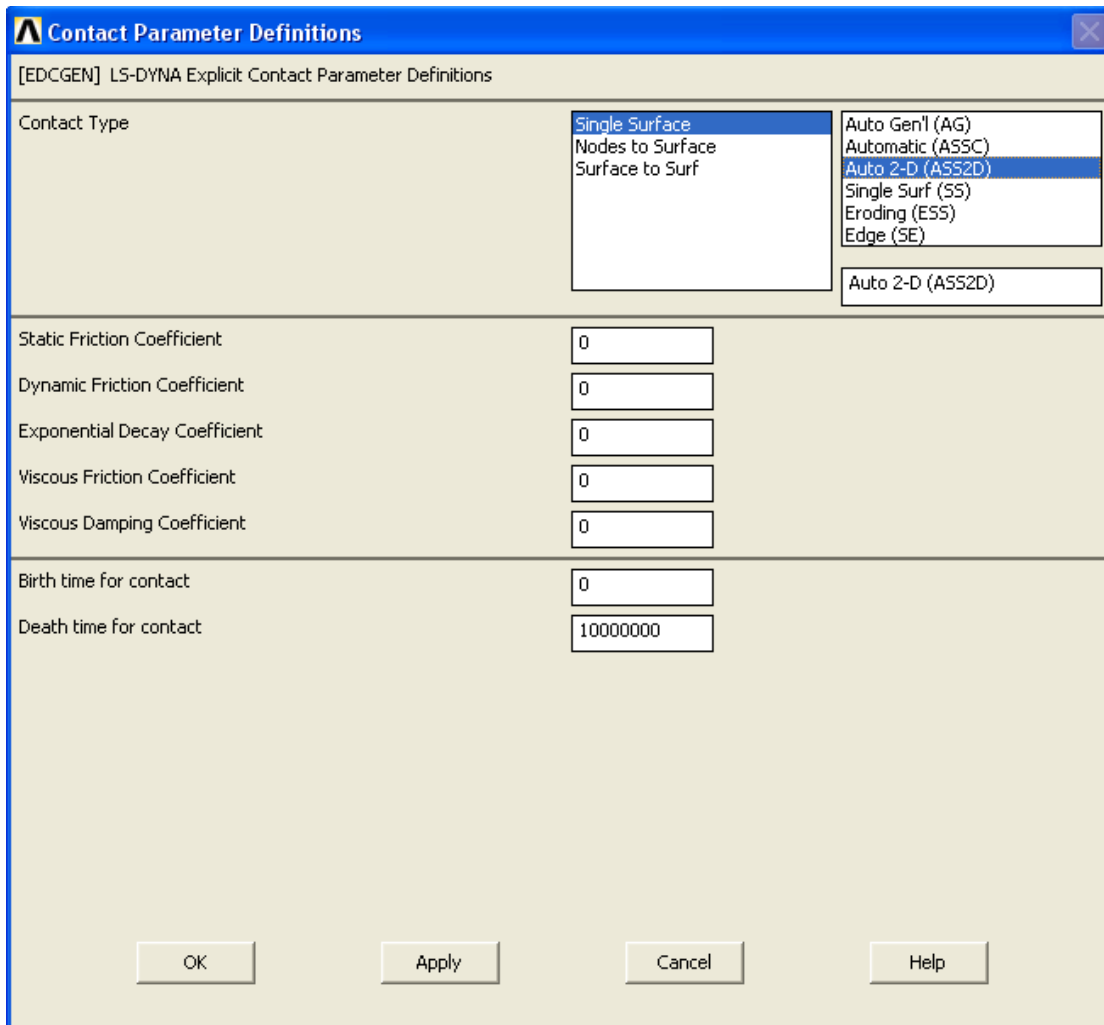


Рисунок 62. Окно *Contact Parameter Definitions*

Шаг 7. Сохранение измененной модели в db-файле

Utility Menu> *File*> *Save as...*

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора *Save DataBase*. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example3*), в которой будет храниться модель, полностью описана ранее. В данном случае, необходимо выбрать имя существующего файла (*example3.db*) в окне *Save DataBase to* и нажать кнопку *Yes* («по умолчанию» включена кнопка *No*) для перезаписи существующего файла.

Пример 4. Деформирование конической оболочки

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла



Utility Menu> *File*> *Resume from...*

При использовании пункта меню утилит появляется окно *Resume DataBase*. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example4*), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, *example4.db*) в списке *Resume DataBase From*, в котором хранится вторая созданная модель

Шаг 2. Отображение узловых точек лежащих на линии L3

Utility Menu> *Select*> *Component Manager...*

Далее:

- Выбираем компоненту *L3* (Рисунок 63).
- Нажимаем кнопку *Select Component/Assembly* .
- Нажимаем кнопку *Display Component/Assembly* .
- Закрываем *Component Manager*.
- Для выбора узловых точек, принадлежащих линии *L3*, используем пункт *Utility Menu*> *Select*> *Entities...*

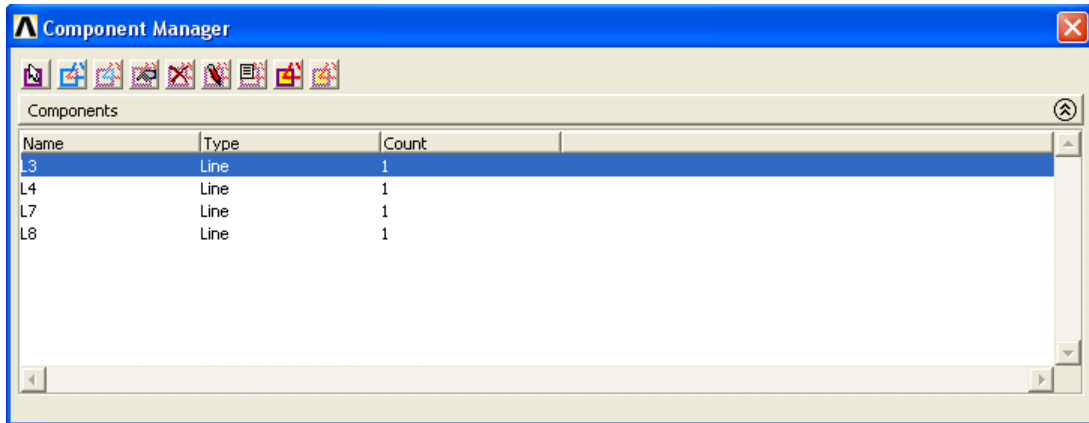


Рисунок 63. Окно *Component Manager* с выбранным пунктом *L3*

Далее необходимо:

- В первом раскрывающемся списке первого раздела окна *Select Entities* следует установить пункт *Nodes*.
- Во втором раскрывающемся списке необходимо выбрать пункт *Attached to*.
- Во второй секции (секции переключателей) необходимо выбрать пункт *Lines, all*.
- Нажать *Apply*.
- Нажать кнопку *Plot* (Рисунок 64).
- Нажать кнопку *Cancel*.

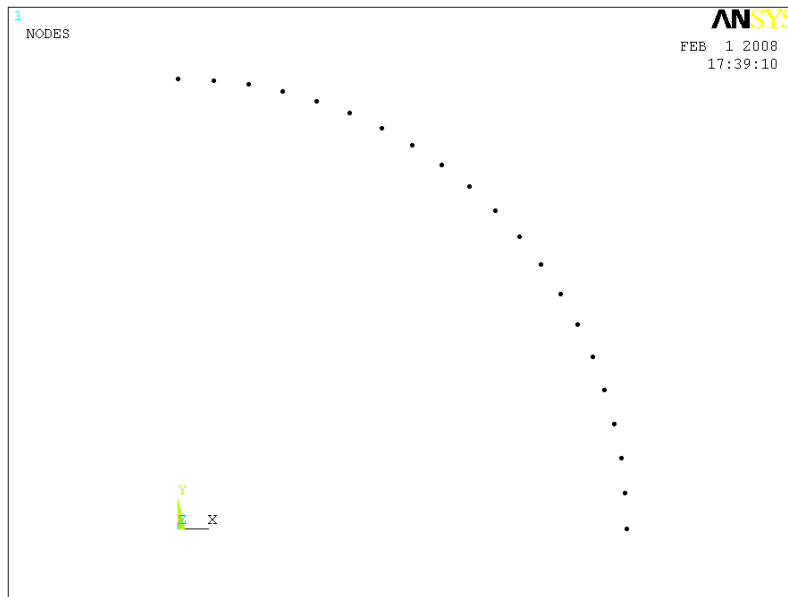


Рисунок 64. Результат выбора узловых точек линии *L3*

Шаг 3. Определение ограничений на узловых точках линии L3

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Constraints> Apply> On Nodes

Main Menu> Solution> Constraints> Apply> On Nodes

При использовании данного пункта меню появится окно выбора *Apply U, Rot on Nodes*, в котором необходимо нажать кнопку *Pick All*. После этого в появившемся диалоговом окне *Apply U, Rot on Nodes* (Рисунок 65) необходимо выбрать *All DOF* и нажать *OK* (Рисунок 66).

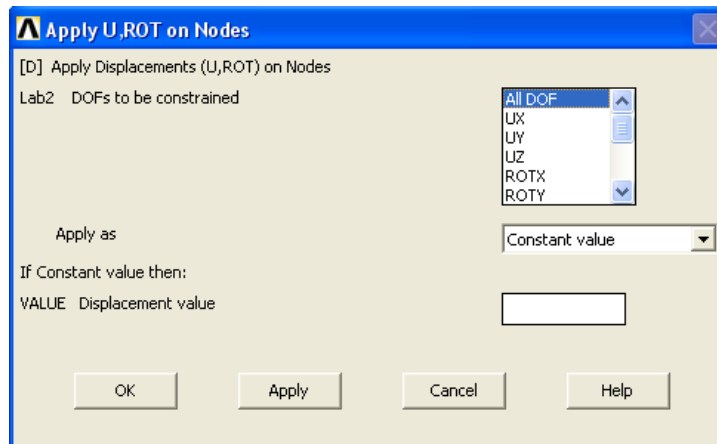


Рисунок 65. Диалоговое окно *Apply U, Rot on Nodes*

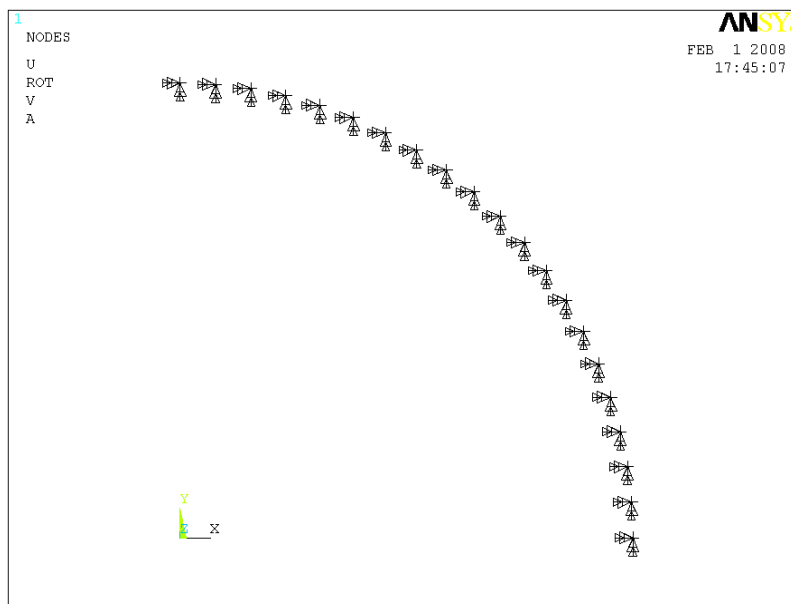


Рисунок 66. Результаты приложения ограничений к узловым точкам линии *L3*



Шаг 4. Отмена выбора линии L3

Utility Menu > Select > Everything

Шаг 5. Отображение узловых точек лежащих на линии L7

Utility Menu > Select > Component Manager...

Далее:

- Выбираем компоненту *L7*.
- Нажимаем кнопку *Select Component/Assembly* .
- Нажимаем кнопку *Display Component/Assembly* .
- Закрываем *Component Manager*.
- Для выбора узловых точек, принадлежащих линии *L7*, используем пункт *Utility Menu > Select > Entities...*. Далее необходимо:
 1. В первом раскрывающемся списке первого раздела окна *Select Entities* следует установить пункт *Nodes*.
 2. Во втором раскрывающемся списке необходимо выбрать пункт *Attached to*.
 3. Во второй секции (секции переключателей) необходимо выбрать пункт *Lines, all*.
 4. Нажать *Apply*.
 5. Нажать кнопку *Plot*.
 6. Нажать кнопку *OK* (Рисунок 67).

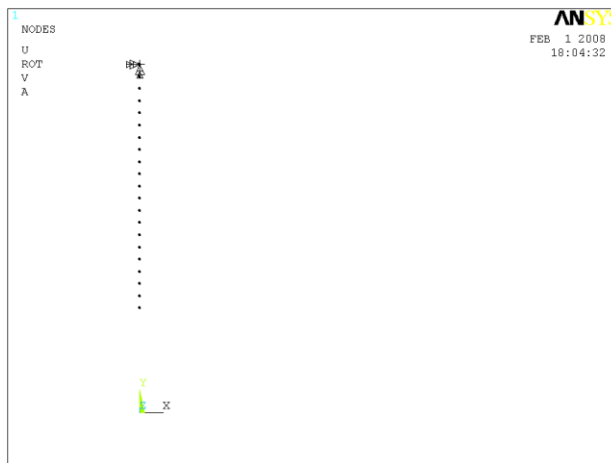


Рисунок 67. Результат выбора узловых точек линии L7

Шаг 6. Определение ограничений на узловых точках линии L7

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Constraints> Apply> On Nodes

Main Menu> Solution> Constraints> Apply> On Nodes

При использовании данного пункта меню появится окно выбора *Apply U, Rot on Nodes*, в котором необходимо нажать кнопку *Pick All*. После этого в появившемся диалоговом окне *Apply U, Rot on Nodes* (Рисунок 68) необходимо выбрать *UX* (направление *0X*) и нажать *OK* (Рисунок 69).

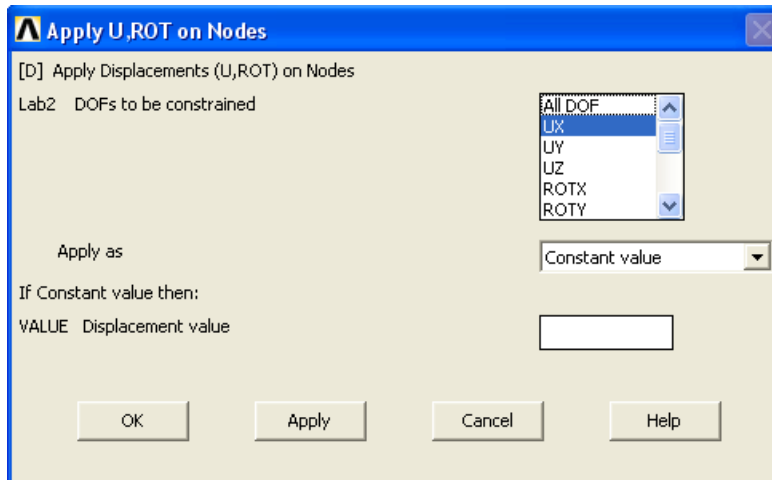


Рисунок 68. Диалоговое окно *Apply U, Rot on Nodes*

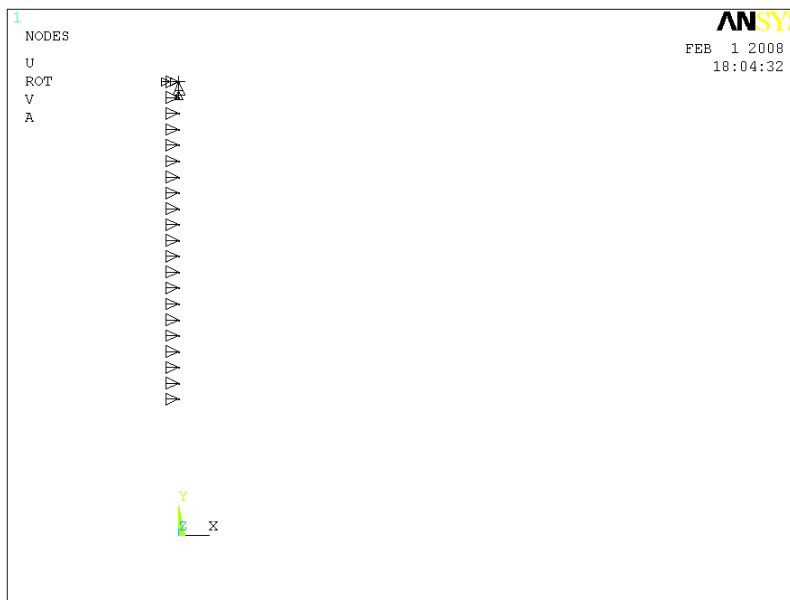


Рисунок 69. Результаты приложения ограничений к узловым точкам линии *L7*

Шаг 7. Отмена выбора линии L7

Utility Menu > Select > Everything

Шаг 8. Отображение узловых точек лежащих на линии L8

Utility Menu > Select > Component Manager...

Далее:

- Выбираем компоненту **L8**.
- Нажимаем кнопку **Select Component/Assembly** .
- Нажимаем кнопку **Display Component/Assembly** .
- Закрываем **Component Manager**.
- Для выбора узловых точек, принадлежащих линии **L8**, используем пункт **Utility Menu > Select > Entities...**. Далее необходимо:
 1. В первом раскрывающемся списке первого раздела окна **Select Entities** следует установить пункт **Nodes**.
 2. Во втором раскрывающемся списке необходимо выбрать пункт **Attached to**.
 3. Во второй секции (секции переключателей) необходимо выбрать пункт **Lines, all**.
 4. Нажать **Apply**.
 5. Нажать кнопку **Plot**.
 6. Нажать кнопку **OK** (Рисунок 70).

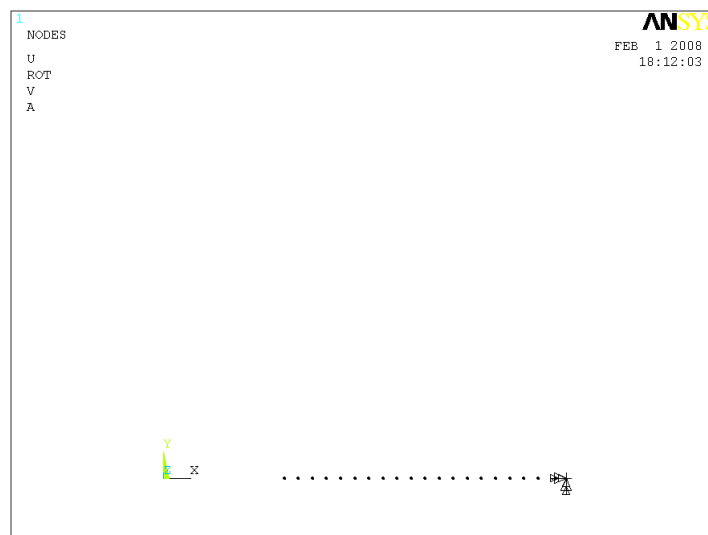


Рисунок 70. Результат выбора узловых точек линии L8

Шаг 9. Определение ограничений на узловых точках линии L8

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Constraints> Apply> On Nodes

Main Menu> Solution> Constraints> Apply> On Nodes

При использовании данного пункта меню появится окно выбора **Apply U, Rot on Nodes**, в котором необходимо нажать кнопку **Pick All**. После этого в появившемся диалоговом окне **Apply U, Rot on Nodes** (Рисунок 71) необходимо выбрать **UY** (направление $0Y$) и нажать **OK** (Рисунок 72).

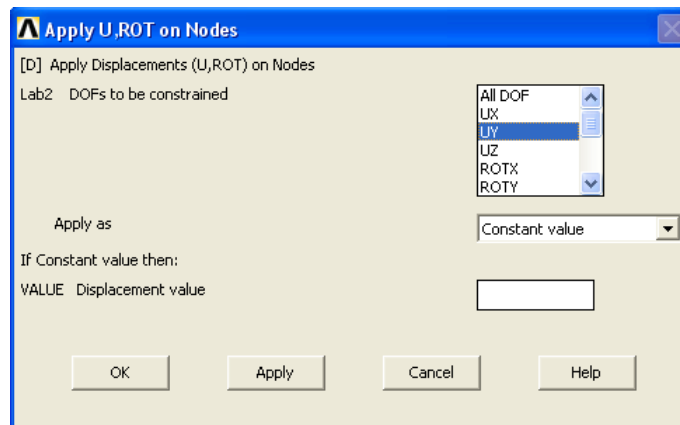


Рисунок 71. Диалоговое окно *Apply U, Rot on Nodes*

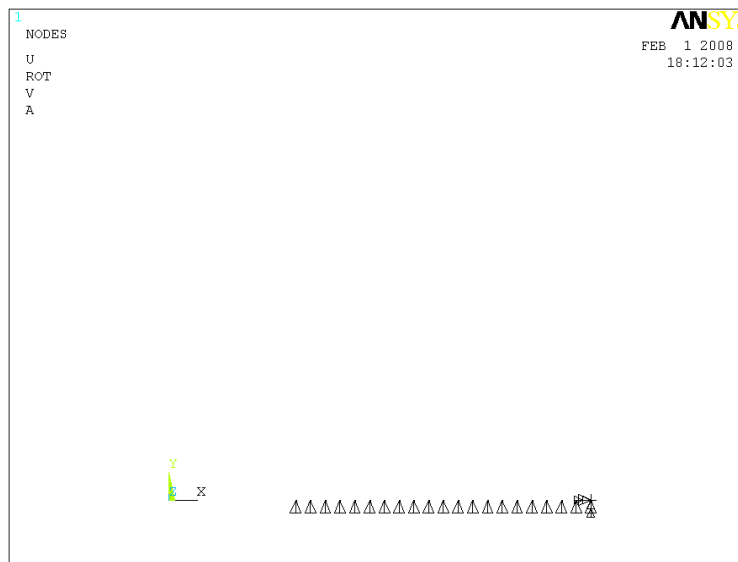


Рисунок 72. Результаты приложения ограничений к узловым точкам линии L8



Шаг 10. Отмена выбора линии L8

Utility Menu> Select> Everything

Шаг 11. Отображение узловых точек лежащих на линии **L4**

Utility Menu> Select> Component Manager...

Далее:

- Выбираем компоненту **L4**.
- Нажимаем кнопку **Select Component/Assembly** .
- Нажимаем кнопку **Display Component/Assembly** .
- Закрываем **Component Manager**.
- Для выбора узловых точек, принадлежащих линии **L4**, используем пункт **Utility Menu> Select> Entities...**. Далее необходимо:
 1. В первом раскрывающемся списке первого раздела окна **Select Entities** следует установить пункт **Nodes**.
 2. Во втором раскрывающемся списке необходимо выбрать пункт **Attached to**.
 3. Во второй секции (секции переключателей) необходимо выбрать пункт **Lines, all**.
 4. Нажать **Apply**.
 5. Нажать кнопку **Plot**.
 6. Нажать кнопку **OK** (Рисунок 73).

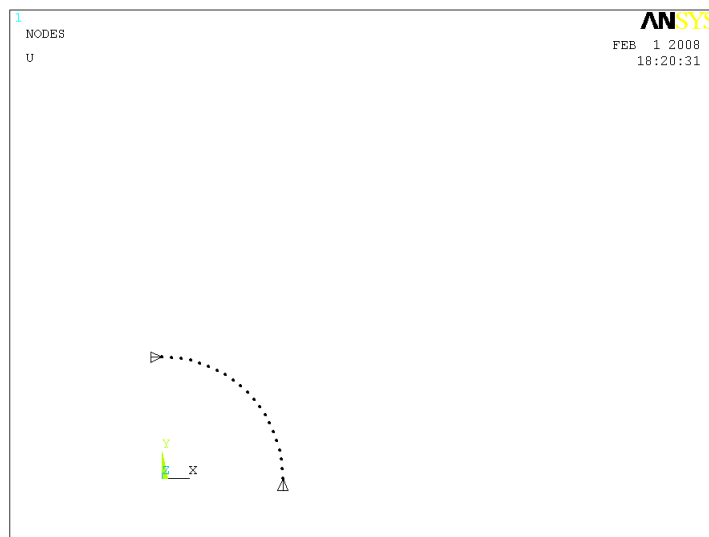



Рисунок 73. Результат выбора узловых точек линии **L4**

Шаг 12. Создание «составной части» (component) из узловых точек, к которым будет переложена нагрузка

Utility Menu > Select > Component Manager...

При использовании данного пункта меню появится окно *Component Manager*. Далее необходимо:

- Нажать первую кнопку *Create Component* .
- В появившемся окне *Create Component* выбирать раздел *Nodes*.
- Указать, что выбор будет осуществляться с помощью «мыши» (необходимо поставить флаг в разделе *Pick Entities*).
- В поле ввода указать имя «составной части» (*component*) (в данном случае *NODES_FOR_LOAD*).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Далее необходимо в окне выбора *Reselect nodes* нажать кнопку *Pick All*.
- Закрываем окно *Create Component*.

Шаг 13. Отмена выбора линии L4

Utility Menu > Select > Everything

Шаг 14. Определение динамической нагрузки в виде массива

Utility Menu > Parameters > Array Parameters > Define/Edit...

При использовании данного пункта меню появляется окно *Array Parameters*:

- В этом окне необходимо нажать *Add...* и в окне *Add New Array Parameter* в поле *Par* необходимо ввести имя массива (в данном случае *LOAD*), в котором будут заданы начальное и конечное значение нагрузки. Для этого будем использовать массив из двух строк (это указано «по умолчанию» раздел *I,J,K No. of row, column, planes*).
- Нажимаем *Apply*.
- В окне *Add New Array Parameter* в поле *Par* необходимо ввести имя нового массива (в данном случае *TIME*), в котором будут

заданы начальное и конечное значение интервала времени, т.е. снова будем использовать массив из двух ячеек.

- Нажимаем **OK**.
- В окне *Array Parameters* выбираем массив **LOAD**, нажимаем кнопку **Edit...** и в окне *Array Parameter LOAD* указываем первое значение **0** (начальное значение нагрузки) и второе значение (до которого возрастает нагрузка в каждом узле) **1** (безразмерная величина, значение и размерность которой будет устанавливаться позже с помощью выбора метки нагрузки и коэффициента пропорциональности).
- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункт **File> Apply/Quit** окна *Array Parameter LOAD*.
- В окне *Array Parameters* выбираем **TIME**, нажимаем **Edit...** и в окне *Array Parameter TIME* указываем первое значение **0** (начальное значение времени) и второе значение (до которого изменение времени) **1** (с).
- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункт **File> Apply/Quit** окна *Array Parameter TIME*.
- Нажимаем кнопку **Close**.

Шаг 15. Определение динамической нагрузки действующей в узловых точках

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Specify Loads

Main Menu> Solution> Loading Options> Specify Loads

При использовании данного пункта меню появляется окно *Specify Loads for LS_DYNA Explicit* (Рисунок 74). Далее выполняем следующие действия:

- В разделе **Load Labels** выбираем метку **UZ** (перемещение вдоль оси **0Z**).
- В раскрывающемся списке **Component name or PART number** выбираем компоненту **NODES_FOR_LOAD**, к которой будут приложены динамические нагрузки (Рисунок 74).

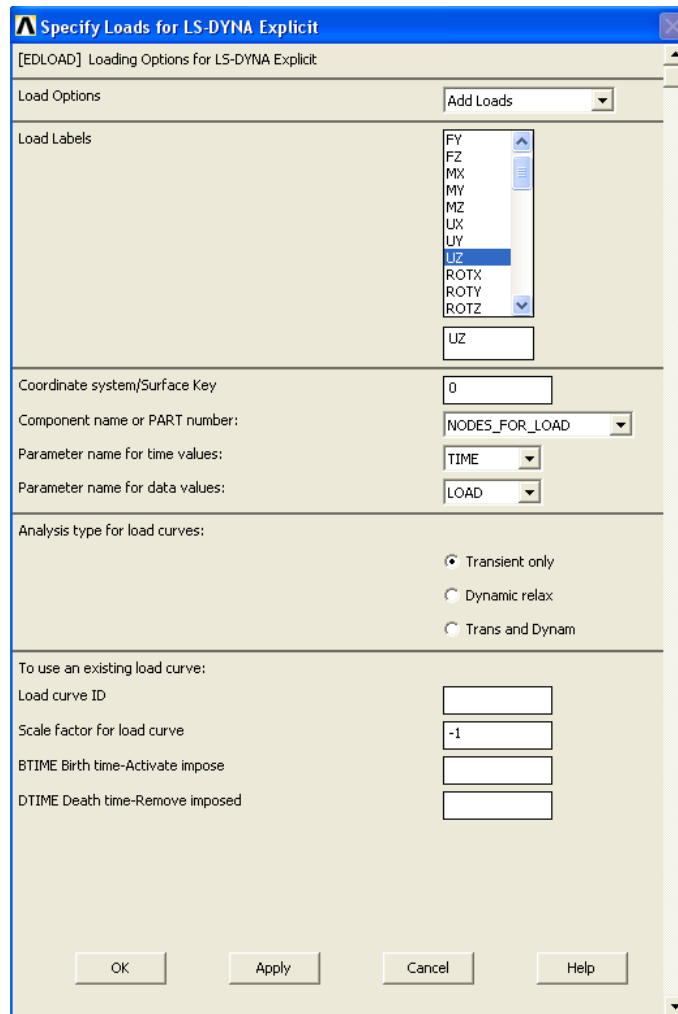


Рисунок 74. Окно *Specify Loads for LS_DYNA Explicit*

- В раскрывающемся списке *Parameter name for time values* выбираем имя массива **TIME**, который определяет начальное и конечное значение отрезка времени.
- В раскрывающемся списке *Parameter name for data values* выбираем имя массива **LOAD**, который определяет начальное и конечное значение нагрузки.
- В разделе *Scale Factor for loading curve* указываем масштабный коэффициент -1.
- Нажимаем кнопку **OK**.

Шаг 16. Отображение конечно-элементного разбиения с приложенными ограничениями

Пункт меню утилит**Utility Menu> Plot> Elements**

После выполнения данного шага появятся конечноэлементное разбиение с приложенными ограничениями (Рисунок 75).

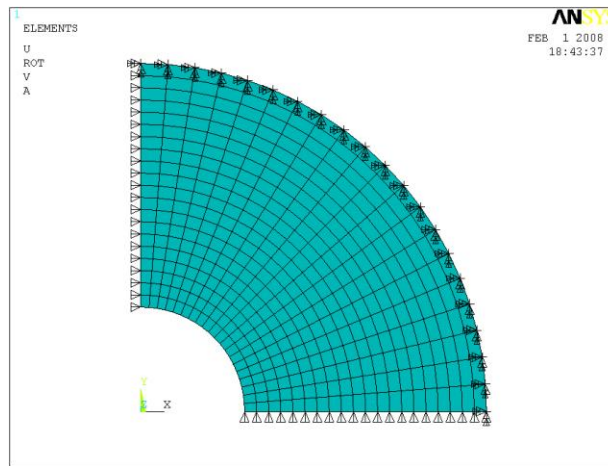
Команда***EPLLOT,ALL***

Рисунок 75. Конечноэлементное разбиение с приложенными ограничениями

*Шаг 17. Сохранение измененной модели в db-файле***Utility Menu> File> Save as...**

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора **Save DataBase**. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example4*), в которой будет храниться модель, полностью описана ранее. В данном случае необходимо выбрать имя существующего файла (*example4.db*) в окне **Save DataBase to** и нажать кнопку **Yes** («по умолчанию» включена кнопка **No**) для перезаписи существующего файла.

Пример 5. Деформация каркаса при динамических воздействиях на основание

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла

Utility Menu> File> Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно ***Resume DataBase***. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, ***C:\example5***), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, ***example5.db***) в списке ***Resume DataBase From***, в котором хранится вторая созданная модель

Шаг 2. Включение нумерации узловых точек и выключение нумерации ключевых точек и линий

Пункт меню утилит***Utility Menu> PlotCtrls> Numbering...***

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора ***Plot Numbering Controls*** (Ошибка! Источник ссылки не найден.). В этом случае:

- Устанавливаем флаг Off в пункте ***KP Keypoint numbers***.
- Устанавливаем флаг Off в пункте ***LINE Line numbers***.
- Устанавливаем флаг On в пункте ***NODE Node numbers***.
- Нажимаем кнопку ***OK***.

Список команд

/PNUM,KP,0

/PNUM,LINE,0

/PNUM,NODE,1

/REPLOT

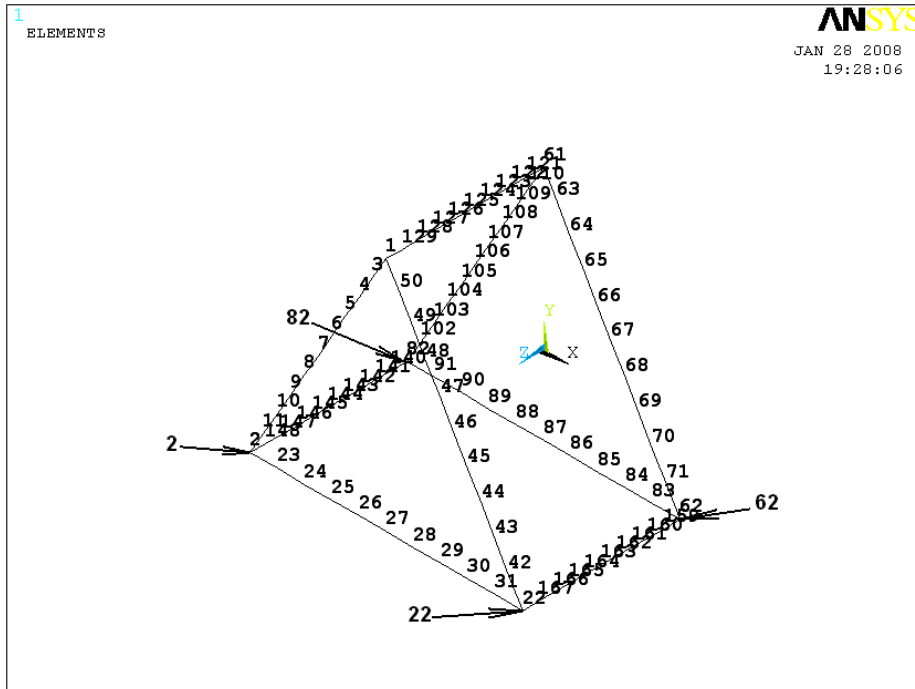






Рисунок 76. Отображение нумерации узловых точек с выделенными номерами в углах основания

Шаг 3. Создание «составной части» (components) из узловых точек, для которых будет задаваться перемещение

Utility Menu > Select > Component Manager...

При использовании данного пункта меню появится окно **Component Manager**. Далее:

- Нажимаем первую кнопку **Create Component** .
- В появившемся окне **Create Component** выбираем раздел **Nodes**.
- Указываем, что выбор будет осуществляться с помощью «мыши» (необходимо поставить флаг в разделе **Pick Entities**).
- В строке вписываем имя «составной части» (**component**) (в данном случае **NODE_2**).
- Нажимаем кнопку **OK**.
- Далее необходимо с помощью окна выбора **Reselect nodes** выбрать узловую точку с номером 2 (Рисунок 76).
- Нажимаем кнопку **OK**.
- Еще раз нажимаем первую кнопку **Create Component** .

- В появившемся окне *Create Component*, в поле ввода вписываем имя «составной части» (*component*) (в данном случае *NODE_22*).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Далее необходимо с помощью окна выбора *Reselect nodes* выбрать узловую точку с номером *22* (Рисунок 76).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Еще раз нажимаем первую кнопку *Create Component* .
- В появившемся окне *Create Component*, в поле ввода вписываем имя «составной части» (*component*) (в данном случае *NODE_62*).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Далее необходимо с помощью окна выбора *Reselect nodes* выбрать узловую точку с номером *62* (Рисунок 76).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Еще раз нажимаем первую кнопку *Create Component* .
- В появившемся окне *Create Component*, в поле ввода вписываем имя «составной части» (*component*) (в данном случае *NODE_82*).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Далее необходимо с помощью окна выбора *Reselect nodes* выбрать узловую точку с номером *82* (Рисунок 76).
- Нажимаем кнопку *OK*.
- Закрываем окно *Component Manager*.

Шаг 4. Определение динамической нагрузки в виде массива

Utility Menu > Parameters > Array Parameters > Define/Edit...

При использовании данного пункта меню появляется окно *Array Parameters*:

- Необходимо нажать кнопку *Add...* и в окне *Add New Array Parameter* (Рисунок 77) в поле *Par* ввести имя массива (в данном случае *LOAD_1*), в котором будут заданы одиннадцать значений нагрузки, т.е. будем использовать массив из одиннадцати строк. Для этого необходимо ввести *11* в первое поле ввода раздела *I,J,K No. of row, column, planes*.
- Нажимаем *Apply*.
- В окне *Add New Array Parameter* в поле *Par* необходимо ввести имя нового массива (в данном случае *LOAD_2*), в котором будут

заданы другие одиннадцать узловых значений нагрузки. Для этого также необходимо ввести **11** в первое поле ввода раздела ***I,J,K No. of row, column, planes.***

- Нажимаем ***Apply***.
- В окне ***Add New Array Parameter*** в поле ***Par*** необходимо ввести имя еще одного массива (в данном случае ***TIME***), в котором будут заданы одиннадцать узловых значений времени. Для этого необходимо ввести **11** в первое поле ввода раздела ***I,J,K No. of row, column, planes.***
- Нажимаем ***OK***.

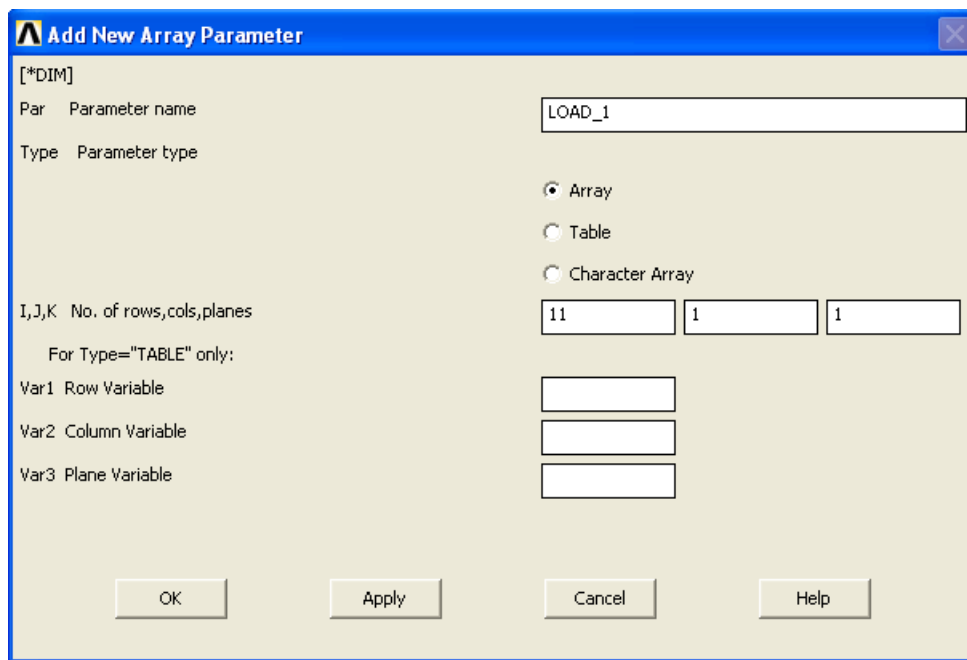


Рисунок 77. Окно *Add New Array Parameter*

- В окне ***Array Parameters*** выбираем ***LOAD_1***, нажимаем кнопку ***Edit...*** и в окне ***Array Parameter LOAD_1*** (Рисунок 77) задаем «пилообразное» изменение нагрузки (Таблица 1).
- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта ***File> Apply/Quit*** раскрывающегося меню данного окна.
- В окне ***Array Parameters*** выбираем ***LOAD_2***, нажимаем кнопку ***Edit...*** и в окне ***Array Parameter LOAD_2*** задаем еще одно «пилообразное» изменение нагрузки (Таблица 1) как безразмерной величины.

- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта *File > Apply/Quite* раскрывающегося меню данного окна.

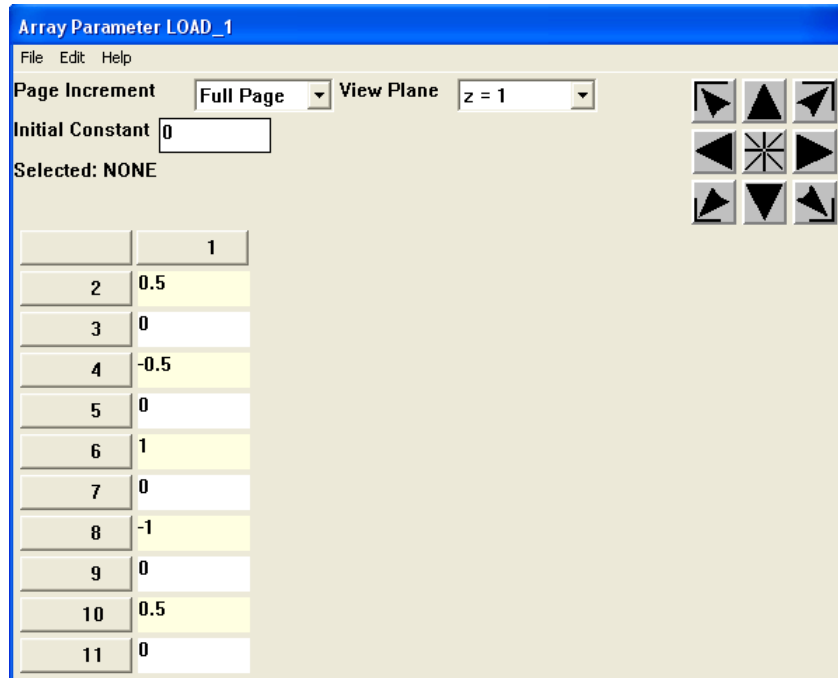


Рисунок 78. Определение массива нагрузки $LOAD_1$ с помощью окна *Array Parameter LOAD_ARRAY*

Таблица 1. Значения нагрузок

<i>Номер по порядку</i>	<i>Значение нагрузки $LOAD_1$</i>	<i>Значение нагрузки $LOAD_2$</i>
<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
<i>2</i>	<i>0.5</i>	<i>0</i>
<i>3</i>	<i>0</i>	<i>-1</i>
<i>4</i>	<i>-0.5</i>	<i>0</i>
<i>5</i>	<i>0</i>	<i>0.5</i>
<i>6</i>	<i>1</i>	<i>0</i>

<i>Номер по порядку</i>	<i>Значение нагрузки $LOAD_1$</i>	<i>Значение нагрузки $LOAD_2$</i>
<i>7</i>	<i>0</i>	<i>-0.5</i>
<i>8</i>	<i>-1</i>	<i>0</i>
<i>9</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
<i>10</i>	<i>0.5</i>	<i>0</i>
<i>11</i>	<i>0</i>	<i>-1</i>
<i>---</i>	<i>---</i>	<i>---</i>

- В окне *Array Parameters* выбираем *TIME*, нажимаем *Edit...* и в окне *Array Parameter TIME* указываем первое значение *0* (начальное время действия нагрузки) и последовательно увеличивая время на одну секунду доводим значение времени действия нагрузки до *10* (с).
- Необходимо сохранить указанные значения и выйти из данного окна с использованием пункта *File> Apply/Quit* раскрывающегося меню данного окна.
- Нажимаем кнопку *Close* в окне *Array Parameters*.

Шаг 5. Выключение нумерации узловых точек

Пункт меню утилит

Utility Menu> PlotCtrls> Numbering...

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора *Plot Numbering Controls*. В этом случае:

- Устанавливаем флаг *off* в пункте *NODE Node numbers*.
- Нажимаем кнопку *OK*.

Команда

/PNUM,NODE,0

/REPLOT

Шаг 6. Определение динамических нагрузок, действующих в «составных частях» (components) узловых точек

Main Menu> Preprocessor> LS-DYNA Options> Loading Options> Specify Loads

При использовании данного пункта меню появляется окно *Specify Loads for LS_DYNA Explicit* (Рисунок 79). Далее выполняем следующие действия:

- Определяем перемещения «составной части» (*component*) *NODE_2*:
 1. В разделе *Load Labels* выбираем метку *UY* (перемещение вдоль оси *0Y*).

2. В раскрывающемся списке *Component name or PART number* выбираем *NODE_2* (Рисунок 79).
3. В раскрывающемся списке *Parameter name for time values* выбираем имя массива *TIME*, который определяет начальное и конечное значение отрезка времени.
4. В раскрывающемся списке *Parameter name for data values* выбираем имя массива *LOAD_1*, который определяет изменение нагрузки.
5. В разделе *Scale factor for loading curve* в качестве масштабного коэффициента выбираем *0.3*.
6. Нажимаем кнопку *OK* (Рисунок 79).

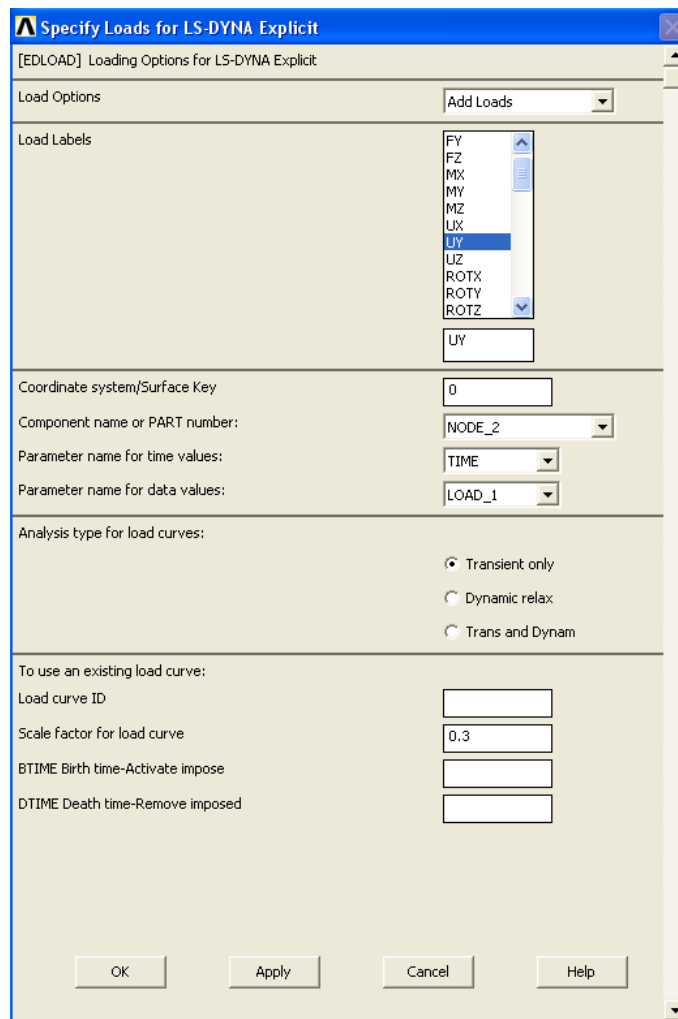


Рисунок 79. Окно *Specify Loads for LS_DYNA Explicit*

- Определяем перемещения «составной части» (*component*) *NODE_62*:

1. В разделе *Load Labels* выбираем метку *UZ* (перемещение вдоль оси *0Z*).
 2. В раскрывающемся списке *Component name or PART number* выбираем *NODE_62*.
 3. В раскрывающемся списке *Parameter name for time values* выбираем имя массива *TIME*, который определяет начальное и конечное значение отрезка времени.
 4. В раскрывающемся списке *Parameter name for data values* выбираем имя массива *LOAD_1*, который определяет изменение нагрузки.
 5. В разделе *Scale factor for loading curve* в качестве масштабного коэффициента выбираем *0.1*.
 6. Нажимаем кнопку *OK*.
- Определяем перемещения «составной части» (*component*) *NODE_82*:
 1. В разделе *Load Labels* выбираем метку *UZ* (перемещение вдоль оси *0Z*).
 2. В раскрывающемся списке *Component name or PART number* выбираем *NODE_82*.
 3. В раскрывающемся списке *Parameter name for time values* выбираем имя массива *TIME*, который определяет начальное и конечное значение отрезка времени.
 4. В раскрывающемся списке *Parameter name for data values* выбираем имя массива *LOAD_2*, который определяет изменение нагрузки.
 5. В разделе *Scale factor for loading curve* в качестве масштабного коэффициента выбираем *0.1*.
 6. Нажимаем кнопку *OK*.
 - Определяем перемещения «составной части» (*component*) *NODE_22*:
 1. В разделе *Load Labels* выбираем метку *UX* (перемещение вдоль оси *0X*).
 2. В раскрывающемся списке *Component name or PART number* выбираем *NODE_22*.
 3. В раскрывающемся списке *Parameter name for time values* выбираем имя массива *TIME*, который определяет начальное и конечное значение отрезка времени.

4. В раскрывающемся списке *Parameter name for data values* выбираем имя массива **LOAD_2**, который определяет изменение нагрузки.
5. В разделе *Scale factor for loading curve* в качестве масштабного коэффициента выбираем **0.2**.
6. Нажимаем кнопку **OK** (Рисунок 80).

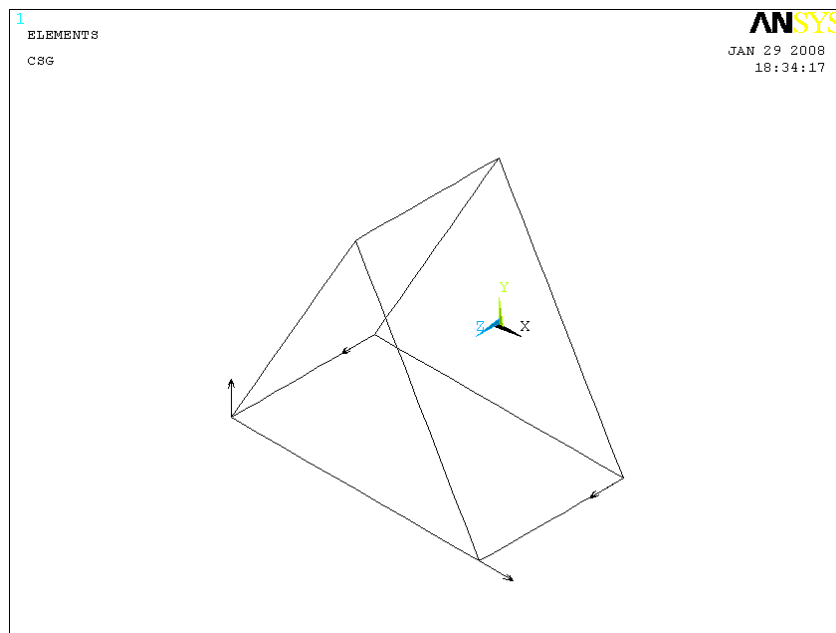


Рисунок 80. Результаты приложения нагрузки к узловым точкам основания

Шаг 7. Сохранение измененной модели в db-файле

Utility Menu > File > Save as...

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора **Save DataBase**. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, **C:\example5**), в которой будет храниться модель, полностью описана ранее. В данном случае, необходимо выбрать имя существующего файла (**example5.db**) в окне **Save DataBase to** и нажать кнопку **Yes** («по умолчанию» включена кнопка **No**) для перезаписи существующего файла.

Решение поставленных задач и просмотр результатов в ANSYS/LS-DYNA

Решение задач

Определение времени остановки решения задачи

Main Menu> Solution> Time Controls> Solution Time

При использовании данного пункта меню появляется окно *Solution Time for LS-DYNA Explicit* (Рисунок 81). Далее выполняем следующие действия:

- Раздел *TIME*. Вносим максимальное значение, определенное в массиве *TIME*.
- Нажимаем кнопку *OK*.

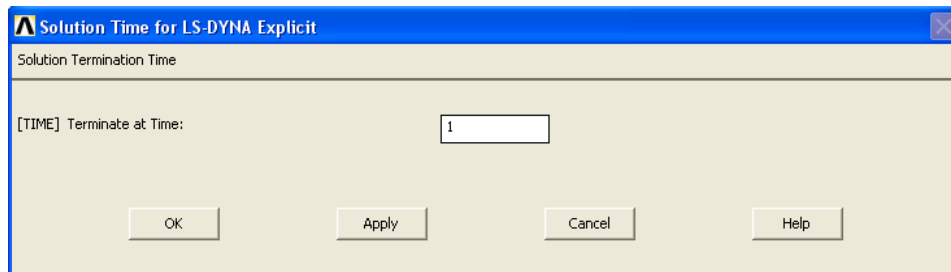


Рисунок 81. Окно *Solution Time for LS_DYNA Explicit*

Решение задачи

Main Menu> Solution> Solve

При использовании данного пункта меню появляется два окна. Далее выполняем следующие действия:

- Закрываем окно */STATUS Command*, содержащее служебную информацию о решаемой задаче.
- Нажимаем кнопку *OK* во втором окне (*Solve Current Load Step*).

З а м е ч а н и е! Появляется окно *C:\WINDOWS\system32\cmd.exe* в котором отображается изменение времени с указанным равномерным шагом. Решение продолжается до появления информационного сообщения *Solution is done!* (Рисунок 82). Данное окно следует закрыть.

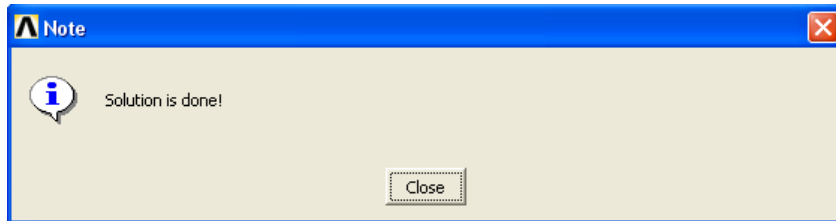


Рисунок 82. Окно с сообщением об окончании процесса решения

Создание k-файла модели

Для того, чтобы скорректировать данную модель с помощью средств LS-DYNA, необходимо создать *k*-файл. Это выполняется с помощью пункта меню:

Main Menu > Solution > Write Jobname.k

При использовании данного пункта меню появляется окно **Input files to be Written for LS-DYNA** (Рисунок 83). Далее выполняем следующие действия:

- В раскрывающемся меню **Write results files for...** необходимо выбрать раздел **LS-DYNA**.
- В разделе **Write input files to...** с помощью кнопки **Browse...** и вспомогательного окна **Write input files to...** указываем папку (директорию) и имя *k*-файла в который будет осуществляться запись данных.
- Нажимаем кнопку **OK** в окне **Write input files to...**
- Затем нажимаем кнопку **OK** в окне **Input files to be Written for LS-DYNA**.
- Далее необходимо ознакомиться с содержанием текстового окна **EDWRITE Command** и закрыть его (Рисунок 84).

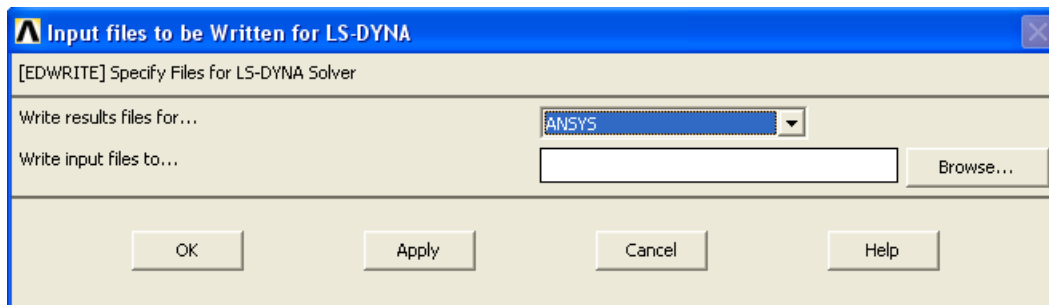
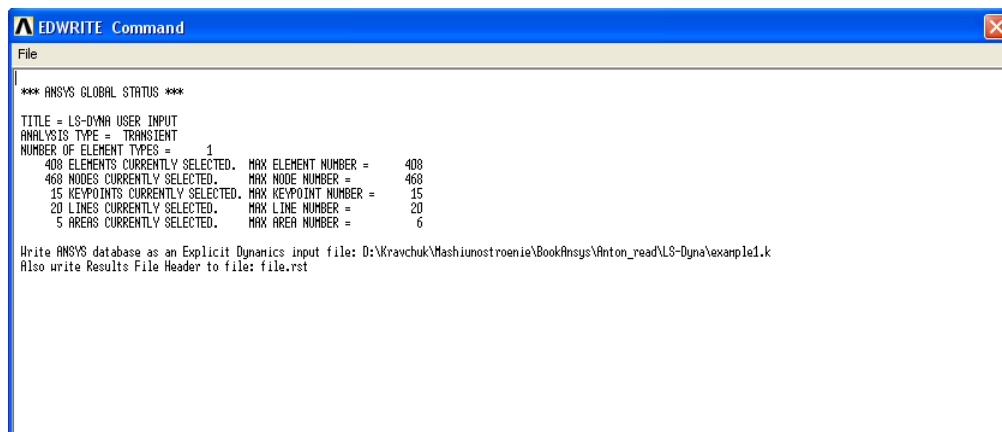


Рисунок 83. Окно *Input files to be Written for LS-DYNA*



```

EDWRITE Command
File
*** ANSYS GLOBAL STATUS ***
TITLE = LS-DYNA USER INPUT
ANALYSIS TYPE = TRANSIENT
NUMBER OF ELEMENT TYPES = 1
408 ELEMENTS CURRENTLY SELECTED.  MAX ELEMENT NUMBER = 408
468 NODES CURRENTLY SELECTED.  MAX NODE NUMBER = 468
15 KEYPOINTS CURRENTLY SELECTED.  MAX KEYPOINT NUMBER = 15
20 LINES CURRENTLY SELECTED.  MAX LINE NUMBER = 20
5 AREAS CURRENTLY SELECTED.  MAX AREA NUMBER = 6

Write ANSYS database as an Explicit Dynamics input file: D:\Kravchuk\Mashiostroenie\BookAnsys\Anton_read\LS-Dyna\example1.k
Also write Results File Header to file: file.rst

```

Рисунок 84. Текстовое окно *EDWRITE Command*

Средства просмотра результатов решения задач в ANSYS/LS-DYNA

Решения физических задач в ANSYS/LS-DYNA можно представить в виде непрерывных распределений значений напряжений, перемещений и др. При этом используется цветовая шкала, в которой каждый цвет соответствует некоторому интервалу величины физического параметра. При этом все области твердотельной модели, поверхности или объемы, внутри которых значения попадают в указанный на цветовой шкале интервал окрашиваются одним цветом.

З а м е ч а н и е! Средства, применяемые в ANSYS для визуализации эпюр распределения физических параметров, а также визуализации трехмерной структуры балочных элементов в ANSYS/LS-DYNA, не работают.

Использование *Result Viewer*

При просмотре изменения во времени полей распределения интересующего параметра можно воспользоваться пунктом главного меню:

Main Menu > General Postproc > Result Viewer

При использовании этого пункта меню появится окно *Result Viewer* (Рисунок 85). Данное окно имеет несколько разделов: раскрывающееся меню, кнопочное меню с двумя раскрывающимся списками, полоса прокрутки и три окна цифровой индикации.

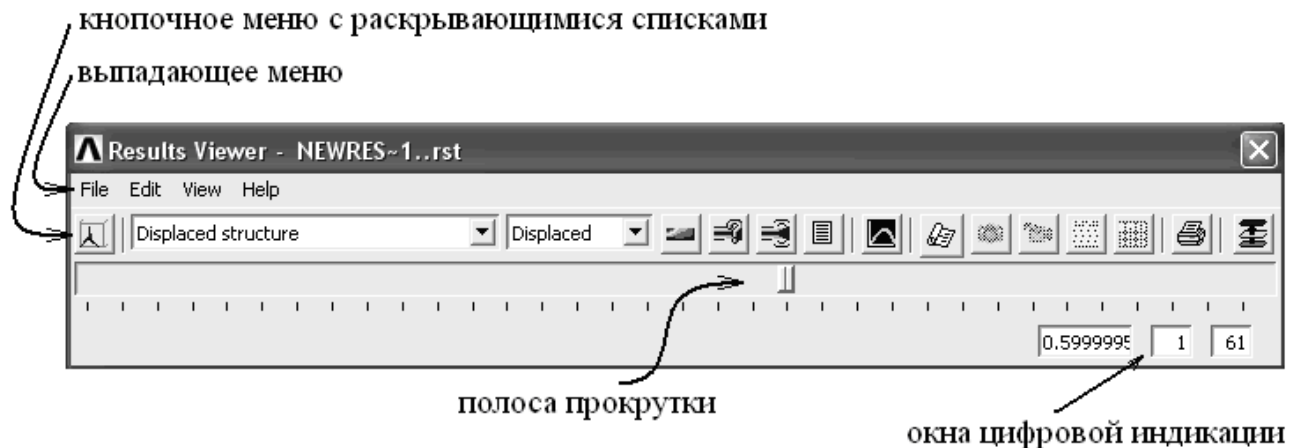


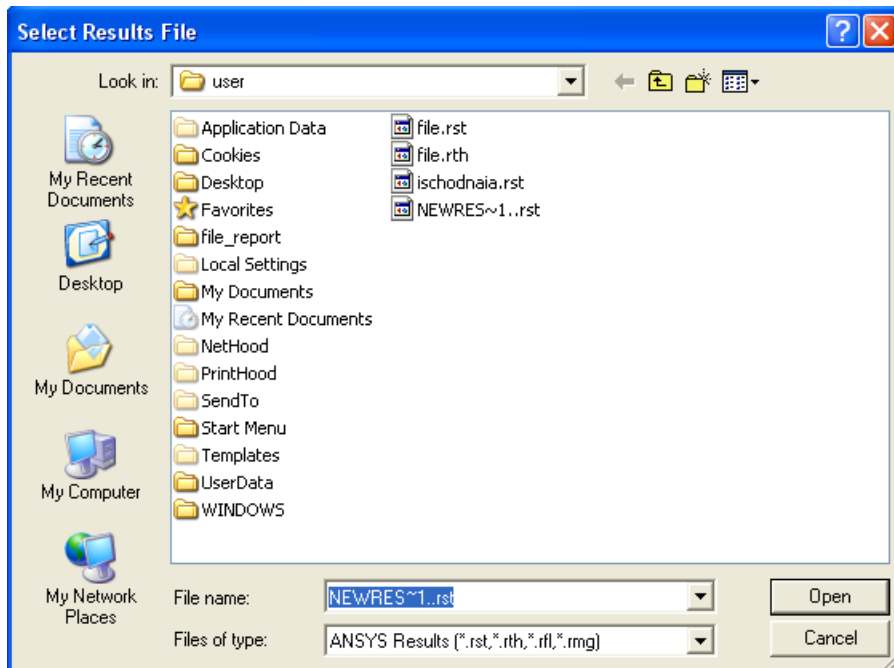
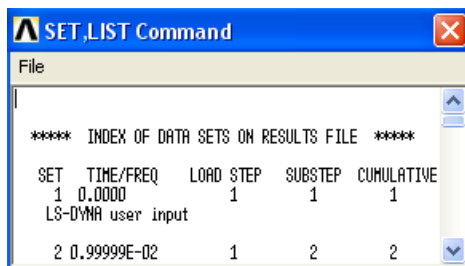
Рисунок 85. Окно *Result Viewer* с компонентами раскрывающегося меню

Раскрывающееся меню *Result Viewer*

Раскрывающееся меню содержит разделы *File*, *Edit*, *View*, *Help*. В свою очередь каждый раздел содержит несколько пунктов.

Раздел *File* содержит следующие пункты:

- ***Open Results...*** - при использовании данного пункта появляется окно ***Select Result File*** (Рисунок 86), с помощью которого можно выбрать уже существующий файл результатов для просмотра. Расширение файла результатов - *rst*.
- ***List Result Information*** – при использовании данного пункта появляется окно ***SET,LIST Command*** (Рисунок 87), в котором отображается информация о множестве данных открытого *rst*-файла.
- ***Write Results File...*** - при использовании данного пункта появляется окно ***PGR File Options***, в котором необходимо установить опции для создания *PGR*-файла.
- ***Save Animation...*** - при использовании данного пункта появляется окно ***Save Animation***, в котором необходимо указать папку (директорию), где будет храниться файл с видео роликом (расширение файла *anim*, его можно просмотреть с помощью *Windows Media Player*).
- ***Close*** – с помощью данного пункта осуществляется выход из *Results Viewer*.

Рисунок 86. Окно *Select Result File*Рисунок 87. Окно *SET,LIST Command*

Раздел *Edit* содержит только пункт *Select entities...*. При использовании данного пункта появляется известное в ANSYS окно *Select entities*, с помощью которого можно выбрать фрагмент конечноэлементной модели для отображения результатов.

Раздел *View* содержит пункты: *Real Data*, *Imaginary Data*, *Expanded Model*, *Attributes*:

З а м е ч а н и е! Пункты *Real Data*, *Imaginary Data* могут быть использованы только в гармоническом анализе.

- Пункт *Expanded Model* позволяет создавать большее изображение чем представляется действительной конечноэлементной моделью. Это связано с периодическим

продолжением либо продолжением по условиям осевой или зеркальной симметрии. Пункт содержит подпункты:

1. При использовании подпункта *Periodic/Cyclic Symmetry Expansion* появляется одноименное окно (Рисунок 88), в котором пользователь может выбрать из нескольких опций периодического/циклического продолжения по условиям симметрии. Для подтверждения необходимо нажать кнопку **ОК**.

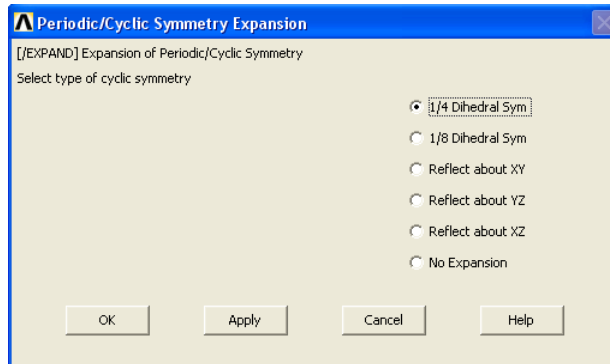


Рисунок 88. Окно *Periodic/Cyclic Symmetry Expansion*

2. При использовании подпункта *Modal Cyclic Symmetry Expansion* появляется окно *Modal Cyclic Symmetry Results Expansion*, в котором пользователь должен в полях ввода определить значения параметров. Для подтверждения необходимо нажать кнопку **ОК**.
3. При использовании подпункта *2D Axi-Symmetric Expansion* появляется одноименное окно (Рисунок 89), в котором пользователь может выбрать из нескольких опций осесимметричного продолжения. Для подтверждения необходимо нажать кнопку **ОК**.

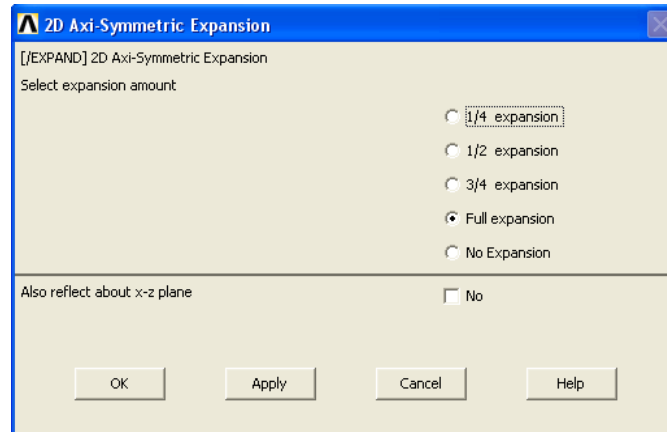



Рисунок 89. Окно *2D Axi-Symmetric Expansion*

- Пункт *Attributes* позволяет отобразить номера компонент конечноэлементной модели (элементов или ключевых точек) либо нумерацию их свойств. Действие данного пункта аналогично использованию пункта меню утилит ANSYS (*Utility Menu > PlotCtrls > Numbering*).

Раздел *Help* раскрывающегося меню окна *Results Viewer* содержит пункт *Results Viewer Help...*, с использованием которого вызывается «ПОМОЩЬ».

Кнопочное меню с раскрывающимися списками

Кнопочное меню с раскрывающимися списками *Results Viewer* состоит из следующих компонент:

- Кнопка  *Element Plot* предназначена для отображения конечноэлементного разбиения модели.
- Первый раскрывающийся список позволяет выбрать физический параметр для отображения в разделах *Favorites*, *Nodal Solution*, *Element Solution*, *Reaction Forces* (Рисунок 90).

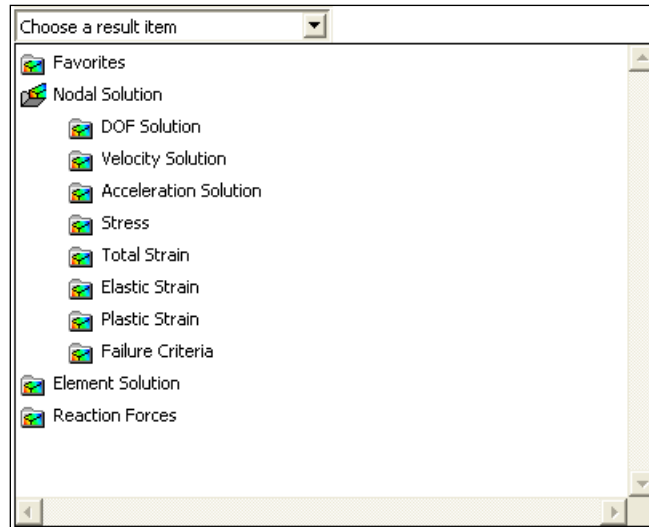





Рисунок 90. Первый раскрывающийся список окна *Results Viewer*

- Второй раскрывающийся список активизируется только после выбора физического параметра в первом списке и состоит из одной пункта *Contour*.
- Кнопка **Plot Results**  предназначена для отображения непрерывных полей распределения физического параметра.
- Кнопка **Query Results**  предназначена для определения узловой точки, в которой следует определить значение выбранного физического параметра при заданном времени, установленном с помощью полосы прокрутки. После использования данной кнопки, появляется окно выбора **Query Subgrid Results** (Рисунок 91), с помощью которого необходимо указать узловую точку (с помощью «мыши»), в которой будет определяться значение физического параметра.
- Кнопка **Animate Results**  предназначена для создания анимации изменения полей распределения физического параметра во времени. При нажатии на эту кнопку появляется окно **Select Animation** (Рисунок 92), в котором необходимо выбрать один из пунктов для создания анимационного ролика. После нажатия кнопки **OK** появятся дополнительные окна, в которых необходимо указать физический параметр и опции анимации.

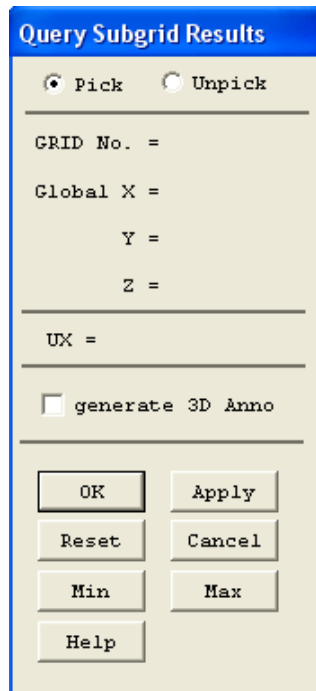


Рисунок 91. Окно выбора *Query Subgrid Results*

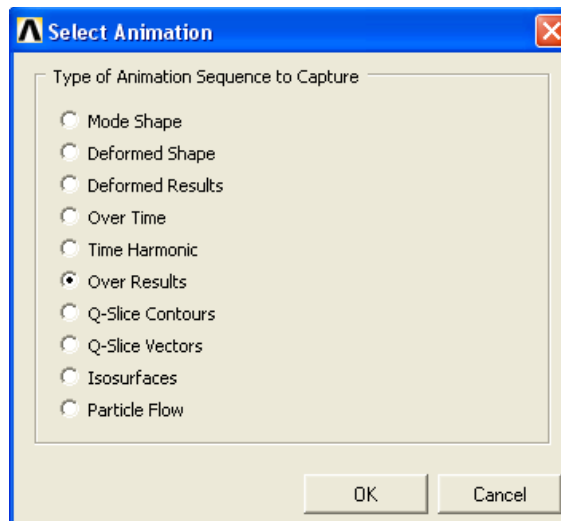



Рисунок 92. Окно *Select Animation*

- Кнопка **List Results**  предназначена для создания списка значений физического параметра для фиксированного (с помощью полосы прокрутки) времени. При нажатии на эту кнопку появляется окно **PRNSOL Command** (Рисунок 93).

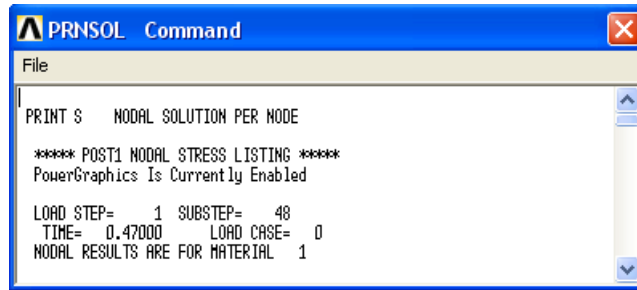












Рисунок 93. Окно *PRNSOL Command*

- При нажатии на кнопку *Time-History Variable Viewer*  появляется окно *Time History Variables* (Рисунок 94), с помощью кнопочного меню которого можно:
 1. добавить данные кнопкой *Add Data*  (выбрать имя физического параметра и указать компоненту конечноэлементного разбиения, для которой будет построен график изменения указанного физического параметра);
 2. удалить данные с помощью кнопки *Delete Data* ;
 3. построить график с помощью кнопки *Graph Data* ;
 4. отобразить список для равномерного шага по времени с помощью кнопки *List Data* ;
 5. кроме того изменить свойства ( *Data Properties*), импортировать данные (*Import Data* ) , экспортировать данные (*Export Data* ) , удалить все данные (*Clear Time-History Data* ) , обновить данные (*Refresh Time-History Data* (F5) ) .

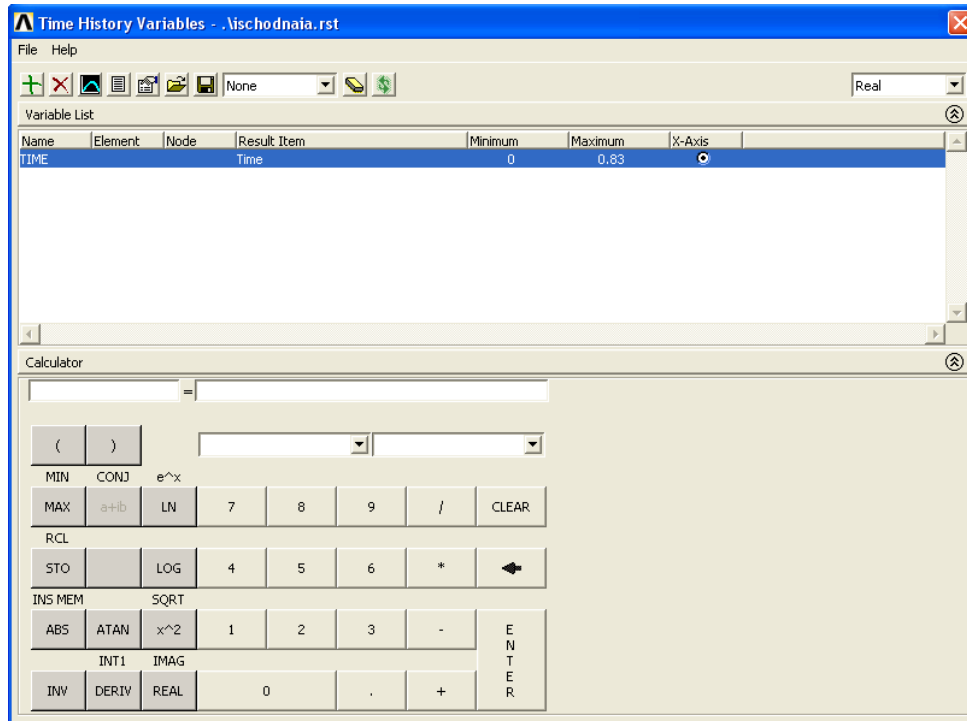





Рисунок 94. Окно *Time History Variables*

- Кнопка **Report Generation Mode**  предназначена для создания отчета.
- Кнопка **Image Capture**  предназначена для создания копии графического окна. При нажатии на данную кнопку появляется окно **Image Capture**, в котором можно выбрать печать изображения либо создания файла и др.
- Кнопка **Raise Hidden**  позволяет активизировать невидимое окно.

Просмотр результатов решения для фиксированного шага (по времени)

Результаты решения в ANSYS/LS-DYNA представляются в виде набора (множества) значений для определенного фиксированного времени. Прежде чем отобразить результаты решения, необходимо выбрать соответствующее множество значений. В ANSYS/LS-DYNA можно прочитать первое множество **First Set** (начальное состояние модели), следующее множество **Next Set** (относительно текущего состояния), предыдущее множество

Previous Set (относительно текущего состояния), последнее множество **Last Set** (конечное состояние модели), а также множество «по выбору» **By Pick**.

После указания множества значений (аналог сечения задачи по координате «время») следует выбрать физический параметр, для которого необходимо отобразить поля распределений. Необходимо отметить, что возможна и обратная последовательность действий: можно сначала указать физический параметр, который необходимо отобразить («по умолчанию» будет выбрано начальное состояние, т.е. **First Set**), а после этого переключая множества и перерисовывая модель с помощью пункта меню утилит (**Utility Menu > Plot > Replot**), проследить за изменением выбранного параметра во времени. Это аналогично использованию полосы прокрутки **Results Viewer**.

Чтение результатов решения для определенного шага

В ANSYS/LS-DYNA можно прочитать:

- Первое множество **First Set** (начальное состояние модели) с помощью пункта главного меню:

Main Menu > General Postproc > Read Results > First Set

- Следующее множество **Next Set** (относительно текущего состояния) с помощью пункта главного меню:

Main Menu > General Postproc > Read Results > Next Set

- Предыдущее множество **Previous Set** (относительно текущего состояния) с помощью пункта главного меню:

Main Menu > General Postproc > Read Results > Previous Set

- Последнее множество **Last Set** (конечное состояние модели) с помощью пункта главного меню:

Main Menu > General Postproc > Read Results > Last Set

- Множество «по выбору» **By Pick** с помощью пункта главного меню:

Main Menu > General Postproc > Read Results > By Pick

При использовании последнего пункта меню появляется окно **Results File** (Рисунок 95), в котором можно непосредственно указать номер

множества (колонка *Set*), для которого пользователь собирается отобразить результат.

Переход между множествами можно осуществлять кнопками *Next*, *Previous* или «мышью». Заканчивается выбор множества последовательным нажатием кнопок *Read* и *Close*.

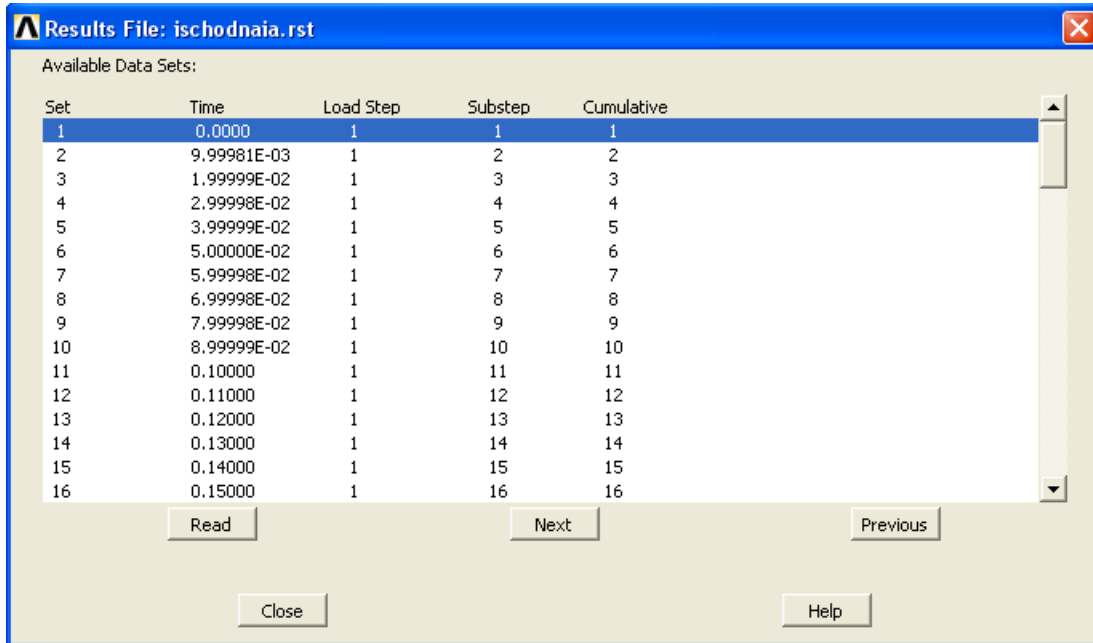


Рисунок 95. Окно *Results File*

Отображение результатов решения для фиксированного шага в виде непрерывных цветовых полей распределения физических параметров

Просмотр результатов решения задач в узлах конечно элементной сетки

Результаты завершеного решения для узловых точек можно просмотреть с помощью пункта главного меню:

Main Menu > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Nodal Solu

При этом появляется окно ***Contour Nodal Solution Data*** (Рисунок 96).

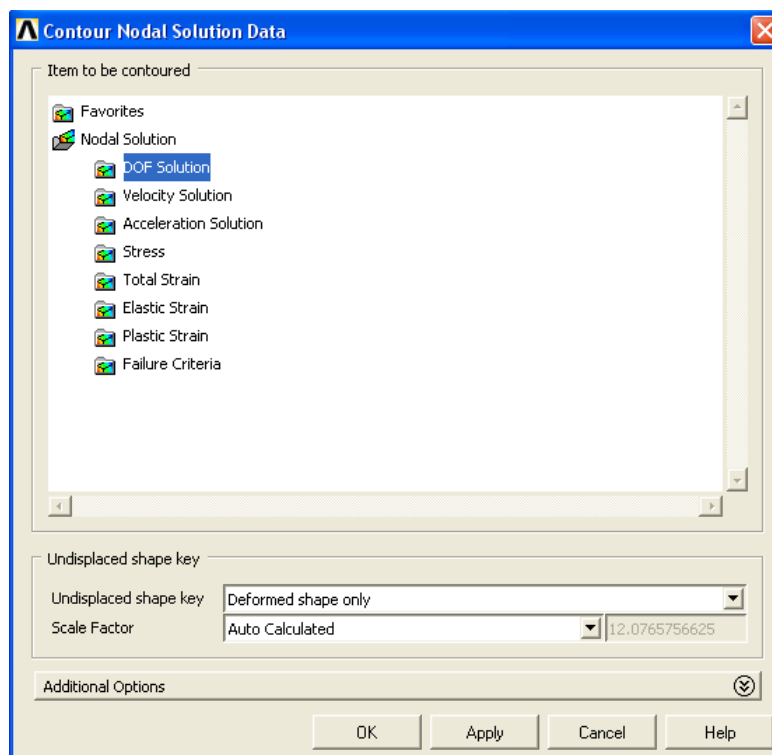


Рисунок 96. Окно *Contour Nodal Solution Data*

Далее пользователю предоставляется возможность в списке ***Item to be contoured*** (Рисунок 97) с помощью «мыши» выбрать физический параметр, который должен быть отображен (перемещения, напряжения и др.) и характерное направление в глобальной системе координат для выбранного параметра.

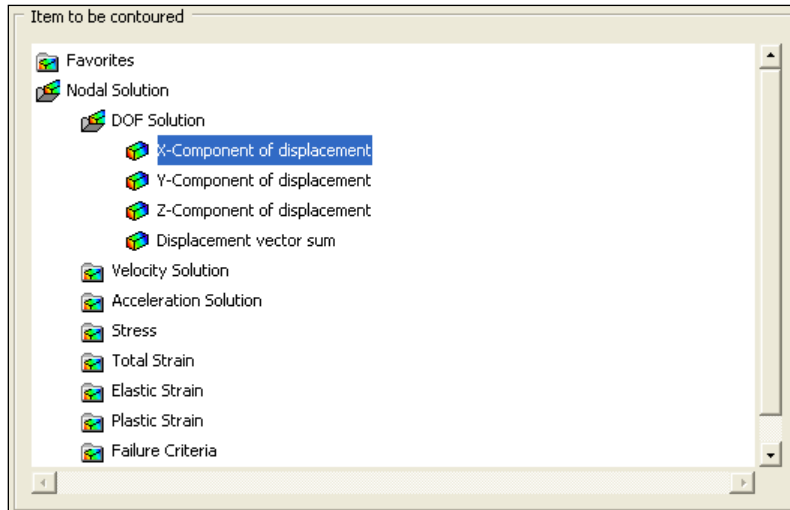


Рисунок 97. Список *Item to be contoured*

В группе опций *Undisplaced shape key* можно выбрать следующие способы отображения модели:

- *Deformed shape only* – при выборе этой опции будет отображено только деформированная форма модели и (цветовой шкалой) уровни изменения выбранного выше физического параметра;
- *Deformed shape with undeformed model* – при выборе этой опции будет отображено не только деформированная форма модели и (цветовой шкалой) уровни изменения указанного выше физического параметра, но и исходное недеформированная форма модели;
- *Deformed shape with undeformed edge* – при выборе этой опции будет отображено не только деформированное состояние модели и (цветовой шкалой) уровни изменения указанного выше физического параметра, но и исходный недеформированный контур модели.

В заключение необходимо нажать кнопку **OK**.

Просмотр результатов решения задач для элементов

Результаты решения для элементов можно просмотреть с помощью пункта главного меню:

Main Menu > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Element Solu...

При этом появляется окно *Contour Element Solution Data*. Последовательность действий практически полностью соответствует

последовательности действий в случае отображения результатов решения для узлов конечноэлементной модели.

Просмотр результатов в векторной форме

Результаты решения для элементов можно просмотреть с помощью пункта главного меню:

Main Menu > General Postproc > Plot Results > Vector Plot > Predefined

При использовании данного пункта меню появляется окно **Vector Plot of Predefined Vectors** (Рисунок 98). В этом случае пользователю предоставляется возможность в левом списке **Item** с помощью «мыши» выбрать физический параметр, который должен быть отображен (например, ограничения степеней свободы и др.), а в правом окне если, есть необходимость, уточнить выбор. Кроме того пользователь может установить следующие опции:

- Опция **Mode** позволяет выбрать векторный или растровый режим отображения рисунка.
- Опция **Loc** позволяет выбрать место приложения вектора в центре элемента (**Elem Centroid**) либо в узлах конечноэлементной сетки (**Elem Nodes**).
- Опция **Edge** позволяет выключить (Hidden) либо включить (Displayed) отображение конечноэлементной сетки.

В поле **VRATIO** можно установить множитель, определяющий величину отображаемых векторов.

В раскрывающемся списке **KEY** устанавливается режим отображения векторов с длиной пропорциональной величине физического параметра (**Magnitude Based**) либо режим отображения всех векторов одинаковой длины (**Uniform**).

В раскрывающемся списке **OPTION** устанавливается режим отображения векторов на основе деформированной сетки (**Deformed Mesh**) либо недеформированной сетки (**Undeformed Mesh**).

В заключение необходимо нажать кнопку **OK**.

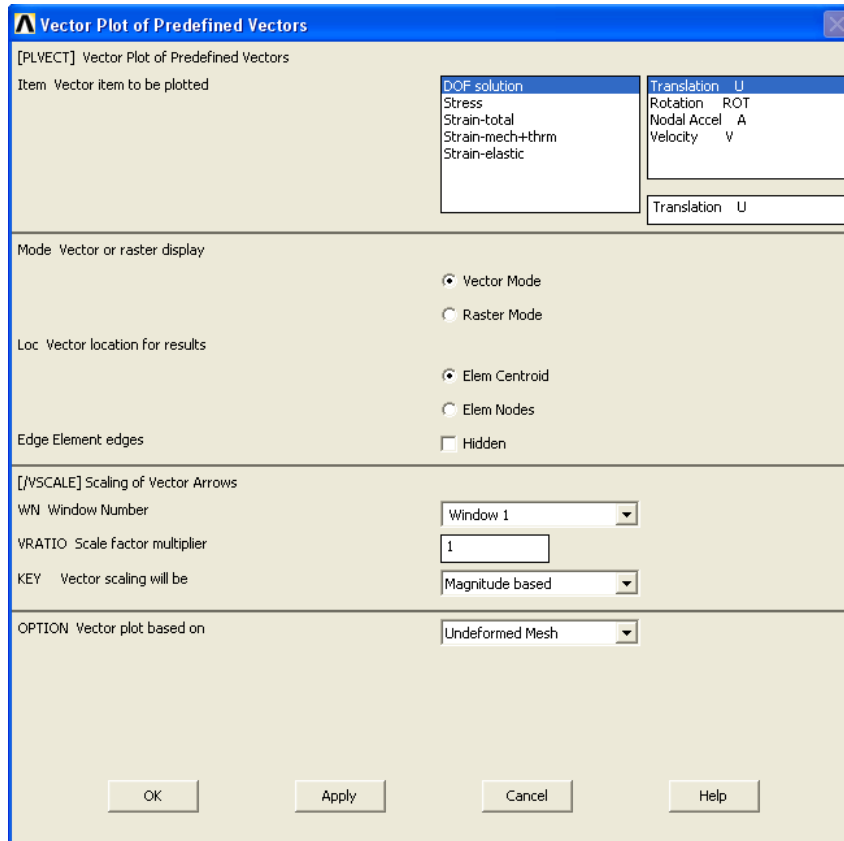


Рисунок 98. Окно *Vector Plot of Predefined Vectors*

Решение примеров и просмотр результатов в ANSYS/LS-DYNA. Средства обмена между ANSYS/LS-DYNA и LS-PREPOST

Пример 1. Распределение напряжений в сечении цилиндрического образца с концентратором при осевом растяжении

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла

Utality Menu> File> Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно *Resume DataBase*. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example1*), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, *example1.db*) в списке *Resume DataBase From*, в котором хранится вторая созданная модель.

Шаг 2. Определение времени остановки решения задачи

Main Menu> Solution> Time Controls> Solution Time

При использовании данного пункта меню появляется окно *Solution Time for LS_DYNA Explicit* (Рисунок 99). Далее выполняем следующие действия:

- В разделе **TIME** необходимо указать время остановки решения задачи. Указываем значение **1** (с).
- Нажимаем кнопку **OK**.

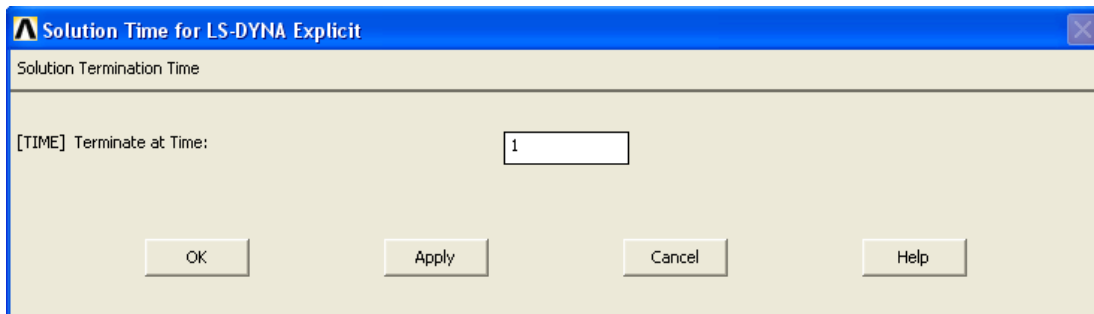


Рисунок 99. Окно *Solution Time for LS_DYNA Explicit*

Шаг 3. Решение задачи

Main Menu> Solution> Solve

При использовании данного пункта меню появляется два окна. Далее выполняем следующие действия:

- Закрываем окно */STATUS Command*, содержащее служебную информацию о решаемой задаче.
- Нажимаем кнопку **OK** во втором окне (*Solve Current Load Step*).



З а м е ч а н и е! Появляется окно *C:\WINDOWS\system32\cmd.exe*, в котором отображается изменение времени с указанным равномерным шагом. Решение продолжается приблизительно 4 часа на одноядерном компьютере до появления информационного сообщения *Solution is done!*

Шаг 4. Просмотр изменения полей главных деформаций и разрушения образца

При просмотре полей деформаций следует воспользоваться пунктом главного меню:

Main Menu> General Postproc> Result Viewer

При использовании этого пункта меню появится окно *Result Viewer* (Рисунок 100). Далее следует:

- В первом раскрывающемся списке выбрать параметр, распределение которого будет отображаться. Например выбираем раздел *Nodal Solution > Total Strain > First Principal Strain*.
- В окне *Result Viewer* использовать следующий пункт раскрывающегося меню *View > Expanded Model > 2D Axi-Symmetric Expansion*. В появившемся окне *2D Axi-Symmetric Expansion* необходимо выбрать пункт *3/4 expansion* и нажать кнопку *OK*.
- Нажать кнопку *Isometric View*  (Рисунок 101).
- Нажать кнопку *Plot Results* .
- С помощью полосы прокрутки установить для какого времени (для данного примера в интервале от 0 до 1 с.) необходимо просмотреть результаты.
- В частности можно установить, что разрушение цилиндрического образца произошло приблизительно на 0.93 с.

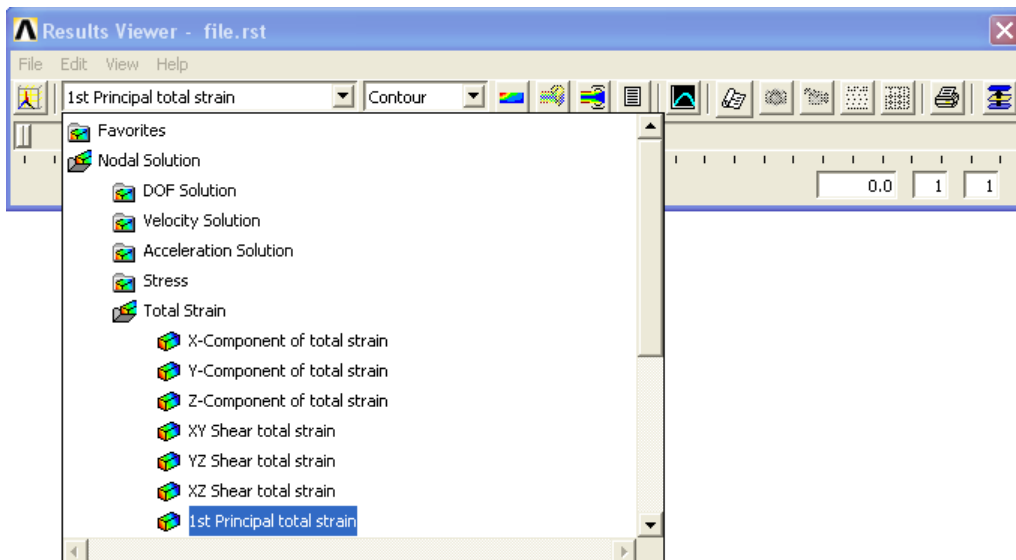


Рисунок 100. Окно *Result Viewer* с компонентами раскрывающегося меню

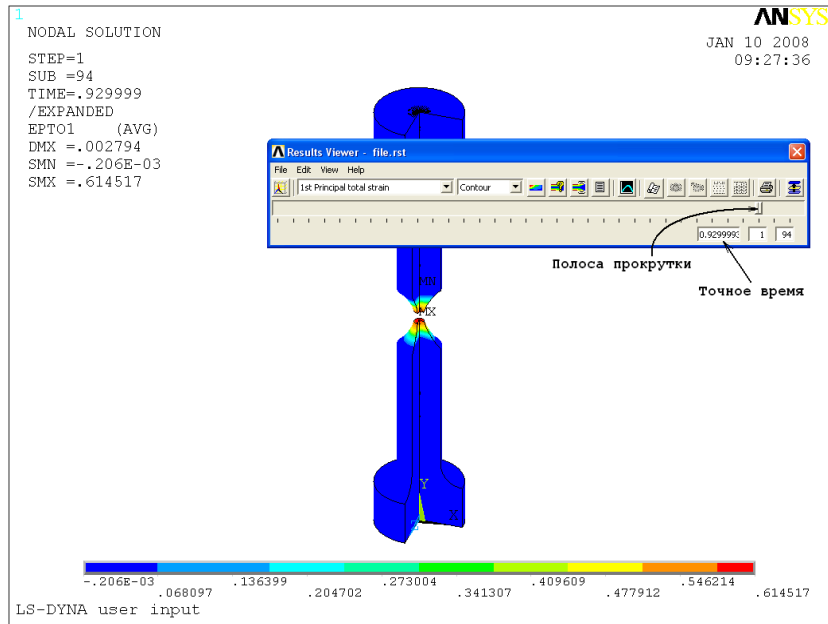





Рисунок 101. Разрушение образца

Шаг 5. Построение графика изменения первого главного напряжения во времени для фиксированной точки

В окне **Result Viewer** (Рисунок 100) необходимо:

- Полосу прокрутки установить в начальное положение (время 0).
- Нажать кнопку **Time History Variable Viewer** .
- В появившемся окне **Time History Variable** (Рисунок 102) необходимо нажать кнопку **Add Data** .
- В окне **Add Time History Variable** (Рисунок 103) необходимо выбрать раздел **1st Principal stress**.
- Нажать кнопку **OK**.
- С помощью окна выбора **Node for Data** (Рисунок 104) необходимо указать узловую точку, по результатам измерения в которой будет строиться график.
- Нажать кнопку **OK** в окне выбора **Node for Data**.
- В окне **Time History Variable** нажать кнопку **Graph Data** .
- Закрывать **Result Viewer** и просмотреть результат (Рисунок 105).

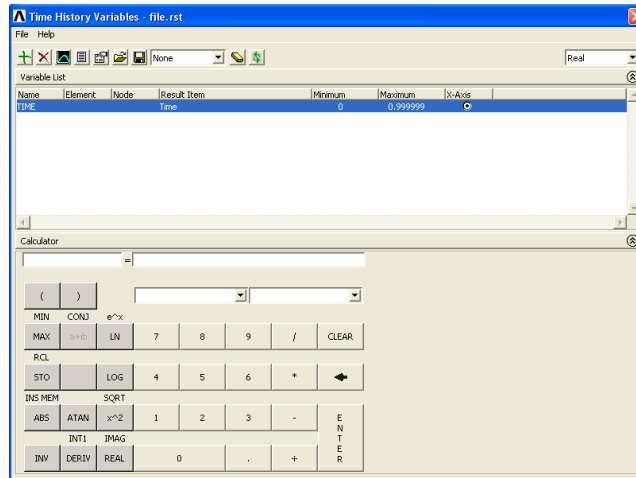


Рисунок 102. Окно *Time History Variable*

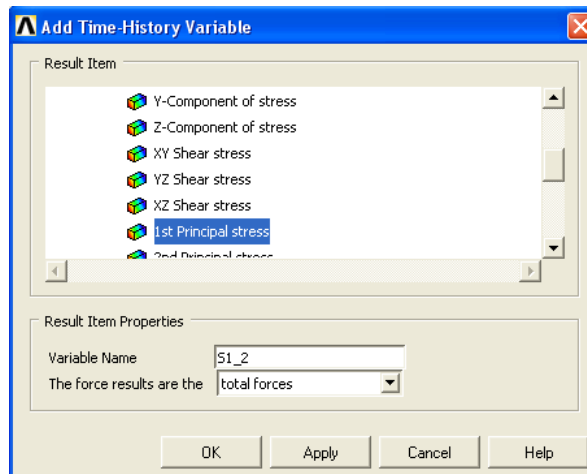


Рисунок 103. Окно *Add Time History Variable*

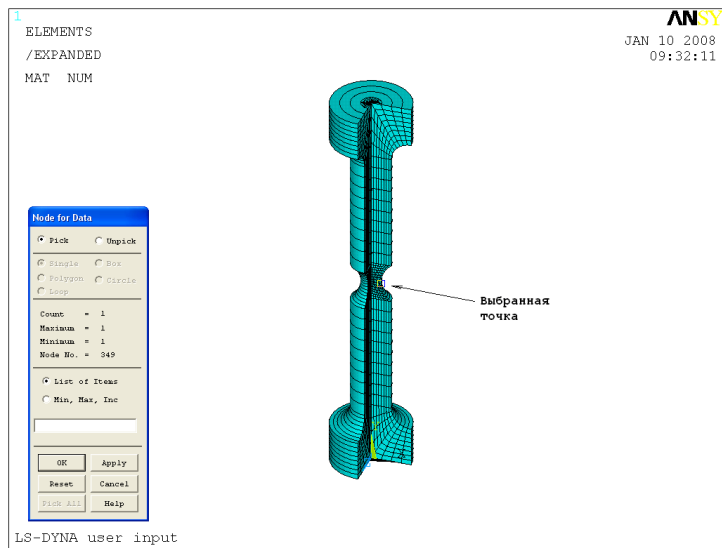
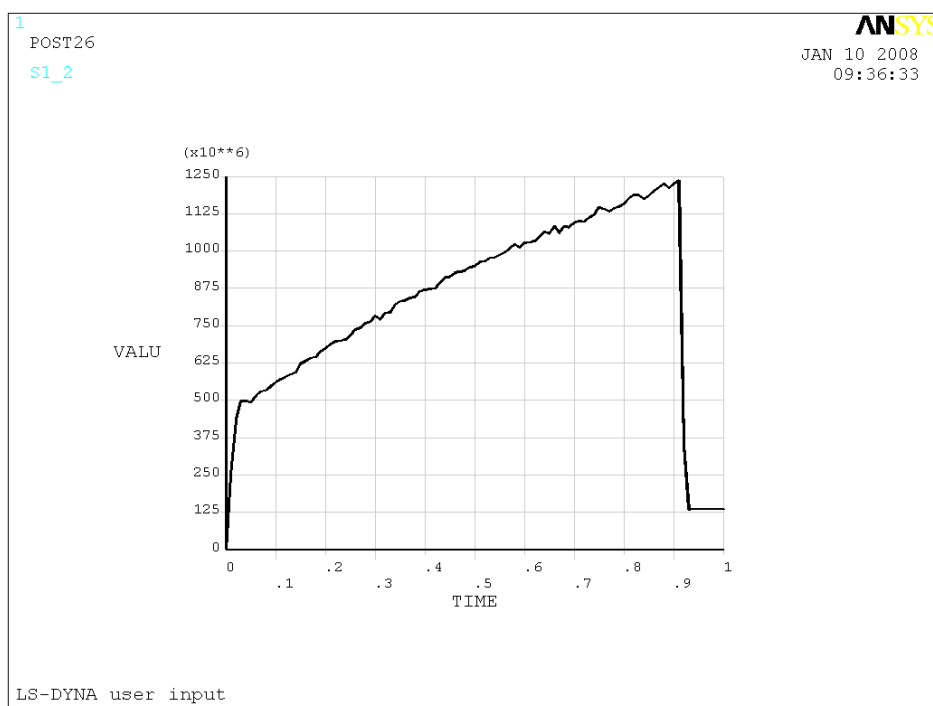


Рисунок 104. Выбор узловой точки для построения графика



**Рисунок 105. График изменения первого главного напряжения на дне
выточки**

Шаг 6. Создание k-файла модели

Для того, чтобы скорректировать данную модель с помощью средств LS-DYNA, необходимо создать *k*-файл. Это выполняется с помощью пункта меню:

Main Menu > Solution > Write Jobname.k

При использовании данного пункта меню появляется окно **Input files to be Written for LS-DYNA** (Рисунок 106). Далее выполняем следующие действия:

- В раскрывающемся списке **Write results files for...** можно оставить раздел **ANSYS**, указанный «по умолчанию». Позже это значение будет откорректировано в LS-PREPOST.
- В разделе **Write input files to...** с помощью кнопки **Browse...** и вспомогательного окна **Write input files to...** указываем папку (например *C:\example1*) и имя *k*-файла (например, *example1.k*), в который будет осуществляться запись данных.
- Нажимаем кнопку **OK** в окне **Write input files to....**

- Затем нажимаем кнопку **OK** в окне *Input files to be Written for LS-DYNA*.
- Далее необходимо ознакомиться с содержанием текстового окна *EDWRITE Command* и закрыть его (Рисунок 107).

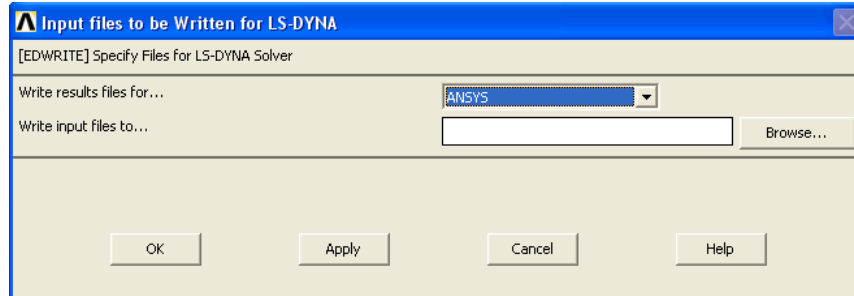


Рисунок 106. Окно *Input files to be Written for LS-DYNA*

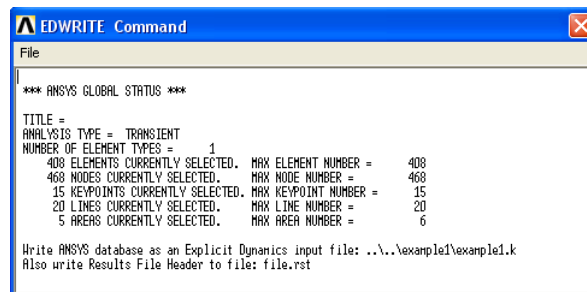


Рисунок 107. Текстовое окно *EDWRITE Command*

Пример 2. Распределение главных напряжений в криволинейном листе рессоры при высокоскоростном деформировании

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла

Utility Menu > File > Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно *Resume DataBase*. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example2*), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, *example2.db*) в списке *Resume DataBase From*, в котором хранится вторая созданная модель.

Шаг 2. Определение времени остановки решения задачи

Main Menu> Solution> Time Controls> Solution Time

При использовании данного пункта меню появляется окно *Solution Time for LS_DYNA Explicit*. Далее выполняем следующие действия:

- Раздел *TIME*. Вносим значение *1* (с).
- Нажимаем кнопку *OK*.

Шаг 3. Решение задачи

Main Menu> Solution> Solve

При использовании данного пункта меню появляется два окна. Далее выполняем следующие действия:

- Закрываем окно */STATUS Command*, содержащее служебную информацию о решаемой задаче.
- Нажимаем кнопку *OK* во втором окне (*Solve Current Load Step*).


З а м е ч а н и е! Появляется окно *C:\WINDOWS\system32\cmd.exe*, в котором отображается изменение времени с указанным равномерным шагом. Решение продолжается приблизительно 2.3 часа на одноядерном компьютере до появления информационного сообщения *Solution is done!*

Шаг 4. Просмотр изменения полей первого главного напряжения

При просмотре полей деформаций следует воспользоваться пунктом главного меню:

Main Menu> General Postproc> Result Viewer

При использовании этого пункта меню появится окно *Result Viewer* (Рисунок 108). Далее следует:

- В первом раскрывающемся меню выбрать параметр, распределение которого будет отображаться. Например выбираем раздел *Nodal Solution> Stress> 1st Principal stress*.
- Далее необходимо нажать кнопку  *Plot Results*
- С помощью полосы прокрутки установить для какого времени (для данного примера в интервале от *0* до *1* с.) необходимо просмотреть результаты (Рисунок 109).

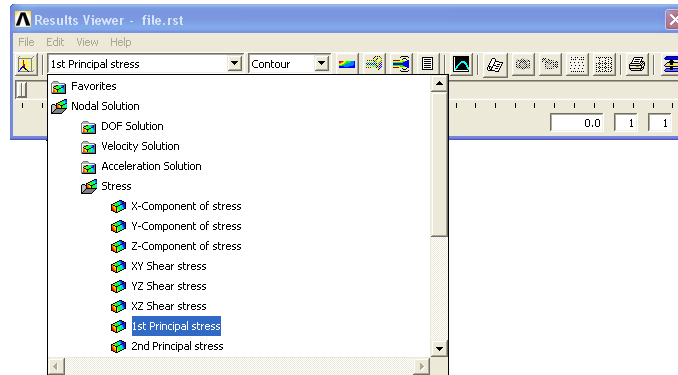


Рисунок 108. Окно *Result Viewer* с компонентами раскрывающегося меню

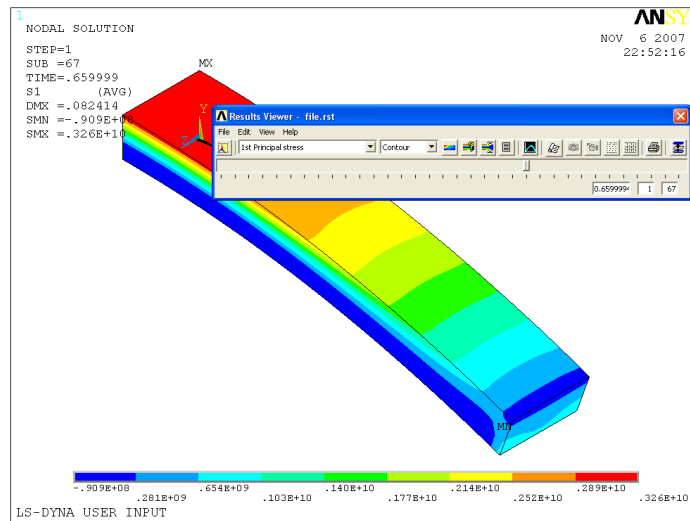


Рисунок 109. Распределение первого главного напряжения

Шаг 5. Создание *k*-файла модели

Для того, чтобы скорректировать данную модель с помощью средств LS-DYNA, необходимо создать *k*-файл. Это выполняется с помощью пункта меню:

Main Menu > Solution > Write Jobname.k

При использовании данного пункта меню появляется окно *Input files to be Written for LS-DYNA*. Далее выполняем следующие действия:

- В раскрывающемся списке *Write results files for...* можно оставить раздел *ANSYS*, установленный «по умолчанию».
- В разделе *Write input files to...* с помощью кнопки *Browse...* и вспомогательного окна *Write input files to...* указываем папку (директорию) и имя *k*-файла (*example2.k*), в который будет осуществляться запись данных.

- Нажимаем кнопку **OK** в окне *Write input files to....*
- Затем нажимаем кнопку **OK** в окне *Input files to be Written for LS-DYNA*.
- Далее необходимо ознакомиться с содержанием текстового окна *EDWRITE Command* и закрыть его.

Пример 3. Пробивание пульей композиционной брони

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла

Utility Menu> File> Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно *Resume DataBase*. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example3*), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, *example3.db*) в списке *Resume DataBase From*, в котором хранится вторая созданная модель.

Шаг 2. Определение времени остановки решения задачи

Main Menu> Solution> Time Controls> Solution Time

При использовании данного пункта меню появляется окно *Solution Time for LS_DYNA Explicit*. Далее выполняем следующие действия:

- Раздел *TIME* вводим значение **0.0001** (с).
- Нажимаем кнопку **OK**.

Шаг 3. Решение задачи

Main Menu> Solution> Solve

При использовании данного пункта меню появляется два окна. Далее выполняем следующие действия:

- Закрываем окно */STATUS Command*, содержащее служебную информацию о решаемой задаче.
- Нажимаем кнопку **OK** во втором окне (*Solve Current Load Step*).


З а м е ч а н и е! Появляется окно *C:\WINDOWS\system32\cmd.exe* в котором отображается изменение времени с указанным равномерным шагом. Решение продолжается приблизительно 30 секунд на

однойдерном компьютере до появления информационного сообщения *Solution is done!* Данное окно следует закрыть.

Шаг 4. Просмотр полей вертикальных перемещений

Main Menu > General Postproc > Result Viewer

При использовании этого пункта меню появится окно *Result Viewer* (Рисунок 110). Далее следует:

- В первом раскрывающемся меню выбрать пункт *Nodal Solution > DOF Solution > Y-Component of displacement*.
- Далее необходимо нажать кнопку *Plot Results* .
- С помощью полосы прокрутки установить для какого времени (в интервале от 0 до 0.0001 с.) необходимо просмотреть результаты.
- В частности можно установить, что начало разрушения оболочки пули произошло приблизительно на $6.99e-006$ с. За это время пуля пролетела расстояние (0.01 м) до внешней границы первого бронелиста (Рисунок 111).

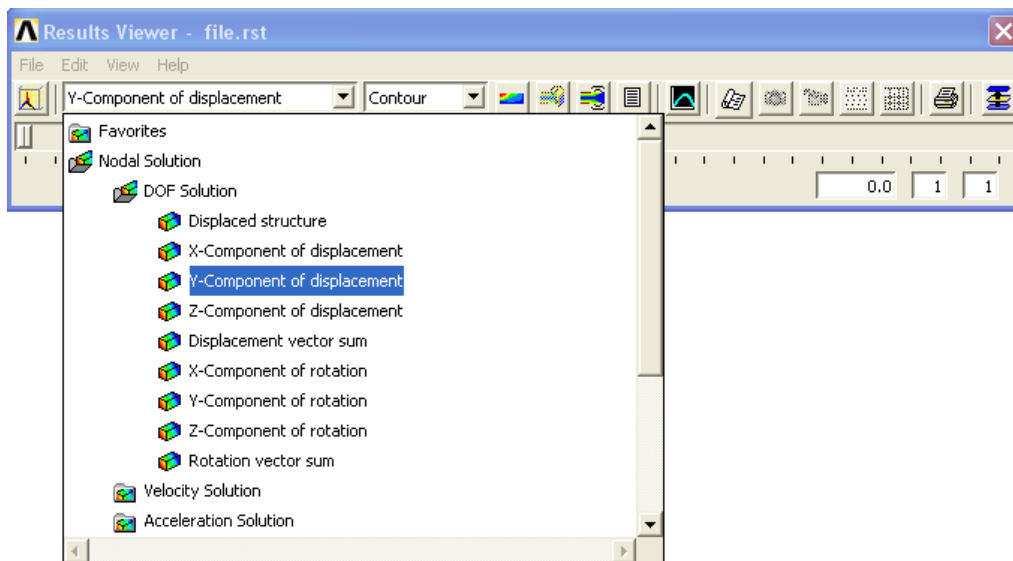


Рисунок 110. Окно *Result Viewer* с компонентами раскрывающегося меню

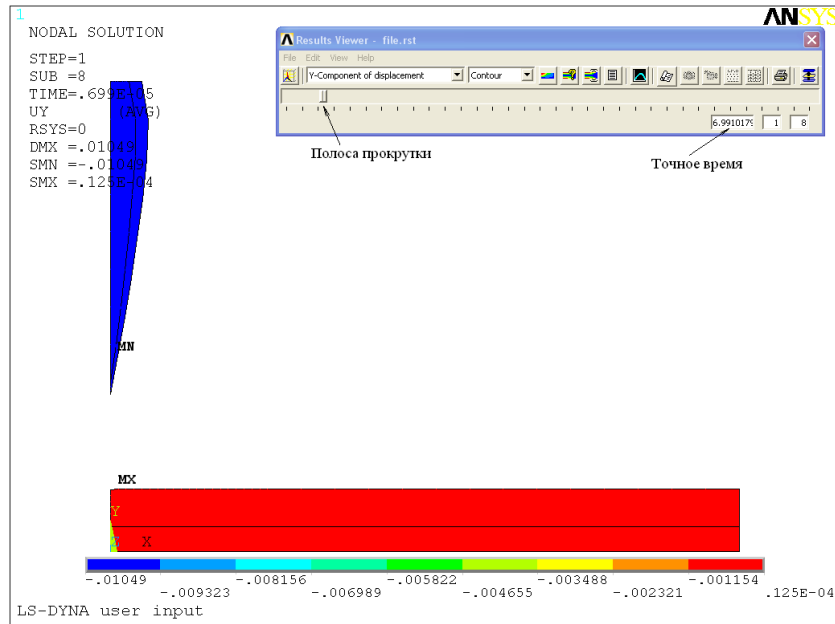





Рисунок 111. Перемещение пули

Шаг 5. Просмотр объемной (осесимметричной) картины распределения первых главных напряжений

В окне **Result Viewer** необходимо использовать следующий пункт раскрывающегося меню (Рисунок 112):

View> Expanded Model> 2D Axi-Symmetric Expansion

После использования данного пункта появляется окно **2D Axi-Symmetric Expansion**, в котором необходимо выбрать пункт **3/4 expansion** и нажать кнопку **OK**. Далее следует нажать кнопку **Isometric View**  и несколько раз кнопку **Zoom In**  на боковой панели. Кроме того, в первом раскрывающемся списке необходимо выбрать пункт **1st Principal Stress** и нажать кнопку **Plot Results** .

После этого необходимо ознакомиться с распределением полей напряжений (Рисунок 113) и затем закрыть окно **Result Viewer**.

З а м е ч а н и е! К сожалению в данном примере при просмотре полей любого рода проявляется некоторая неадекватность отображения взаимного расположения пули и брони. Видно, как расширяется со временем отверстие в броне, как уничтожается покрытие на пуле. Однако сама пуля продолжает находится над бронелистом, визуально не

контактируя с броней (Рисунок 113). Этот недостаток будет ликвидирован при просмотре результатов решения в LS-PREPOST.

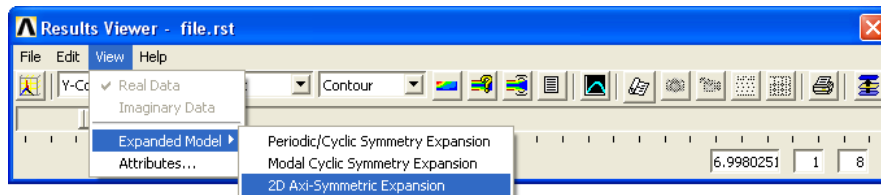


Рисунок 112. Пункт *2D Axi-Symmetric Expansion* окна *Result Viewer*

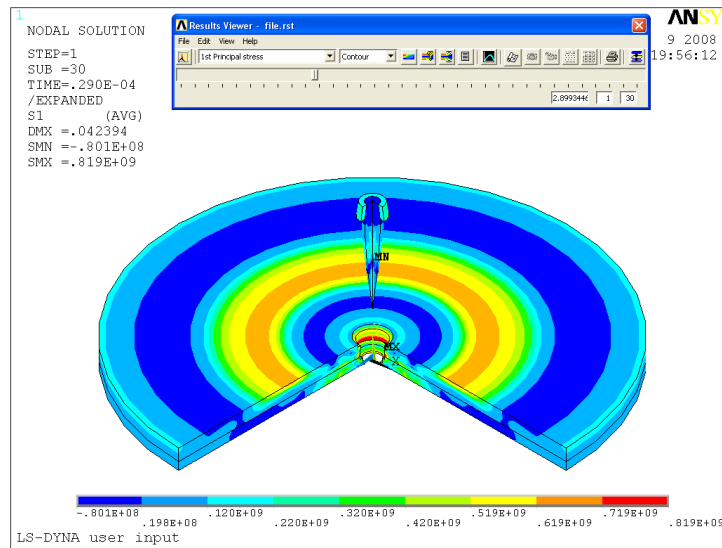


Рисунок 113. Разрушение композиционного бронелиста бронебойной пулей в момент времени $2.89934469038E-5$

Шаг 6. Создание *k*-файла модели

Для того чтобы скорректировать данную модель с помощью средств LS-PREPOST необходимо создать *k*-файл. Это выполняется с помощью пункта меню:

Main Menu > Solution > Write Jobname.k

При использовании данного пункта меню появляется окно *Input files to be Written for LS-DYNA*. Далее выполняем следующие действия:

- В раскрывающемся меню *Write results files for...* можно оставить раздел *ANSYS*, указанный «по умолчанию».
- В разделе *Write input files to...* с помощью кнопки *Browse...* и вспомогательного окна *Write input files to...* указываем папку (директорию) и имя *k*-файла (например *example3.k*), в который будет осуществляться запись данных.

- Нажимаем кнопку **OK** в окне *Write input files to....*
- Затем нажимаем кнопку **OK** в окне *Input files to be Written for LS-DYNA*.
- Далее необходимо ознакомиться с содержанием текстового окна *EDWRITE Command* и закрыть его.

Пример 4. Деформирование конической оболочки

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла

Utility Menu> File> Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно *Resume DataBase*. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example4*), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, *example4.db*) в списке *Resume DataBase From*, в котором хранится вторая созданная модель.

Шаг 2. Определение времени остановки решения задачи

Main Menu> Solution> Time Controls> Solution Time

При использовании данного пункта меню появляется окно *Solution Time for LS_DYNA Explicit*. Далее выполняем следующие действия:

- В разделе *TIME* задаем значение *1* (с).
- Нажимаем кнопку **OK**.

Шаг 3. Решение задачи

Main Menu> Solution> Solve

При использовании данного пункта меню появляется два окна. Далее выполняем следующие действия:

- Закрываем окно */STATUS Command*, содержащее служебную информацию о решаемой задаче.
- Нажимаем кнопку **OK** во втором окне (*Solve Current Load Step*).

З а м е ч а н и е! Появляется окно *C:\WINDOWS\system32\cmd.exe*, в котором отображается изменение времени с указанным равномерным шагом. Решение продолжается приблизительно 3.5 минуты на


однойдерном компьютере до появления информационного сообщения *Solution is done!* Данное окно следует закрыть.

Шаг 4. Просмотр полей вертикальных перемещений

При просмотре полей деформаций следует воспользоваться пунктом главного меню:

Main Menu > General Postproc > Result Viewer

При использовании этого пункта меню появится окно **Result Viewer**. Далее следует:

- В первом раскрывающемся меню выбрать параметр, распределение которого будет отображаться. Например выбираем раздел **Nodal Solution > DOF Solution > Displacement vector sum**.
- Далее необходимо нажать кнопку **Plot Results** .
- С помощью полосы прокрутки установить время, для которого необходимо просмотреть результаты (Рисунок 114).

З а м е ч а н и е! Можно установить, что результаты решения задачи (в частности, суммарное перемещение) неадекватно отображаются Result Viewer в ANSYS/LS-DYNA.

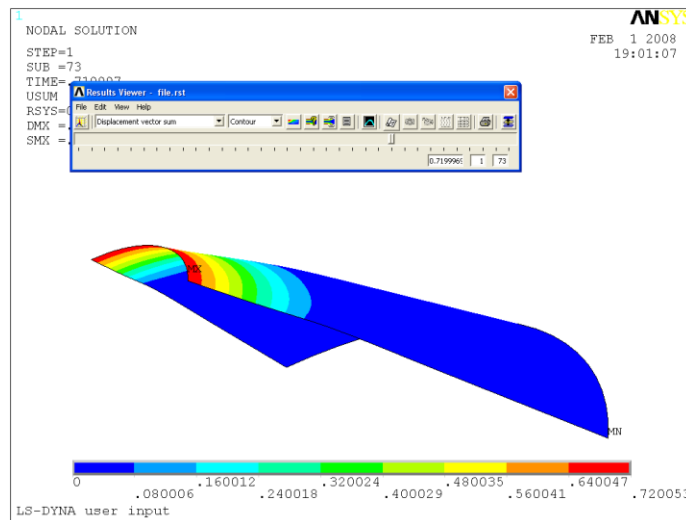


Рисунок 114. Распределение суммарных перемещений в оболочке

Шаг 5. Создание k-файла модели

Для того чтобы скорректировать данную модель с помощью средств LS-PREPOST необходимо создать *k*-файл. Это выполняется с помощью пункта меню:

Main Menu> Solution> Write Jobname.k

При использовании данного пункта меню появляется окно **Input files to be Written for LS-DYNA**. Далее выполняем следующие действия:

- В раскрывающемся меню **Write results files for...** необходимо выбрать раздел **LS-DYNA** либо **ANSYS and LS-DYNA**.
- В разделе **Write input files to...** с помощью кнопки **Browse...** и вспомогательного окна **Write input files to...** указываем папку (директорию) и имя *k*-файла (например *example4.k*), в который будет осуществляться запись данных.
- Нажимаем кнопку **OK** в окне **Write input files to....**
- Затем нажимаем кнопку **OK** в окне **Input files to be Written for LS-DYNA**.
- Далее необходимо ознакомиться с содержанием текстового окна **EDWRITE Command** и закрыть его.

Пример 5. Деформация каркаса при динамических воздействиях на основание

Шаг 1. Чтение существующей модели из db-файла

Uteliy Menu> File> Resume from...

При использовании пункта меню утилит появляется окно **Resume DataBase**. В этом случае последовательность действий, связанная с выбором логического диска, папки (например, *C:\example5*), в которой хранится уже созданный файл полностью изложены ранее, однако в данном случае необходимо выбрать другой файл (например, *example5.db*) в списке **Resume DataBase From**, в котором хранится вторая созданная модель.

Шаг 2. Определение времени остановки решения задачи

Main Menu> Solution> Time Controls> Solution Time

При использовании данного пункта меню появляется окно **Solution Time for LS_DYNA Explicit** (Рисунок 115). Далее выполняем следующие действия:

- В разделе **TIME** вводим значение **10** (с).
- Нажимаем кнопку **OK**.

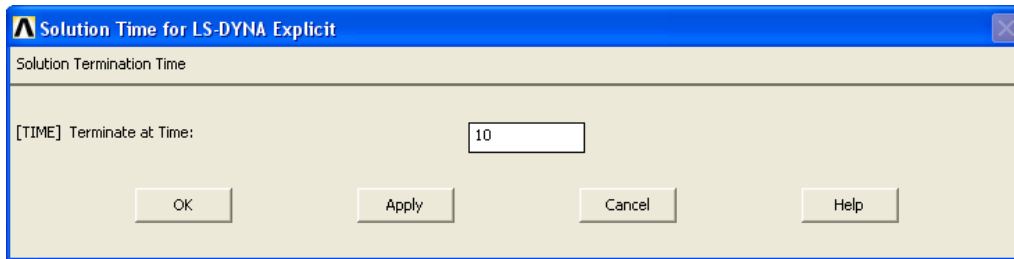


Рисунок 115. Окно *Solution Time for LS_DYNA Explicit*

Шаг 3. Решение задачи

Main Menu> Solution> Solve

При использовании данного пункта меню появляется два окна. Далее выполняем следующие действия:


- Закрываем окно */STATUS Command*, содержащее служебную информацию о решаемой задаче.
- Нажимаем кнопку **OK** во втором окне (*Solve Current Load Step*).

З а м е ч а н и е! Появляется окно *C:\WINDOWS\system32\cmd.exe*, в котором отображается изменение времени с указанным равномерным шагом. Решение продолжается приблизительно 30 секунд на одноядерном компьютере до появления информационного сообщения *Solution is done!*

Шаг 4. Просмотр полей суммарных перемещений

Main Menu> General Postproc> Result Viewer

При использовании этого пункта меню появится окно *Result Viewer* (Рисунок 116). Далее следует:

- В первом раскрывающемся меню выбрать параметр, распределение которого будет отображаться. Например, выбираем раздел **Nodal Solution> DOF Solution> Displacement vector sum** (Рисунок 116).
- Далее необходимо нажать кнопку **Plot Results** .

- С помощью полосы прокрутки установить, для какого времени (для данного примера в интервале от 0 до 10 с.) необходимо просмотреть результаты (Рисунок 117).

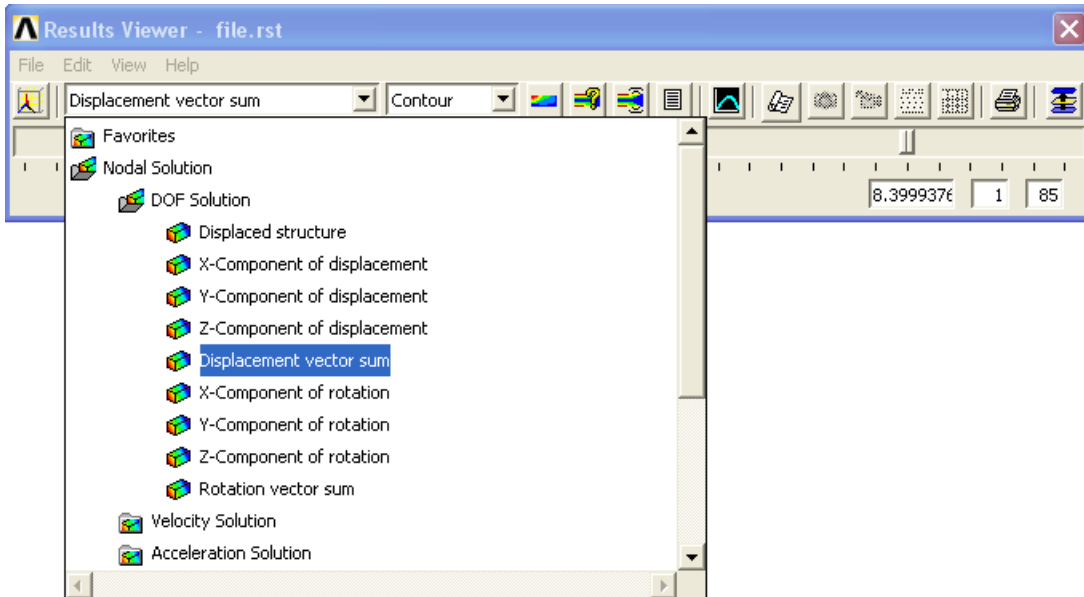


Рисунок 116. Окно *Result Viewer* с компонентами раскрывающегося меню

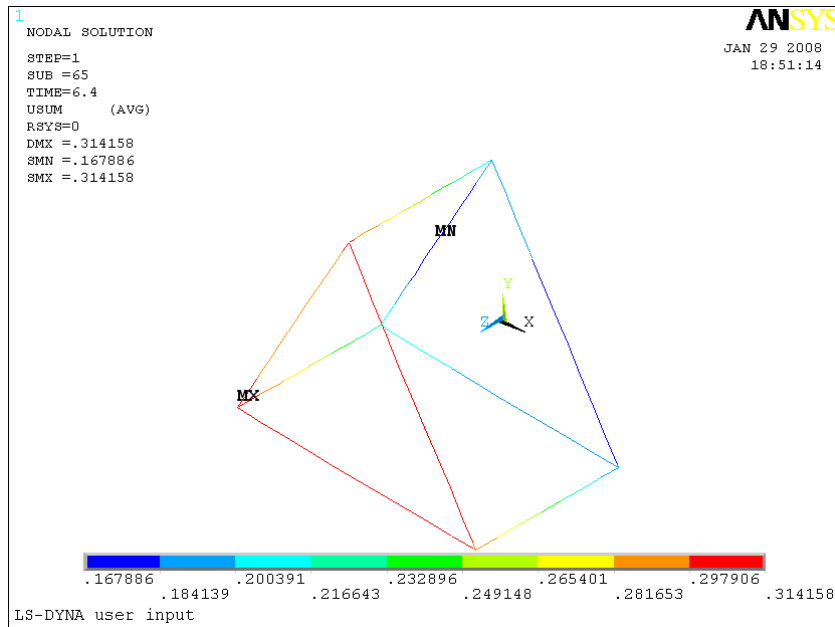


Рисунок 117. Перемещение каркаса при действии нагрузок, имитирующих несогласованное перемещение земной коры в точках опоры каркаса (время равно 6.4 с)

Шаг 5. Создание *k*-файла модели

Для того чтобы скорректировать данную модель с помощью средств LS-PREPOST необходимо создать *k*-файл. Это выполняется с помощью пункта меню:

Main Menu > Solution > Write Jobname.k

При использовании данного пункта меню появляется окно **Input files to be Written for LS-DYNA**. Далее выполняем следующие действия:

- В раскрывающемся меню **Write results files for...** необходимо выбрать раздел **LS-DYNA** либо **ANSYS and LS-DYNA**.
- В разделе **Write input files to...** с помощью кнопки **Browse...** и вспомогательного окна **Write input files to...** указываем папку (директорию) и имя *k*-файла (например **example5.k**), в который будет осуществляться запись данных.
- Нажимаем кнопку **OK** в окне **Write input files to...**
- Затем нажимаем кнопку **OK** в окне **Input files to be Written for LS-DYNA**.
- Далее необходимо ознакомиться с содержанием текстового окна **EDWRITE Command** и закрыть его.

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

Ограничения и нагрузки в ANSYS /LS-DYNA	3
Общие сведения.....	3
Создание «группы» (<i>part</i>) элементов модели.....	4
Создание «сборки» (<i>assembly</i>) элементов модели из существующих «групп» (<i>parts</i>)	8
Приложение динамических нагрузок.....	9
Определение изменения нагрузки во времени с помощью массивов	9
Определение нагрузки с помощью кривой нагружения	11
Приложение заданной нагрузки к созданной «составной части» (<i>component</i>) или «группе» (<i>part</i>)	12
Определение ограничений	14
Ограничение перемещений, скоростей и ускорений на линиях	14
Ограничение перемещений, скоростей и ускорений на поверхностях.....	15
Ограничение перемещений, скоростей и ускорений в узловых точках конечно-элементной сетки.....	16
Задание начальной скорости	16
Начальная скорость «составной части» (<i>component</i>) или узловой точки относительно глобальной Декартовой системы координат.....	17
Определение начальной скорости для «составной части» (<i>component</i>) или узловой точки относительно произвольной оси	18
Определение начальной скорости «группы» (<i>part</i>) или «сборки» (<i>assembly</i>).....	18
Задание ускорения в глобальной системе координат.....	20
Решение контактных задач.....	21
Просмотр ограничений и нагрузок, используемых в модели.....	23
Просмотр списков ограничений на линиях, на поверхностях и в узловых точках	23
Просмотр списка начальных скоростей «составных частей» (<i>component</i>) или узловых точек.....	24
Просмотр списка начальных скоростей «групп» (<i>part</i>) или «сборок» (<i>assembly</i>).....	25
Средства отображения контактов модели	26
Средства отображения приложенных нагрузок в ANSYS/LS-DYNA	27
Удаление созданных ограничений и нагрузок	30
Удаление ограничений.....	30
Удаление приложенной нагрузки	31

Удаление существующих кривых	33
Удаление начальной скорости	34
Удаление ускорения в глобальной системе координат	35
Удаление контактов	35
Примеры задания нагрузок и ограничений на компонентах конечноэлементных моделей	36
Пример 1. Осевое растяжение цилиндрического образца с концентратором	36
Пример 2. Задание ограничений и приложение динамической нагрузки, действующей на криволинейный лист рессоры	44
Пример 3. Взаимодействие пули и композиционной брони	57
Пример 4. Деформирование конической оболочки	64
Пример 5. Деформация каркаса при динамических воздействиях на основание	75
Решение поставленных задач и просмотр результатов в ANSYS/LS- DYNA.....	85
Решение задач	85
Определение времени остановки решения задачи	85
Решение задачи	85
Создание k-файла модели	86
Средства просмотра результатов решения задач в ANSYS/LS-DYNA	87
Использование <i>Result Viewer</i>	87
Просмотр результатов решения для фиксированного шага (по времени)	95
Решение примеров и просмотр результатов в ANSYS/LS-DYNA.	
Средства обмена между ANSYS/LS-DYNA и LS-PREPOST	101
Пример 1. Распределение напряжений в сечении цилиндрического образца с концентратором при осевом растяжении	101
Пример 2. Распределение главных напряжений в криволинейном листе рессоры при высокоскоростном деформировании	107
Пример 3. Пробивание пуль композиции брони	110
Пример 4. Деформирование конической оболочки	114
Пример 5. Деформация каркаса при динамических воздействиях на основание	116
Литература.....	120