

Министерство образования Республики Беларусь  
Белорусский государственный университет

**А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк, А.И. Кравчук**

**Электронная библиотека механики и физики.  
Лекции по ANSYS с примерами решения задач  
в пяти частях**

Часть 2.

**Средства отображения и редактирования геометрических компонентов  
твердотельной модели.  
Примеры создания твердотельных моделей средствами ANSYS для  
решения физических задач**

Минск  
2013

УДК 531/534:004.4(075.8)(076.1)

Решение о депонировании документа вынес  
совет механико-математического факультета (протокол № 6 от 07.05.2013 г.)

Авторы:

**А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк, 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.

**Кравчук А. С.** 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. Часть 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.

Данный раздел курса лекций посвящен средствам отображения и редактирования геометрических компонентов твердотельных моделей. В лекциях по второй части рассматриваются примеры построения твердотельных моделей средствами ANSYS для решения в последующем физических задач на ANSYS 10 ED.

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

## Средства отображения компонентов модели


### Списки компонент

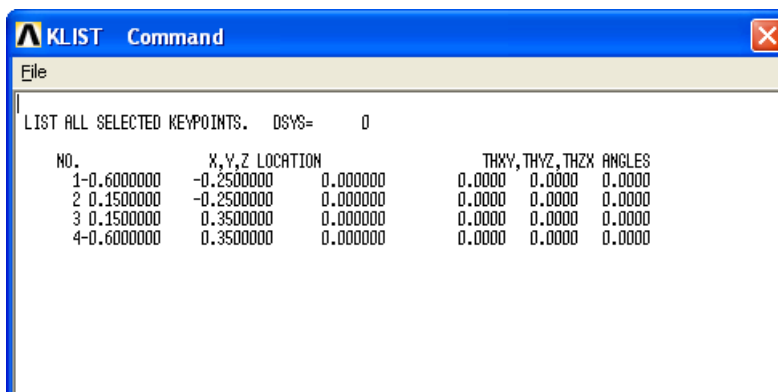
Необходимо отметить, что модели в ANSYS достаточно сложны. Обычно, после выполнения уже нескольких первых шагов, даже автор модели не сможет запомнить номера всех компонентов. Тем более, если между созданием модели и ее редактированием прошло определенное время. Однако, как правило, выбор компонентов для редактирования выполняется исходя из их порядковых номеров. Для облегчения возможности доступа к компонентам существующей модели в ANSYS предусмотрены достаточно широкие возможности для вывода списка компонентов модели в сочетании с их порядковыми номерами.

*Команда и пункты меню утилит для вывода списка всех ключевых точек*

*Первый пункт меню утилит*

***Utility Menu > List > Keypoints > Coordinates only***

При его использовании появится окно ***KLIST Command*** (Рисунок 1) содержащее список номеров точек и их пространственных координат. Закрытие окна после ознакомления с информацией осуществляется либо с использованием меню ***File*** этого окна - необходимо выбрать пункт ***Close*** либо нажатием кнопки  этого же окна



**Рисунок 1. Список ключевых точек**

*Второй пункт меню утилит*

***Utility Menu > List > Keypoints > Coordinates + Attributes***

При его использовании появится окно ***KLIST Command*** содержащее список номеров точек, их пространственные координаты и атрибуты.

*Третий пункт меню утилит*

***Utility Menu > List > Keypoints > Hard Points***

Действия при работе с этим пунктом меню аналогичны указанному в первом пункте меню утилит.

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***KLIST, NP1, NP2, NINC, Lab***

где:

- ***NP1*** - номер первой выводимой ключевой точки. Если он равен ***ALL***, то выводятся все точки, а два последующих параметра игнорируются. Если данный параметр равен ***P***, то пользователь должен выбрать на экране точки, отображаемые в списке. В этом случае все остальные параметры команды игнорируются.
- ***NP2*** - номер последней выводимой ключевой точки.
- ***NINC*** – шаг, с которым изменяются номера выводимых ключевых точек.
- ***Lab*** – параметр, задающий, какая информация о точках выводится. Если он не указан, то «по умолчанию» выводится вся информация о точках, если он равен ***COORD***, то выводятся только координаты точек, остальная информация опускается, если он равен ***HPT***, то выводятся только постоянные точки.

***З а м е ч а н и е!*** Первый пункт меню соответствует команде ***KLIST*** с параметром ***NP1*** равным ***ALL*** и параметром ***Lab*** равным ***COORD***. Второй пункт меню соответствует команде ***KLIST*** с параметром ***NP1*** равным ***ALL*** и опущенным параметром ***Lab***. Третий пункт меню соответствует команде ***KLIST*** с параметром ***NP1*** равным ***ALL*** и параметром ***Lab*** равным ***HPT***.

Команда и пункт меню для вывода списка всех линий

Пункт меню утилит

**Utility Menu > List > Lines**

При его использовании появится окно **LLIST Listing Format** (Рисунок 2) содержащее список возможных параметров, которые должны быть отражены для всех линий. Выбор выполняется «мышью». После этого необходимо подтвердить процесс завершения выбора нажатием кнопки **OK** или **Apply**.

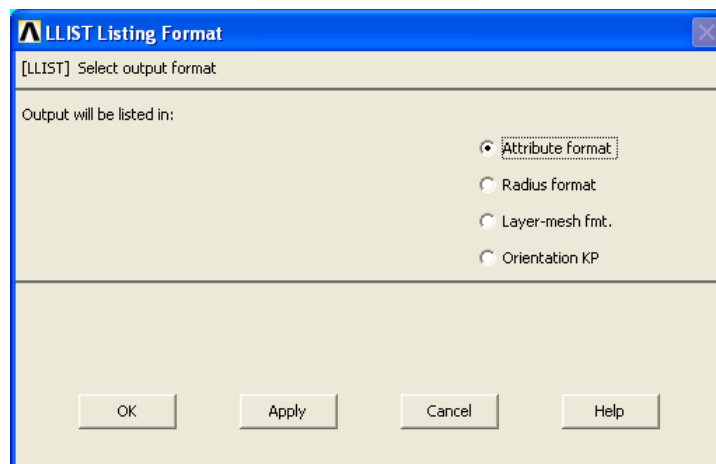



Рисунок 2. Диалоговое окно настройки списка линий

При его использовании появится окно **LLIST Command** (Рисунок 3) содержащее список номеров линий и их параметров. Закрытие окна после ознакомления с информацией осуществляется либо с использованием меню **File** этого окна (необходимо выбрать пункт **Close**) либо нажатием кнопки  этого же окна

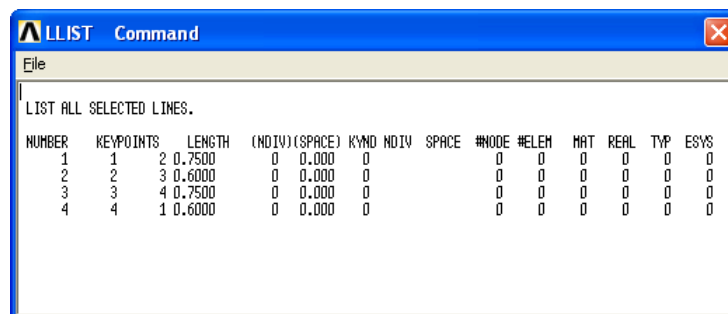


Рисунок 3. Список линий

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***LLIST, NL1, NL2, NINC, Lab***

где

- ***NL1*** - Номер первой выводимой линии. Если он равен ***ALL***, то выводятся все линии, а два последующих параметра игнорируются. Если данный параметр равен ***P***, то пользователь должен выбрать на экране линии, которые будут отображаться в списке. В этом случае все остальные параметры команды игнорируются.
- ***NL2*** - номер последней выводимой линии.
- ***NINC*** – шаг, с которым изменяются номера выводимых линий.
- ***Lab*** – параметр, задающий, какая информация о линиях выводится, если он не указан, то «по умолчанию» выводится вся информация, если он равен ***RADIUS***, то выводятся величины радиусов для дуг и окружностей, если он равен ***HPT*** то выводятся только линии, содержащие постоянные точки.


***З а м е ч а н и я! Первый пункт меню утилит соответствует команде LLIST с параметром NL1, равным ALL.***

*Команда и пункт меню для вывода списка всех поверхностей*

*Пункт меню утилит*

Для того чтобы вывести список всех поверхностей, используемых в модели, следует использовать пункт меню утилит:

***Utility Menu> List> Areas***

При его использовании появится окно ***ALIST Command*** (Рисунок 4) содержащее список номеров поверхностей и их параметров. Закрытие окна после ознакомления с информацией осуществляется либо с использованием меню ***File*** этого окна - необходимо выбрать пункт ***Close*** либо нажатием кнопки  этого же окна.

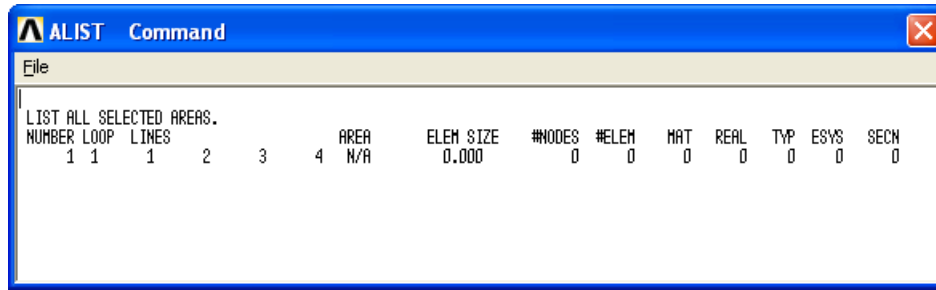


Рисунок 4. Список поверхностей

### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

*ALIST, NA1, NA2, NINC, Lab*

где

- *NA1* – Номер первой выводимой поверхности. Если он равен *ALL*, то выводятся все поверхности, а два последующих параметра игнорируются. Если данный параметр равен *P*, то пользователь должен выбрать на экране поверхности, отображаемые в списке. В этом случае все остальные параметры команды игнорируются.
- *NA2* – номер последней выводимой поверхности.
- *NINC* – шаг, с которым изменяются номера выводимых поверхностей.
- *Lab* - параметр задающий, информация о каких поверхностях выводится. Если он не указан, то «по умолчанию» выводится информация о всех поверхностях, если он равен *HPT*, то выводятся только поверхности с которыми связаны постоянные точки.


**З а м е ч а н и е!** Первый пункт соответствует команде *ALIST* с параметром *NA1* равным *ALL*.

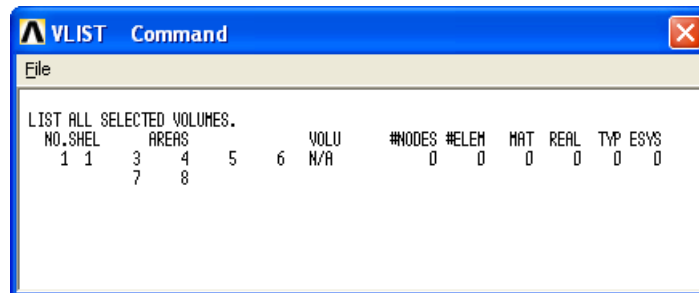
Команда и пункты меню для вывода списка всех объемов

### Пункт меню утилит

Для того, чтобы вывести список всех объемов, используемых в модели следует использовать пункт меню утилит:

*Utility Menu > List > Volumes*

При его использовании появится окно *VLIST Command* (Рисунок 5) содержащее список номеров объемов и их параметров. Закрытие окна после ознакомления с информацией осуществляется либо с использованием меню *File* этого окна - необходимо выбрать пункт *Close* либо нажатием кнопки  этого же окна.



**Рисунок 5. Список объемов**

#### *Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

*ALIST, NA1, NA2, NINC*

где

- *NV1* - Номер первого выводимого объема. Если он равен ALL, то выводятся все объемы, а два последующих параметра игнорируются. Если данный параметр равен P, то пользователь должен выбрать на экране объемы отображаемые в списке. В этом случае все остальные параметры команды игнорируются.
- *NV2* - номер последнего выводимого объема.
- *NINC* - шаг с которым изменяются номера выводимых объемов.

***З а м е ч а н и е!*** Первый пункт соответствует команде *VLIST* с параметром *NV1* равным *ALL*.

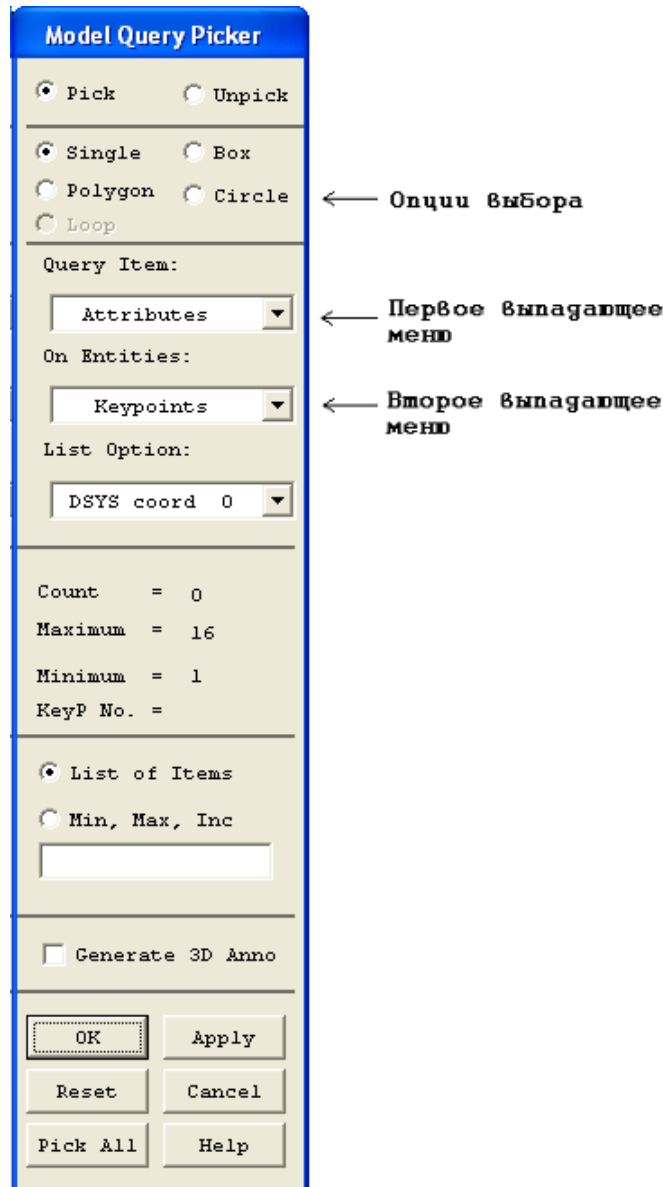
*Средства создания выборочного списка компонент и их необходимых атрибутов*

#### *Utility Menu > List > Picked Entities*

При использовании этого пункта меню перед пользователем появляется окно выбора *Model Query Picker* (Рисунок 6). В разделе опций выбора



следует установить способ выбора: *Single* – соответствует индивидуальному выбору компонентов определенного ниже типа (помечается ближайший к курсору «мышь» компонент), *Box* – выбор компонентов с помощью растягивающегося прямоугольника (необходимо указать мышью левый верхний и правый нижний углы), *Polygon* – выбор компонентов с помощью прямоугольника, *Circle* – выбор компонентов с помощью круга. В первом выпадающем меню *Query Item* следует установить параметры компонентов, которые необходимо отобразить в создаваемом списке. Если пользователя интересуют атрибуты компонентов, то необходимо выбрать пункт *Attributes*. Если расстояние между двумя выбранными ключевыми точками, то необходимо выбрать пункт *Distance Betw* и т.д. Во втором выпадающем меню *On Entities* в качестве списка возможных вариантов для определения типа компонентов, присутствуют только те компоненты, которые уже созданы к моменту использования рассматриваемого пункта меню и допускающие определение параметра, указанного в *Query Item*. Например, если создана поверхность и в *Query Item* выбран пункт *Attributes*, то в списке выпадающего меню *On Entities* будут присутствовать поверхности, линии, точки. Но если в *Query Item* выбран пункт *Distance Betw*, то во втором выпадающем меню *On Entities* будут присутствовать только ключевые точки.



**Рисунок 6. Диалоговое окно выбора компонент для списка**

### **Команды для отрисовки компонент модели**

Список компонент хотя и дает некоторую информацию, однако, далеко не полную. Иногда пользователю необходимо увидеть (вспомнить или впервые ознакомиться) какой именно компонент подразумевается под определенным номером. Для этого в ANSYS предусмотрены команды отрисовки отдельно взятых компонент. При этом любые действия для редактирования изображений запрещены.

*Команда для отображения на экране выбранных ключевых точек*

*Первый пункт меню утилит*

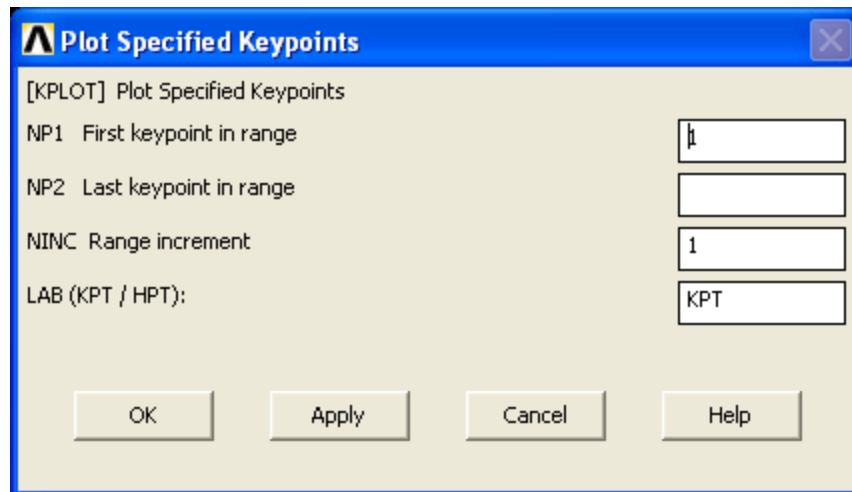
***Utility Menu > Plot > Keypoints > Keypoints***

При использовании данного пункта на рабочей плоскости отображаются только все ключевые точки.

*Второй пункт меню утилит для выборочного отображения ключевых точек*

***Utility Menu > Plot > Specified Entities > Keypoints***

При выборе данного пункта меню появляется диалоговое окно ***Plot Specified Keypoints*** (Рисунок 7). После указания параметров необходимо нажать кнопку ***OK*** или ***Apply***.



**Рисунок 7. Диалоговое окно выборочного отображения ключевых точек:**

***NP1*** – поле ввода номера первой выводимой ключевой точки; ***NP2*** - поле ввода номера последней выводимой ключевой точки; ***NINC*** - поле ввода шага, с которым изменяются номера выводимых ключевых точек; ***LAB*** - метка поля ввода параметра задающего, отображаются ключевые («по умолчанию») или постоянные точки

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***KPLOT, NP1, NP2, NINC, LAB***

параметры ***NP1, NP2, NINC, LAB*** описаны выше (Рисунок 7).

***З а м е ч а н и е!*** Указанный выше первый пункт меню соответствует команде с параметром ***NP1*** равным ***ALL*** и опущенным параметром ***Lab***.

*Команда отображения линий*

*Первый пункт меню утилит*

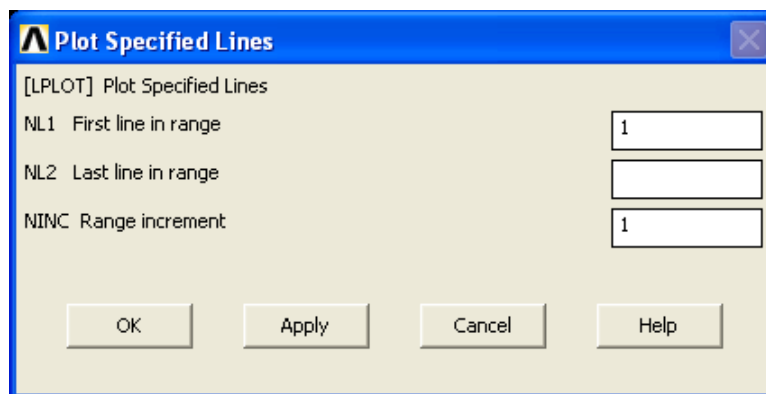
***Utility Menu > Plot > Lines***

При использовании данного пункта на рабочей плоскости отображаются все линии.

*Второй пункт меню утилит для выборочного отображения линий*

***Utility Menu > Plot > Specified Entities > Lines***

При выборе данного пункта меню появляется диалоговое окно ***Plot Specified Lines*** (Рисунок 8). После ввода параметров необходимо нажать кнопку ***OK*** или ***Apply***.



**Рисунок 8.** Диалоговое окно выборочного отображения линий: ***NL1*** – поле ввода номера первой выводимой линии; ***NL2*** – поле ввода номера последней выводимой линии; ***NINC*** – поле ввода величины шага, с которым изменяются номера выводимых линий

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***L*PLOT, *N*L1, *N*L2, *N*INC**

параметры ***N*L1, *N*L2, *N*INC** описаны выше (Рисунок 8).

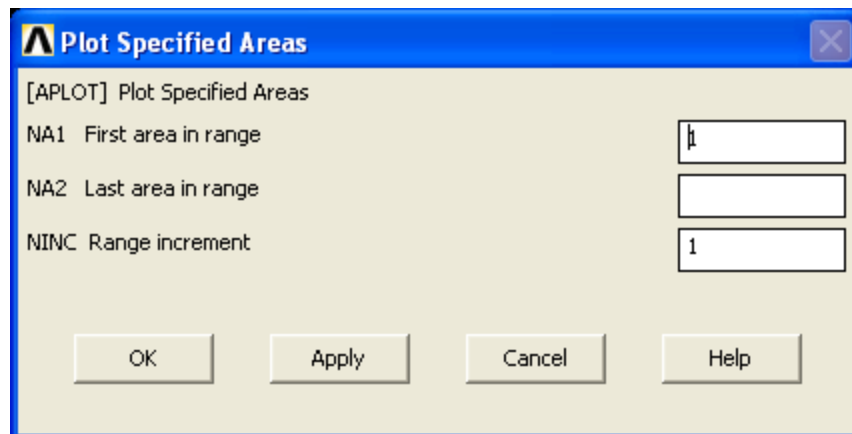
*Команда отображения поверхностей**Первый пункт меню утилит****Utility Menu > Plot > Areas***

При использовании данного пункта на рабочей плоскости отображаются все поверхности.

*Второй пункт меню утилит для выборочного отображения поверхностей*

***Utility Menu > Plot > Specified Entities > Areas***

При выборе данного пункта меню появляется диалоговое окно ***Plot Specified Areas*** (Рисунок 9). После указания параметров необходимо нажать кнопку ***OK*** или ***Apply***.



**Рисунок 9. Диалоговое окно выборочного отображения поверхностей:**  
***NA1*** – поле ввода номера первой выводимой поверхности; ***NA2*** – поле ввода номера последней выводимой поверхности; ***NINC*** – поле ввода величины шага, с которым изменяются номера выводимых поверхностей

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***APLOT, NA1, NA2, NINC***

где ***NA1, NA2, NINC*** - параметры описанные выше (Рисунок 9).

*Команда отображения объемов*

*Первый пункт меню утилит*

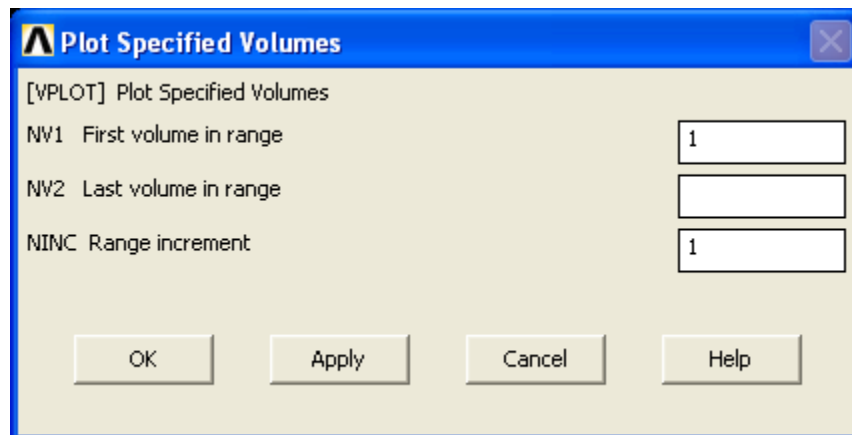
***Utility Menu> Plot> Volumes***

При использовании данного пункта на рабочей плоскости отображаются все объемы.

*Второй пункт меню утилит для выборочного отображения объемов*

***Utility Menu> Plot> Specified Entities> Volumes***

При выборе данного пункта меню появляется диалоговое окно ***Plot Specified Volumes*** (Рисунок 10). После указания параметров необходимо нажать кнопку ***OK*** или ***Apply***.



**Рисунок 10.** Диалоговое окно выборочного отображения объемов: ***NV1*** – поле ввода номера первого выводимого объема; ***NA2*** – поле ввода номера последнего выводимого объема; ***NINC*** – поле ввода величины шага, с которым изменяются номера выводимых объемов

### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**V***PLOT*, *NV1*, *NV2*, *NINC*

где *NA1*, *NA2*, *NINC* - параметры определенные выше (Рисунок 10).

### Выбор активных компонент модели для просмотра и редактирования

В ряде случаев при редактировании компонентов сложной конструкции, особенно внутри сборки, пользователь может столкнуться с необходимостью каким-либо образом выделить этот компонент из конструкции и проводить редактирование исключительно этого компонента.

#### Пункт меню утилит

#### *Utility Menu > Select > Entities*

При использовании данного пункта меню появляется диалоговое окно **Select Entities** (Рисунок 11), которое используется для выбора компонент модели.



**Рисунок 11. Диалоговое окно выбора активных компонент при включенной опцией *By Num/Pick***

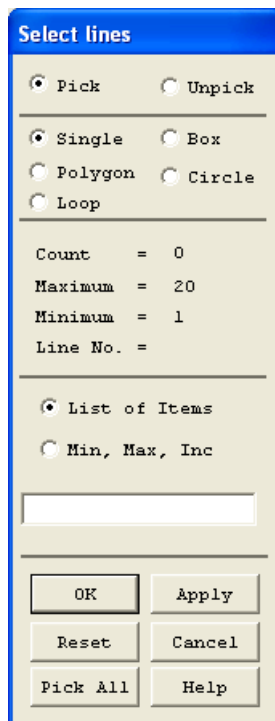
- Для выбора точек в первом сверху выпадающем списке следует выбрать пункт **Keypoints**. Для выбора других компонент модели следует выбрать соответствующий пункт, например **Lines**. В

выпадающем списке, расположенном ниже, следует указать признак, по которому будет осуществляться выбор компонентов:

- ***By Num/Pick*** – выбор компонента по его номеру с помощью командной строки (либо выбор мышью на экране).
- ***Attached to*** – выбор компонентов связанных с другими компонентами или линиями
- ***By Location*** – выбор компонентов модели по расположению.
- ***By Attributes*** – выбираются компоненты, с которыми связаны определенные атрибуты.
- ***Exterior*** – точки выбираются на внешних сторонах выбранных в настоящее время линий (остальные области игнорируются)
- ***By Hard Points*** – выбираются постоянные точки по их номерам

***З а м е ч а н и е!*** В зависимости от выбираемых компонентов содержание выпадающего списка может меняться.

- При выборе пункта ***By Num/Pick*** после нажатия кнопки ***OK*** или ***Apply*** появляется окно выбора ***Select “выбираемый компонент”***, например, ***Select Lines*** (Рисунок 12).



**Рисунок 12. Диалоговое окно выбора линий**



- После чего компоненты можно выбирать либо указывая их номера в поле ввода, либо выбирая их «мышью» на экране.
- При выборе пункта *Attached to* (выбор компонент связанных с другими компонентами) в диалоговом окне появляются пункты выбора, соответствующие выбираемому компоненту, например для точек это *Nodes* и *Lines* (Рисунок 13).

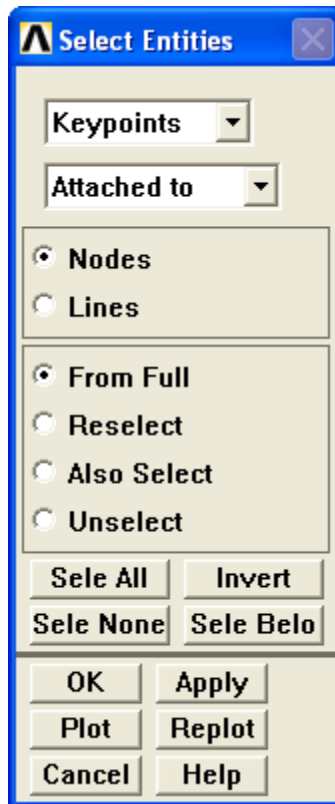


Рисунок 13. Диалоговое окно выбора активных компонент при включенной опции *Attached to*

При выборе пункта *By Location* в окне появятся три пункта выбора: *X coordinates*, *Y coordinates*, *Z coordinates*, поле ввода *Min*, *Max*. Для выбора компонентов следует указать один из пунктов и ввести минимальное и максимальное значение координаты в поле ввода, при нажатии кнопки *OK* или *Apply* будут выбраны компоненты, у которых указанная координата лежит в данном промежутке.

При выборе пункта *By Attributes* (Рисунок 14) в окне появятся четыре пункта выбора:

*Material num* – позволяет выбрать компоненты, связанные с определенным материалом, по его номеру;

**Elem type num** – позволяет выбрать компоненты, связанные с элементами определенного типа, по номеру типа элемента;

**Real set num** – позволяет выбрать компоненты связанные с наборами констант, по номеру данного набора;

**Elem CS num** - позволяет выбрать компоненты, связанные с системой координат элемента, а также поле ввода **Min, Max, Inc** (Рисунок 14). Оно служит для указания номеров, по которым выбираются точки.

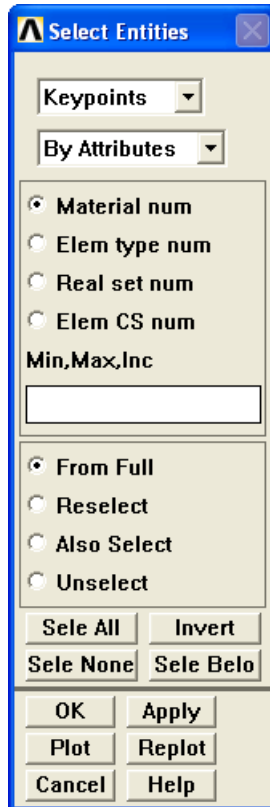


Рисунок 14. Диалоговое окно выбора активных компонент

*Команда выбора ключевых точек*

**KSEL, Type, Item, Comp, VMIN, VMAX, VINC, KABS**

где:

- **Type** - Задаёт то как выбираются ключевые точки. Этот параметр может принимать восемь различных значений:
  1. **S** – означает, что создается новое множество выбранных точек.
  2. **R** - выбор из уже созданного множества точек.

3. *A* - выбираемые точки добавляются к существующему множеству точек.
  4. *U* - выбираемые точки удаляются из существующего множества выбранных точек.
  5. *ALL* - все точки модели становятся выбранными.
  6. *NONE* - ни одна точка модели не является выбранной.
  7. *INVE* - выбранные точки становятся невыбранными и наоборот.
  8. *STAT* - вывод информации о выбранном в данный момент множестве точек.
- *Item* - данный параметр задает, на основе каких признаков осуществляется выбор ключевых точек. Он может принимать следующие значения:
    1. *KP* – выбор ключевой точки по ее номеру
    2. *EXT* – точки выбираются на внешних сторонах выбранных линий (остальные области игнорируются)
    3. *HPT* – выбираются постоянные точки по их номерам
    4. *LOC* – точки выбираются по их местоположению (задается с помощью координат)
    5. *MAT* – выбираются точки, с которыми связан определенный материал
    6. *TYPE* – выбираются точки, с которыми связаны элементы определенного типа
    7. *REAL* – выбираются точки, с которыми связаны наборы констант.
    8. *ESYS* – выбираются точки, с которыми связаны системы координат элементов
  - *Comp* – задает координаты, если пункт *Item* равен *LOC*
  - *VMIN* – если выбор осуществляется по номерам, задает нижний предел списка
  - *VMAX* – если выбор осуществляется по номерам, задает верхний предел списка.
  - *VINC* – если выбор осуществляется по номерам, задает шаг между верхним и нижним пределами. («по умолчанию» равно *I*)
  - *KABS* - если равен *0* то при выборе учитываются знаки, если равен *1* то используются значения по модулю.

*Команда выбора линий*

*LSEL, Type, Item, Comp, VMIN, VMAX, VINC, KSWP*

где:

- **Type** - задает то, как выбираются линии. Этот параметр может принимать восемь различных значений:
  1. **S** - означает, что создается новое множество выбранных линий.
  2. **R** - выбор из уже созданного множества линий.
  3. **A** - выбираемые линии добавляются к существующему множеству линий.
  4. **U** - выбираемые линии удаляются из существующего множества выбранных линий.
  5. **ALL** - все линии модели становятся выбранными.
  6. **NONE** - ни одна линия модели не является выбранной.
  7. **INVE** - выбранные линии становятся невыбранными и наоборот.
  8. **STAT** - вывод информации о выбранном в данный момент множестве линий.
- **Item** - данный параметр задает, на основе каких признаков осуществляется выбор линий. Он может принимать следующие значения:
  1. **LINE** – выбор линии по ее номеру
  2. **EXT** - выбираются линии на внешних сторонах выбранных поверхностей (остальные области игнорируются)
  3. **HPT** – выбираются линии, с которыми связаны постоянные точки
  4. **LOC** – линии выбираются по их местоположению (задается с помощью координат)
  5. **MAT** – выбираются линии, с которыми связан определенный материал
  6. **TYPE** – выбираются линии, с которыми связаны элементы определенного типа
  7. **REAL** – выбираются линии, с которыми связаны наборы констант.
  8. **ESYS** – выбираются линии, с которыми связаны системы координат элементов

9. **SEC** – выбираются линии, с которыми связано сечение данного номера.

10. **LENGTH** – выбираются линии данной длины.

11. **RADIUS** – выбираются линии с данным радиусом.

- **Comp** – задает координаты, если пункт **Item** равен **LOC**
- **VMIN** – задает нижний предел, по которому осуществляется выбор линий.
- **VMAX** – задает верхний предел, по которому осуществляется выбор линий.
- **VINC** – если выбор осуществляется по номерам, задает шаг между верхним и нижним пределами. («по умолчанию» = 1)
- **KSWP** - если равен 0, то выбираются только линии, если равен 1 то выбираются также связанные с ними точки.

#### *Команда выбора поверхностей*

**ASEL, Type, Item, Comp, VMIN, VMAX, VINC, KSWP**

где:

- **Type** - задает то как выбираются поверхности. Этот параметр может принимать восемь различных значений:
  1. **S** - означает, что создается новое множество выбранных поверхностей.
  2. **R** - выбор из уже созданного множества поверхностей.
  3. **A** - выбираемые поверхности добавляются к существующему множеству поверхностей.
  4. **U** - выбираемые поверхности удаляются из существующего множества выбранных поверхностей.
  5. **ALL** - все поверхности модели становятся выбранными.
  6. **NONE** - ни одна поверхность модели не является выбранной.
  7. **INVE** - выбранные поверхности становятся не выбранными, и наоборот.
  8. **STAT** - вывод информации о выбранном в данный момент множестве поверхностей.
- **Item** - данный параметр задает, на основе каких признаков осуществляется выбор поверхностей. Он может принимать следующие значения:
  1. **AREA** – выбор поверхности по ее номеру

2. **EXT** - выбираются поверхности на внешних сторонах выбранных объемов (остальные области игнорируются)
  3. **HPT** – выбираются поверхности, с которыми связаны постоянные точки
  4. **LOC** – поверхности выбираются по их местоположению (задается с помощью координат)
  5. **MAT** – выбираются поверхности, с которыми связан определенный материал
  6. **TYPE** – выбираются поверхности, с которыми связаны элементы определенного типа
  7. **REAL** – выбираются поверхности, с которыми связаны наборы констант.
  8. **ESYS** – выбираются поверхности, с которыми связаны системы координат элементов
- **Comp** – задает координаты, если пункт **Item** равен **LOC**
  - **VMIN** – задает нижний предел значения, по которому осуществляется выбор поверхностей.
  - **VMAX** – задает верхний предел, по которому осуществляется выбор поверхностей.
  - **VINC** – если выбор осуществляется по номерам, задает шаг между верхним и нижним пределами («по умолчанию» = **1**).
  - **KSWP** – если равен **0**, то выбираются только поверхности, если равен **1**, то выбираются также связанные с ними линии и точки.

#### Команда выбора объемов

**VSEL, Type, Item, Comp, VMIN, VMAX, VINC, KSWP**

где

- **Type** - задает то, как выбираются объемы. Этот параметр может принимать восемь различных значений:
  1. **S** - означает, что создается новое множество выбранных объемов.
  2. **R** - выбор из уже созданного множества объемов.
  3. **A** - выбираемые объемы добавляются к существующему множеству объемов.
  4. **U** - выбираемые объемы удаляются из существующего множества выбранных объемы.
  5. **ALL** - все объемы модели становятся выбранными.

6. *NONE* - ни один объем модели не является выбранным.
  7. *INVE* - выбранные объемы становятся не выбранными, и наоборот.
  8. *STAT* - вывод информации о выбранном в данный момент множестве объемов.
- *Item* - данный параметр задает, на основе каких признаков осуществляется выбор объемов. Он может принимать следующие значения:
    1. *VOLU* – выбор объема по его номеру
    2. *LOC* – объемы выбираются по их местоположению (задается с помощью координат)
    3. *MAT* – выбираются объемы, с которыми связан определенный материал
    4. *TYPE* – выбираются объемы, с которыми связаны элементы определенного типа
    5. *REAL* – выбираются объемы, с которыми связаны наборы констант.
    6. *ESYS* – выбираются объемы, с которыми связаны системы координат элементов
  - *Comp* – задает координаты, если пункт *Item* равен *LOC*
  - *VMIN* – задает нижний предел значения, по которому осуществляется выбор объемов.
  - *VMAX* – задает верхний предел, по которому осуществляется выбор объемов.
  - *VINC* – если выбор осуществляется по номерам, то данный параметр задает шаг между верхним и нижним пределами («по умолчанию» равно *I*).
  - *KSWP* – если равен *0*, то выбираются только объемы, если равен *1*, то выбираются также связанные с ними поверхности, линии и точки.

## Средства редактирования

### Операции с ключевыми точками

#### *Средства перемещения ключевых точек*

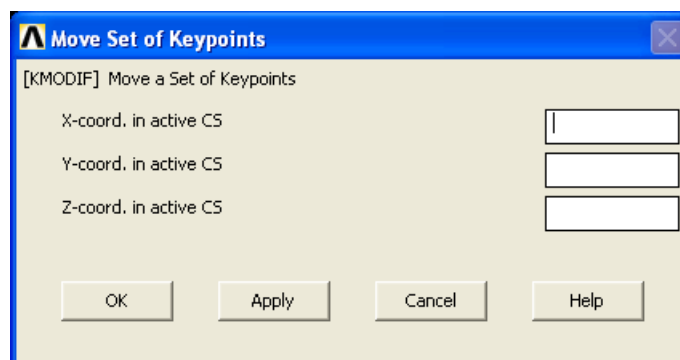
Для изменения координат определяющих ключевую точку (т.е. перемещения ключевой точки в новое положение), воспользуйтесь одним из методов, описанных в этом разделе. При использовании указанных ниже операций будет автоматически удалено любое разбиение области, присоединенной к выбранной точке, и так же будет переопределен компонент высшего порядка, присоединенный к выбранной ключевой точке.

***В н и м а н и е!*** Ключевая точка может быть так же переопределена, например, с использованием пункта главного меню *Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> In Active CS...* или команды *K*, но только если она остается «свободной»; т.е. еще не присоединенной к линии и не участвующей в разбиении.

#### *Первый пункт главного меню*

#### ***Main Menu> Preprocessor> Modeling> Move / Modify> Keypoints> Set of KPs***

При его использовании следует сначала выбрать перемещаемые точки и нажать **OK** в окне выбора. После этого появится диалоговое окно ***Move Set of Keypoints*** (Рисунок 15), в котором следует указать новые координаты (поля ввода *X-coord*, *Y-coord* и *Z-coord*) и нажать **OK**.



**Рисунок 15.** Диалоговое окно перемещения набора ключевых точек

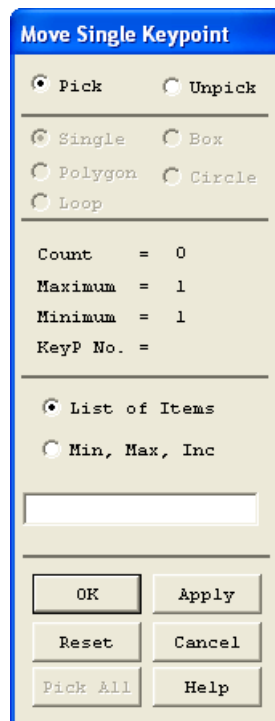


***В н и м а н и е!*** Новые координаты присваиваются каждой из выбранных точек, поэтому они все смещаются в одну точку.

*Второй пункт главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Move / Modify > Keypoints > Single KP***

При его использовании появляется диалоговое окно выбора ***Move Single Keypoint*** (Рисунок 16). Необходимо сначала выбрать одну перемещаемую точку и нажать ***OK*** или ***Apply*** в окне выбора, а затем либо ввести новые координаты в поле ввода, либо указать любую точку на экране мышью и снова подтвердить выбор с помощью нажатия клавиши ***OK*** или ***Apply***.



**Рисунок 16. Диалоговое окно выбора точки для перемещения**

*Команда*

***KMODIF, NPT, X, Y, Z***

где

- ***NPT*** – номер перемещаемой точки.
- ***X, Y, Z*** – координаты нового положения точки.

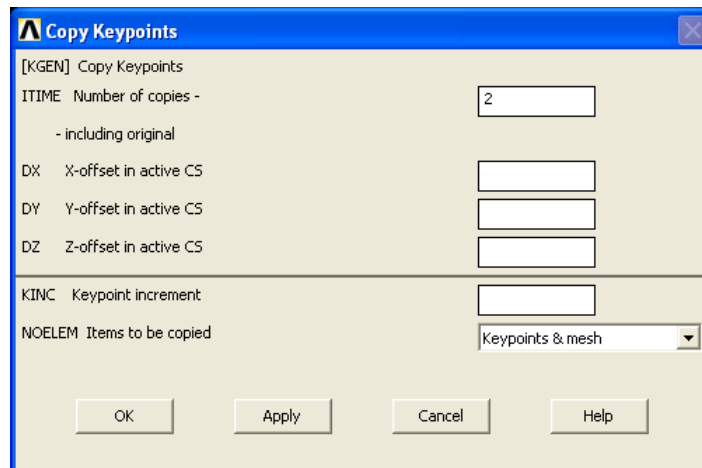
- Если вместо номера точки будет указано  $P$ , то точку следует выбрать на экране. Если вместо первой координаты указано  $P$ , то новое место для точки следует указать мышью на экране.

### Копирование ключевых точек

#### Пункт главного меню

#### **Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Keypoints**

При его использовании следует с помощью диалогового окна выбора **Copy Keypoints** сначала необходимо выбрать точки, которые будут копироваться, и подтвердить выбор, нажав **OK** или. После этого появится второе окно **Copy Keypoints** (Рисунок 17), в котором следует указать параметры копирования и нажать **OK** или **Apply**.



**Рисунок 17. Диалоговое окно копирования ключевых точек:** **ITIME** – если необходимо создать путем копирования несколько наборов точек, то в поле ввода с данной меткой следует задать количество повторений операции копирования; **DX**, **DY**, **DZ** – поля ввода величин, на которые производится перемещение скопированных точек в активной системе координат; **KINC** – поле ввода величины изменения номеров ключевых точек при выполнении операции; **NOELEM** – выпадающее меню, позволяющее выбрать генерируются ли во вновь создаваемых точках такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть)

**З а м е ч а н и е!** Значение **KINC** может быть опущено, тогда новой точке присваивается «по умолчанию» номер, следующий за последней существующей точкой по порядку.

*Команда****KGEN, ITIME, NP1, NP2, NINC, DX, DY, DZ, KINC, NOELEM, IMOVE***

где

- параметры ***ITIME, DX, DY, DZ, KINC*** описаны выше (Рисунок 17).
- ***NP1, NP2, NINC*** – номера первой и последней используемых точек и шага, с которым изменяется номер («по умолчанию» равно ***1*** т.е. все точки диапазона). Параметр ***NP1*** может быть равен ***ALL***, тогда копируются все выбранные точки, и два других параметра игнорируются.
- ***NOELEM*** – если данный параметр равен ***0***, то на создаваемых точках генерируются такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть). Если этот параметр равен ***1***, то разбиение исходных точек игнорируется.
- ***IMOVE*** – если данный параметр равен ***0***, то происходит копирование точек путем создания новых. Однако если этот параметр равен ***1***, то происходит перемещение существующих точек, и значение параметра ***ITIME*** игнорируется.

***З а м е ч а н и е!*** Приведенный выше пункт меню соответствует команде ***KGEN*** с параметром ***IMOVE*** равным ***0***.

*Пример копирования ключевых точек*

Для копирования ключевых точек ***1, 2, 3*** (Рисунок 18) следует выбрать пункт меню:

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Keypoints***

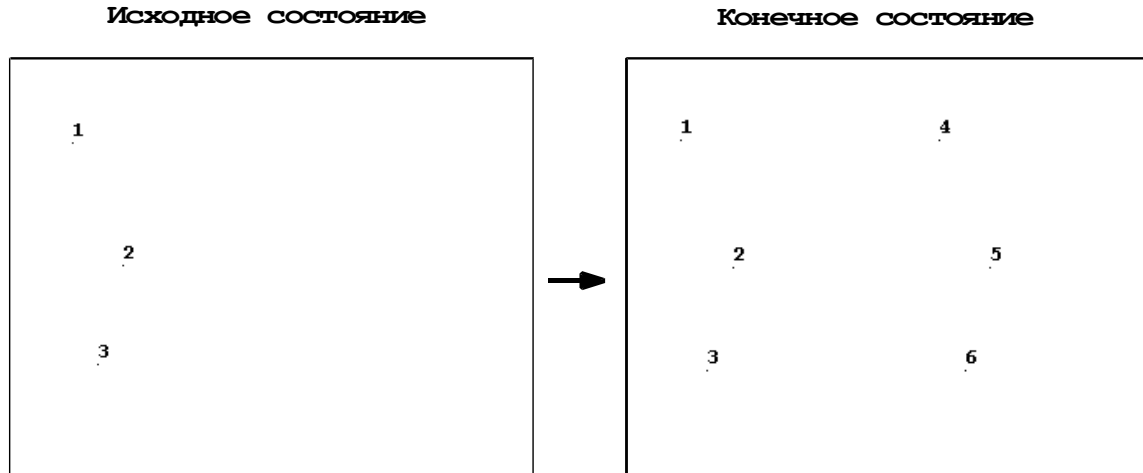
С помощью появившегося диалогового окна выбора следует указать точки ***1, 2, 3*** и нажать ***OK***. После этого появится диалоговое окно ***Copy Keypoints*** (Рисунок 17), в котором нужно ввести следующие данные:

Метка	Значение
<b><i>ITIME</i></b>	<b><i>2</i></b>
<b><i>DX</i></b>	<b><i>0.1</i></b>

После чего необходимо нажать кнопку ***OK***.

Для копирования тех же ключевых точек (Рисунок 18) с помощью командной строки следует набрать:

***KGEN,2,1,3,1,0.1***



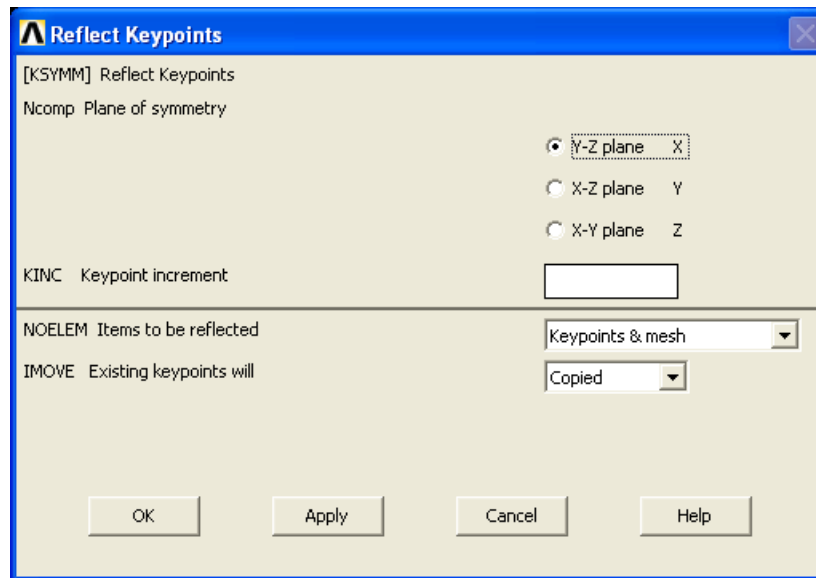
**Рисунок 18. Копирование ключевых точек**

*Средства создания симметричного относительно оси множества ключевых точек*

*Пункт главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Reflect > Keypoints***

При использовании данного пункта меню с помощью окна выбора ***Reflect Keypoints*** следует сначала выбрать точки, которые следует зеркально отобразить, и нажать ***OK*** или ***Apply***. После этого появится второе диалоговое окно ***Reflect Keypoints*** (Рисунок 19).



**Рисунок 19. Диалоговое окно зеркального отражения ключевых точек:**

*Ncomp* – данный параметр может иметь одно из трех значений задающих плоскость симметрии; *KINC* – величина изменения номеров ключевых точек при выполнении операции; *NOELEM* – выпадающее меню, позволяющее выбрать, генерируются ли во вновь создаваемых точках такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть); *IMOVE* – выпадающее меню, позволяющее указать будет ли осуществлено копирование (пункт *Copied*) или перемещение (пункт *Moved*) точек

*Команда*

***KSYMM, Ncomp, NP1, NP2, NINC, KINC, NOELEM, IMOVE***

где

- параметры *Ncomp*, *KINC*, *NOELEM*, *IMOVE* описаны выше (Рисунок 19).
- *NP1*, *NP2* - номера первой и последней используемых точек и шага, с которым изменяется номер («по умолчанию» равно *1*, т.е. все точки диапазона). Параметр *NP1* может быть равен *ALL*, тогда перемещаются все выбранные точки, и два других параметра игнорируются.

*Средства для удаления ключевых точек не участвующих в разбиении:*

*Пункт главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Keypoints***

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора ***Delete Keypoints***. После этого следует выбрать на экране мышью удаляемые точки, либо указать их номера в поле ввода и нажать кнопку ***OK*** или ***Apply*** в окне выбора.

*Команда*

***KDELE, NP1, NP2, NINC***

где

- ***NP1*** – номер первой удаляемой точки.
- ***NP2*** – номер последней удаляемой точки.
- ***NINC*** – шаг, с помощью которого вычисляются все удаляемые точки между первой и последней («по умолчанию» равно ***1***).
- Если ***NP1*** будет равно ***ALL***, будут удалены все точки, если ***NP1*** равно ***P***, будет включен режим, при котором удаляемые точки выбираются мышью на экране (в обоих случаях остальные аргументы команды игнорируются)

*Пример удаления ключевых точек*

Для удаления ключевых точек ***3, 4*** (Рисунок 20) следует выбрать пункт меню:

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Keypoints***

С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать точки ***3*** и ***4*** и нажать ***OK***.

Для удаления тех же ключевых точек (Рисунок 20) с помощью командной строки следует набрать

***KDELE,3,4,1***

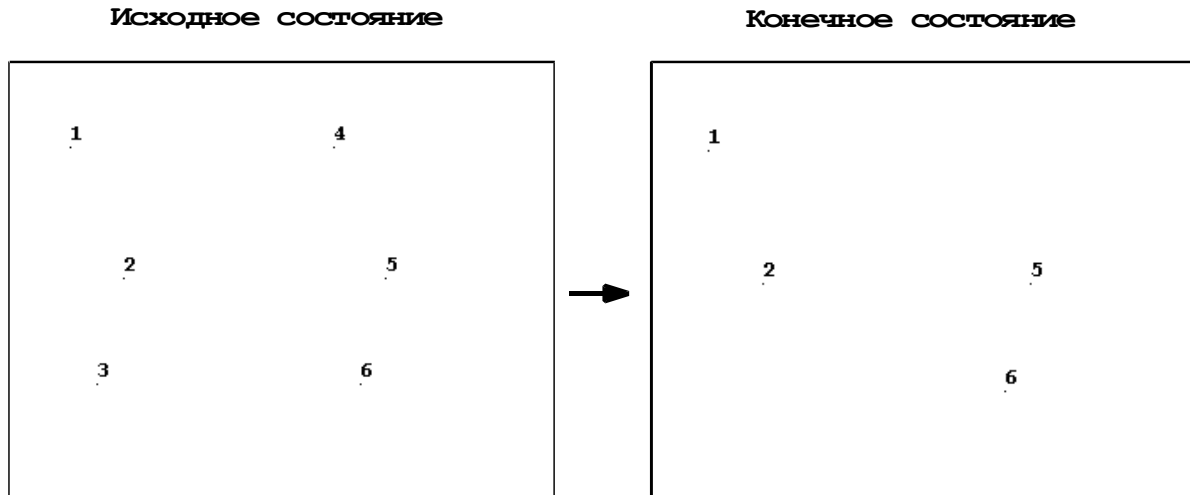


Рисунок 20. Удаление ключевых точек

## Операции с линиями

### *Скругление между линиями*

#### *Пункт главного меню*

Для того чтобы создать скругление (галтель) между двумя пересекающимися линиями использовать пункт главного меню:

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Line Fillet***

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора ***Line Fillet*** (Рисунок 21). Затем следует:

- Выбрать на экране «мышью» линии, между которыми необходимо создать скругление, либо указать их номера через командную строку.
- Нажать кнопку ***OK*** или ***Apply*** в окне выбора.
- В появившемся втором окне ***Line Fillet*** (Рисунок 22), следует задать параметры скругления. После этого необходимо подтвердить введенные значения параметров нажатием кнопок ***OK*** или ***Apply***.

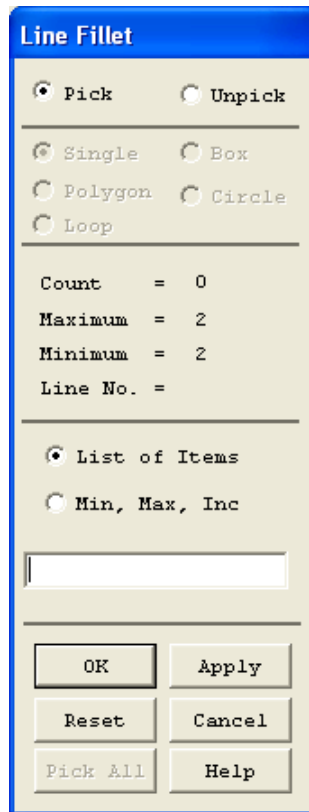


Рисунок 21. Диалоговое окно выбора линий для скругления

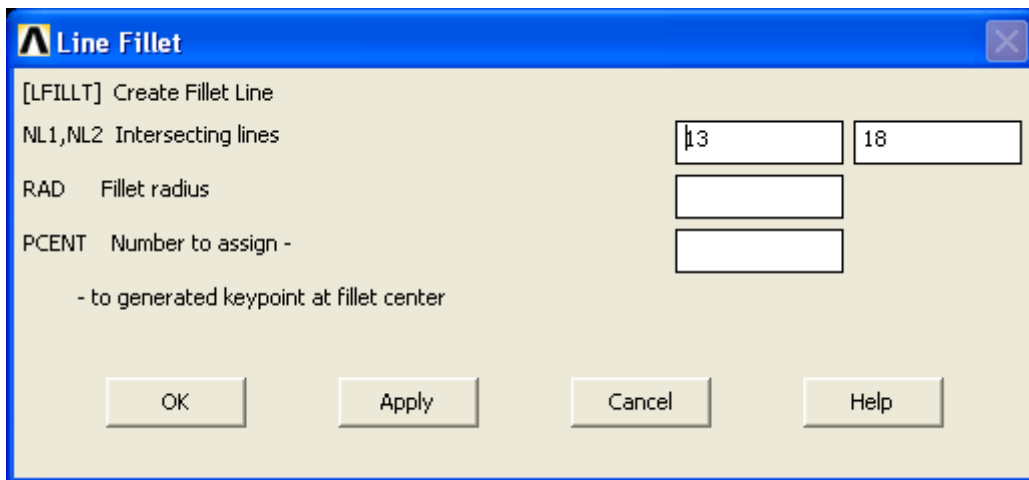


Рисунок 22. Диалоговое окно параметров скругления: *NL1*, *NL2* – поля ввода номеров линий, между которыми будет строиться галтель; *RAD* – радиус скругления; *PCENT* – номер ключевой точки, создаваемой в центре скругления



*Команда*

***LFILLT, NL1, NL2, RAD, PCENT***

где параметры ***NL1, NL2, RAD, PCENT*** описанные выше (Рисунок 22).

*Пример создания скругления между линиями*

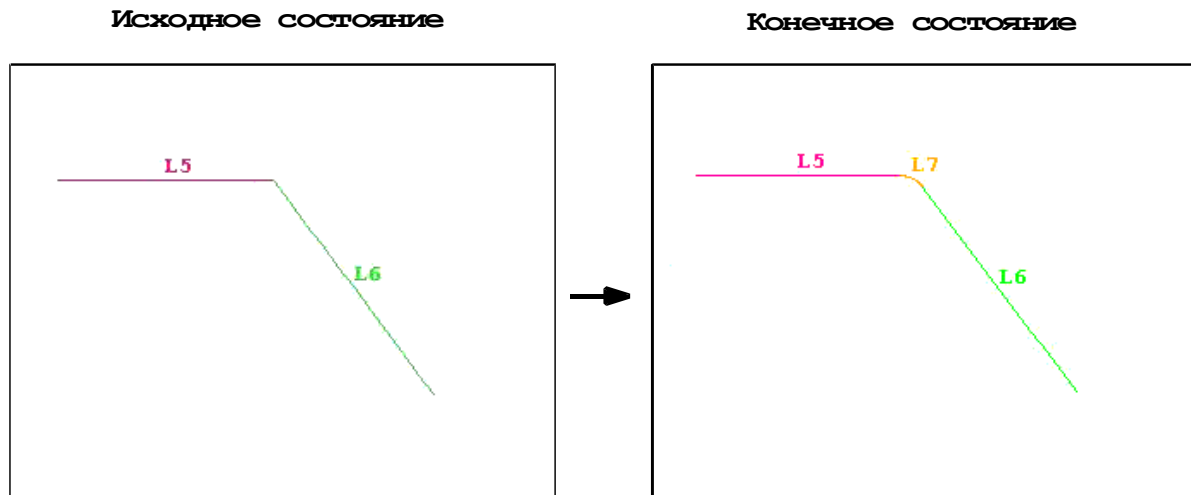
Для создания скругления между линиями **5** и **6** радиусом **0.01** (Рисунок 23), следует выбрать пункт меню:

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Line Fillet***

С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать линии **5** и **6**, а затем нажать кнопку **OK**. Затем появится диалоговое окно **Line Fillet** (Рисунок 22) в поле **RAD** которого следует набрать **0.01** и нажать кнопку **OK**.

Для создания скругления между теми же линиями (Рисунок 23) с помощью командной строки следует набрать

***LFILLT,5,6,0.01***



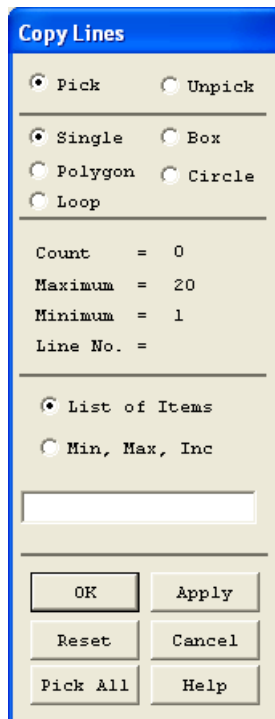
**Рисунок 23. Создание скругления между линиями**

## Копирование или перемещение существующих линий

Первый пункт главного меню

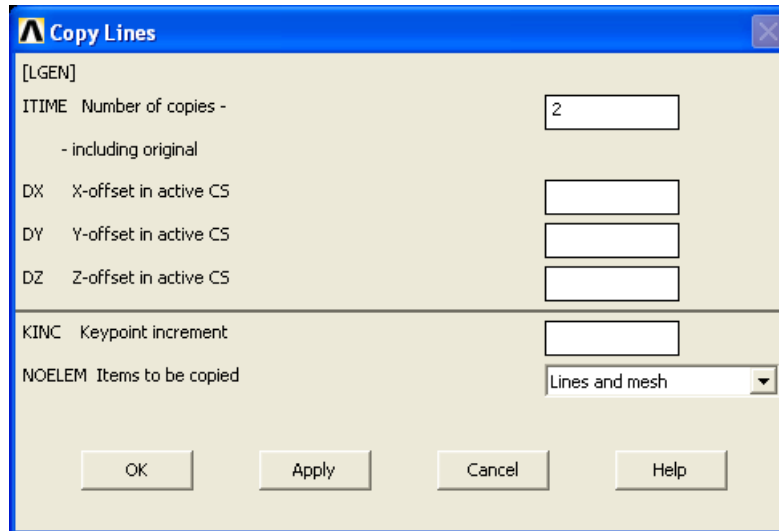
### **Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Lines**

Копирование осуществляется при использовании указанного пункта меню. В этом случае появляется окно выбора **Copy Lines** (Рисунок 24).



**Рисунок 24. Диалоговое окно выбора линий для копирования**

Затем следует выбрать линии, которые будут копироваться, и нажать **OK** или **Apply**. После этого появится второе окно **Copy Lines** (Рисунок 25), в котором следует указать величины, на которые производится перемещение в активной системе координат (поля ввода **DX**, **DY**, **DZ**), величину изменения номеров ключевых точек при выполнении копирования (поле ввода **KINC**), и с помощью выпадающего меню **NOELEM**, выбрать опцию создания на линиях-копиях разбиения аналогичного или нет прототипу. После этого необходимо снова нажать **OK** или **Apply**.

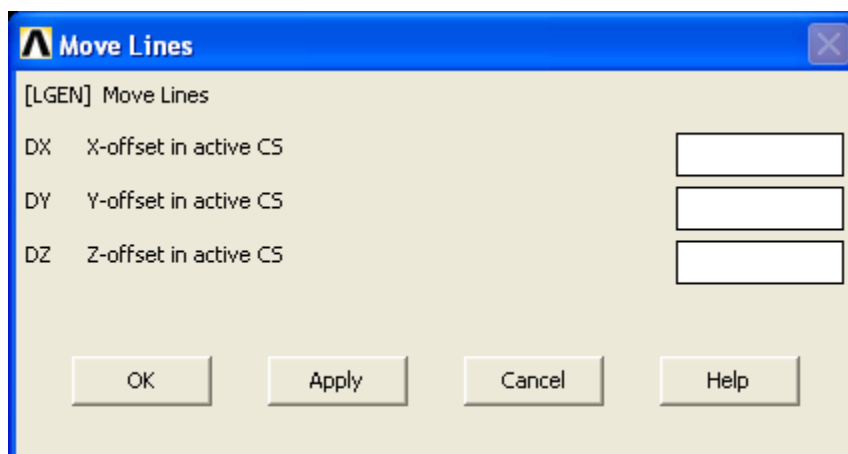


**Рисунок 25. Диалоговое окно параметров копирования линий**

*Второй пункт главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Move / Modify > Lines***

Перемещение осуществляется при использовании второго пункта меню. При этом, как и в предыдущем случае, сначала следует выбрать линии, которые будут перемещаться, и нажать **OK** или **Apply** в окне выбора **Move Lines**. После этого появится второе окно **Move Lines** (Рисунок 26), в котором следует указать величины перемещения линии по каждой из осей координат (поля ввода **DX**, **DY**, **DZ**) и нажать **OK** или **Apply**.



**Рисунок 26. Диалоговое окно параметров перемещения линий**

*Команда**LGEN, ITIME, NL1, NL2, NINC, DX, DY, DZ, KINC, NOELEM, IMOVE*

где:

- *ITIME* – в этом параметр следует задать количество повторений операций копирования. если необходимо создать несколько наборов линий, копируя исходные линии несколько раз.
- *NL1, NL2, NINC* – номера первой и последней используемых линий и шага с которым изменяется номер ( «по умолчанию» равно *1* т.е. все линии диапазона). Параметр *NL1* может быть равен *ALL*, тогда перемещаются все выбранные линии, и два других параметра игнорируются.
- *DX, DY, DZ* – величины, на которые производится перемещение в активной системе координат.
- *KINC* – величина изменения номеров ключевых точек при выполнении операции.
- *NOELEM* – если данный параметр равен *0*, то на создаваемых линиях генерируются такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть). Если этот параметр равен *1* разбиение исходных линий игнорируется.
- *IMOVE* – если этот параметр равен *1*, то происходит перемещение существующих линий и значение параметра *ITIME* игнорируется. Если данный параметр равен *0*, то происходит копирование линий путем создания новых.

***З а м е ч а н и е!*** *Первый пункт меню соответствуют команде LGEN с параметром IMOVE, равным 0, а второй пункт меню соответствует команде с параметром IMOVE, равным 1.*

*Пример копирования линий*

Для копирования линий **5, 6** (Рисунок 27) следует выбрать пункт меню:

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Lines***

С помощью появившегося диалогового окна выбора следует указать линии **5, 6** и нажать **ОК**. После этого появится диалоговое окно **Copy Lines**, в котором нужно ввести следующие данные:

Метка	Значение
<i>ITIME</i>	<i>2</i>
<i>DX</i>	<i>0.12</i>

После чего нажать кнопку **OK**.

Для копирования тех же линий (Рисунок 27) с помощью командной строки следует набрать:

*LGEN,2,5,6,1,0.12*

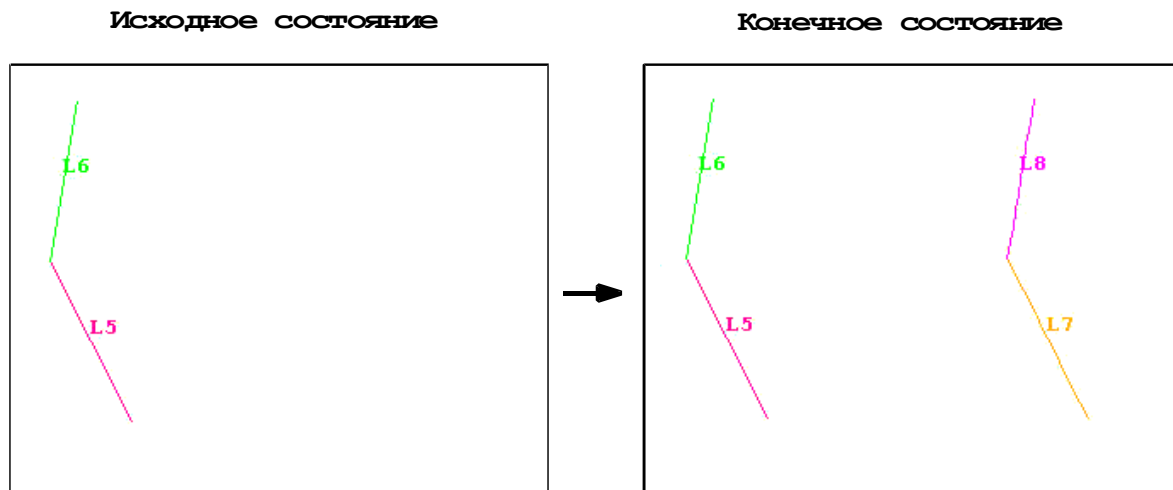


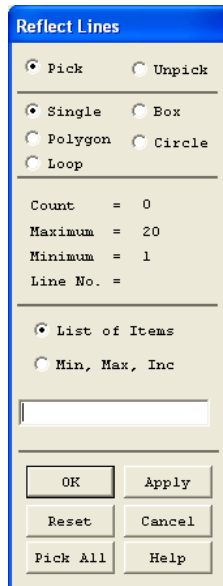
Рисунок 27. Копирование линий

*Симметричное отображение линий*

*Пункт главного меню*

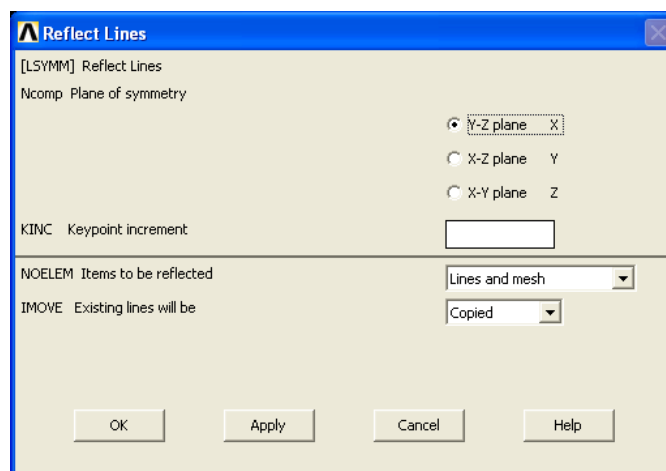
***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Reflect > Lines***

Симметричное отображение линий осуществляется при использовании указанного пункта меню. В этом случае появляется окно выбора ***Reflect Lines*** (Рисунок 28).



**Рисунок 28. Диалоговое окно выбора линий для зеркального отображения**

Затем следует выбрать линии, которые будут отображаться, и нажать **OK** или **Apply**. После этого появится второе окно **Reflect Lines** (Рисунок 29), в котором следует указать плоскость симметрии (переключатели **Ncomp**), величину изменения номеров ключевых точек при выполнении отображения (поле ввода **KINC**), с помощью выпадающего меню **NOELEM** выбрать опцию создания на линиях-образах разбиения аналогичного или нет прототипу, и в заключение, указать копируются или перемещаются выбранные линии (**IMOVE**). После этого необходимо снова нажать **OK** или **Apply**.



**Рисунок 29. Диалоговое окно параметров зеркального отображения линий**

*Команда**LSYMM, Ncomp, NL1, NL2, NINC, KINC, NOELEM, IMOVE*

где

- *Ncomp* - данный параметр может иметь одно из трех значений, задающих тип симметрии: *X, Y, Z*.
- *NL1, NL2, NINC* - номера первой и последней используемых линий и шага с которым изменяется номер («по умолчанию» равно *1* т.е. все линии диапазона). Параметр *NL1* может быть равен *ALL*, тогда перемещаются все выбранные линии, а два других параметра игнорируются.
- *KINC* – величина изменения номеров ключевых точек при выполнении операции.
- *NOELEM* – если данный параметр равен *0*, то на создаваемых линиях генерируются такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть). Если этот параметр равен *1*, то разбиение исходных линий игнорируется.
- *IMOVE* – если этот параметр равен *1*, то происходит перемещение существующих линий. Если данный параметр равен *0*, то происходит копирование линий путем создания новых.

*Деление линий на меньшие линии**Первый пункт главного меню*

Деление линии на 2 части осуществляется с помощью пункта главного меню:

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Line into 2 Ln's*

При использовании этого пункта меню появляется окно выбора *Div Line into 2 Ln's*. После этого необходимо указать «мышью» на экране или с помощью поля ввода одну линию, которую необходимо разделить на две. Для подтверждения выбора необходимо нажать **OK** или *Apply*. Далее появится второе окно *Div Line into 2 Ln's* меньших размеров. В нем «мышью» необходимо указать точку на линии, которая разделит существующую линию

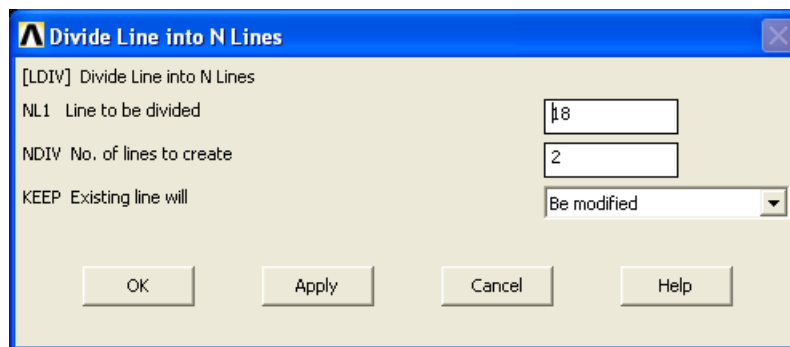
на две новые. Выбор необходимо подтвердить нажатием кнопки **OK** или **Apply**.

### *Второй пункт главного меню*

Деление линии на  $N$  одинаковых частей осуществляется с помощью пункта главного меню:

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Divide > Line into N Ln's**

При использовании этого пункта меню появляется окно выбора **Div Line into N Ln's**. После этого необходимо указать «мышью» на экране или с помощью поля ввода одну линию, которую необходимо разделить на  $N$  линий. Для подтверждения выбора необходимо нажать **OK** или **Apply**. Далее появится второе окно **Div Line into N Ln's** (Рисунок 30), в котором необходимо указать номер линии, которую нужно будет делить (поле ввода **NL1**, «по умолчанию» это номер линии которая выбрана на первом этапе), количество новых линий (поле ввода **NDIV**), которые будут созданы. С помощью выпадающего меню необходимо указать будет ли исходная линия сохранена вместе с созданными на ее месте малыми линиями или после построения будет удалена (выпадающее меню **KEEP**). Окончание указания значений параметров необходимо подтвердить нажатием кнопки **OK** или **Apply**.



**Рисунок 30. Диалоговое окно параметров деления линии**

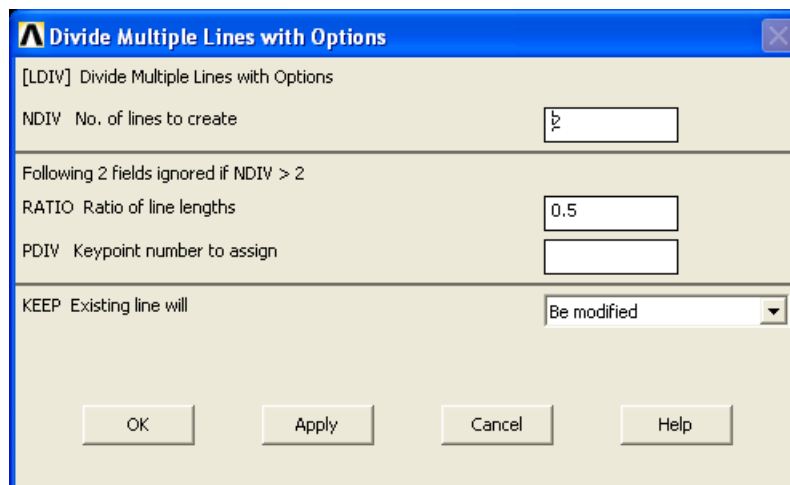
### *Третий пункт главного меню*

Деление нескольких выбранных линий с учетом опций осуществляется с помощью пункта главного меню:



**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Divide > Lines w/ Options**

При использовании этого пункта меню появляется окно выбора **Div Multiple Lines w/ Op...**. После этого необходимо указать «мышью» на экране или с помощью поля ввода линии, которые необходимо разделить. Для подтверждения выбора необходимо нажать **OK** или **Apply**. Далее появится второе окно **Divide Multiple Lines with Options** (Рисунок 31), в котором необходимо указать количество линий, на которые будут разбиты выбранные линии (поле ввода **NDIV**), значение отношения длины отрезаемой части к исходной длине линий (поле ввода **RATIO**), номер ключевой точки создаваемой в месте деления (поле ввода **PDIV** можно не заполнять), а так же указать с помощью выпадающего меню будут ли удалены исходные линии после преобразований (меню **KEEP**). Завершение указания значений параметров необходимо подтвердить нажатием кнопки **OK** или **Apply**.



**Рисунок 31. Диалоговое окно параметров деления линии**

**З а м е ч а н и е!** Значение полей **RATIO** и **PDIV** игнорируются в случае деления линий более чем на две части.

*Команда*

**LDIV, NL1, RATIO, PDIV, NDIV, KEEP**

где

- **NL1** – номер линии которая будет делиться.

- **RATIO**, **PDIV**, **NDIV**, **KEEP** – параметры, описанные выше. Отметим что если **KEEP** = 1, то старая линия будет сохранена и будут созданы две новые. Если этот параметр равен 0, то будет создана одна новая линия и изменена старая.
- **NDIV** – количество частей, на которые будет разбита линия «по умолчанию» равно 2.

### *Удлинение произвольной линии*

#### *Пункт главного меню*

Для удлинения произвольной линии в одну сторону следует пользоваться пунктом меню:

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Extend Line**

При использовании этого пункта меню алгоритм удлинения линии состоит в следующем:

- При появлении первого окна выбора **Extend Line** необходимо указать «мышью» на экране или с помощью командной строки линию, которая будет удлиняться.
- Для подтверждения выбора необходимо нажать **OK** или **Apply**.
- Затем появится второе окно выбора **Extend Line**, внешне не отличающееся от первого, и на этом шаге необходимо указать ключевую точку на конце выбранной линии с той стороны, которая будет удлиняться.
- Для подтверждения выбора необходимо нажать **OK** или **Apply**.
- Далее появится третье окно **Extend Line** (Рисунок 32). В нем необходимо указать номер удлиняемой линии (поле ввода **NLI**), номер ключевой точки (метка поля ввода **NKI**) на том конце линии, который будет удлиняться, расстояние (поле ввода **DIST**), на которое увеличится длина линии, а также указать с помощью выпадающего меню **KEEP**, сохраняется ли старая линия и ключевая точка после проведения преобразований.
- Для подтверждения выбора необходимо нажать **OK** или **Apply**.

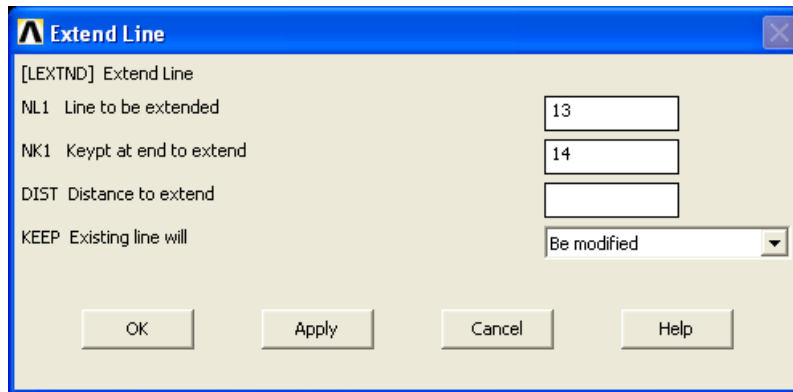


Рисунок 32. Диалоговое окно параметров удлинения линии

*З а м е ч а н и е!* Поля *NL1* и *NK1* заполняются «по умолчанию» номерами объектов, выбранных на 1 и 3 шаге.

*Команда*

*LEXTND, NL1, NK1, DIST, KEEP*

где

- *NL1, NK1, DIST, KEEP* – параметры описанные выше. Если *KEEP* равен *0*, то исходная линия и ключевая точка, из которой происходило удлинение, будут удалены. Если он равен *1*, то исходная линия и ключевая точка будут сохранены.

*Пример удлинения линии*

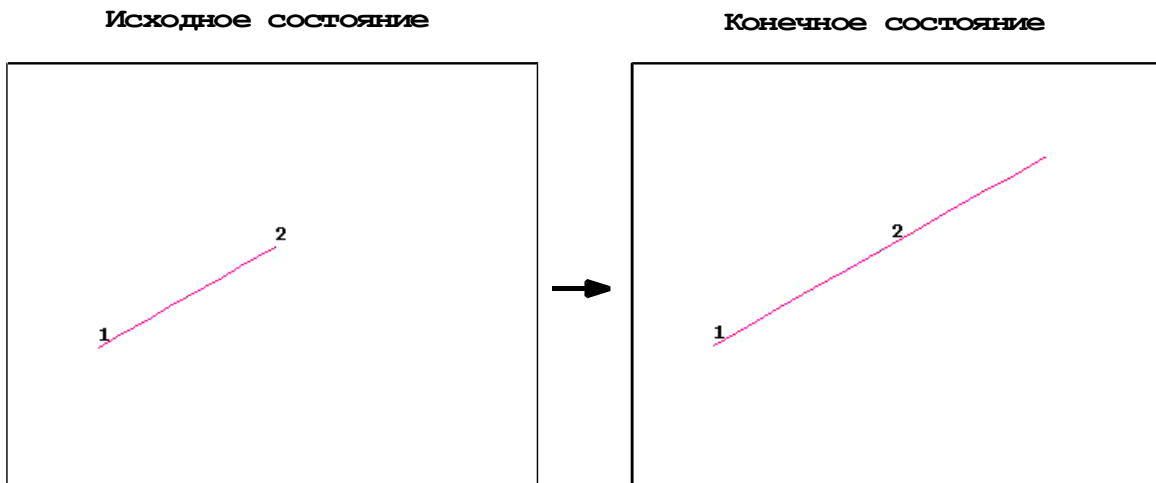
Для удлинения линий (в данном примере ее номер *5*) на *0.07* (Рисунок 33) следует выбрать пункт меню:

*Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Extend Line*

С помощью появившегося окна выбора следует указать удлиняемую линию и нажать **OK**. С помощью нового окна выбора следует выбрать ключевую точку *2*, определяющую, в какую сторону производится удлинение, и нажать **OK**. После этого появится диалоговое окно *Extend Line* (Рисунок 32), в поле *DIST* которого следует ввести *0.07* и нажать **OK**.

Для удлинения той же линии (Рисунок 33) с помощью командной строки следует ввести:

*LEXTND,5,2,0.07*



**Рисунок 33. Удлинение линии**

### *Удаление линии*

#### *Пункты главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Delete > Lines Only***

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Delete > Line and Below***

При использовании любого из этих пунктов следует выбрать «мышью» или с помощью командной строки линии, которые будут удаляться, и нажать кнопку **OK** или **Apply** в соответствующем окне выбора. Различаются эти пункты тем, что в первом случае удаляется только линия, а во втором и линия, и ее ключевые точки.

#### *Команда*

***LDELE, NL1, NL2, NINC, KSWP***

где

- ***NL1*** – номер первой удаляемой линии.
- ***NL2*** – номер последней удаляемой линии.

- *NINC* – шаг, с помощью которого вычисляются все удаляемые линии между первой и последней («по умолчанию» равно *1*).
- *KSWP* – если данный параметр равен *0*, удаляется только линия, если он равен *1*, удаляются также все ключевые точки, связанные с этой линией и не связанные с другими.

### Пример удаления линий

Для удаления линий *7, 6* (Рисунок 34) следует выбрать пункт меню:

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Delete > Line and Below**

С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать линии *7* и *6* и нажать **OK**.

Для удаления линий *7, 6* (Рисунок 34) с помощью командной строки следует набрать

**LDELE,6,7,1,1**

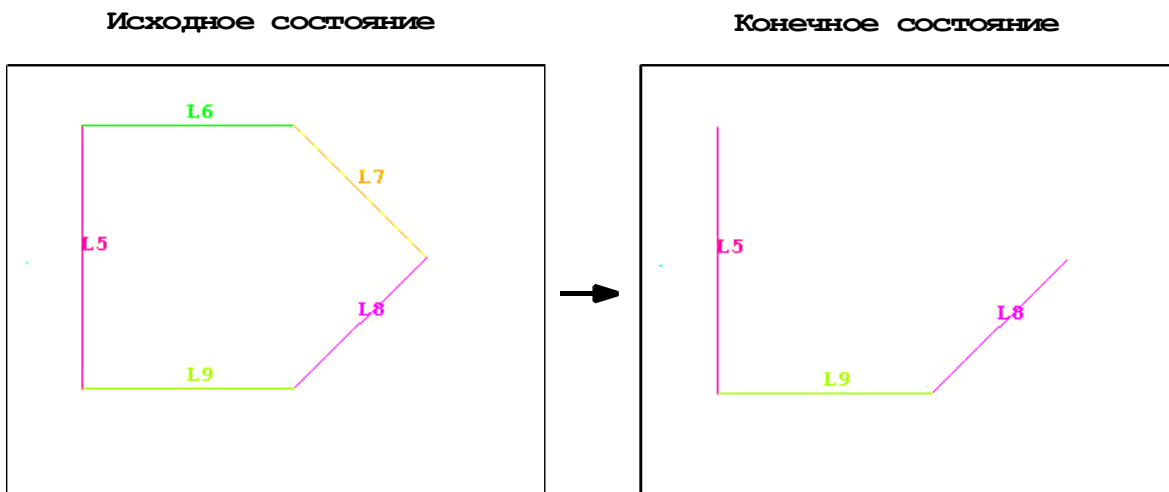


Рисунок 34. Удаление линий

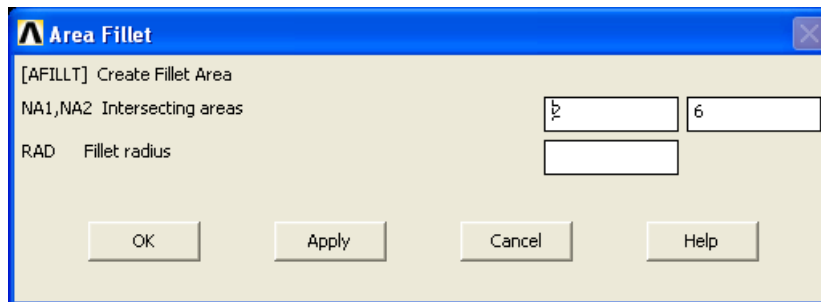
## Операции с поверхностями

*Создание скругления на пересечении двух поверхностей*

*Пункт главного меню*

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Area Fillet**

При использовании данного пункта меню появится окно выбора **Area Fillet**. Сначала следует указать две поверхности и нажать **OK** или **Apply**, а затем в появившемся втором диалоговом окне **Area Fillet** (Рисунок 35) ввести величину радиуса скругления.



**Рисунок 35. Диалоговое окно скругления между поверхностями: NA1, NA2** – поля ввода номеров поверхностей, на пересечении которых следует создать скругление; **RAD** – поле ввода радиуса создаваемого скругления

**З а м е ч а н и е!** «По умолчанию» используются номера поверхностей, выбранных на предыдущем этапе с помощью первого окна выбора **Area Fillet**

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**AFILLT, NA1, NA2, RAD**

где **NA1, NA2, RAD** – параметры описаны выше (Рисунок 35).

*Пример создания скругления между поверхностями*

Для создания скругление между поверхностями **1** и **2** радиусом **0.02** (Рисунок 36), следует выбрать пункт меню:

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Area Fillet**

С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать поверхности *1* и *2*, а затем нажать кнопку **OK**. Появится диалоговое окно *Area Fillet* (Рисунок 35), в поле **RAD** которого следует набрать **0.02** и нажать кнопку **OK**.

Для создания скругление между теми же поверхностями (Рисунок 36) с помощью командной строки следует набрать

**AFILLT,1,2,0.02**

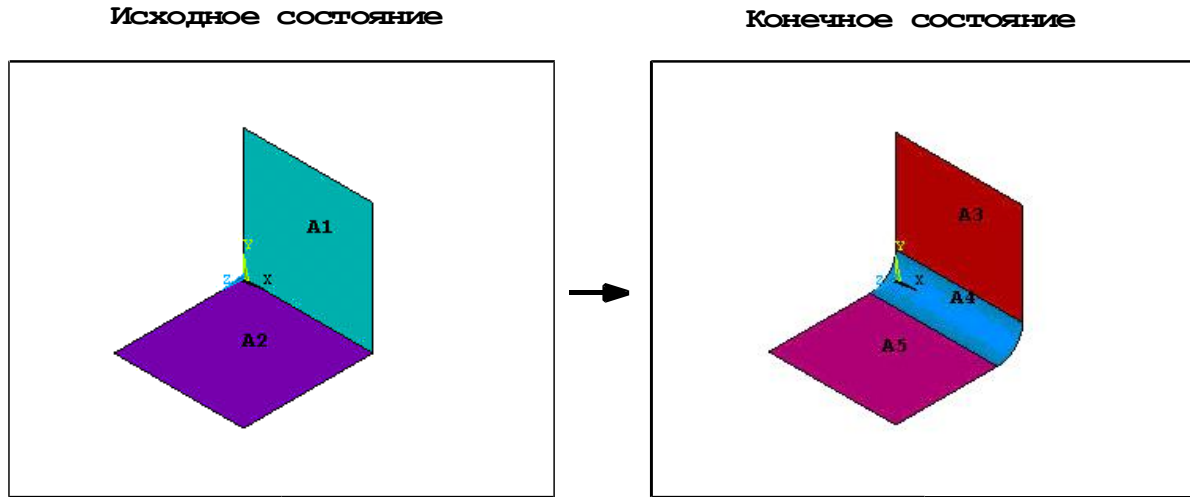


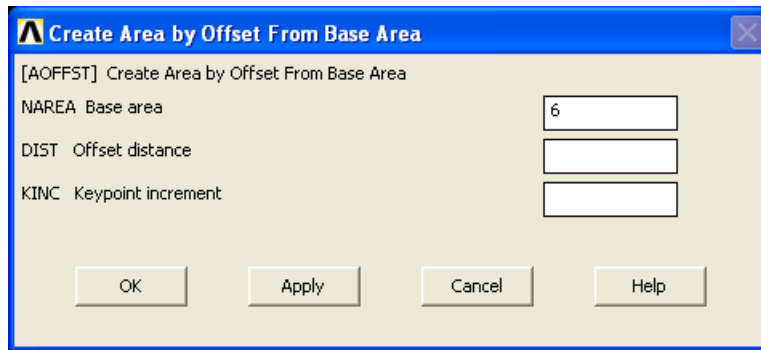
Рисунок 36. Скругление между поверхностями

*Создание поверхностей параллельным переносом*

*Пункт главного меню*

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Arbitrary > By Offset**

При использовании данного пункта меню появится окно выбора **Create Area by Offset**. Следует выбрать базовую поверхность и нажать **OK** или **Apply**, а затем в появившемся втором диалоговом окне **Create Area by Offset From Base Area** (Рисунок 37) ввести номер базовой поверхности (поле ввода **NAREA**, «по умолчанию» - это номер поверхности выбранной на предыдущем шаге), расстояние, на которое осуществляется параллельный перенос (поле ввода **DIST**) и величину изменения номеров ключевых точек при выполнении отображения (поле ввода **KINC**). Для подтверждения окончания ввода значений параметров нажать **OK** или **Apply**.



**Рисунок 37. Диалоговое окно параллельного переноса**

*Команда*

***AOFFST, NAREA, DIST, KINC***

где ***NAREA, DIST, KINC*** - параметры описаны выше (Рисунок 37).

*Копирование или перемещение одной или нескольких поверхностей*

*Первый пункт главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Move / Modify > Areas > Areas***

Сначала необходимо выбрать поверхности, которые будут перемещаться, и нажать ***OK*** или ***Apply*** в первом окне выбора ***Move Areas***. После этого появится второе окно ***Move Areas***, в котором следует указать величины перемещения поверхностей относительно базовой по каждой из осей координат (поля ввода ***DX, DY, DZ***) и нажать ***OK*** или ***Apply***.

*Второй пункт главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Areas***

Сначала необходимо выбрать поверхности, которые будут копироваться, и нажать ***OK*** или ***Apply*** в первом окне выбора ***Copy Areas***. После этого появится второе окно ***Copy Areas***, в котором следует указать величины смещения копии относительно базовой поверхности в активной системе координат (поля ввода ***DX, DY, DZ***), величину изменения номеров ключевых точек при выполнении копирования (поле ввода ***KINC***) и с помощью выпадающего меню ***NOELEM*** выбрать опцию создания или нет на



поверхностях-копиях разбиения аналогичного прототипу. После этого необходимо снова нажать **OK** или **Apply**.

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**AGEN, ITIME, NA1, NA2, NINC, DX, DY, DZ, KINC, NOELEM, IMOVE**

где

- **ITIME** – если необходимо создать путем копирования несколько наборов поверхностей, копируя исходные поверхности несколько раз, то в этом параметре следует задать количество повторений операции копирования.
- **NA1, NA2, NINC** – номера первой и последней используемой поверхности, и шага, с которым изменяется номер («по умолчанию» равно **1** т.е. все поверхности диапазона). Параметр **NA1** может быть равен **ALL**, тогда перемещаются все выбранные поверхности, и два других параметра игнорируются.
- **DX, DY, DZ, KINC** – параметры определенные выше.
- **NOELEM** – если данный параметр равен **0**, то на создаваемых поверхностях генерируются такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть). Если этот параметр равен **1**, разбиение исходных поверхностей игнорируется.
- **IMOVE** – если этот параметр равен **1**, то происходит перемещение существующих поверхностей, и значение параметра **ITIME** игнорируется. Если данный параметр равен **0**, то происходит копирование поверхностей путем создания новых.

***З а м е ч а н и е!*** Первый пункт меню соответствует команде **AGEN** с параметром **IMOVE** равным **1**. Второй пункт меню соответствует команде **AGEN** с параметром **IMOVE** равным **0**.

*Создание поверхностей при помощи симметрии*

*Пункт главного меню*

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Reflect > Areas**

Симметричное отображение поверхностей осуществляется при использовании указанного пункта меню. В этом случае появляется окно

выбора **Reflect Areas**. Последовательность действий при построении отображения следующая:

- Следует выбрать поверхности, которые будут отображаться.
- Нажать **OK** или **Apply**.
- После этого появится второе окно **Reflect Areas**, в котором следует указать плоскость симметрии (переключатели **Ncomp**), величину изменения номеров ключевых точек при выполнении отображения (поле ввода **KINC**), с помощью выпадающего меню **NOELEM** выбрать опцию создания на поверхностях-образах разбиения, аналогичного или нет прототипу и, в заключение, указать, копируются или перемещаются выбранные поверхности (поле ввода **MOVE**).
- Нажать **OK** или **Apply**.

#### *Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**ASYMM, Ncomp, NA1, NA2, NINC, KINC, NOELEM, MOVE**

где

- **Ncomp** - данный параметр может иметь одно из трех значений задающий тип симметрии: **X, Y, Z**.
- **AL1, AL2, NINC** - номера первой используемой поверхности, последней и шага с которым изменяется номер («по умолчанию» равно **1** т.е. все линии диапазона). Параметр **NLI** может быть равен **ALL**, тогда перемещаются все активные поверхности, а два других параметра игнорируются.
- **KINC** – величина изменения номеров ключевых точек при выполнении операции.
- **NOELEM** – если данный параметр равен **0**, то на создаваемых поверхностях генерируются такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть). Если этот параметр равен **1** разбиение исходных поверхностей игнорируется.
- **MOVE** – если этот параметр равен **1**, то происходит перемещение существующих поверхностей. Если данный параметр равен **0**, то происходит копирование поверхностей путем создания новых.

## Удаление поверхности

### Пункты главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Areas Only**

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Area and Below**

При использовании любого из этих пунктов следует выбрать поверхности, которые будут удаляться, и нажать кнопку **OK** или **Apply** в окне выбора. Различаются эти пункты тем, что в первом случае удаляются только поверхности, а во втором - вместе с поверхностью удаляются принадлежащие ей линии и ключевые точки

### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**ADELE, NA1, NA2, NINC, KSWP**

где

- **AL1** – номер первой удаляемой поверхности.
- **ANL2** – номер последней удаляемой поверхности.
- **NINC** – шаг, с помощью которого вычисляются все удаляемые поверхности между первой и последней («по умолчанию» равно 1)
- **KSWP** – если данный параметр равен 0, удаляется только поверхность, если он равен 1, то удаляются также все ключевые точки и линии связанные с этой поверхностью и не связанные с другими.

### Пример удаления поверхностей

Для удаления поверхности 1, 3 (Рисунок 38) следует выбрать пункт меню:

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Area and Below**

С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать поверхности 1 и 3 и нажать **OK**.

Для удаления поверхности 1, 3 (Рисунок 38) с помощью командной строки следует набрать

**ADELE,1,3,2,1**

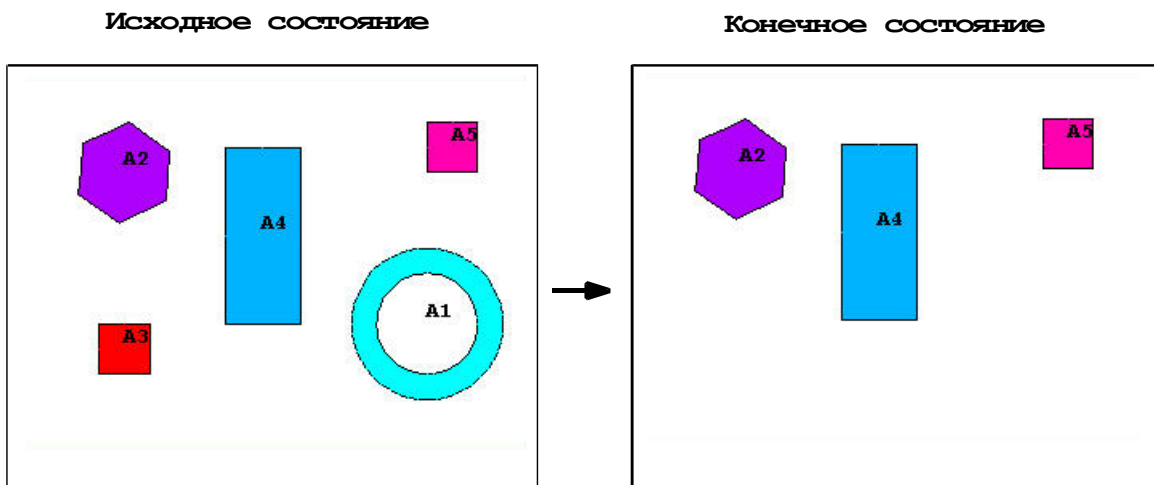


Рисунок 38. Удаление поверхностей

## Операции с объемами

*Копирование или перемещение объемов*

*Первый пункт главного меню*

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Move / Modify > Volumes**

Сначала следует выбрать объемы, которые будут перемещаться, и нажать **OK** или **Apply** в первом окне выбора **Move Volumes**. После этого появится второе окно **Move Volumes**, в котором следует указать величины перемещения объемов относительно базового по каждой из осей координат (поля ввода **DX**, **DY**, **DZ**) и нажать **OK** или **Apply**.

*Второй пункт главного меню*

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Volumes**

При этом следует сначала выбрать объем, который будет копироваться, и нажать **OK** или **Apply** в первом окне выбора **Copy Volumes**. После этого появится второе окно **Copy Volumes**, в котором следует указать величины смещения копии относительно базовой поверхности в активной системе координат (поля ввода **DX**, **DY**, **DZ**), величину изменения номеров ключевых точек при выполнении копирования (поле ввода **KINC**), и с помощью выпадающего меню **NOELEM** выбрать опцию создания или нет в объемах-копиях разбиения аналогичного прототипу. После этого необходимо снова нажать **OK** или **Apply**.

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

*VGEN, ITIME, NV1, NV2, NINC, DX, DY, DZ, KINC, NOELEM, IMOVE*

где:

- *ITIME* – если необходимо создать путем копирования несколько наборов объемов, копируя исходные объемы несколько раз, то в этом параметре следует задать количество повторений операции копирования.
- *NV1, NV2, NINC* – номера первого используемого объемов и шага, с которым изменяется номер («по умолчанию» равно *1* т.е. все объемы диапазона). Параметр *NV1* может быть равен *ALL*, тогда перемещаются все выбранные объемы, и два других параметра игнорируются.
- *DX, DY, DZ, KINC* – параметры, описанные выше в первом и втором пунктах главного меню.
- *NOELEM* – если данный параметр равен *0*, то в создаваемых объемах генерируются такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть). Если этот параметр равен *1*, разбиение исходных объемов игнорируется.
- *IMOVE* – если этот параметр равен *1*, то происходит перемещение существующих объемов, и значение параметра *ITIME* игнорируется. Если данный параметр равен *0*, то происходит копирование объемов путем создания новых.

***З а м е ч а н и е!*** *Первый пункт меню соответствует команде VGEN с параметром IMOVE равным 1. Второй пункт меню соответствует команде VGEN с параметром IMOVE равным 0.*

*Пример копирования объемов*

Для копирования объемов (они имеют номера *1, 2*) (Рисунок 39) следует выбрать пункт меню:

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Volumes***

С помощью появившегося диалогового окна выбора следует указать объемы *1, 2* и нажать **ОК**. После этого появится диалоговое окно *Copy Volumes*, в котором нужно ввести следующие данные:

Метка	Значение
<i>ITIME</i>	2
<i>DX</i>	0.1

После чего нажать кнопку **OK**.

Для копирования объемов (Рисунок 39) с помощью командной строки следует набрать:

*VGEN,2,1,2,1,0.1*

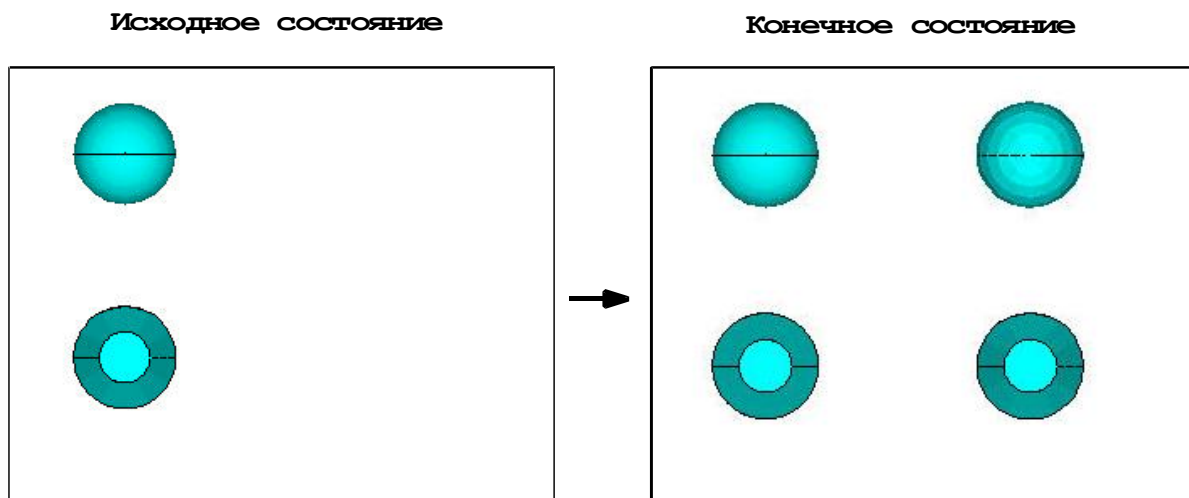


Рисунок 39. Копирование объемов

*Симметричное отображение объемов*

*Пункт главного меню*

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Reflect > Volumes**

Симметричное отображение объемов осуществляется при использовании указанного пункта меню. В этом случае появляется окно выбора **Reflect Volumes**. Последовательность действий при построении отображения следующая:

- Следует выбрать объемы, которые будут отображаться.
- Нажать **OK** или **Apply**.
- Во втором окне **Reflect Volumes** следует указать плоскость симметрии (переключатели **Ncomp**), величину изменения номеров ключевых точек при выполнении отображения (поле

ввода **KINC**), с помощью выпадающего меню с **NOELEM** выбрать опцию создания или нет в объемах-образах разбиения аналогичного прототипу и, в заключение, указать копируются или перемещаются выбранные объемы (поле ввода **IMOVE**).

- Нажать **OK** или **Apply**.

### *Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**VSYMM, Ncomp, NV1, NV2, NINC, KINC, NOELEM, IMOVE**

где

- **Ncomp** - данный параметр может иметь одно из трех значений, задающих тип симметрии: **X, Y, Z**.
- **NV1, NV2, NINC** - номера первого и последнего используемого объема и шага, с которым изменяется номер («по умолчанию» равно **1** т.е. все объемы диапазона). Параметр **NV1** может быть равен **ALL**, тогда перемещаются все активные объемы, и два других параметра игнорируются.
- **KINC** – величина изменения номеров ключевых точек при выполнении операции.
- **NOELEM** – если данный параметр равен **0** то в создаваемых объемах генерируются такие же узлы и элементы, как и на исходных (если они там есть). Если этот параметр равен **1**, то разбиение исходных объемов игнорируется.
- **IMOVE** – если этот параметр равен **1**, то происходит перемещение существующих объемов. Если данный параметр равен **0**, то происходит копирование объемов путем создания новых.

### *Удаление объемов*

#### *Пункты главного меню*

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Volumes Only**

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Volume and Below**

При использовании любого из этих пунктов следует выбрать объемы, которые будут удаляться, и нажать кнопку **OK** или **Apply** в окне выбора. Различаются эти пункты тем, что в первом случае удаляется только объем, а во втором - объем и связанные с ним компоненты более низкого уровня.

#### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**VDELE, NV1, NV2, NINC, KSWP**

где

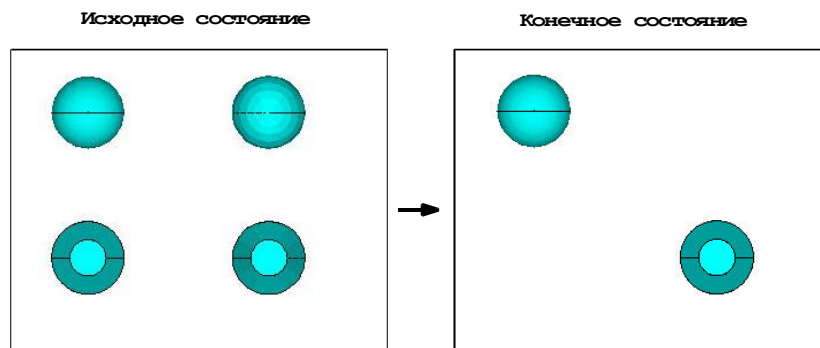
- **AV1** – номер первого удаляемого объема.
- **AV2** – номер последнего удаляемого объема.
- **NINC** – шаг, с помощью которого вычисляются все удаляемые объемы между первым и последним («по умолчанию» равно **1**).
- **KSWP** – если данный параметр равен **0**, то удаляется только объем, если он равен **1**, то удаляются также все ключевые точки, линии и поверхности, связанные с этим объемом и не связанные с другими.

#### Пример удаления объемов

Для удаления объемов **2, 3** (Рисунок 40) следует выбрать пункт меню **Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Volume and Below**. С помощью появившегося диалогового окна выбора следует указать объемы **2** и **3** и нажать **OK**.

Для удаления объемов (Рисунок 40) с помощью командной строки следует набрать

**VDELE,2,3,1,1**



**Рисунок 40. Удаление объемов**



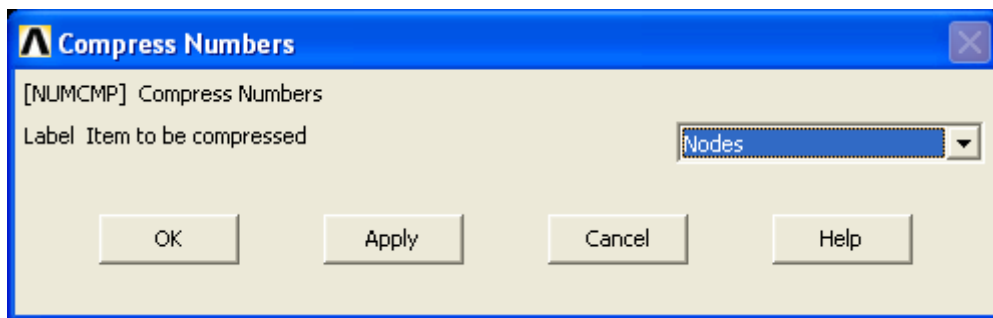
## Дополнительные средства редактирования компонентов в ANSYS

*Сжатие нумерации компонентов модели после редактирования*

*Пункт главного меню*

**Main Menu > Preprocessor > NumberingCtrls > Compress Numbers**

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора **Compress Numbers** (Рисунок 41). Следует выбрать в выпадающем меню с меткой **Label** пункт, соответствующий типу компонентов, номера которых должны быть упорядочены (например, **Keypoint**, **Areas** и др.) и нажать кнопку **OK** или **Apply**.



**Рисунок 41. Общий вид окна *Compress Numbers***

*Команда*

**NUMCMP, Label**

где метка **Label** имеет значения:

- **KP** – если сжимаются номера ключевых точек.
- **LINE** - если сжимаются номера линий
- **AREA** - если сжимаются номера поверхностей
- **VOLU** - если сжимаются номера объемов
- **ALL** - если сжимаются номера всех типов компонент и др.

## Создание модели с помощью булевских операций

### *Общие сведения*

Булевская алгебра позволяет комбинировать множества данных, используя такие логические операции как пересечение объединение и так далее.

Программа ANSYS позволяет применять булевские операторы к твердотельной модели, для того, чтобы вы могли легче изменять модель.

Вы можете применять булевские операции для практически любой твердотельной конструкции, создана ли она методом сверху вниз или снизу вверх.

Все твердотельные нагрузки и атрибуты элементов должны быть определены после завершения булевских операций. Если вы используете булевские операции для изменения существующей модели, то вы должны следить за переопределением атрибутов элементов и твердотельных нагрузок.

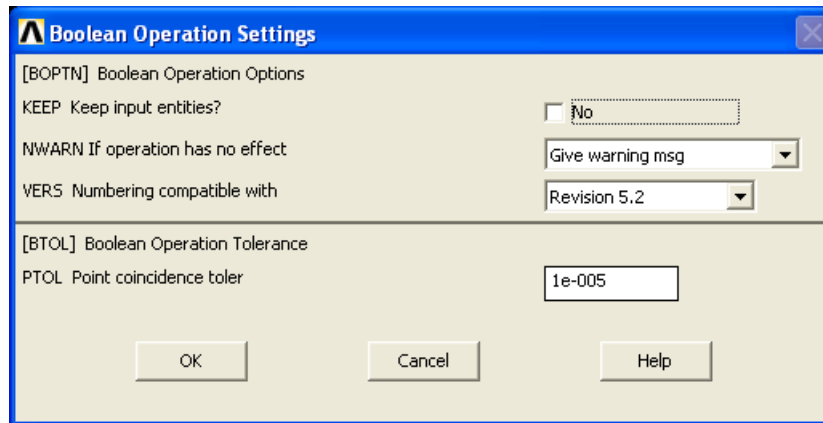
### *Установка опций булевских операций*

Последующие разделы обсуждают различные способы, которыми можно использовать булевские операции для изменения вашей модели. Однако перед использованием булевских операций следует установить их опции. Это можно сделать с использованием либо пункта главного меню, либо с использованием команды.

#### *Пункт главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Settings***

При выполнении данной команды будет выведено диалоговое окно ***Boolean Operation Settings*** (Рисунок 42), в котором следует указать необходимые настройки и нажать ***OK*** или ***Apply***.



**Рисунок 42. Диалоговое окно настройки булевских операций:** *KEEP* – поле управляющее сохранением или удалением исходных компонентов при выполнении булевских операторов; *NWARN* – выпадающее меню управляющее выводом предупреждающих сообщений; *VERSION* – выпадающее меню управляющее совместимостью между версиями; *PTOL* – параметр устанавливающий точность совпадения, (считать совпадающими после проведения булевой операции точки, расстояние между которыми меньше указанной величины)

*Команда*

*BTOL, PTOL*

где параметр *PTOL* описан выше (Рисунок 42).

*Команда*

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

*BOPTN, Lab, Value*

где *Lab, Value* – название параметров настройки. *Lab* может принимать следующие значения (Рисунок 42):

- *DEFA* – устанавливает для всех настроек значения «по умолчанию». Значение *Value* игнорируется.
- *STAT* – выводит на экран информацию о настройках. Значение *Value* игнорируется.
- *KEEP* – описан выше. Если *Value* равно *NO*, исходные компоненты удаляются, если оно равно *YES* исходные компоненты сохраняются.

- *NWARN* – описан выше. Если *Value* равно *0* при неудаче выполнения булевой операции будет выведено предупреждающее сообщение. Если *Value* равно *1*, при неудаче выполнения булевой операции не будет выведено никакого предупреждающего сообщения. Если *Value* равно *-1* при неудаче выполнения булевой операции будет выведено сообщение об ошибке.
- *VERSION* – описан выше. Если *Value* равно *RV52*, при выполнении булевских операций нумерация компонент и некоторые другие моменты поведения системы будут соответствовать ANSYS 5.2 и более поздних версий. Если *Value* равно *RV51* они будут соответствовать поведению ANSYS 5.1

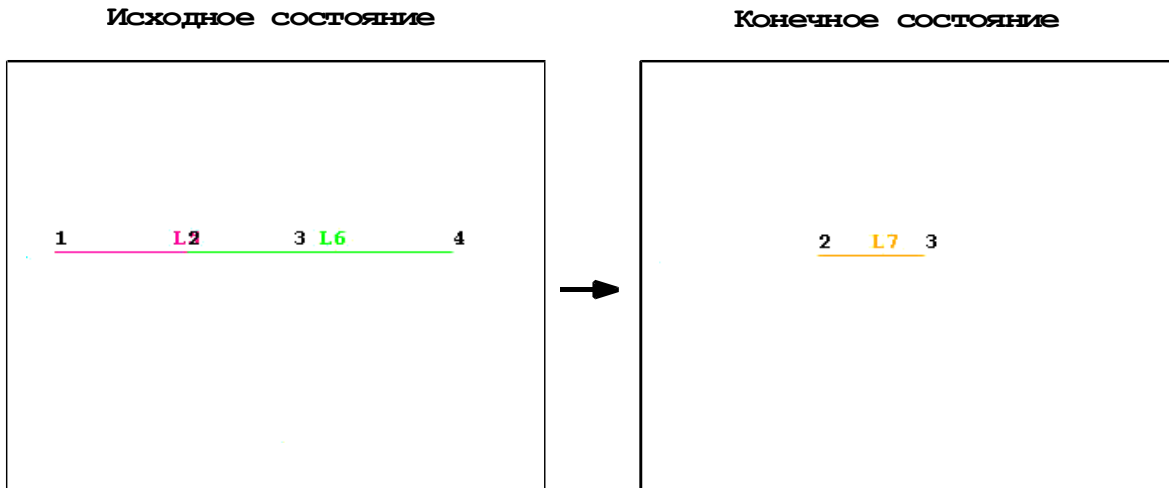
***З а м е ч а н и е!*** Булевские операции запрещено выполнять над компонентами, разбитыми на конечные элементы. Вы должны очистить компоненты от разбиения перед проведением булевой операции.

Булевские операции над компонентами низкого уровня, присоединенными к компонентам высокого уровня, «по умолчанию» разрешены. Для отключения предупредительного сообщения используйте команду: ***BOPT,NWARN,0***.

### *Пересечения геометрических фигур*

Пересечение создает новый набор компонентов, которые являются общими для каждого исходного компонента, участвующего в операции. Другими словами, пересечение представляет область перекрытия двух или более компонентов (Рисунок 43).

Компоненты, создаваемые пересечением могут быть того же или более низкого уровня, чем исходные. Например, пересечением двух линий может быть ключевая точка (множество ключевых точек), или линия (набор линий). Используются следующие булевские команды для построения пересечений.



**Рисунок 43. Пересечение частично совпадающих линий**

### *Пересечения линий*

#### Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Intersect > Common > Lines**

При использовании пункта меню появляется окно выбора **Intersect Lines (Common)**. В этом случае необходимо выбрать линии, пересечение которых будет строиться. Нажать для подтверждения выбора **OK** или **Apply**.

#### Команда построения пересечения линий

**LINL, NL1, NL2, NL3, NL4, NL5, NL6, NL7, NL8, NL9**

где **NL1, NL2, NL3, NL4, NL5, NL6, NL7, NL8, NL9** – номера линий, у которых следует искать пересечение.

#### Пример пересечения пересекающихся линий

Для построения пересечения линий **5** и **6** (Рисунок 44) следует выбрать пункт меню **Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Intersect > Common > Lines**. С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать линии **5** и **6** и нажать **OK**.

Для построения пересечения линий (Рисунок 44) с помощью командной строки, следует набрать

*LINL,5,6*

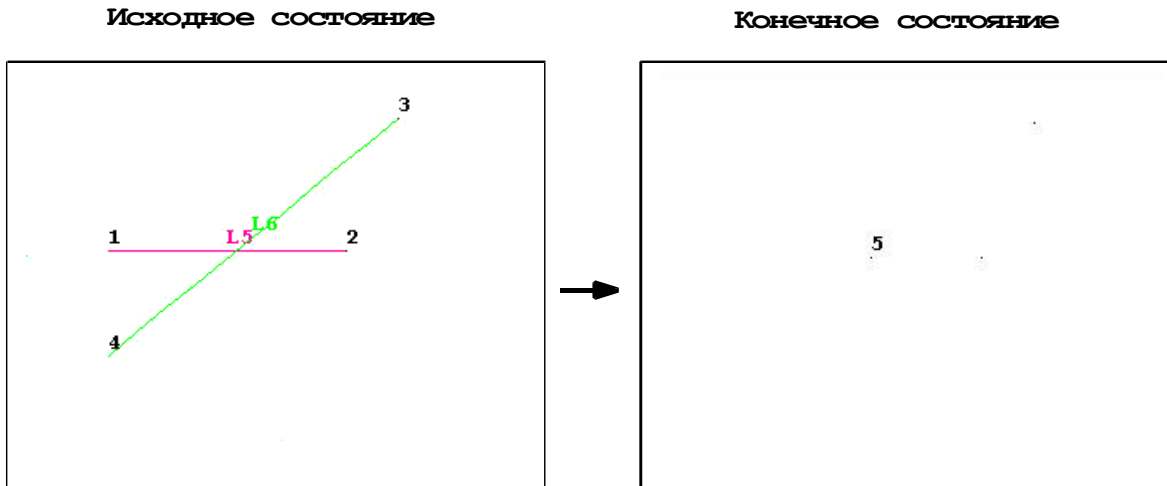


Рисунок 44. Пересечение пересекающихся линий

### *Пересечение поверхностей*

*Main Menu* > *Preprocessor* > *Modeling* > *Operate* > *Booleans* > *Intersect* > *Common* > *Areas*

При использовании пункта меню появляется окно выбора *Intersect Areas (Common)*. В этом случае необходимо выбрать поверхности, пересечение которых будет строиться, и нажать для подтверждения окончания выбора *OK* или *Apply*.

### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

*AINA, NA1, NA2, NA3, NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9*

где *NA1, NA2, NA3, NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9* – номера поверхностей, у которых следует искать пересечение.

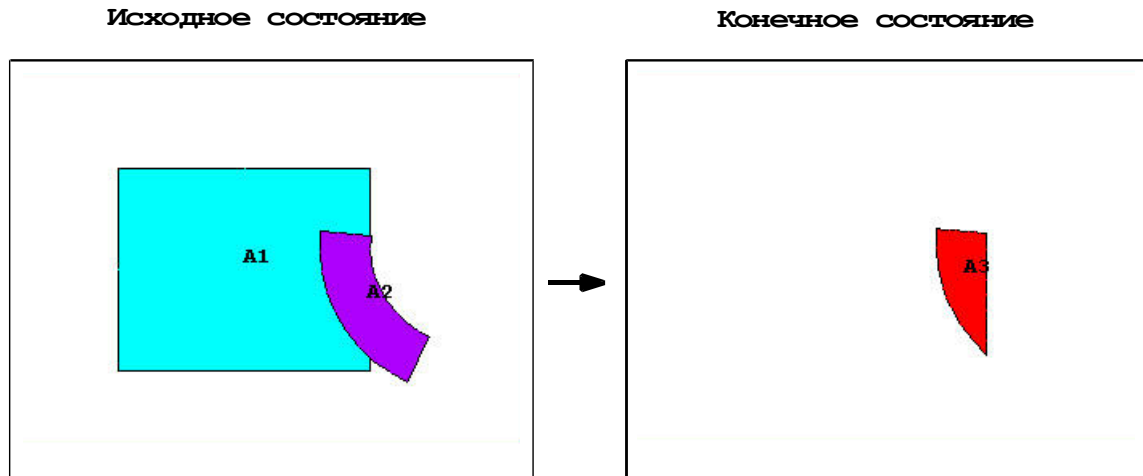
### Пример пересечения частично совпадающих поверхностей

Для построения пересечения поверхностей *1* и *2* (Рисунок 45) следует выбрать пункт меню *Main Menu* > *Preprocessor* > *Modeling* > *Operate* >

**Booleans > Intersect > Common > Areas.** С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать поверхности **1** и **2** и нажать **OK**.

Для построения пересечения поверхностей **1** и **2** (Рисунок 45) с помощью командной строки, следует набрать

**A1NA,1,2**



**Рисунок 45. Пересечение поверхностей**

*Пересечения объемов*

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Intersect > Common > Volumes**

При использовании пункта меню появляется окно выбора **Intersect Volumes (Common)**, в этом случае необходимо выбрать объемы, пересечение которых будет строиться, и нажать для подтверждения окончания выбора **OK** или **Apply**.

Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**VINV, NV1, NV2, NV3, NV4, NV5, NV6, NV7, NV8, NV9**

где **NV1, NV2, NV3, NV4, NV5, NV6, NV7, NV8, NV9** – номера объемов, у которых следует искать пересечение.

Пример пересечения частично совпадающих объемов

Для построения пересечения объемов *1* и *2* (Рисунок 46) следует выбрать пункт меню *Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Common> Volumes*. С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать объемы *1* и *2* и нажать **OK**.

Для построения пересечения объемов *1* и *2* (Рисунок 46) с помощью командной строки, следует набрать

*VINV,1,2*

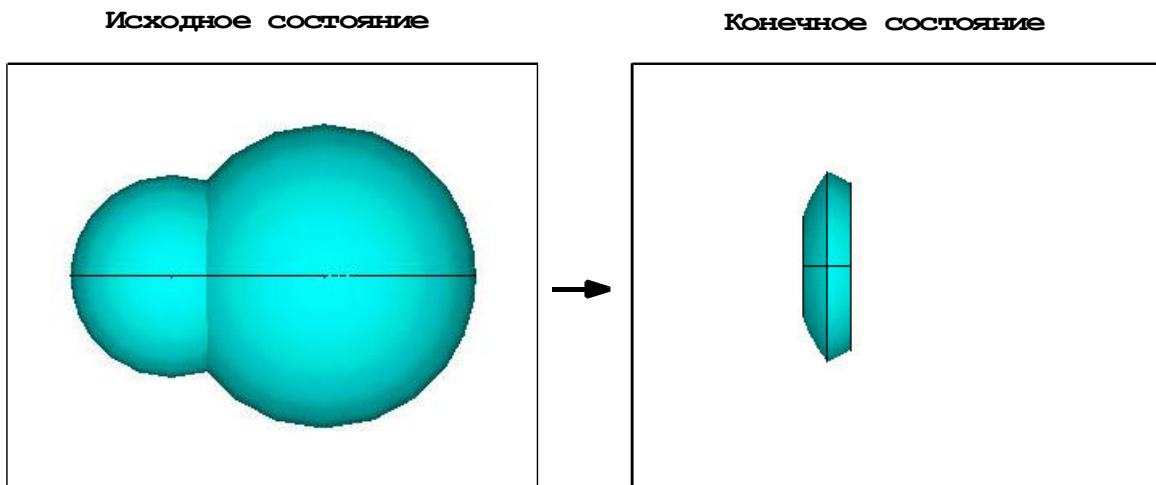


Рисунок 46. Пересечение объемов

*Пересечение поверхности и объема*

Пункт главного меню

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Area with Volume*

При использовании пункта меню появляется окно выбора *Intersect Area w/ Volume*. В этом случае необходимо:

- Выбрать одну поверхность.
- Для подтверждения окончания выбора нажать **OK** или *Apply*.
- Выбрать объем с которым поверхность должна пересекаться.
- Для подтверждения окончания выбора нажать **OK** или *Apply*.



Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

*AINV, NA, NV*

где

- *NV* – номер объема, который должен пересекаться с поверхностью.
- *NA* – номер поверхности, которая должна пересекаться с объемом.

Пересечение линии и объемаПункт главного меню

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Line with Volume*

При использовании пункта меню появляется окно выбора *Intersect Line w/ Volu*. В этом случае необходимо:

- Выбрать одну линию.
- Для подтверждения окончания выбора нажать **OK** или *Apply*.
- Выбрать объем, с которым линия должна пересекаться
- Для подтверждения окончания выбора нажать **OK** или *Apply*.

Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

*LINV, NL, NV*

где:

- *NV* – номер объема, который должен пересекаться с линией.
- *NL* – номер линии, которая должна пересекаться с объемом.

## *Пересечение линии и поверхности*

### Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Intersect > Line with Area***

При использовании пункта меню появляется окно выбора ***Intersect Line w/ Area***. В этом случае необходимо:

- Выбрать одну линию.
- Для подтверждения окончания выбора нажать ***OK*** или ***Apply***.
- Выбрать поверхность с которой линия должна пересекаться
- Для подтверждения окончания выбора нажать ***OK*** или ***Apply***.

### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***LINA, NL, NA***

где

- ***NL*** – номер линии, которая должна пересекаться с поверхностью.
- ***NA*** – номер поверхности, которая должна пересекаться с линией.

### *Попарное пересечение геометрических фигур*

Попарное пересечение отличается от обычного (Рисунок 47) тем, что результатом обычного пересечения является область, принадлежащая всем исходным компонентам, а в результате попарного пересечения для создания новой области достаточно, чтобы она принадлежала любым двум компонентам из исходных (Рисунок 48).

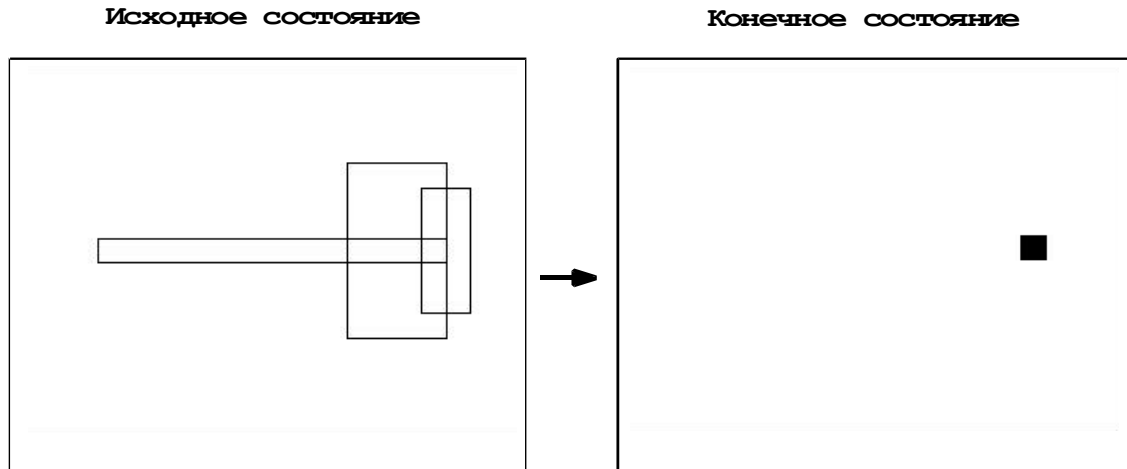


Рисунок 47. Обычное пересечение поверхностей

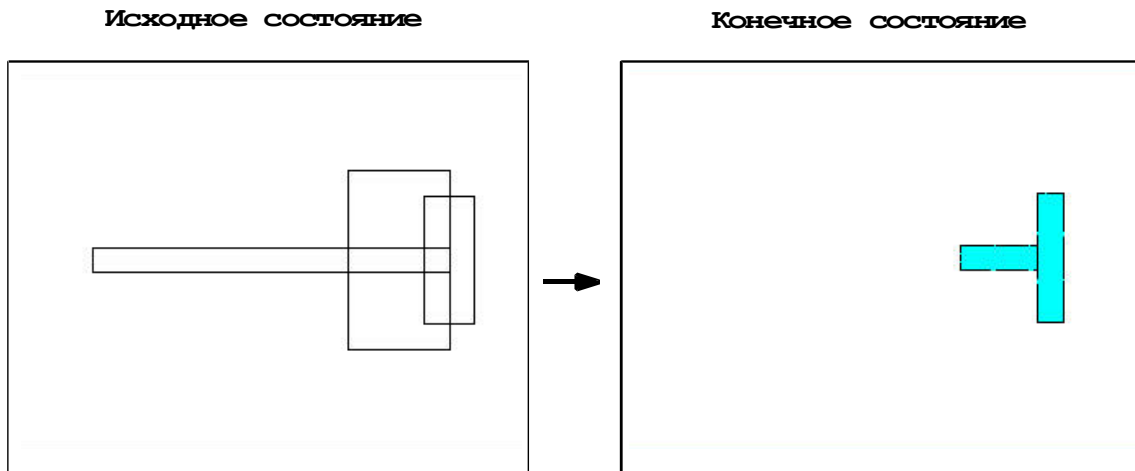


Рисунок 48. Попарное пересечение поверхностей

*Попарное пересечение линий*

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Intersect > Pairwise > Lines**

При использовании данного пункта меню появляется диалоговое окно выбора **Intersect Lines(Pairwise)**. С его помощью следует выбрать линии, участвующие в пересечении, и нажать **OK** или **Apply**.

Команда

**LINP, NL1, NL2, NL3, NL4, NL5, NL6, NL7, NL8, NL9**

где **NL1, NL2, NL3, NL4, NL5, NL6, NL7, NL8, NL9** – номера линий, у которых следует искать пересечение.

*Попарное пересечение поверхностей*

Пункт главного меню

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Pairwise> Areas**

При использовании данного пункта меню появляется диалоговое окно выбора **Intersect Areas(Pairwise)**. С его помощью следует выбрать поверхности, участвующие в пересечении, и нажать **OK** или **Apply**.

Команда

**AINP, NA1, NA2, NA3, NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9**

где **NA1, NA2, NA3, NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9** – номера поверхностей, у которых следует искать пересечение.

*Попарное пересечение объемов*

Пункт главного меню:

**Main Menu> Preprocessor> Operate> Booleans> Intersect> Pairwise> Volumes**

При использовании данного пункта меню появляется диалоговое окно выбора **Intersect Volumes(Pairwise)**. С его помощью следует выбрать объемы, участвующие в пересечении, и нажать **OK** или **Apply**.

Команда

**VINP, NV1, NV2, NV3, NV4, NV5, NV6, NV7, NV8, NV9**

где **NV1, NV2, NV3, NV4, NV5, NV6, NV7, NV8, NV9** – номера объемов, у которых следует искать пересечение.

## Сложение

При сложения компонентов, определяющих новый компонент, получается новый компонент, включающий все части исходных компонентов. (Эта операция известна математически как объединение или суммирование). Результирующий компонент является единым компонентом, не имеющим внутренних делений.

### Сложение линий в одну линию

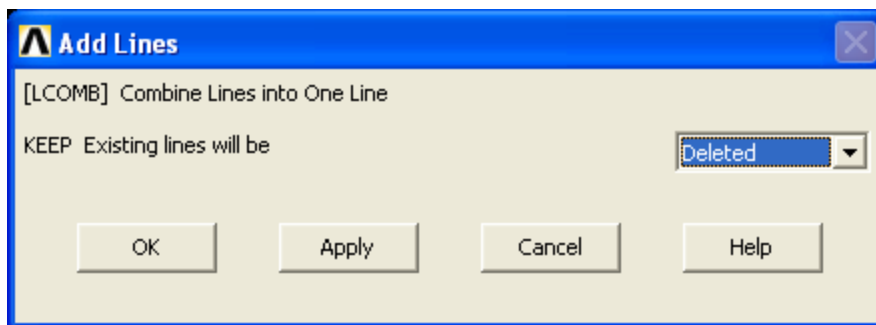
#### Пункт главного меню

#### **Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Add > Lines**

При использовании этого пункта меню появляется окно выбора **Add Line**. После этого необходимо указать «мышью» на экране или с помощью поля ввода линии, которые будут объединены. Для подтверждения выбора необходимо нажать **OK** или **Apply**.

**З а м е ч а н и е!** Объединяемые линии в местах соединения должны иметь гладкую кривизну, т.е. не должны иметь угловых точек в местах соединения, иначе ANSYS выдаст сообщение о невозможности проведения операции.

Далее появится второе окно **Add Lines** (Рисунок 49), в котором необходимо указать, будут ли удалены исходные линии после проведения операции (выпадающее меню **KEEP**).



**Рисунок 49. Диалоговое окно сложения линий**

Команда***L*COMB, *N*L1, *N*L2, *K*EEP**

где

- ***N*L1, *N*L2** – номера соединяемых линий.
- ***K*EEP** – если данный параметр равен **0**, то исходные линии и их общая ключевая точка будут удалены. Если он равен **1**, то исходные линии и ключевая точка будут сохранены.

*Сложение поверхностей в одну поверхность*Пункт главного меню***Main Menu*> *Preprocessor*> *Modeling*> *Operate*> *Booleans*> *Add*> *Areas***

При выборе данного пункта меню появляется диалоговое окно выбора ***Add Areas***, с помощью которого следует выбрать складываемые поверхности, после чего следует нажать кнопку **OK**. Складываться могут поверхности, которые либо накладываются друг на друга, либо касаются друг друга по линии.

Команда***A*ADD, *NA*1, *NA*2, *NA*3, *NA*4, *NA*5, *NA*6, *NA*7, *NA*8, *NA*9**

где ***NA*1, *NA*2, *NA*3, *NA*4, *NA*5, *NA*6, *NA*7, *NA*8, *NA*9** – номера складываемых поверхностей.

Пример сложения поверхностей

Для сложения поверхности **1** и **2** (Рисунок 50) следует выбрать пункт меню ***Main Menu*> *Preprocessor*> *Operate*> *Booleans*> *Add*> *Areas***, после чего с помощью появившегося диалогового окна выбора выбрать поверхности **1, 2** и нажать **OK**.

Для сложения поверхности **1** и **2** (Рисунок 50) с помощью командной строки, следует набрать:

***A*ADD,1,2**

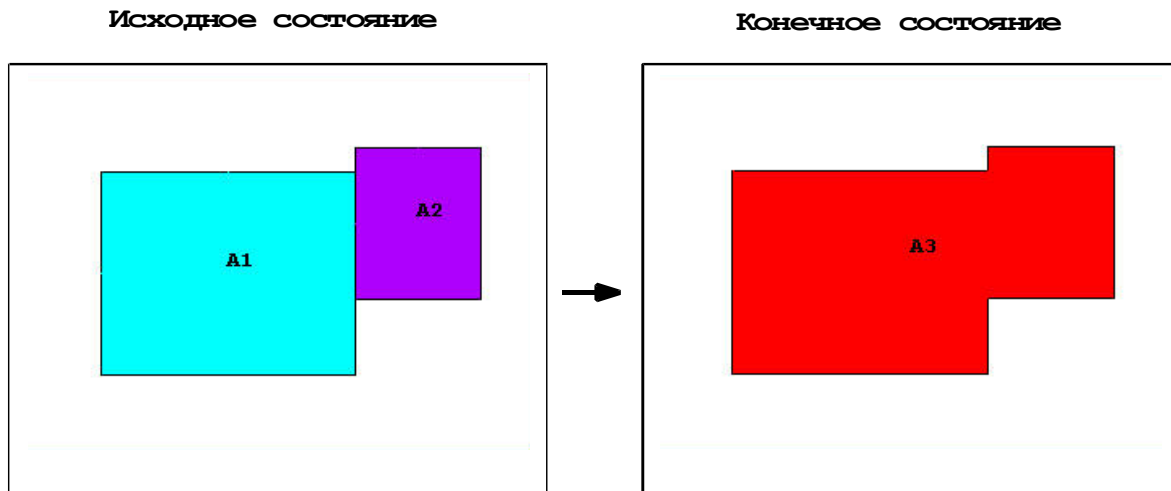


Рисунок 50. Сложение поверхностей

*Сложение объемов*

Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Add > Volumes***

При выборе данного пункта меню появляется диалоговое окно *Add Volumes*, с помощью которого следует выбрать складываемые объемы и нажать **ОК**.

***З а м е ч а н и е!*** Складываться могут объемы, пересекающиеся друг с другом, либо касающиеся друг друга гранями.

Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***VADD, NV1, NV2, NV3, NV4, NV5, NV6, NV7, NV8, NV9***

где ***NV1, NV2, NV3, NV4, NV5, NV6, NV7, NV8, NV9*** – номера складываемых объемов.

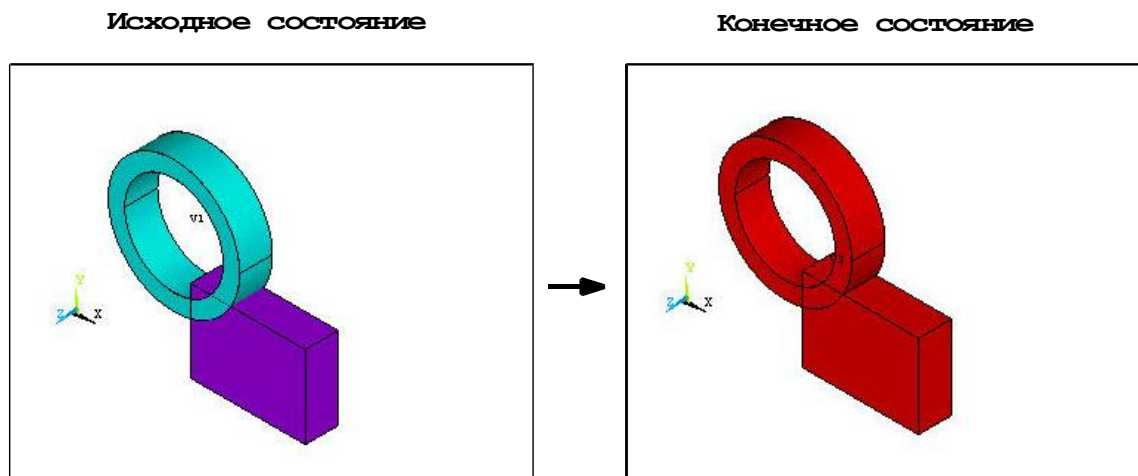
Пример сложения объемов

Для сложения объемов **1** и **2** (Рисунок 51) следует выбрать пункт меню ***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Add > Volumes*** после чего с

помощью появившегося диалогового окна выбора выбрать объемы *1*, *2* и нажать **OK**.

Для сложения объемов *1* и *2* (Рисунок 51) с помощью командной строки, следует набрать:

**VADD,1,2**



**Рисунок 51. Сложение объемов**

### *Вычитание*

Если вы вычитаете один компонент (*E2*) из другого (*E1*), вы получите один из следующих результатов: либо вы создадите новый компонент ( $E3 = E1 - E2$ ), имеющий ту же размерность, что и *E1* и не содержащий ни одного пересечения с *E2*, либо, если пересечение имеет более низкую размерность, то вы просто разделите *E1* на два или более новых компонентов.

### *Вычитание линий из линий*

#### Пункты главного меню

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> Lines**

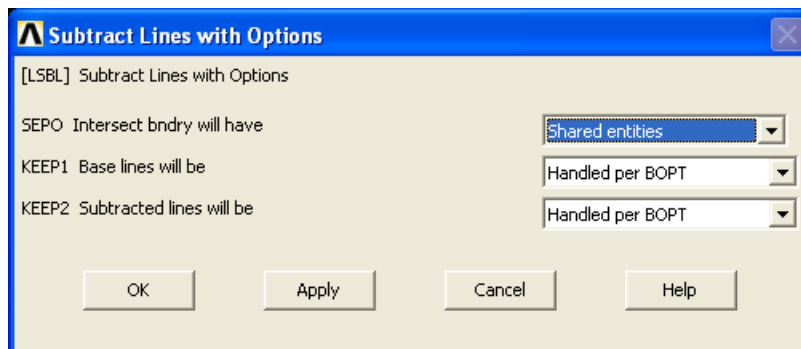
**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> With Options> Lines**



*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Line by Line*

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Line by Line*

Вычитание линий одна из другой может иметь два разных результата в зависимости от начальных условий. Если две линии частично совпадают, то результатом будет участок линии, из которой производится вычитание, не совпадающий с вычитаемой линией. Если же линии только пересекаются, то вычитаемая линия разрежет другую на две в точке пересечения. Первому варианту соответствуют два первых пункта, второму – третий и четвертый. Во всех случаях при выполнении команды следует указать сначала линию, из которой производится вычитание и нажать кнопку **OK** в окне выбора, а затем указать вычитаемую линию и опять нажать кнопку **OK** в окне выбора. При использовании второго и четвертого пунктов меню после выбора линий появится диалоговое окно (Рисунок 52), в котором надо будет указать значения для параметров **SEPO**, **KEEP1**, **KEEP2**.



**Рисунок 52. Диалоговое окно параметров пересечения линий**

### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**LSBL, NL1, NL2, SEPO, KEEP1, KEEP2**

где:

- **NL1** – номер линии, из которой будет производиться вычитание.
- **NL2** – номер линии, которая будет вычитаться.
- **SEPO** – параметр, отвечающий за ключевые точки в местах пересечений линий. Если он пропущен, то у пересекающихся

линий будет одна ключевая точка, если он равен **SEPO** то будут созданы две различные точки с совпадающим местоположением.

- **KEEP1, KEEP2** – параметры отвечающие за сохранение или удаление исходных линий. Если они пропущены, то используются установки «по умолчанию», заданные командой **BOPTN**. Первый параметр отвечает за линии, из которых производится вычитание, второй – за вычитаемые линии. Если параметр равен **KEEP**, то исходные линии сохраняются, если он равен **DELETE** то исходные линии удаляются.

### *Вычитание поверхностей из поверхностей*

#### Пункты главного меню

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> Areas*

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> With Options> Areas*

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Area by Area*

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Area by Area*

Вычитание поверхностей одна из другой может иметь два разных результата в зависимости от начальных условий. Если две поверхности частично совпадают, то результатом будет участок поверхности, из которой производится вычитание, не совпадающий с вычитаемой поверхностью. Если же поверхности только пересекаются, то вычитаемая поверхность разрежет другую на две по линии пересечения. Первому варианту соответствуют два первых пункта, второму – третий и четвертый. Во всех случаях при выполнении команды следует указать сначала поверхность, из которой производится вычитание и нажать кнопку **OK** в окне выбора, а затем указать вычитаемую поверхность и опять нажать кнопку **OK** в окне выбора. При использовании второго и четвертого пунктов меню после выбора поверхностей появится диалоговое окно в котором надо будет указать значения для параметров **SEPO, KEEP1, KEEP2**.

### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

*ASBA, NA1, NA2, SEPO, KEEP1, KEEP2*

где:

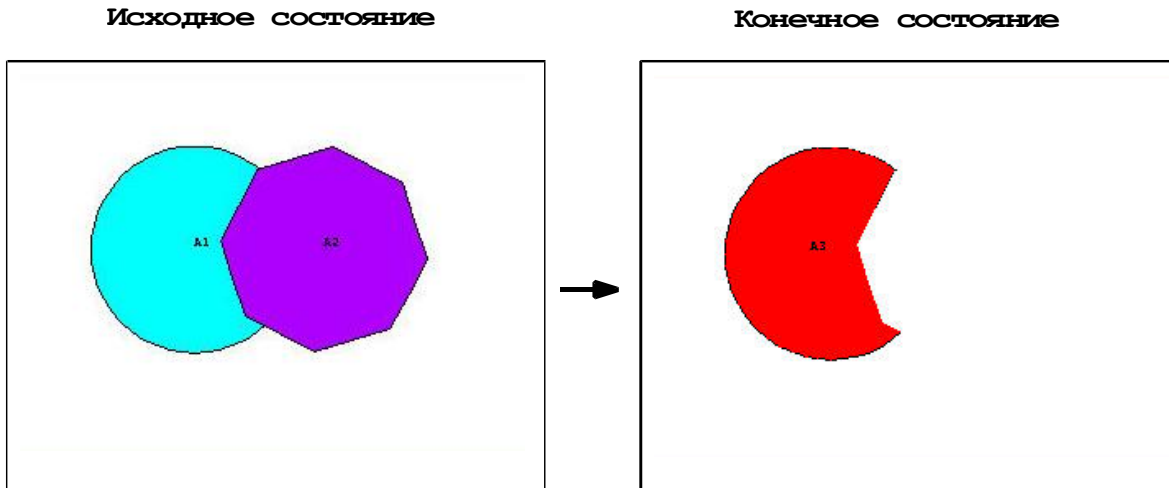
- *NA1* – номер поверхности, из которой будет производиться вычитание.
- *NA2* – номер поверхности, которая будет вычитаться.
- *SEPO* – параметр, отвечающий за линии в местах пересечений поверхностей. Если он пропущен, то у пересекающихся поверхностей будет одна линия, если он равен *SEPO*, то будут созданы две линии с совпадающим местоположением.
- *KEEP1, KEEP2* – параметры, отвечающие за сохранение или удаление исходных поверхностей. Если они пропущены, то используются установки «по умолчанию», заданные командой *BOPTN*. Первый параметр отвечает за поверхности, из которых производится вычитание, второй – за вычитаемые поверхности. Если параметр равен *KEEP*, то исходные поверхности сохраняются, если он равен *DELETE*, то исходные поверхности удаляются.

### Пример вычитания поверхностей

Чтобы вычесть из поверхности *1* поверхность *2* (Рисунок 53) следует выбрать пункт меню *Main Menu> Preprocessor> Operate> Booleans> Subtract> Areas*. С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать поверхность *1* и нажать *OK*. С помощью нового диалогового окна выбора следует выбрать поверхность *2* и снова нажать *OK*.

Чтобы вычесть из поверхности *1* поверхность *2* (Рисунок 53) с помощью командной строки следует набрать:

*ASBA,1,2*



**Рисунок 53. Вычитание поверхностей**

*Вычитание объемов из объемов.*

Пункты главного меню:

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Subtract > Volumes***

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Subtract > With Options > Volumes***

При использовании данных пунктов меню, следует сначала указать объем, из которого будет производиться вычитание, и нажать кнопку **OK** в окне выбора. Затем следует указать объем, который будет вычитаться и снова нажать кнопку **OK** в окне выбора. При использовании второго пункта после этого откроется диалоговое окно, в котором следует указать значения для параметров **SEPO**, **KEEP1**, **KEEP2**.

Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***VSBV, NV1, NV2, SEPO, KEEP1, KEEP2***

где:

- ***NV1*** – номер объема, из которого будет производиться вычитание.
- ***NV2*** – номер объема, который будет вычитаться.
- ***SEPO*** – параметр, отвечающий за поверхности в местах пересечений объемов. Если он пропущен, то у пересекающихся

объемов будет одна поверхность, если он равен *SEPO*, то будут созданы две поверхности с совпадающим местоположением.

- *KEEP1*, *KEEP2* – параметры, отвечающие за сохранение или удаление исходных объемов. Если они пропущены, то используются установки «по умолчанию», заданные командой *BOPTN*. Первый параметр отвечает за объемы, из которых производится вычитание, второй – за вычитаемые объемы. Если параметр равен *KEEP*, то исходные объемы сохраняются, если он равен *DELETE*, то исходные объемы удаляются.

#### Пример вычитания объемов

Чтобы вычесть из объема *1* объем *2* (Рисунок 54) следует выбрать пункт меню *Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Subtract > Volumes*. С помощью появившегося диалогового окна выбора следует выбрать объем *1* и нажать *OK*. С помощью нового диалогового окна выбора следует выбрать объем *2* и снова нажать *OK*.

Чтобы сделать то же самое с помощью командной строки следует набрать:

*VSBV,1,2*

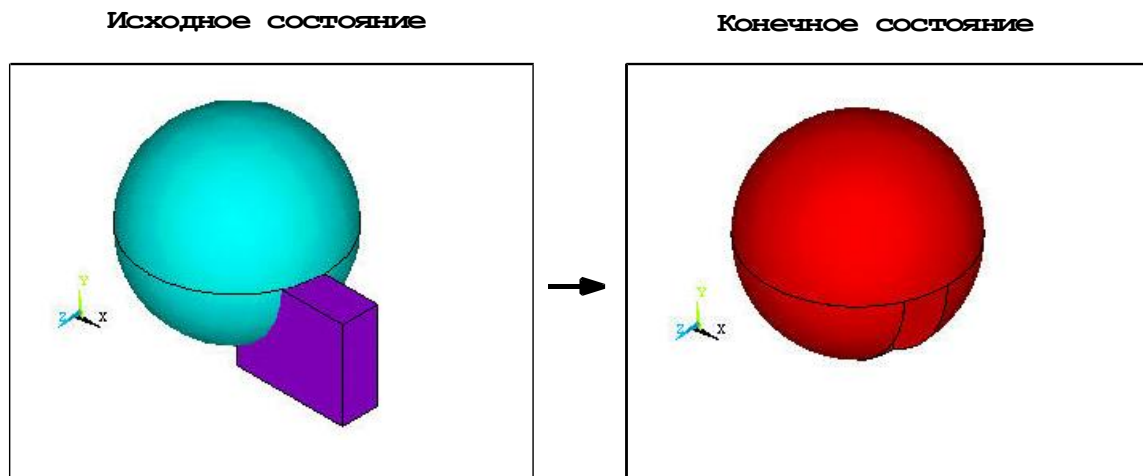


Рисунок 54. Вычитание объемов

**З а м е ч а н и е!** Кроме вычитания компонент одного типа, *ANSYS* позволяет вычитать друг из друга компоненты разных типов. Команды для этих операций описаны ниже. Следует отметить, что их работа аналогична тем описанным выше.

### *Вычитание поверхностей из линий*

Если линия пересекается с поверхностью в одной точке, то результатом операции будут две линии, разделенные этой точкой. Если же линия лежит в одной плоскости с поверхностью, то из линии вырезается та часть, которая находится внутри поверхности.

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Divide > Line by Area***

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Divide > With Options > Line by Area***

При использовании данных пунктов меню, сначала появляется диалоговое окно выбора, в котором следует выбрать линии, из которых будет вычитаться поверхность, и нажать **ОК**. После этого появится еще одно диалоговое окно выбора, с помощью которого следует указать поверхность, которая будет вычитаться, и нажать **ОК**.

Если использовался второй пункт, то в появившемся диалоговом окне следует задать значения для параметров **SEPO**, **KEEP**.

### *Вычитание объемов из линий*

Если линия пересекает объем в одной точке, результатом операции будут две линии, разделенные этой точкой. Если линия пересекает сам объем, из нее вырезается та часть, которая проходит через объем.

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Divide > Line by Volume***

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Divide > With Options > Line by Volume***

При использовании данных пунктов меню, сначала появляется диалоговое окно выбора, в котором следует выбрать линии, из которых будет вычитаться объем и нажать **ОК**. После этого, появится еще одно диалоговое окно выбора, с помощью которого следует указать объем, который будет вычитаться, и нажать **ОК**. Если использовался второй пункт, в появившемся диалоговом окне следует задать значения для параметров **SEPO**, **KEEP**.

Данным пунктам меню соответствует команда **LSBV**.

### *Вычитание объемов из поверхностей*

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Area by Volume**

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options>Area by Volume**

При использовании данных пунктов меню, сначала появляется диалоговое окно выбора, в котором следует выбрать поверхности, из которых будет вычитаться объем, и нажать **OK**. После этого появится еще одно диалоговое окно выбора, с помощью которого следует указать объем, который будет вычитаться, и нажать **OK**. Если использовался второй пункт, в появившемся диалоговом окне следует задать значения для параметров **SEPO, KEEP**.

Данным пунктам меню соответствует команда **ASBV**.

### *Вычитание линий из поверхностей*

Вычитанием линии из поверхности, поверхность можно разрезать на две части по вычитаемой линии.

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Area by Line**

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Area by Line**

При использовании данных пунктов меню, сначала появляется диалоговое окно выбора, в котором следует выбрать поверхности, из которых будет вычитаться линия, и нажать **OK**. После этого, появится еще одно диалоговое окно выбора, с помощью которого следует указать линию, которая будет вычитаться, и нажать **OK**. Если использовался второй пункт, в появившемся диалоговом окне следует задать значения для параметра **KEEP**.

Данным пунктам меню соответствует команда **ASBL**.

**З а м е ч а н и е!** Параметр **SEPO** не используется в команде **ASBL**.

### *Вычитание поверхностей из объемов*

Вычитание поверхностей из объемов обычно служит для деления объема на две части по вычитаемой поверхности.

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Volume by Area*

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Volume by Area*

При использовании данных пунктов меню, сначала появляется диалоговое окно выбора, в котором следует выбрать объемы, из которых будет вычитаться поверхность и нажать **OK**. После этого, появится еще одно диалоговое окно выбора, с помощью которого следует указать поверхность, которая будет вычитаться, и нажать **OK**.

Если использовался второй пункт, в появившемся диалоговом окне следует задать значения для параметров **SEPO**, **KEEP**.

Данным пунктам меню соответствует команда **VSBA**.

#### *Замечания по операциям вычитания*

Значение **ALL** может использоваться в любом поле операции вычитания. Если **ALL** используется в поле уменьшаемого, то компонента или компоненты, заданные списком или помеченные с помощью средств графического интерфейса в поле вычитаемых областей будут удалены из всех выбранных компонент. Если **ALL** используется в поле вычитаемого, то все помеченные компоненты будут вычтены из тех, которые перечислены в поле уменьшаемого. Если **ALL** используется в обоих полях и уменьшаемого и вычитаемого, то ничего не произойдет, так как результатом будут являться исходные компоненты.

Поле аргумента **KEEP** команд вычитания позволяет вам выборочно удалять или сохранять компоненты. Например, аргументы **KEEPA** и **KEEPL** команды **ASBL** позволяют вам сохранить или удалить поверхности и или линии использующиеся в операциях **ASBL**. Аргументы **KEEPL** и **KEEPA** подавляют предыдущие установки, сделанные с помощью команды **BOPTN** (*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Settings*). Если эти два поля не заполнены, «по умолчанию» установки контролируются командой **BOPTN**. Установки «по умолчанию» **BOPTN** должны удалять все компоненты, которые используются как входные данные для команд вычитания компонент.



### *Вычитание рабочей плоскости*

Рабочая плоскость может быть вычтена из компоненты для деления ее на две и более компоненты. Рабочая плоскость может быть вычтена из линий, поверхностей и объемов с использованием команд и пунктов меню, описанных ниже. Поле **KEEP** может быть использовано для сохранения или удаления введенных компонентов не зависимо от установок команды **BOPTN** (*Main Menu*> *Preprocessor*> *Modeling*> *Operate*> *Booleans*> *Settings*).

Рабочая плоскость часто используется для разрезания на куски существующей модели до проведения разбиения.

### *Деление линий рабочей плоскостью*

#### *Пункты главного меню*

*Main Menu*> *Preprocessor*> *Modeling*> *Operate*> *Booleans*> *Divide*> *Line by WrkPlane*

*Main Menu*> *Preprocessor*> *Modeling*> *Operate*> *Booleans*> *Divide*> *With Options*> *Line by WrkPlane*

При использовании данных пунктов меню следует выбрать делимую линию и нажать кнопку **OK** в диалоговом окне выбора. Если использовался второй пункт, в появившемся диалоговом окне следует задать значения для параметров **SEPO**, **KEEP**.

#### *Команда*

**LSBW, NL, SEPO, KEEP**

где:

- **NL** – номер делимой линии.
- **SEPO** – параметр, отвечающий за ключевую точку в месте разреза. Если он пропущен, то у двух созданных линий будет одна ключевая точка, если он равен **SEPO**, то будут созданы две различные точки с совпадающим местоположением.
- **KEEP** – если данный параметр равен **KEEP**, то исходная линия будет сохранена, если он равен **DELETE**, то исходная линия будет удалена, если он пропущен, то команда поступит в соответствии с установками заданными командой **BOPTN**.

*Деление поверхности рабочей плоскостью**Пункты главного меню*

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Area by WrkPlane*

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Area by WrkPlane*

При использовании данных пунктов меню следует выбрать делимую поверхность и нажать кнопку **OK** в диалоговом окне выбора. Если использовался второй пункт, в появившемся диалоговом окне следует задать значения для параметров **SEPO**, **KEEP**.

*Команда*

*ASBW, NA, SEPO, KEEP*

где:

- *NA* – номер делимой поверхности.
- *SEPO* – параметр, отвечающий за линию в месте разреза. Если он пропущен, то у двух созданных поверхностей будет одна линия, если он равен *SEPO*, то будут созданы две различные линии с совпадающим местоположением.
- *KEEP* – если данный параметр равен *KEEP*, то исходная поверхность будет сохранена, если он равен *DELETE* то исходная поверхность будет удалена, если он пропущен, то команда поступит в соответствии с установками, заданными командой *BOPTN*.

*Деление объемов рабочей плоскостью**Пункты главного меню*

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Volu by WrkPlane*

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Volu by WrkPlane**

При использовании данных пунктов меню следует выбрать делимый объем и нажать кнопку **OK** в диалоговом окне выбора. Если использовался второй пункт, в появившемся диалоговом окне следует задать значения для параметров **SEPO**, **KEEP**.

### Команда

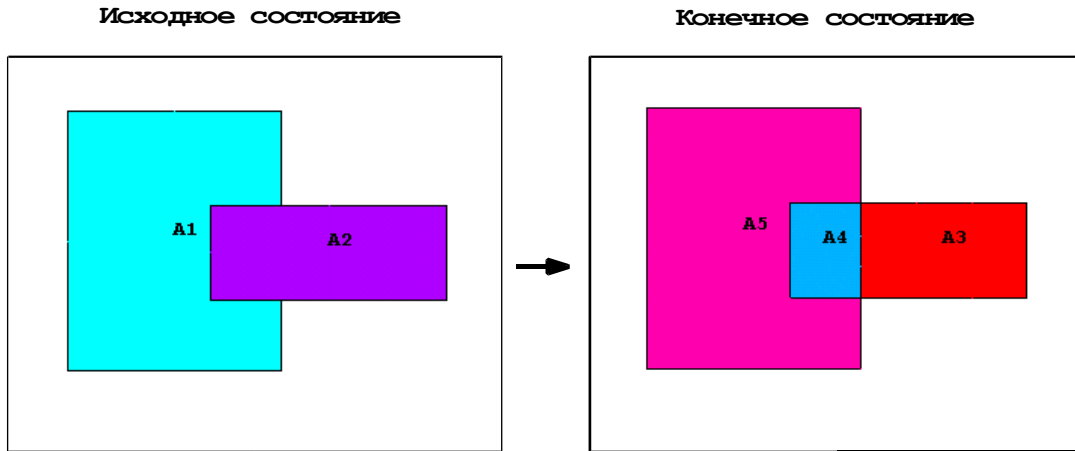
**VSBW, NV, SEPO, KEEP**

где:

- **NV** – номер делимого объема.
- **SEPO** – параметр, отвечающий за поверхность в месте разреза. Если он пропущен, то у двух созданных объемов будет одна поверхность, если он равен **SEPO**, то будут созданы две различные поверхности с совпадающим местоположением.
- **KEEP** – если данный параметр равен **KEEP**, то исходный объем будет сохранен, если он равен **DELETE**, то исходный объем будет удален, если он пропущен, то команда поступит в соответствии с установками заданными командой **BOPTN**.

### *Наложение (перекрытие)*

Команды наложения соединяют два или более компонента, для создания трех или более новых компонентов, которые окружают все части исходных компонентов. Конечный результат подобен результату сложения (Рисунок 55), исключая границы, которые будут созданы вокруг зоны перекрытия. Таким образом, операция перекрытия создает конечное число сравнительно несложных областей. Поэтому области созданные с перекрытием чаще разбиваются лучше, чем области, созданные с помощью операции сложения. Операция наложения верна только тогда, когда размерность компонента полученного в результате операции та же что и исходных компонентов.



**Рисунок 55. Перекрытие поверхностей**

### *Перекрытие линий*

#### Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Overlap > Lines***

При использовании данного пункта меню следует указать на экране линии и нажать кнопку **OK** в окне выбора.

#### Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

***LOVLAP, NL1, NL2, NL3, NL4, NL5, NL6, NL7, NL8, NL9***

где:

- ***NL1, NL2, NL3, NL4, NL5, NL6, NL7, NL8, NL9*** – линии, пересечение которых будет строиться. Если параметр ***NL1*** будет равен ***P***, то линии следует выбирать мышью на экране, и остальные параметры игнорируются.

### *Перекрытие поверхностей*

#### Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Overlap > Areas***

При использовании данного пункта меню следует указать на экране поверхности и нажать кнопку **OK** в окне выбора.

Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**AOVLAP, NA1, NA2, NA3, NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9**

где:

- **NA1, NA2, NA3, NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9** – поверхности, пересечение которых будет строиться. Если параметр **NA1** будет равен **P**, то поверхности следует выбирать мышью на экране, и остальные параметры игнорируются.

*Перекрытие объемов*

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Overlap > Volumes**

При использовании данного пункта меню следует указать на экране объемы и нажать кнопку **OK** в окне выбора.

Команда

Общий вид команды при вводе с клавиатуры:

**VOVLAP, NV1, NV2, NV3, NV4, NV5, NV6, NV7, NV8, NV9**

где:

- **NV1, NV2, NV3, NV4, NV5, NV6, NV7, NV8, NV9** – объемы, пересечение которых будет строиться. Если параметр **NV1** будет равен **P** то объемы следует выбирать мышью на экране, и остальные параметры игнорируются.

*Склейка*

Склейка подобна перекрытию, за тем исключением, что она применяется только в случаях, когда компоненты не перекрывают друг друга, а касаются – линии имеют общую точку, поверхности имеют общую линию, объемы общую поверхность, т.е. размерность области пересечения на

единицу меньше, чем исходные компоненты. В результате проведения операции компоненты сохраняют свою индивидуальность (они не складываются), но они становятся связанными по области их пересечения.

*Склейка линий. Пункт главного меню:*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Glue > Lines***

Ему соответствует команда ***LGLUE***.

*Склейка поверхностей. Пункт главного меню:*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Glue > Areas***

Ему соответствует команда ***AGLUE***.

*Склейка объемов. Пункт главного меню:*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Glue > Volumes***

Ему соответствует команда ***VGLUE***.

## Примеры создания твердотельных моделей средствами ANSYS для решения в последующих лекциях физических задач

Практически все (кроме примера 3) создаваемые в этом разделе геометрические модели будут создаваться «снизу-вверх», соответственно сначала создаются компоненты более низкого уровня, в данном случае – ключевые точки, по которым в дальнейшем будет создана остальная геометрия модели.

***В н и м а н и е!*** Каждый раз после сохранения результатов построения при переходе к работе с новой моделью пользователь должен очистить от старой модели память с помощью пункта меню утилит: *Utility Menu > File > Clear & Start New*

При выборе этого пункта меню появляется диалоговое окно *Clear Database and Start New*, в котором пользователь должен нажать кнопку **ОК**. И еще раз подтвердить свой выбор нажатием кнопки *Yes* в окне *Verify* (Рисунок 56).

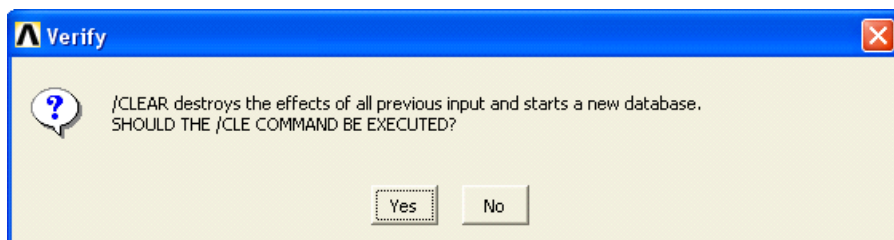


Рисунок 56. Вид окна *Verify*

*Предварительные действия. Выбор системы физических единиц*

Напомним, что система физических единиц устанавливается только с помощью командной строки. Команда, устанавливающая систему единиц, имеет вид:

*/UNITS, Label*

***З а м е ч а н и е!*** «По умолчанию» в ANSYS используется международная система физических единиц СИ. Во всех примерах будет использоваться именно система единиц «по умолчанию». Поэтому при рассмотрении любых примеров в дальнейшем не будут даваться комментарии относительно размерности используемых величин.

*Пример 1. Распределение напряжений в плоском образце с концентратором*

*Шаг 1. Создание ключевых точек, определяющих половину профиля образца*

Создаем семь ключевых точек на рабочей плоскости, определяющих профиль образца. Для этого вводим их номера и координаты.

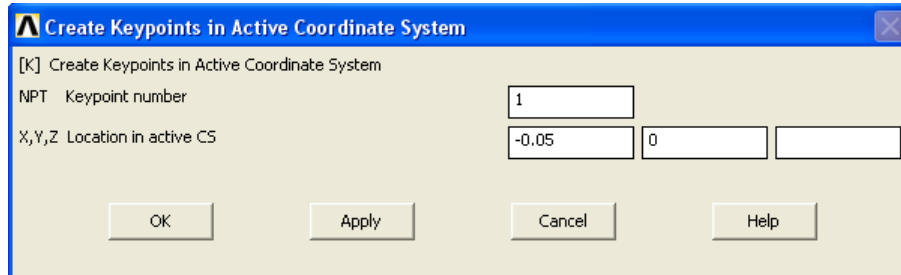
Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS**

В полях ввода появившегося диалогового окна вводим номер создаваемой ключевой точки (поле *NPT*) и значения, соответствующих данной точке координат (поля *X* и *Y*).

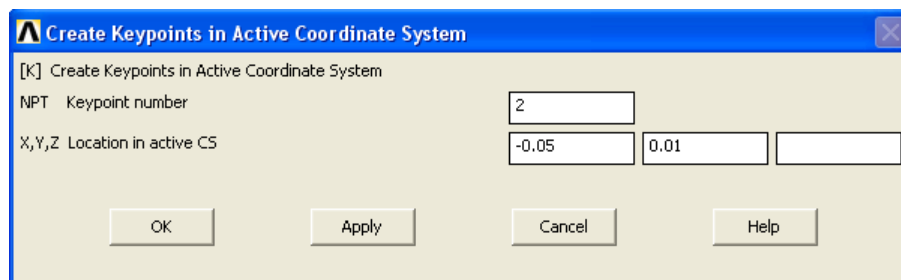
**З а м е ч а н и е!** В активном поле ввода находится вертикальный курсор. Переход к следующему полю осуществляется с помощью «мыши» либо кнопки «Tab» на клавиатуре.

- 1-я ключевая точка имеет координаты  $(-0.05; 0)$  (Рисунок 57).



**Рисунок 57. Создание 1-ой ключевой точки**

- Нажимаем кнопку *Apply*, т.к. точки будут продолжать создаваться
- 2-я ключевая точка имеет координаты  $(-0.05; 0.01)$  (Рисунок 58).



**Рисунок 58. Создание 2-ой ключевой точки**



- Нажимаем кнопку *Apply*, т.к. точки будут продолжать создаваться
- 3-я ключевая точка имеет координаты  $(-0.04; 0.01)$ .
- Нажимаем кнопку *Apply*.
- 4-я ключевая точка имеет координаты  $(-0.035; 0.01)$ .
- Нажимаем кнопку *Apply*.
- 5-я ключевая точка имеет координаты  $(-0.035; 0.005)$ .
- Нажимаем кнопку *Apply*.
- 6-я ключевая точка имеет координаты  $(-0.005; 0.005)$ .
- Нажимаем кнопку *Apply*.
- 7-я ключевая точка имеет координаты  $(0; 0.0025)$ .
- Нажимаем кнопку *OK*, т.к. создание ключевых точек на данном этапе закончено.

Список команд

***/PREP7***

***K,1,-0.05,0,***

***K,2,-0.05,0.01,***

***K,3,-0.04,0.01,***

***K,4,-0.035,0.01,***

***K,5,-0.035,0.005,***

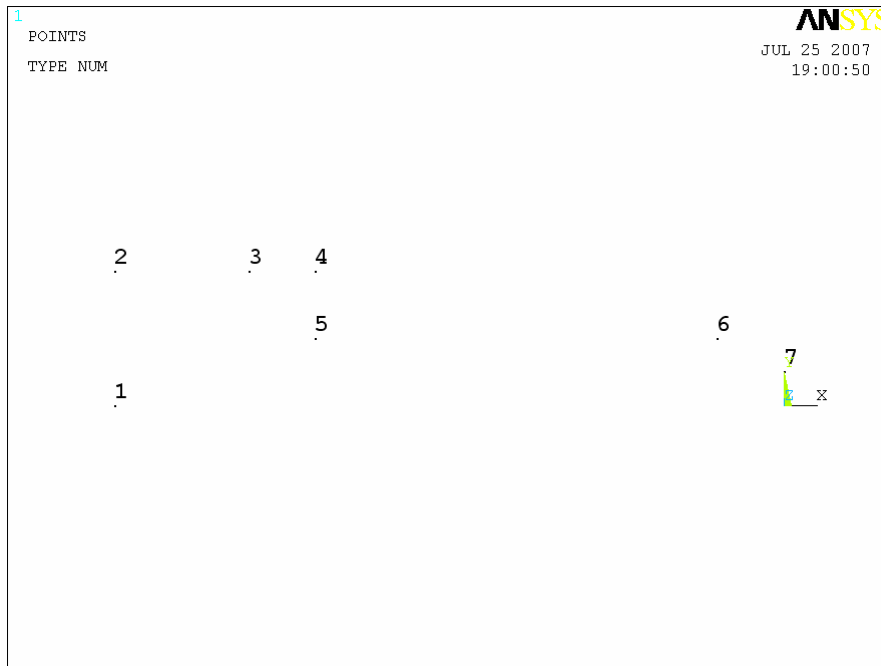
***K,6,-0.005,0.005,***

***K,7,0,0.0025,***

После каждой команды необходимо нажать ***Enter*** на клавиатуре.

***З а м е ч а н и е! Поле для ввода координаты по оси Z в обоих случаях пусто, т.к. «по умолчанию» она равна нулю (Рисунок плоский).***

Результаты выполнения шага 1.



**Рисунок 59. Результат создания ключевых точек**

*Шаг 2. Копирование при зеркальном отображении ключевых точек*

В результате первого шага были созданы точки, определяющие геометрию половины создаваемой области. Для того чтобы создать остальные точки, следует воспользоваться операцией зеркального отражения, что и будет выполнено на втором шаге.

Отображаем созданные ключевые точки **1 – 6** симметрично относительно вертикальной оси, при этом сохраняя исходные точки.

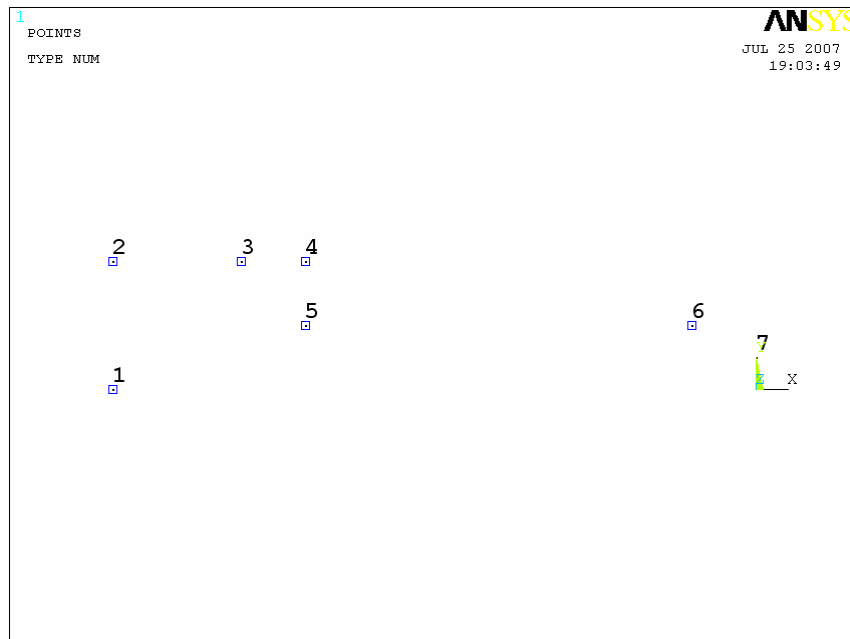
Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Reflect > Keypoints***

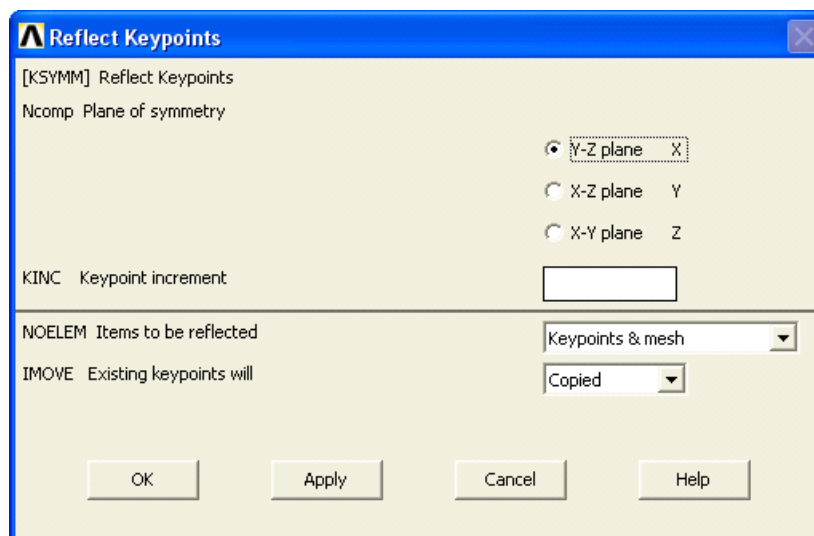
При использовании указанного пункта меню появится окно выбора ***Reflect Keypoints***. С помощью «мыши» или поля ввода следует:

- Указать ключевые точки, которые необходимо копировать (Рисунок 60).
- Нажимаем кнопку ***OK*** или ***Apply*** для подтверждения окончания выбора.

- Появится диалоговое окно *Reflect Keypoints* (Рисунок 61), в котором указываем плоскость, относительно которой выполняется отображение (переключатель *Y-Z*) и в выпадающем списке *MOVE* указываем, что точки копируются (выбираем пункт *Copied*).
- Нажимаем кнопку *OK* или *Apply* (Рисунок 62).



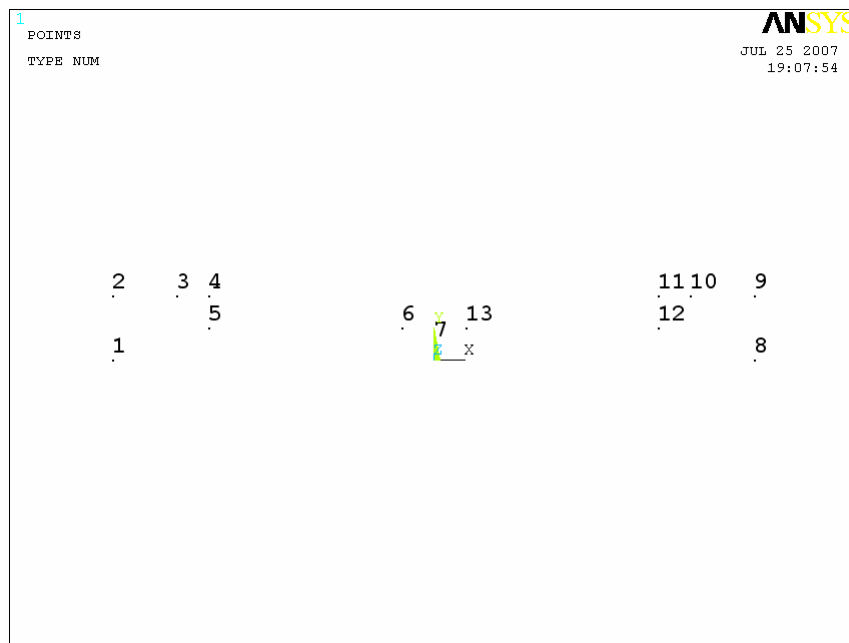
**Рисунок 60. Выбор ключевых точек для копирования**



**Рисунок 61. Вид окна *Reflect Keypoints***

Команда***KSYMM,X,1,6,1,0,1,0***

***З а м е ч а н и е!*** Созданные ключевые точки (8 – 13) могут не попасть в отображаемое поле. Для того чтобы их увидеть следует воспользоваться пунктом меню утилит: ***Utility Menu> PlotCtrl> Pan Zoom Rotate***

Результаты выполнения шага 2

**Рисунок 62. Результат построения ключевых точек, определяющих профиль модели**

*Шаг 3. Соединение ключевых точек линиями*

Согласно способу создания модели снизу-вверх, после создания ключевых точек, по ним следует создавать компоненты более высокого уровня – линии, которые будут соединять эти точки. Создаем прямые линии. Для этого указываем ключевые точки, которые должны быть соединены прямыми линиями.

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line**

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора **Create Straight Line**. В этом случае необходимо последовательно указать («мышью» либо с помощью командной строки) пары точек которые необходимо соединить прямой линией:

- Последовательно указываем ключевые точки **1** и **2**. Эти точки автоматически соединятся прямой линией.
- Указываем ключевые точки **2** и **3**. Эти точки автоматически соединятся прямой линией.
- Указываем ключевые точки **5** и **6**, **13** и **12**, **10** и **9**, **9** и **8**, **8** и **1**. Эти пары точек будут соединены прямыми линиями.
- Нажимаем кнопку **OK** (Рисунок 63).

Список команд

**LSTR,1,2**

**LSTR,2,3**

**LSTR,5,6**

**LSTR,13,12**

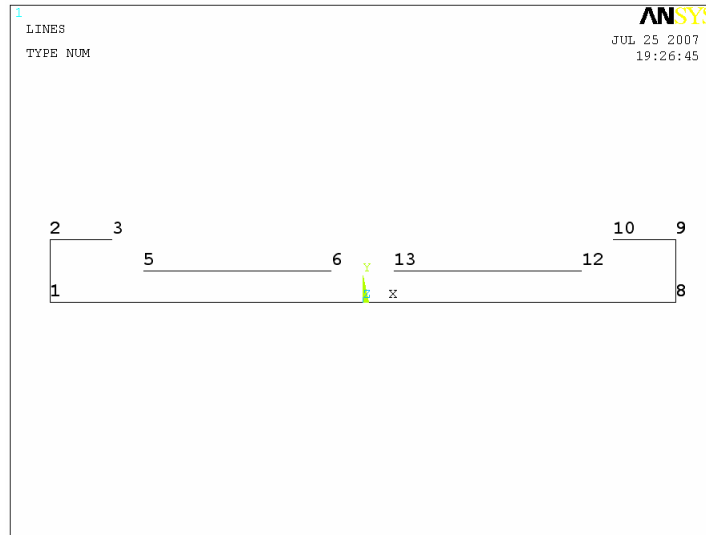
**LSTR,10,9**

**LSTR,9,8**

**LSTR,8,1**

После каждой команды необходимо нажать **Enter** на клавиатуре.

Результаты выполнения шага 3.



**Рисунок 63. Результат построения всех прямых линий границы модели**

*Шаг 4. Создание дуг по ключевым точкам концов и радиусу*

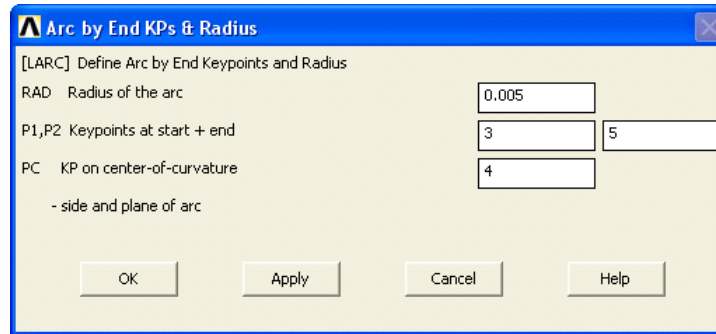
Рисуем дуги окружностей между ключевыми точками **3** и **5** с центром в ключевой точке **4**, а так же между ключевыми точками **12** и **10** с центром в ключевой точке **11**. Радиус дуг равен **0.005**.

Пункт главного меню

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Arcs> By End KPs & Rad**

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора **Arc by End KPs & Rad**. В этом случае:

- Последовательно указываем ключевую точку **3** (начала дуги) и **5** (конца дуги).
- Нажимаем кнопку **OK**.
- Указываем ключевую точку **4** (центр окружности).
- Нажимаем кнопку **OK**.
- Появляется диалоговое окно **Arc by End KPs & Radius**, в котором необходимо ввести радиус дуги (поле **RAD**), который равен **0.005** (Рисунок 64).



**Рисунок 64. Вид окна *Arc by KPs & Radius***

- Нажимаем кнопку *Apply*, т.к. необходимо построить еще одну дугу.
- Повторяем указанную последовательность действий для построения дуги, соединяющей ключевые точки **12** и **10** (центр дуги ключевая точка **11**) и имеющей радиус **0.005** (Рисунок 65).

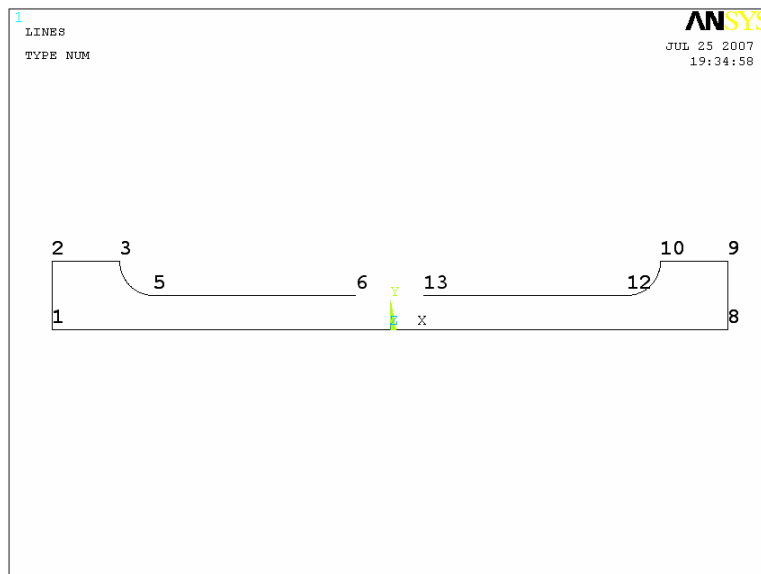
Список команд

*LARC,3,5,4,0.005*

*LARC,12,10,11,0.005*

После ввода команды необходимо нажать **Enter** на клавиатуре.

Результаты выполнения шага 4



**Рисунок 65. Промежуточные результаты построения границы модели**

*Шаг 5. Создание дуг по трем ключевым точкам*

Рисуем дугу окружности между ключевыми точками **6**, **13** через ключевую точку **7** ключевыми точками.

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Arcs > Through 3 KPs**

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора **Arcs Thru 3 KPs**. В этом случае:

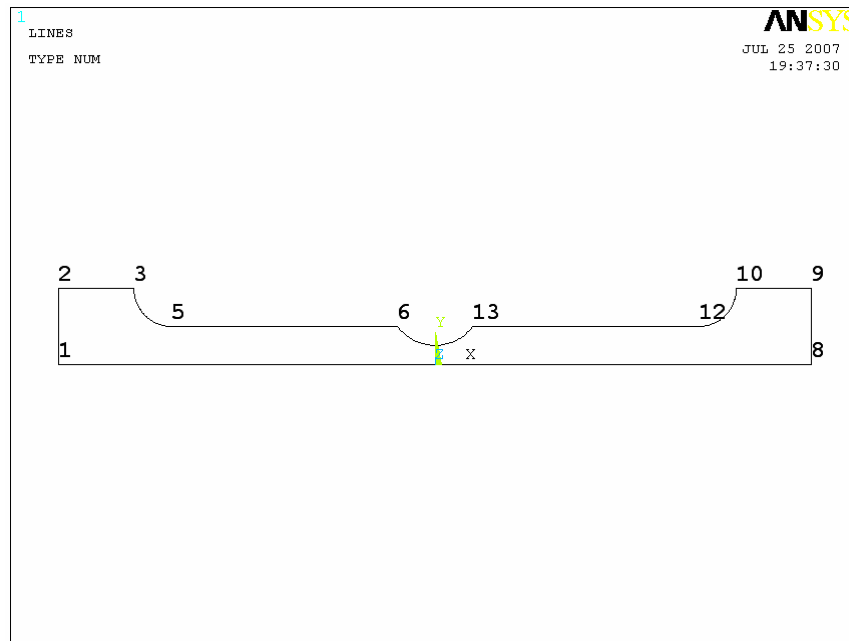
- Последовательно указываем ключевую точку **6** (начала дуги), **13** (конца дуги) и ключевую точку **7** (через которую проходит дуга).
- Нажимаем кнопку **OK** (Рисунок 66).

Команда

**LARC,6,13,7,**

После ввода команды необходимо нажать **Enter** на клавиатуре.

Результаты выполнения шага 5



**Рисунок 66. Результаты построения границы модели**



### *Шаг 6. Удаление вспомогательных ключевых точек*

После того как контур модели создан, некоторые ключевые точки становятся не нужными (в частности точки задававшие центры дуг). На данном шаге будет выполнено удаление ставших ненужными ключевых точек 4 и 11.

#### Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Keypoints***

При использовании данного пункта меню появляется окно выбора ***Delete Keypoints***. В этом случае:

- Указываем ключевые точки, которые необходимо удалить.
- Нажимаем кнопку ***OK***.

#### Список команд

***KDELE,4***

***KDELE,11***

### *Шаг 7. Создание поверхности по линиям*

При создании плоской модели методом снизу-вверх, как правило, последним шагом является создание поверхности по линиям, ее ограничивающим, либо по ключевым точкам. На данном шаге по сделанному ранее контуру (линиям границы) будет создана поверхность детали.

#### Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Arbitrary > By Lines***

- При использовании указанного пункта меню появится окно выбора ***Create Area By Lines***, с помощью которого следует указать линии, являющиеся границами поверхности.
- Нажать кнопку ***OK*** или ***Apply*** для подтверждения окончания выбора.

Команда*AL,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10*

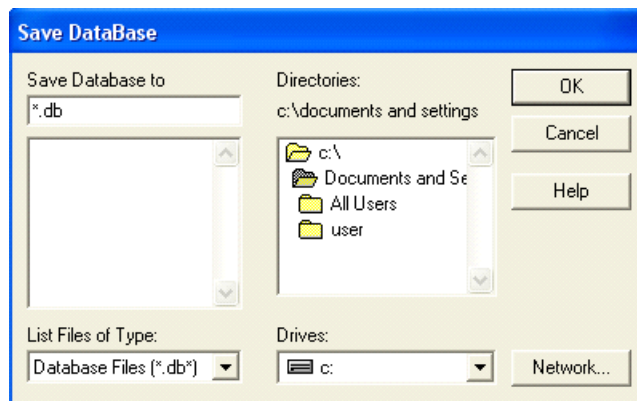
**З а м е ч а н и е!** При использовании команды *AL* можно использовать не более 10 линий, поэтому использован параметр *ALL*.

*Шаг 8. Сохранение созданной модели в отдельном db-файле*

Для этого используем пункт меню:

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

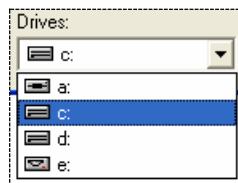
При использовании пункта главного меню, появляется окно выбора *Save DataBase* (Рисунок 67).



**Рисунок 67. Вид окна *Save Database***

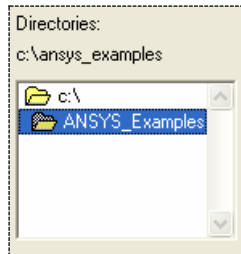
В этом случае следует:

- Выберем с помощью «мыши» в выпадающем списке **Drives** диск (Рисунок 68), на котором должен храниться файл:



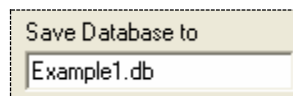
**Рисунок 68. Выпадающий список для выбора логического диска**

- Выберем в списке *Directories* папку (Рисунок 69), в которой должен храниться файл (например, папка *ANSYS\_Examples*). Выбор папки осуществляется двойным нажатием на правую кнопку «мыши»).



**Рисунок 69. Окно выбора папки (директории) для хранения файла**

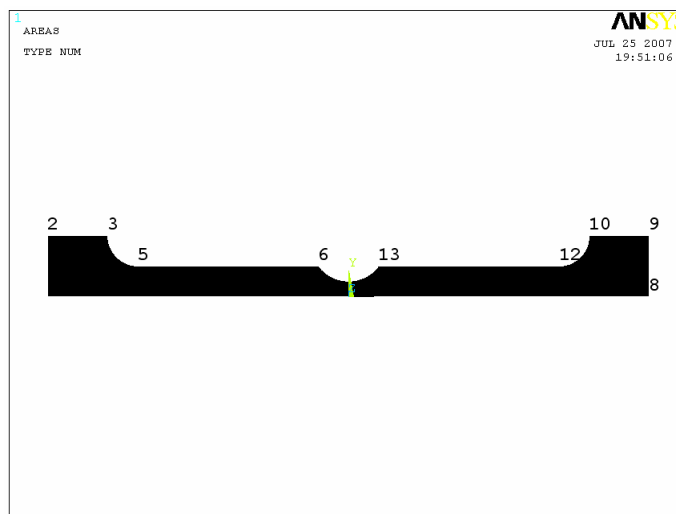
- Набраем любое имя (например, *Example1.db*, Рисунок 70) в окне *Save DataBase to*, под которым должен храниться файл.



**Рисунок 70. Окно для определения имени файла**

- Нажимаем кнопку *OK* (Рисунок 71).

*Результат построения твердотельной модели для примера 1*



**Рисунок 71. Результаты построения плоской модели примера 1**

*Пример 2. Определение напряжений в гребенке с трапециoidalными зубьями (плоская задача)*

Модель гребенки создается методом «снизу вверх». Сначала создаются компоненты модели самого нижнего уровня – ключевые точки. На первом шаге создаются ключевые точки, описывающие профиль одного зуба.

*Шаг 1. Создание ключевых точек, определяющих профиль одного зуба*

Создаем четыре ключевые точки на рабочей плоскости, определяющие профиль плоского сечения зуба гребенки. Для этого вводим их номера и координаты.

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS**

В появившемся диалоговом окне, в полях ввода, вводим номер создаваемой ключевой точки (поле *NPT*) и значения соответствующих данной точке координат (поля *X* и *Y*) (см. пример 1 данного раздела):

- 1-я ключевая точка имеет координаты **(0; 0)**.
- Нажимаем кнопку **Apply**, т.к. точки будут продолжать создаваться
- 2-я ключевая точка имеет координаты **(0.66983E-3; 2.5E-3)**;
- Нажимаем кнопку **Apply**.
- 3-я ключевая точка имеет координаты **(1.133964E-3; 2.5E-3)**.
- Нажимаем кнопку **Apply**.
- 4-я ключевая точка имеет координаты **(1.803794E-3; 0)**.
- Нажимаем кнопку **OK**, т.к. создание ключевых точек на данном этапе закончено (Рисунок 72).

Список команд

**/PREP7**

**K,1,0,0**

**K,2,0.66983E-3,2.5E-3**

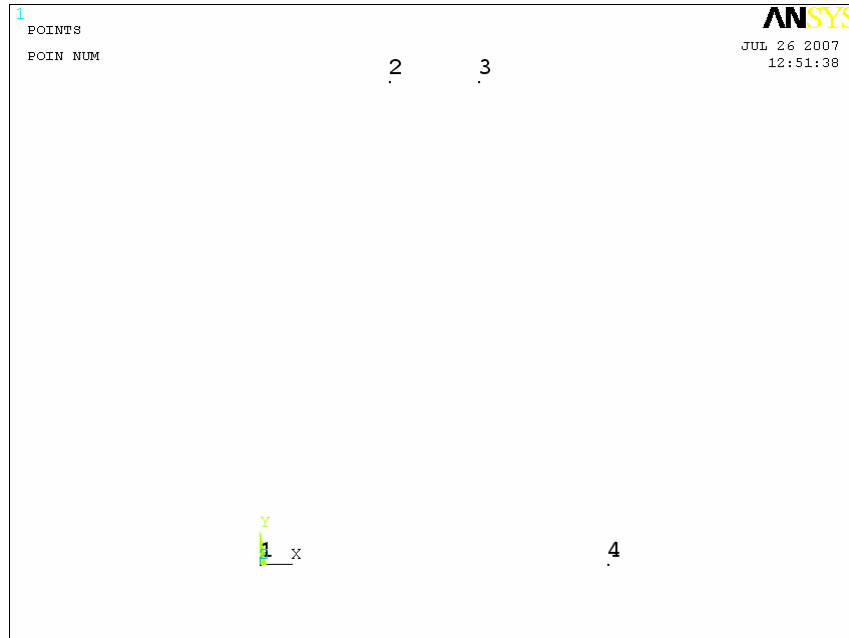
**K,3,1.133964E-3,2.5E-3**

**K,4,1.803794E-3,0**

После каждой команды необходимо нажать **Enter** на клавиатуре.

**З а м е ч а н и е!** Поле для ввода координаты по оси *Z* в обоих случаях пусто, т.к. «по умолчанию» она равна нулю (Рисунок плоский).

Результаты выполнения шага 1.



**Рисунок 72. Результат построения ключевых точек профиля трапециoidalного зуба**

*Шаг 2. Копирование ключевых точек*

Для создания точек, описывающих геометрию остальных зубов гребенки, следует воспользоваться операцией копирования. На данном шаге будут созданы ключевые точки, задающие геометрию еще четырех зубов.

Таким образом, копируем созданные точки четыре раза со сдвигом вдоль *OX*. Величина сдвига равна  $2E-3$  (шагу зуба).

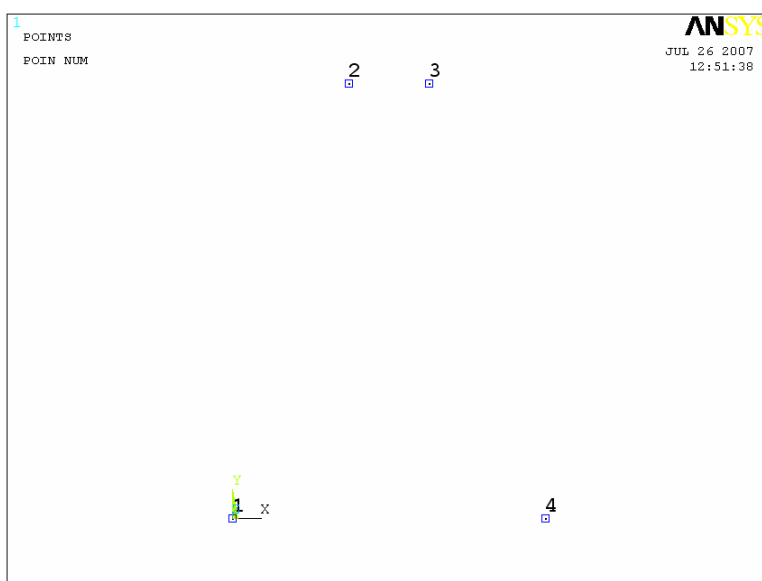
Пункт главного меню для копирования ключевых точек

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Keypoints**

При использовании пункта меню, указанного выше, появляется окно выбора **Copy Keypoints** с помощью которого:

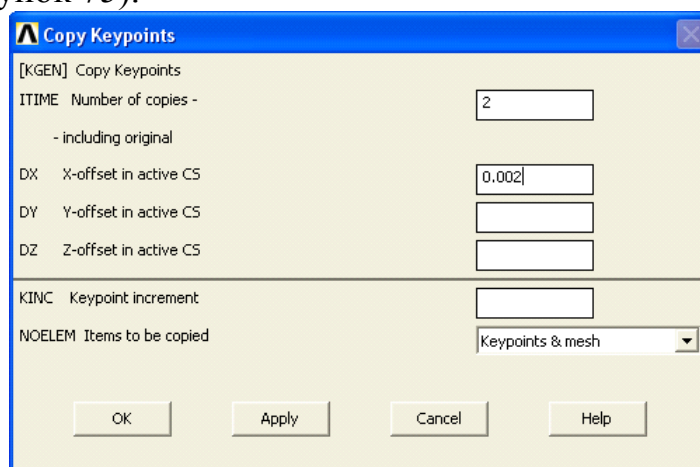
- Выбираем все ключевые точки с помощью «мыши» или командной строки (последовательно вводя номера ключевых

точек в командной строке). Выбранные точки помечаются квадратным маркером (Рисунок 73).



**Рисунок 73. Помеченные маркерами выбранные для копирования ключевые точки**

- Нажимаем кнопку **OK** или **Apply** в окне выбора **Copy Keypoints**.
- Во втором окне выбора **Copy Keypoints** (Рисунок 74) указываем величины, на которые вдоль осей координат будет смещена копия относительно исходных точек. В данном случае смещение выполняется на величину шага зуба ( $2E-3$ ) вдоль оси **OX** (Рисунок 75).



**Рисунок 74. Вид окна *Copy Keypoints* с заполненными полями ввода**

После ввода значения следует нажать кнопку *Apply* в окне т.к. процедуру копирования необходимо повторить, используя уже в качестве прототипов новые ключевые точки (5-8) (Рисунок 76).

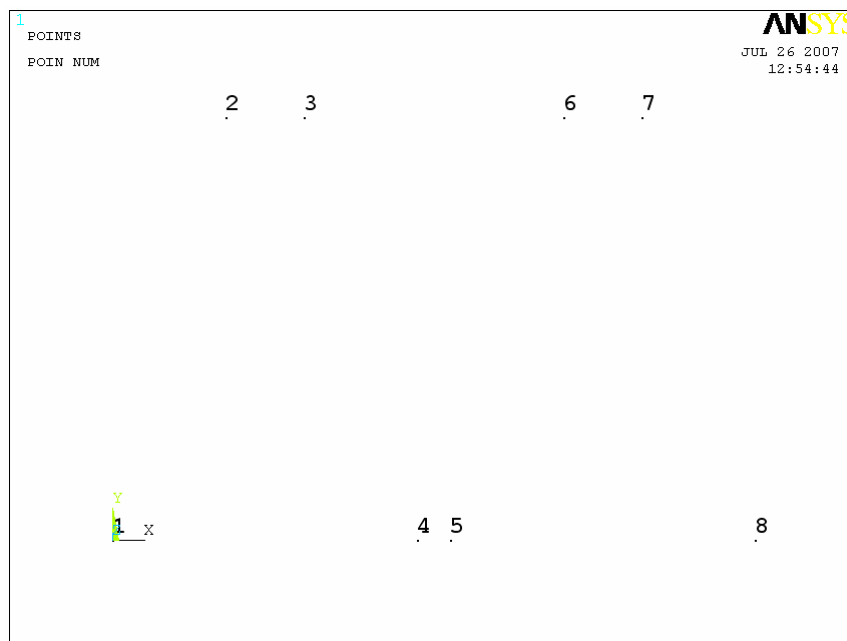


Рисунок 75. Результат выполнения копирования точек 1-4

**З а м е ч а н и е!** Для получения необходимого результата указанную последовательность действий необходимо повторить еще 3 раза.

Список команд

***KGEN,2,1,4,, 2E-3,,,0,1,0***

***KGEN,2,5,8,, 2E-3,,,0,1,0***

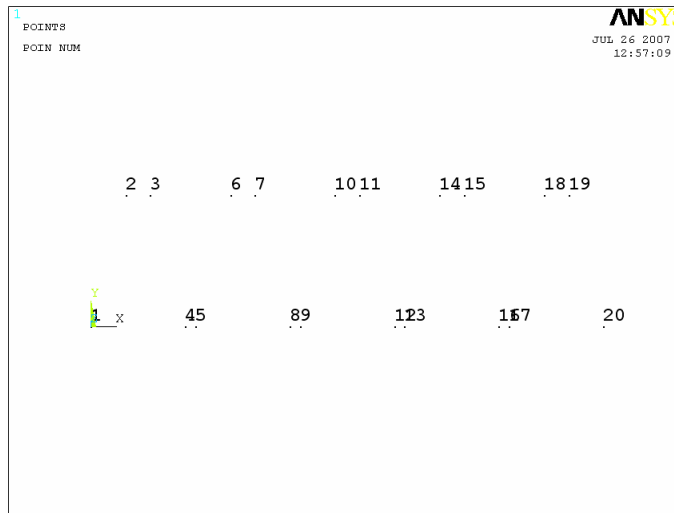
***KGEN,2,9,12,, 2E-3,,,0,1,0***

***KGEN,2,13,16,, 2E-3,,,0,1,0***

После каждой команды необходимо нажать ***Enter*** на клавиатуре.

**З а м е ч а н и е!** Поля для ввода смещений по оси *Y* и *Z* в обоих случаях пусты, т.к. «по умолчанию» их значение равно нулю.

Результаты выполнения шага 2.



**Рисунок 76. Результат создания ключевых точек, определяющих зубья гребенки**

*Шаг 3. Вывод списка ключевых точек*

Далее, для создания модели гребенки, необходимо создать ключевые точки описывающие ее основание. Для этого следует знать координаты крайней правой точки, описывающей зубья гребенки (в нашем случае это точка 20). Для того чтобы узнать координаты точек, следует воспользоваться операцией вывода списка точек на экран и из списка можно узнать координаты последней ключевой точки.

Пункт меню утилит

***Utility Menu > List > Keypoints > Coordinates only***

При использовании пункта меню указанного выше, появляется окно ***KLIST Command*** (Рисунок 77), в котором отображается список ключевых точек с координатами.

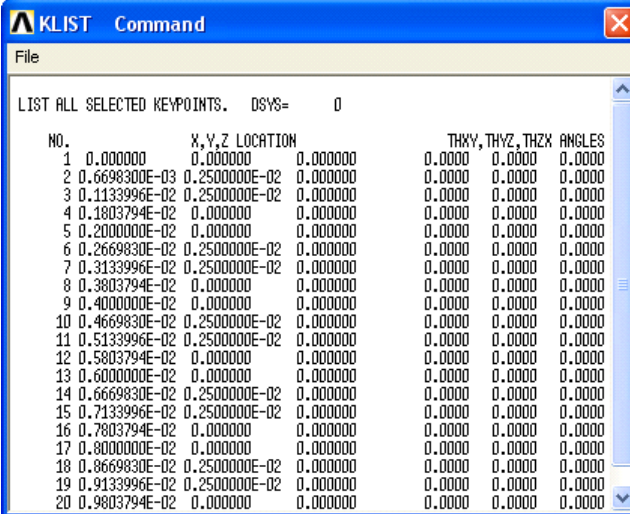
Команда

***KLIST,ALL,,COORD***

После ввода команды необходимо нажать ***Enter*** на клавиатуре.



Результаты выполнения шага 3.



KLIST Command

File

LIST ALL SELECTED KEYPOINTS. DSYS= 0

NO.	X,Y,Z LOCATION			THXY, THYZ, THZX ANGLES		
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.6698300E-03	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.1133996E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.1803794E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.2000000E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.2669830E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.3133996E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.3803794E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.4000000E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.4669830E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.5133996E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.5803794E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.6000000E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.6669830E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.7133996E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.7803794E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.8000000E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.8669830E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.9133996E-02	0.2500000E-02	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.9803794E-02	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.0000

Рисунок 77. Окно *KLIST Command*

**З а м е ч а н и е!** Координаты 20 ключевой точки имеют вид (0.9803794E-02; 0.000000; 0.000000).

*Шаг 4. Создание ключевых точек, определяющих основание гребенки*

Исходя из координат последней ключевой точки, вводим координаты дополнительных четырех точек, определяющих размеры основания гребенки (ключевые точки 21 - 24).

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS**

В появившемся диалоговом окне, в полях ввода, вводим номер создаваемой ключевой точки (поле *NPT*) и значения соответствующих данной точке координат (поля *X* и *Y*) (пример 1 данного раздела):

- 21-я ключевая точка имеет координаты (0.9803794E-02 + 0.1E-02; 0).
- Нажимаем кнопку *Apply*, т.к. точки будут продолжать создаваться;
- 22-я ключевая точка имеет координаты (0.9803794E-02 + 0.1E-02; -5E-3);
- Нажимаем кнопку *Apply*;
- 23-я ключевая точка имеет координаты (-1E-3; -5E-3);

- Нажимаем кнопку *Apply*;
- 24-я ключевая точка имеет координаты  $(-1E-3; 0)$ ;
- Нажимаем кнопку **OK**, т.к. создание ключевых точек на данном этапе закончено (Рисунок 78).

Список команд

*K,21,1.0803794E-02,0*

*K,22,1.0803794E-02,-5E-3*

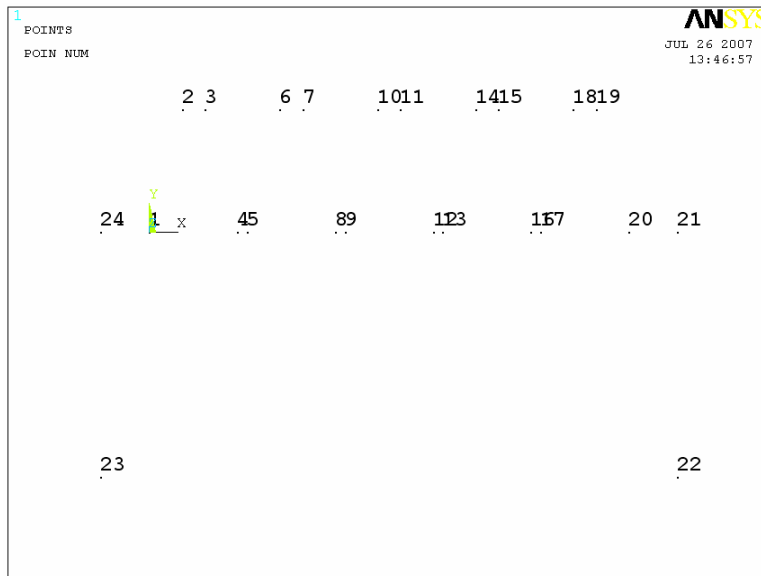
*K,23,-1E-3,-5E-3*

*K,24,-1E-3,0*

После каждой команды необходимо нажать **Enter** на клавиатуре.

**З а м е ч а н и е!** Поле для ввода координаты по оси **Z** в обоих случаях пусто, т.к. «по умолчанию» она равна нулю (Рисунок плоский).

Результаты выполнения шага 4.



**Рисунок 78. Результат создания ключевых точек, определяющих профиль всей гребенки**

**З а м е ч а н и е!** ключевые точки 22 и 23 могут не поместиться на экране. Для того чтобы их увидеть следует воспользоваться пунктом меню утилит: *Utility Menu> PlotCtrl> Pan Zoom Rotate*

*Шаг 5. Создание поверхности (двумерной области) по ключевым точкам, определяющим ее вершины*

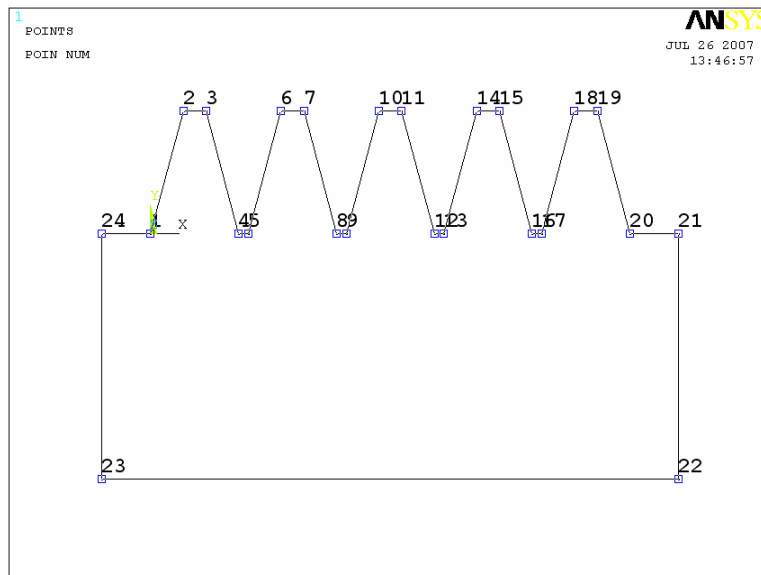
Если границы создаваемой поверхности являются прямыми линиями, ANSYS позволяет создавать поверхность сразу по ключевым точкам не занимаясь специально созданием линий, ограничивающих ее. Линии будут созданы программой автоматически. Напомним, что вершины следует указывать только в одном направлении обхода области (по или против часовой стрелки).

Пункт главного меню

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Arbitrary> Through KPs**

При использовании указанного пункта меню появится окно выбора *Create Area thru KPs*, далее:

- Указываем ключевые точки, являющиеся вершинами данной области (Рисунок 79).



**Рисунок 79. Создание границы поверхности по ключевым точкам**

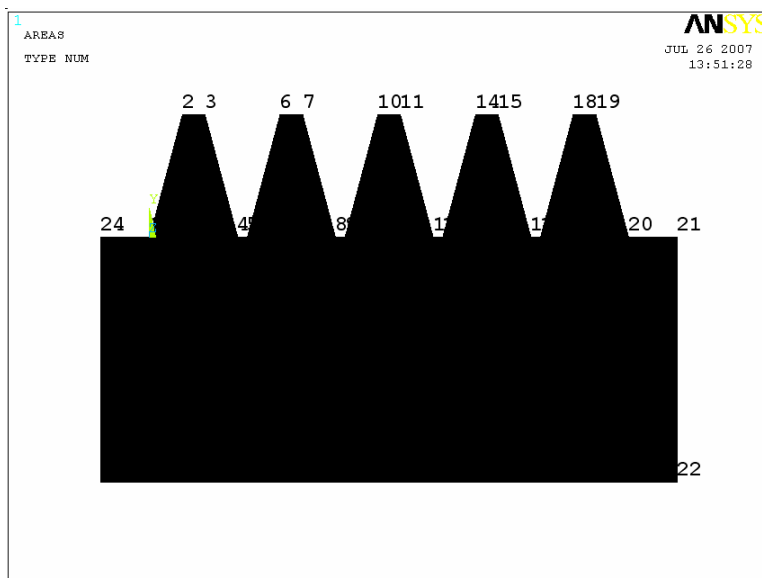
- Нажимаем кнопку **OK** или *Apply* для подтверждения окончания выбора (Рисунок 80).

Команда

*A,P*

***З а м е ч а н и е!*** При использовании команды *A* можно использовать не более 18 ключевых точек. В рассматриваемом случае необходимо использовать 24 ключевые точки. Поэтому приведенная выше команда включает средства графического выбора. При ее использовании появится окно выбора *Create Area thru KPs*, с помощью которого следует указать ключевые точки являющиеся вершинами данной области.

Результаты выполнения шага 5



**Рисунок 80. Результат построения гребенки**

*Шаг 6. Перемещение поверхности вдоль осей декартовой системы координат*

Для создания второй гребенки, контактирующей с первой, необходимо сдвинуть созданную ранее поверхность таким образом, чтобы ось *X* пересекала зубья гребенки по середине, т.е. Сдвигаем созданную область по оси *OY* вниз на  $-1.5E-3$ .

Пункт главного меню

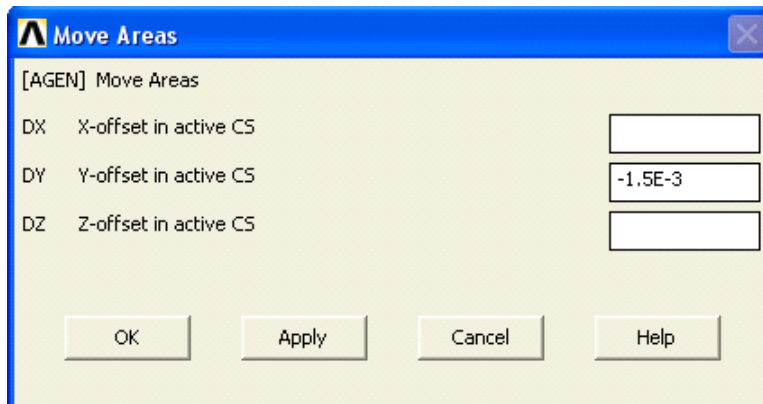
**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Move / Modify> Areas> Areas**

При использовании указанного пункта меню появится окно выбора *Move Areas*:

- С помощью «мыши» или командной строки указываем поверхность, которую необходимо переместить.

**З а м е ч а н и е!** В результате выбранная поверхность изменит цвет.

- Нажимаем кнопку **OK** или *Apply* для подтверждения окончания выбора.
- Появится новое окно *Move Areas* (Рисунок 81), в котором указываем величины смещений вдоль осей декартовой системы координат относительно текущего положения поверхности.



**Рисунок 81.** Вид окна *Move Areas* с заполненными полями ввода

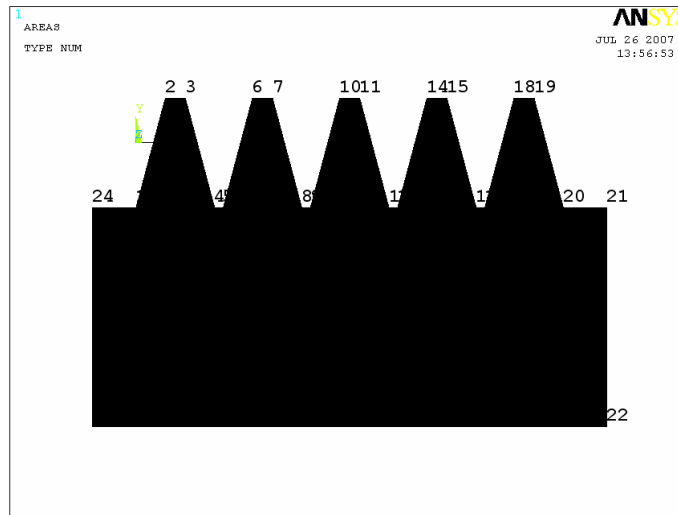
- Нажимаем кнопку **OK** или *Apply* (Рисунок 82).

Команда

**AGEN,2,1,,,-1.5E-3,,1,1**

**З а м е ч а н и е!** До настоящего пункта в последовательности действий определена только одна поверхность, и ее номер «по умолчанию» равен 1.

Результаты выполнения шага 6.



**Рисунок 82. Результат сдвига поверхности по оси  $OY$**

***З а м е ч а н и е!*** Относительное смещение видно по положению осей координат.

*Шаг 7. Копирование области при симметричном отображении поверхности относительно плоскости  $X-Z$*

Для создания второй поверхности, по форме полностью соответствующей первой, в данном случае следует воспользоваться операцией зеркального отображения относительно осей координат (отражение будет выполнено относительно оси  $X$ ).

Симметрично отображаем созданную область относительно плоскости  $XOZ$ , при этом сохраняя прототип.

Пункт главного меню

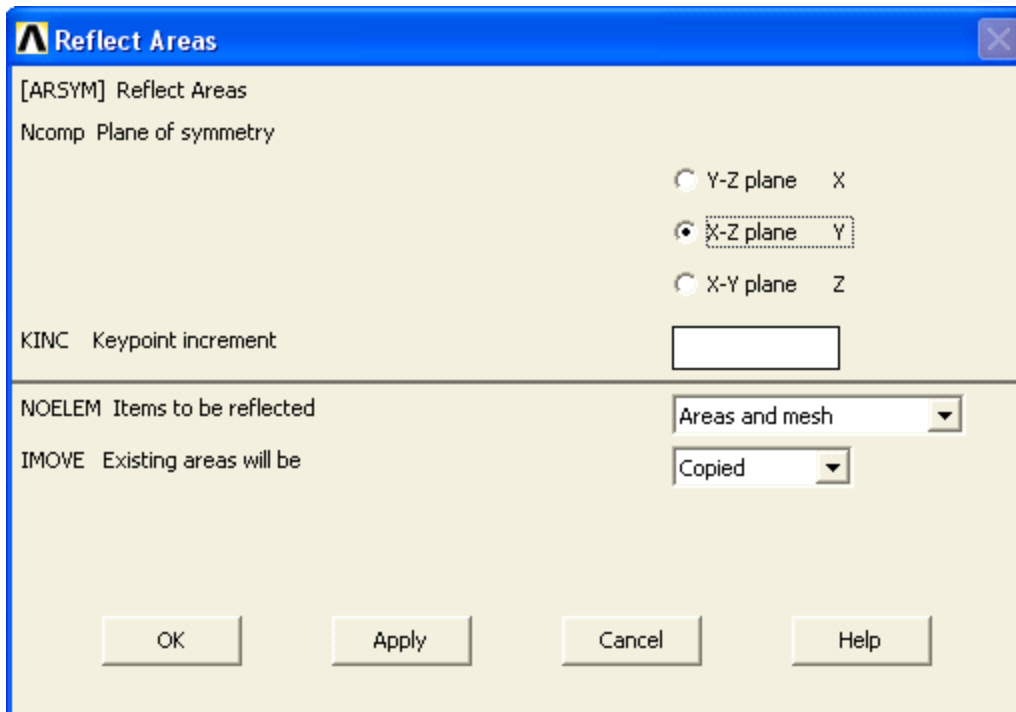
***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Reflect > Areas***

При использовании указанного пункта меню появится окно выбора ***Reflect Areas***. Далее:

- С помощью «мыши» или командной строки указываем поверхность, которую необходимо переместить.

***З а м е ч а н и е!*** В результате выбранная поверхность изменит цвет.

- Нажимаем кнопку **OK** или **Apply** для подтверждения окончания выбора.
- Появится новое окно **Reflect Areas** (Рисунок 83), в котором указываем плоскость, относительно которой выполняется отображение (метка **X-Z**) и в выпадающем списке с меткой **IMOVE** указываем, что поверхность копируется.



**Рисунок 83. Общий вид окна *Reflect Areas* с выбранной плоскостью симметрии**

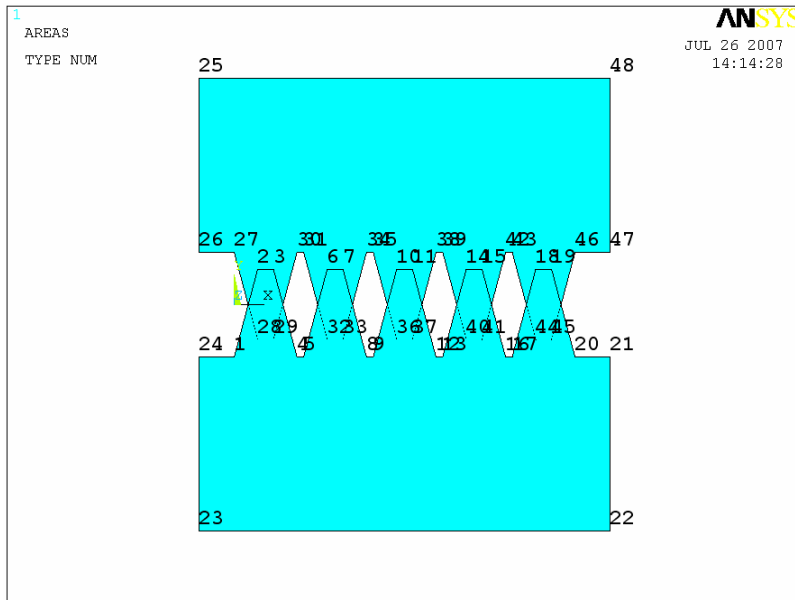
- Нажимаем кнопку **OK** или **Apply** (Рисунок 84).

Команда

**ARSYM,Y,1,,,0,1,0**

**З а м е ч а н и е!** В качестве второго параметра для указания плоскости, относительно которой производится симметричное отображение, используется метка нормального к плоскости вектора.

Результаты выполнения шага 7



**Рисунок 84. Результат зеркального отображения поверхности относительно  $Ox$**

*Шаг 8. Включение нумерации поверхностей*

Для того, чтобы иметь возможность легко выбирать поверхности, следует отобразить на экране их номера.

Пункт меню утилит

**Utility Menu > PlotCtrl > Numbering...**

При использовании данного пункта меню появляется окно **Plot Numbering Controls** (Рисунок 85). Далее выполняем следующие действия:

- Устанавливаем флаг  On в пункте **AREA** и убираем флаг  Off в пункте **KP**;
- Нажимаем кнопку **OK** или **Apply** для подтверждения окончания выбора (Рисунок 86);



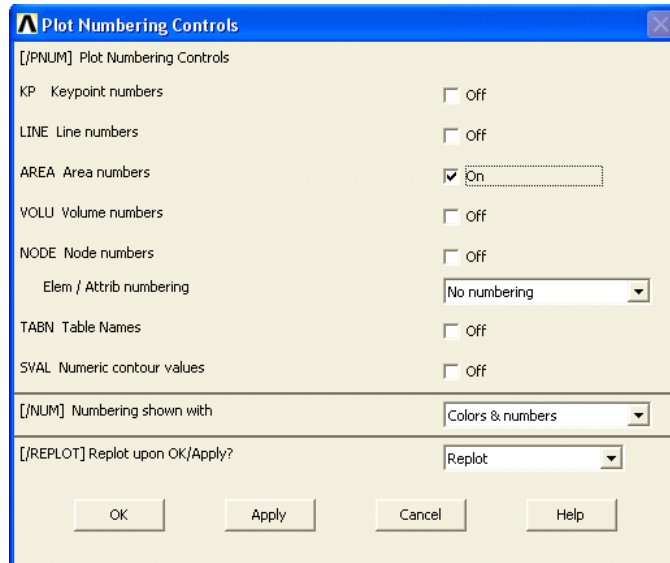


Рисунок 85. Вид окна *Plot Numbering Controls*

Команда

*/PNUM,AREA,1*

***З. а м е ч а н и е!*** После выполнения команд иногда необходимо перерисовать отображаемую фигуру с помощью пункта меню утилит *Utility Menu > Plot > Replot ...*

Результаты выполнения шага 8

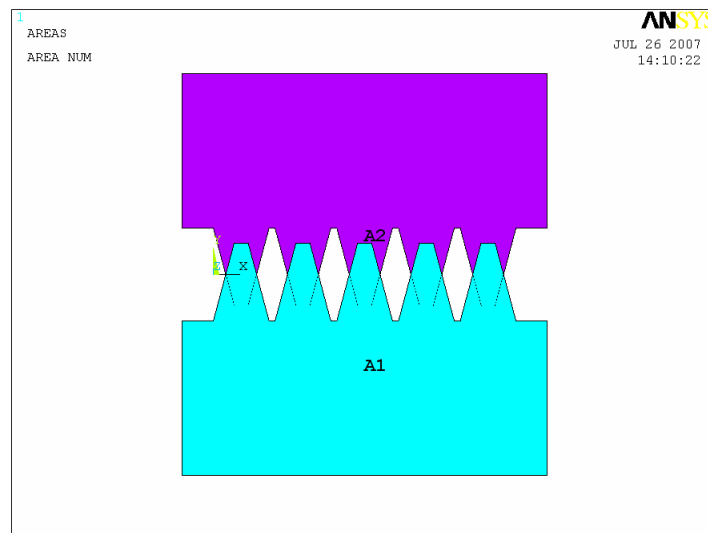


Рисунок 86. Результат зеркального отображения

*Шаг 9. Перемещение второй поверхности*

Новую поверхность следует сместить вдоль оси  $X$  на величину, равную половине шага зуба, для того чтобы две созданные поверхности только касались друг друга.

Таким образом, сдвигаем вторую поверхность относительно первоначального положения вдоль  $OX$  на  $1E-3$  (половину шага зуба гребенки).

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Move / Modify > Areas > Areas**

При использовании указанного пункта меню появится окно выбора *Move Areas*. Далее:

- С помощью «мыши» или командной строки указываем поверхность, которую необходимо переместить.

**З а м е ч а н и е! В результате выбранная поверхность изменит цвет.**

- Нажимаем кнопку **OK** или *Apply* для подтверждения окончания выбора.
- Появится второе окно *Move Areas*, в котором указываем величины смещений вдоль осей декартовой системы координат относительно текущего положения поверхности (вдоль  $OX$  на  $1E-3$ ).
- Нажимаем кнопку **OK** или *Apply* (Рисунок 87).

Команда

**AGEN,2,2,,,1E-3,,,1,1**

**З а м е ч а н и е! Результат выполнения действий на шаге 9 в последовательности действий совпадает с конечным результатом построения твердотельной модели.**

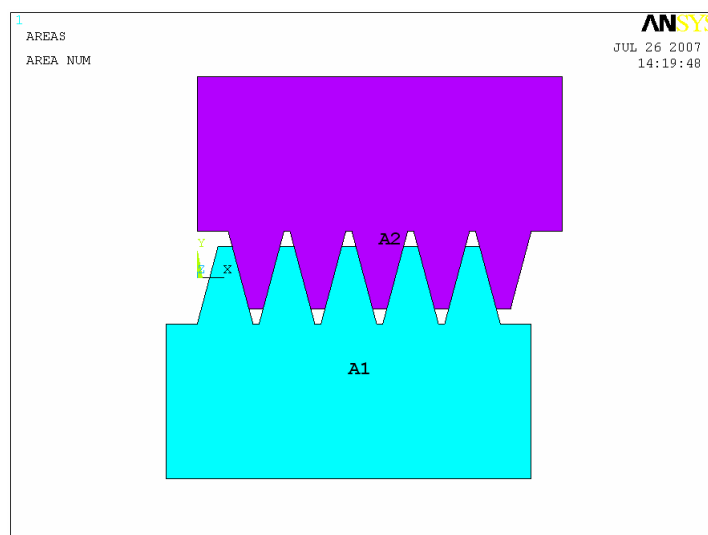
### Шаг 10. Сохранение созданной модели в отдельном db-файле

Для этого используем пункт меню:

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

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора **Save DataBase**. В этом случае, последовательности действий, связанной с выбором логического диска, папки (дирректории), в которой будет храниться файл, полностью соответствует шаг 8 примера 1 этого раздела, однако в данном случае, необходимо определить другое имя файла (например, **Example2.db**) в окне **Save DataBase to**, под которым должна храниться вторая созданная модель.

### Результат построения твердотельной модели для примера 2



**Рисунок 87. Результат построения модели примера 2**

*Пример 3. Расчет напряженно-деформированного состояния в плоскости кривошипа коленчатого вала*

В связи с жесткими ограничениями количества элементов в версии **ANSYS 10 ED**, разбить на элементы полную твердотельную модель коленчатого вала (с галтелями и маслянными каналами) невозможно. Поэтому ограничимся при построении примера анализом сечения одного кривошипа.

*Шаг 1. Создание параллелепипеда, моделирующего сечение щеки коленчатого вала*

В данном примере применен способ построения модели «сверху-вниз». При данном подходе сразу создаются объемные компоненты, а связанные с ними компоненты более низкого уровня (ключевые точки, линии, поверхности) программа создает автоматически.

Пункт главного меню

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Volumes> Block> By Dimentions**

В этом случае:

- В появившемся окне **Create Block by Dimentions** заполняем поля ввода, соответствующие координатам двух ключевых точек, определяющих противоположные углы параллелепипеда:

Поля ввода для первой ключевой точки	Значение координат	Поля ввода для второй ключевой точки	Значение координат
<b>X1</b>	<b>0</b>	<b>X2</b>	<b>-0.055</b>
<b>Y1</b>	<b>0</b>	<b>Y2</b>	<b>0.18</b>
<b>Z1</b>	<b>0</b>	<b>Z2</b>	<b>0.02</b>

- Нажимаем кнопку **OK** (Рисунок 88).

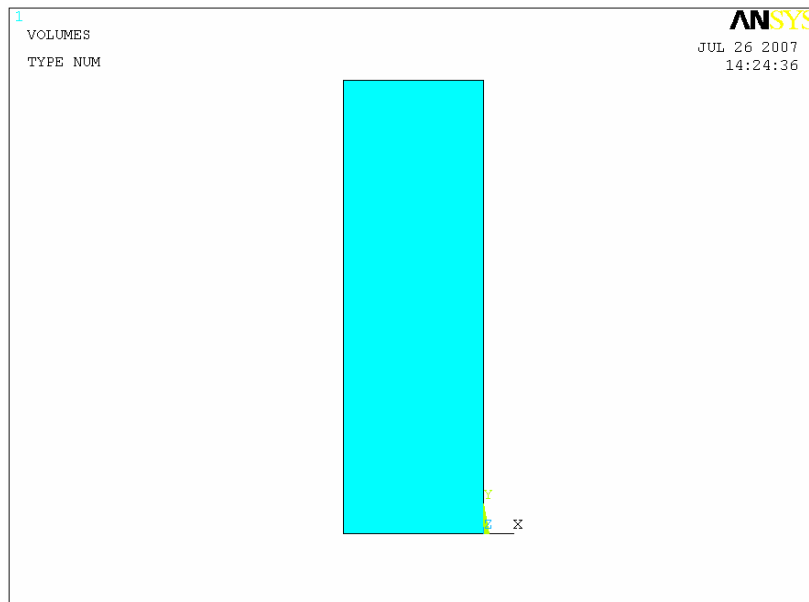
Список команд

**/PREP7**

**BLOCK,0,-0.055,0,0.175,0,0.02**

После команды необходимо нажать **Enter** на клавиатуре.

Результаты выполнения шага 1.



**Рисунок 88. Вид спереди построенного параллелепипеда**

*Шаг 2. Создание полуцилиндров, моделирующих сечение шеек коленчатого вала*

Пункт главного меню

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Volumes> Cylinder> By Dimensions**

При использовании данного пункта появляется окно выбора **Create Cylinder by Dimensions**. В этом случае:

- Для создания полуцилиндра, моделирующего сечения коренной шейки коленчатого вала, заполняем поля ввода соответствующие внешнему радиусу (**RAD1**), **Z**-координатам оси цилиндра (**Z1** – координата начала, **Z2** – координата конца цилиндра), начальному и конечному углам цилиндра (**THETA1** – начальный угол, **THETA2** – конечный угол):

Поле ввода в окне <i>Create Cylinder by Dimentions</i>	Значение параметра
<b><i>RAD1</i></b>	<b><i>0.05</i></b>
<b><i>RAD2</i></b>	<b><i>0</i></b>
<b><i>Z1</i></b>	<b><i>0</i></b>
<b><i>Z2</i></b>	<b><i>-0.02</i></b>
<b><i>THETA1</i></b>	<b><i>90</i></b>
<b><i>THETA2</i></b>	<b><i>270</i></b>

- Нажимаем кнопку *Apply*.
- Для создания полуцилиндра, моделирующего сечения шатунной шейки коленчатого вала, заполняем поля ввода соответствующие внешнему радиусу (***RAD1***), **Z**-координатам оси цилиндра (***Z1*** – координата начала, ***Z2*** – координата конца цилиндра), начальному и конечному углам цилиндра (***THETA1*** – начальный угол, ***THETA2*** – конечный угол):

Поле ввода в окне <i>Create Cylinder by Dimentions</i>	Значение параметра
<b><i>RAD1</i></b>	<b><i>0.035</i></b>
<b><i>RAD2</i></b>	<b><i>0</i></b>
<b><i>Z1</i></b>	<b><i>0.02</i></b>
<b><i>Z2</i></b>	<b><i>0.035</i></b>
<b><i>THETA1</i></b>	<b><i>90</i></b>
<b><i>THETA2</i></b>	<b><i>270</i></b>

- Нажимаем кнопку *OK*.

Список команд

*CYLIND,0.05,,, -0.02,90,270*

*CYLIND,0.035,,0.02,0.035,90,270*

После каждой команды необходимо нажать **Enter** на клавиатуре.

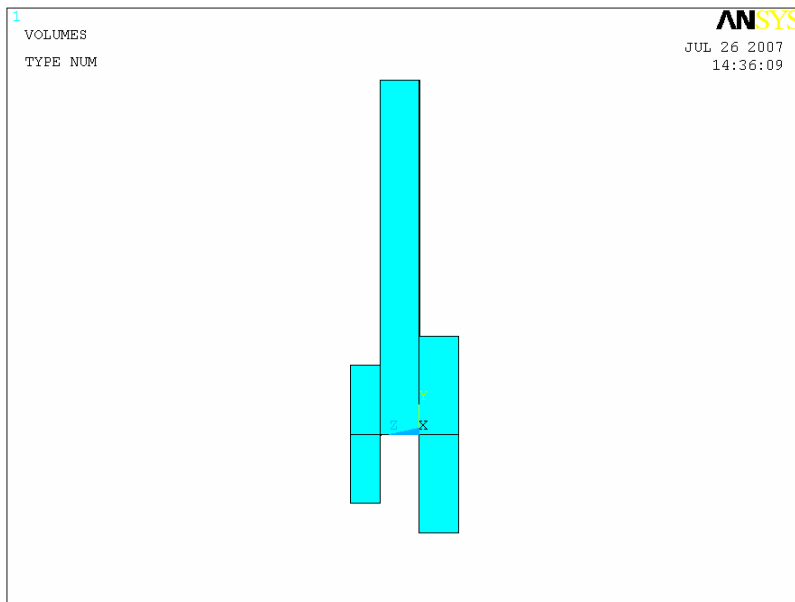
Шаг 3. Поворот изображения

Координаты  $X$  и  $Y$  центров созданных полуцилиндров равны  $0$ . Таким образом, полуцилиндры созданы на одной линии, причем оба они находятся не в том положении, которое требуется. Чтобы они заняли требуемое положение, их следует переместить. Для этого повернем изображение построенных объемов. Для этого используем пункт меню:

**Utility Menu > PlotCtrl > Pan Zoom Rotate**

При использовании данного пункта меню появляется окно **Pan-Zoom-Rotate**. Далее выполняем следующие действия:

- Нажимаем кнопку **Right** во второй секции меню (Рисунок 89);

Результаты выполнения шага 3

**Рисунок 89. Вид сбоку параллелепипеда и двух полуцилиндров**

#### Шаг 4. Перемещение созданных полуцилиндров

##### Пункт главного меню

#### **Main Menu > Preprocessor > Modeling > Move / Modify > Volumes**

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора **Move Volumes**. С его помощью:

- Указываем левый наименьший цилиндр (шатунная шейка).
- Нажимаем кнопку **Apply** или **OK** в окне выбора.
- Заполняем поля ввода, соответственно величинам перемещения объема вдоль осей координат:

Поле ввода в окне <i>Move Volumes</i>	Значение параметра
<i>DX</i>	<i>0</i>
<i>DY</i>	<i>0.135</i>
<i>DZ</i>	<i>0</i>

- Нажимаем кнопку **Apply** в окне **Move Volumes**.
- Указываем правый наибольший цилиндр (коренная шейка).
- Нажимаем кнопку **Apply**.
- Указываем правый наибольший цилиндр (коренная шейка)
- Заполняем поля ввода соответствующие величинам перемещения объема вдоль осей координат:

Поле ввода в окне <i>Move Volumes</i>	Значение параметра
<i>DX</i>	<i>0</i>
<i>DY</i>	<i>0.055</i>
<i>DZ</i>	<i>0</i>

- Нажимаем кнопку **OK** в окне.



Список команд

*VGEN,,3,,0,0.135,,1,1*

*VGEN,,2,,0,0.055,,1,1*

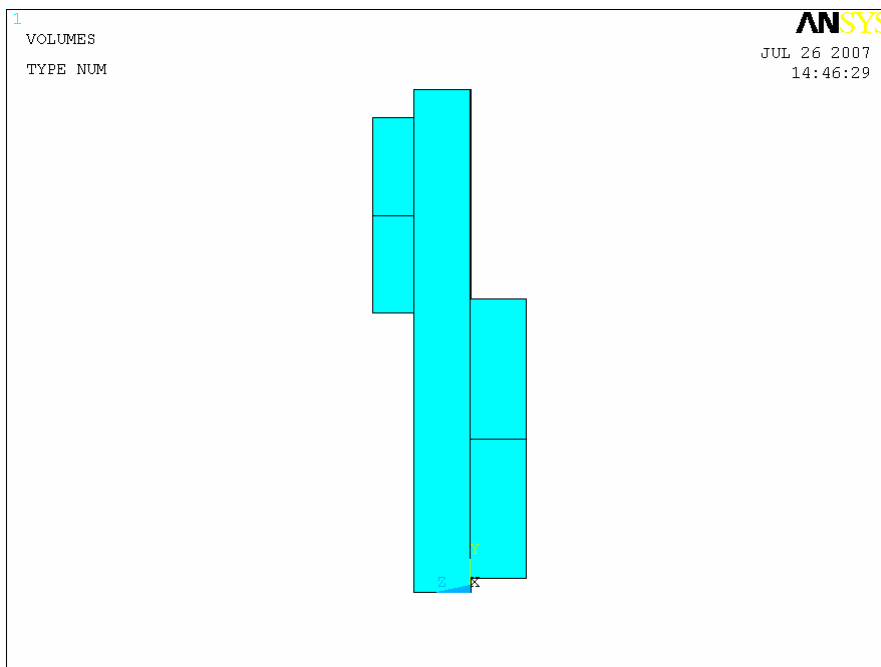
*/REPLOT*

*Шаг 5. Обновление изображения*

Обновление изображения осуществляется с помощью следующего пункта меню утилит (Рисунок 90):

*Utility Menu > Plot > Replot*

Результаты выполнения шага 5



**Рисунок 90. Результаты перемещения полуцилиндров**

*Шаг 6. Склейка объемов*

На данный момент модель состоит из трех не связанных между собой объемов. Правильно разбить на элементы и выполнить расчет для такой модели невозможно. Поэтому объемы между собой следует некоторым образом связать. В данном случае мы воспользуемся операцией склейки.

*Пункт меню утилит*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Glue > Volumes***

При использовании данного пункта меню появляется окно ***Glue Volumes***. Далее нажимаем кнопку ***Pick All***.

*Команда*

***VGLUE,All***

*Шаг 7. Просмотр изометрии твердотельной модели*

***Utility Menu > PlotCtrls > Pan Zoom Rotate ...***

В меню ***Pan-Zoom-Rotate***, во второй секции нажимаем кнопку ***Iso***.

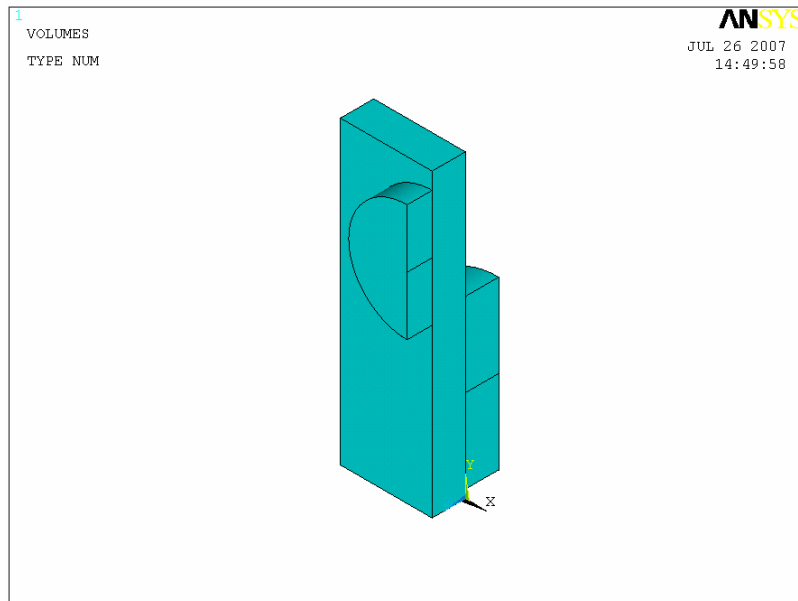
*Шаг 8. Сохранение созданной модели в отдельном db-файле*

Для этого используем пункт меню:

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

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора ***Save DataBase***. В этом случае последовательности действий, связанной с выбором логического диска, папки (дирректории), в которой будет храниться файл, полностью соответствует шаг 8 примера 1 этого раздела, однако в данном случае необходимо определить другое имя файла (например, ***Example3.db***) в окне ***Save DataBase to***, под которым должна храниться третья созданная модель (Рисунок 91).

*Результат построения твердотельной модели для примера 3*



**Рисунок 91. Модель кривошипа коленчатого вала**

*Пример 4. Распределение температур в поперечном сечении строительного перекрытия*

Данная задача также выполняется методом сверху вниз. Основой модели служит прямоугольная поверхность создаваемая на первом шаге.

*Шаг 1. Рисование прямоугольника по координатам вершины, ширине и высоте*

Создаем прямоугольник по углу, ширине и высоте. Для этого определяем координаты угла  $(0; 0)$ , ширину  $(0.5)$  и высоту  $(0.05)$ .

Пункт главного меню

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Rectangle> By 2 Corners**

При использовании этого пункта меню появляется меню выбора **Rectangle By 2 Corners**. В этом случае:

- Заполняем поля следующим образом:

Поле ввода в окне <i>Rectangle by 2 Corners</i>	Значение параметра
<i>WP X</i>	<i>0</i>
<i>WP Y</i>	<i>0</i>
<i>Width</i>	<i>0.5</i>
<i>Height</i>	<i>0.05</i>

- Нажимаем кнопку **OK** (Рисунок 92).

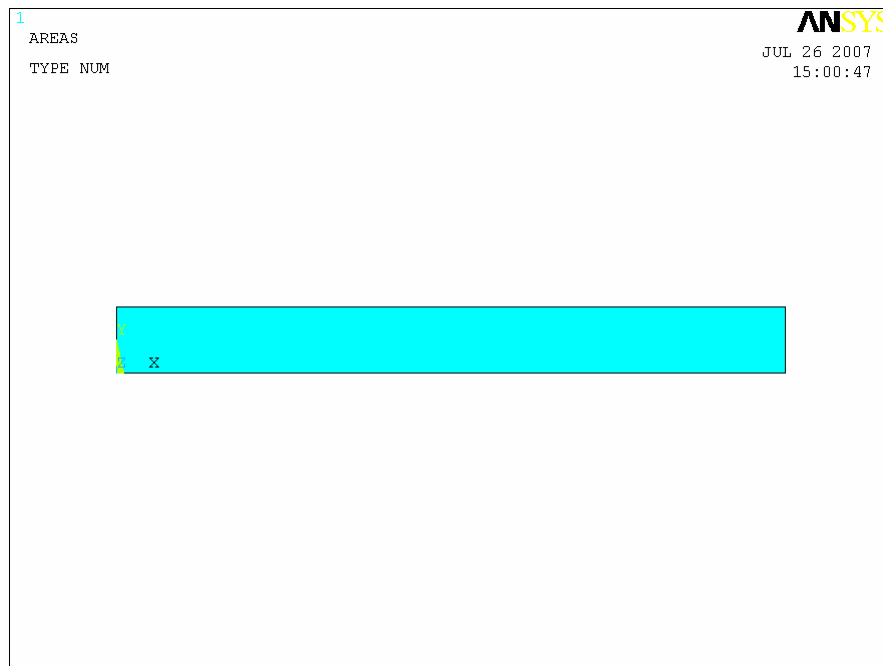
Команда

***/PREP7***

***BLC4,0,0,0.5,0.05,0***

После команды необходимо нажать **Enter** на клавиатуре.

Результаты выполнения шага 1.



**Рисунок 92. Результат создания прямоугольника**

*Шаг 2. Деление линии границы на равные части*

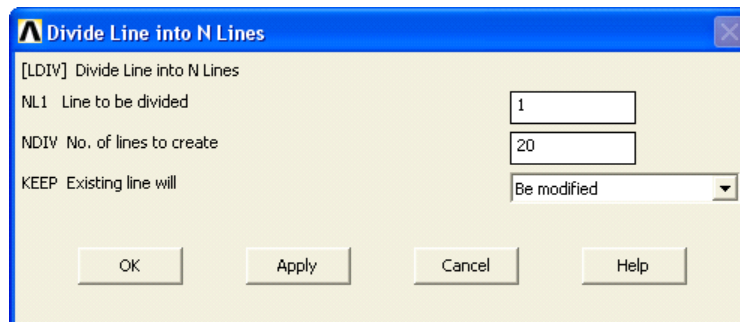
В нижней части прямоугольников следует вырезать десять полукруглых областей. Для этого на нижней линии следует создать ключевые точки, являющиеся центрами вырезаемых окружностей. Разобьем нижнюю линию на равные отрезки, т.е. делим нижнюю границу прямоугольника на 20 частей.

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Divide > Line into N Ln's**

При использовании указанного пункта главного меню появляется окно выбора **Div Line into N Lines**. В этом случае:

- Указываем нижнюю линию (**LI**), которая должна быть разделена на **N** линий.
- Нажимаем кнопку **OK** или **Apply**.
- В поле **NDIV** появившегося окна **Divide Line into N Lines** (Рисунок 93) указываем количество делений (**20**), на которые должна быть разделена выбранная линия, указываем в выпадающем меню (список **KEEP**) параметр, определяющий, что исходная линия должна быть преобразована в указанное количество линий (**Be modified**).



**Рисунок 93. Общий вид окна *Divide Line into N Lines* с заполненными полями ввода**

**З а м е ч а н и е!** Поле с меткой **NL1** заполняется автоматически после выбора линии.

- Нажимаем кнопку **OK**.

Команда

*LDIV,1,,20,0*

*Шаг 3. Отображение ключевых точек*

Отображаем только ключевые точки, созданной модели.

Пункт главного меню

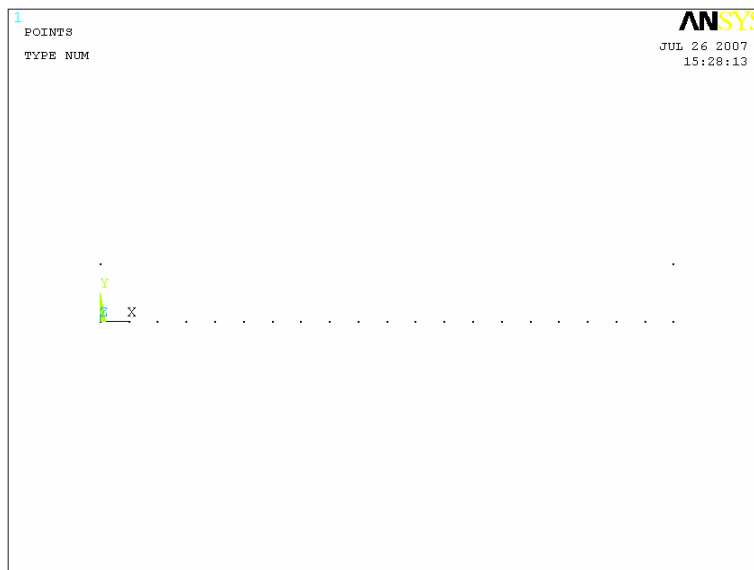
*Utility Menu > Plot > Keypoints > Keypoints*

При использовании указанного пункта меню сразу будет получен результат (Рисунок 94).

Команда

*KPLOT*

***З а м е ч а н и е!*** Указанная команда «по умолчанию» равносильна команде *KPLOT,All*

Результаты выполнения шага 3

**Рисунок 94. Изображение ключевых точек модели**

#### *Шаг 4. Включение нумерации ключевых точек*

Для того чтобы выбрать ключевые точки при создании окружностей, необходимо знать их номера. Для этого следует включить отображение номеров ключевых точек на экране.

#### Пункт меню утилит

#### *Utility Menu > PlotCtrl > Numbering...*

При использовании данного пункта меню появляется окно **Plot Numbering Controls**. Далее выполняем следующие действия:

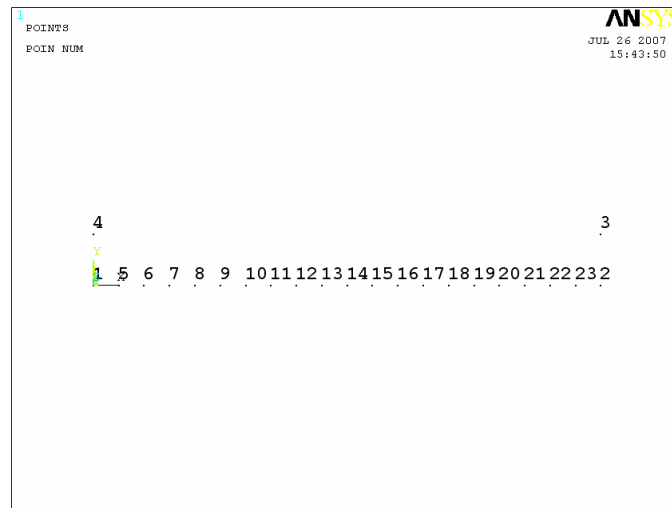
- Устанавливаем флаг  On в пункте **KP**;
- Нажимаем кнопку **OK** для подтверждения окончания выбора (Рисунок 95);

#### Команда

*/PNUM,KP,1*

**З а м е ч а н и е!** После выполнения команды иногда необходимо перерисовать отображаемую фигуру с помощью пункта меню утилит *Utility Menu > Plot > Replot ...*

#### Результаты выполнения шага 4.



**Рисунок 95. Отображение ключевых точек с нумерацией**

### *Шаг 5. Построение дуг окружностей*

На данном шаге создаются окружности, с помощью которых из исходного прямоугольника будут вырезаться полукруглые области. Рисуем окружности с центрами в ключевых точках **5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23** с радиусами **0.02 m**.

#### *Пункт главного меню*

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Arcs > By Cent & Radius***

***В н и м а н и е! При работе на ANSYS при использовании данного пункта меню нельзя ввести с командной строки точное значение радиуса. Поэтому при обучении на этой версии рекомендуем пользоваться только командами командной строки.***

#### *Список команд*

***CIRCLE,5,0.02,,,180***

***CIRCLE,7,0.02,,,180***

***CIRCLE,9,0.02,,,180***

***CIRCLE,11,0.02,,,180***

***CIRCLE,13,0.02,,,180***

***CIRCLE,15,0.02,,,180***

***CIRCLE,17,0.02,,,180***

***CIRCLE,19,0.02,,,180***

***CIRCLE,21,0.02,,,180***

***CIRCLE,23,0.02,,,180***



*Шаг 6. Отключение нумерации ключевых точек и включение нумерации линий*

Пункт меню утилит

**Utility Menu > PlotCtrl > Numbering...**

При использовании данного пункта меню появляется окно **Plot Numbering Controls**. Далее выполняем следующие действия:

- Убираем флаг  Off в пункте **KP** и устанавливаем флаг  On в пункте **LINE**;
- Нажимаем кнопку **OK** для подтверждения окончания выбора (Рисунок 96);

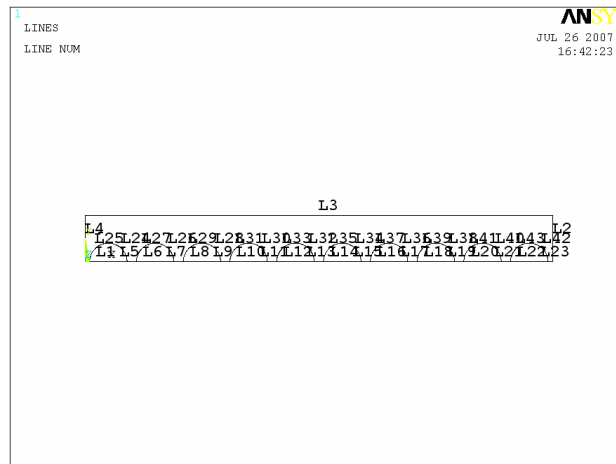
Команда

**/PNUM,KP,0**

**/PNUM,LINE,1**

**З а м е ч а н и е!** После выполнения команды необходимо перерисовать отображаемую фигуру с помощью пункта меню утилит **Utility Menu > Plot > Replot ...**

Результаты выполнения шага 5 и 6.



**Рисунок 96. Результат рисования дуг окружностей**

### *Шаг 7. Объединение линий*

***З а м е ч а н и е!*** Построенные на предыдущем шаге полуокружности разбиты на две дуги. Для того чтобы выполнить следующий шаг более наглядно с помощью команд необходимо объединить отрезки, составляющие нижнюю границу, в одну линию и попарно объединить дуги в полуокружности.

#### Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Add > Lines***

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора ***Add Lines***. В этом случае следует:

- Выбрать все отрезки нижней границы прямоугольника, объединяемые в одну линию.
- Нажать ***Apply***.
- В выпадающем меню ***KEEP*** окна ***Add Lines*** выбрать опцию ***Deleted*** (исходные линии будут удалены).
- Выбрать попарно дуги, объединяемые в одну полуокружность.
- Нажать ***Apply***.
- В выпадающем меню ***KEEP*** окна ***Add Lines*** выбрать опцию ***Deleted*** (исходные дуги будут удалены).
- Повторить объединение двух дуг в одну полуокружность для всех компонентов рисунка.

#### Список команд

Команды объединения отрезков нижней границы:

***LCOMB,1,5,0***

***LCOMB,1,6,0***

***LCOMB,1,7,0***

***LCOMB,1,8,0***

***LCOMB,1,9,0***

***LCOMB,1,10,0***

*LCOMB,1,11,0*

*LCOMB,1,12,0*

*LCOMB,1,13,0*

*LCOMB,1,14,0*

*LCOMB,1,15,0*

*LCOMB,1,16,0*

*LCOMB,1,17,0*

*LCOMB,1,18,0*

*LCOMB,1,19,0*

*LCOMB,1,20,0*

*LCOMB,1,21,0*

*LCOMB,1,22,0*

*LCOMB,1,23,0*

Команды объединения дуг:

*LCOMB,24,25,0*

*LCOMB,26,27,0*

*LCOMB,28,29,0*

*LCOMB,30,31,0*

*LCOMB,32,33,0*

*LCOMB,34,35,0*

*LCOMB,36,37,0*

*LCOMB,38,39,0*

*LCOMB,40,41,0*

*LCOVB,42,43,0*

*Шаг 8. Сжатие нумерации линий и ключевых точек*

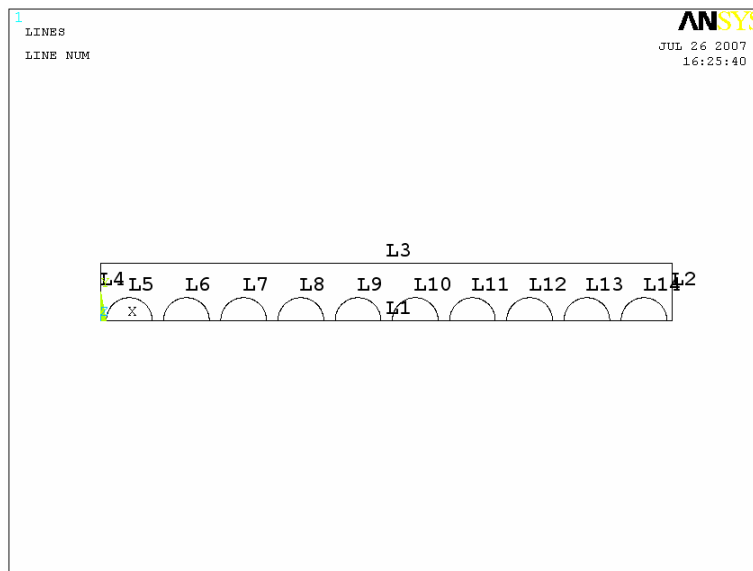
Для сжатия нумерации компонент модели используется пункт меню:

**Main Menu > Preprocessor > Numbering Ctrl's > Compress Numbers**

При использовании данного пункта меню появляется окно **Compress Numbers**, и в выпадающем меню **Label Item to be compressed** следует выбрать **Lines** (нажать **Apply**), а затем выбрать **Keypoints** (нажать **OK**, Рисунок 97).

**З а м е ч а н и е!** После выполнения команды необходимо перерисовать отображаемую фигуру с помощью пункта меню утилит **Utility Menu > Plot > Replot ...**

Результаты выполнения шага 7 и 8



**Рисунок 97. Результат объединения линий и сжатия их нумерации**

*Шаг 9. Деление области дугами окружностей*

На данном шаге прямоугольник с помощью созданных полуокружностей делится на части.

Пункт главного меню

*Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Area by Line*

- При использовании пункта главного меню появляется окно выбора *Divide Area by Line*. В этом случае следует:
- Выбрать поверхность, которая будет разделена.
- Нажать **OK** или *Apply*.
- Выбрать все дуги, которыми будет делиться область.
- Нажать **OK**.

Команда

*ASBL,1,5,,DELETE,DELETE*

*ASBL,3,6,,DELETE,DELETE*

*ASBL,4,7,,DELETE,DELETE*

*ASBL,5,8,,DELETE,DELETE*

*ASBL,6,9,,DELETE,DELETE*

*ASBL,7,10,,DELETE,DELETE*

*ASBL,8,11,,DELETE,DELETE*

*ASBL,9,12,,DELETE,DELETE*

*ASBL,10,13,,DELETE,DELETE*

*ASBL,11,14,,DELETE,DELETE*

*Шаг 10. Удаление вырезанных полукругов*

После того, как прямоугольник разделен на несколько поверхностей, ненужные поверхности следует удалить.

Пункт главного меню**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Areas and Below**

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора **Delete Areas and Below**. В этом случае:

- Указываем вырезанные полукруги, которые необходимо удалить.
- Нажимаем кнопку **OK**.

Список команд

**ADELE,1,11,1,1**

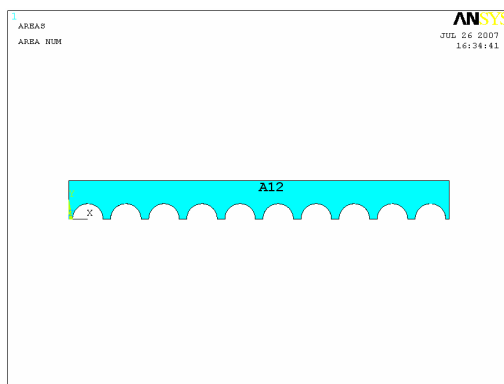
*Шаг 11. Сжатие нумерации линий и ключевых точек*

Для сжатия нумерации компонент модели используется пункт меню:

**Main Menu > Preprocessor > NumberingCtrls > Compress Numbers**

При использовании данного пункта меню появляется окно **Compress Numbers**, и в выпадающем меню **Label Item to be compressed** следует выбрать **Lines** (нажать **Apply**), а затем выбрать **Keypoints** (нажать **OK**, Рисунок 98).

**З а м е ч а н и е!** После выполнения команды необходимо перерисовать отображаемую фигуру с помощью пункта меню **Utility Menu > Plot > Replot ...**

Результаты выполнения шага 10 и 11

**Рисунок 98. Результат удаления полуокружностей**

*Шаг 12. Копирование поверхности симметрично относительно плоскости X-Z*

Последовательность действий аналогична шагу 7 примера 2:

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Reflect > Areas**

*Шаг 13. Объединение созданных поверхностей*

Объединяем области *A1* и *A12*.

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Add > Areas**

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора *Add Areas*. В этом случае следует:

- Выбрать области *A1* и *A12*, которые будут объединяться.
- Нажать **OK** (Рисунок 99).

Команда

**AADD,1,12**

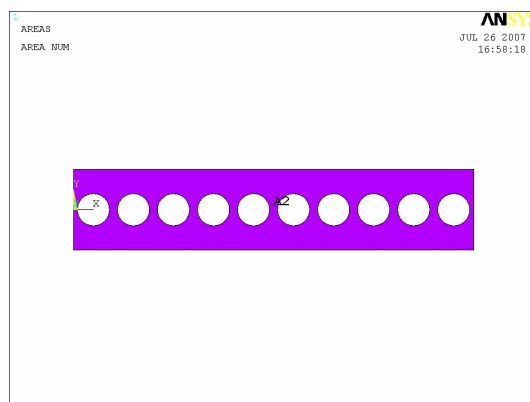
*Шаг 14. Сохранение созданной модели в отдельном db-файле*

Для этого используем пункт меню:

**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 (дирректории), в которой будет храниться файл полностью соответствует шагу 8 примера 1 этого раздела, однако в данном случае необходимо определить другое имя файла (например, *Example4.db*) в окне *Save DataBase to*, под которым должна храниться четвертая созданная модель.

Результат построения твердотельной модели для примера 4



**Рисунок 99. Результат построения сечения строительного перекрытия**

*Пример 5. Изгиб пружины с шагом витка 0,006 т под действием силы тяжести*

Первым этапом создания балочной модели пружины будет создание двух вспомогательных окружностей основания пружины. Для создания окружности следует создать две ключевых точки – центров окружностей.

*Шаг 1. Создание двух вспомогательных ключевых точек*

Создаем две ключевые точки *1* с координатами  $(0; 0; 0)$  и *2* с координатами  $(0; 0; 0.03)$  с помощью следующего пункта меню (см. пример 1):

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS**

*Шаг 2. Создание окружности*

Строим окружность с центром в начале координат (ключевая точка 1), радиусом **0.003** с помощью следующей команды (см. пример 4):

Список команд

**CIRCLE,1,0.003,,,360,4**

**З а м е ч а н и е!** Окружность должна делиться на 4 сектора. При этом нужно указать, что угловая мера дуги равно 360 градусам.



*Шаг 3. Включение нумерации ключевых точек*

Последовательность действий аналогична рассмотренной в пример 4.

Пункт меню утилит

*Utility Menu > PlotCtrl > Numbering...*

Команда

*/PNUM, KP, 1*

*Шаг 4. Копирование окружности*

Самым простым способом создания второй окружности является копирование созданной на предыдущем шаге окружности со смещением по *OZ* на  $DZ = 0.03 \text{ m}$ . (Рисунок 100) с помощью следующего пункта главного меню (см. последовательность действий в примере 2):

*Main Menu > Preprocessor > Modeling > Copy > Lines*



**Рисунок 100. Результат создания двух вспомогательных окружностей**

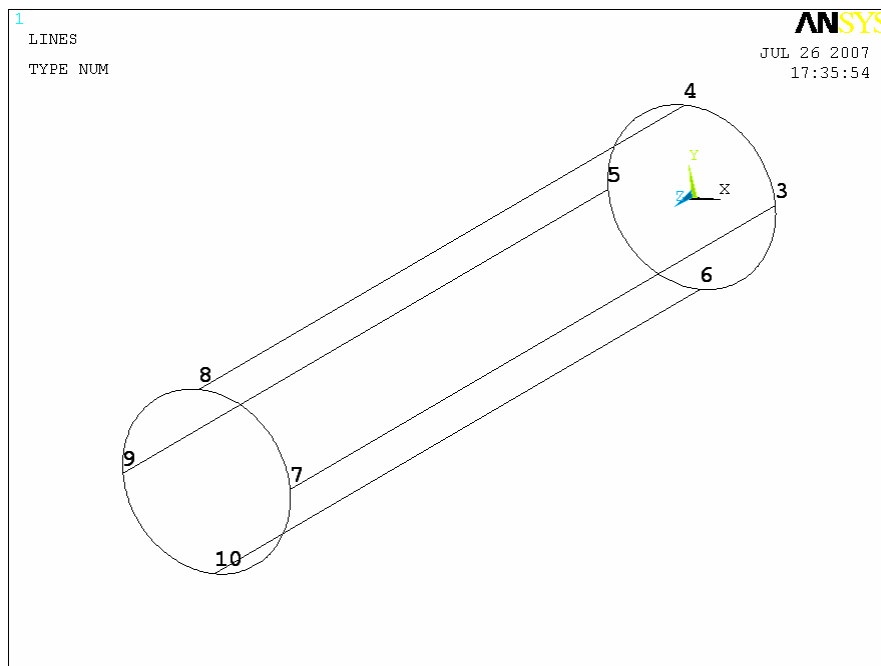
***З а м е ч а н и е!*** После выполнения команд или пунктов меню, соответствующих шагам 1-3 текущего примера, удобно посмотреть результаты построений в изометрии (кнопка *Iso*) окно *Pan-Zoom-Rotate* (*Utility Menu > PlotCtrl > Pan, Zoom, Rotate*)

*Шаг 5. Рисование вспомогательных прямых линий*

Попарно соединяем прямыми линиями противоположащие ключевые точки **3** и **7**, **4** и **8**, **5** и **9**, **6** и **10** (Рисунок 101), принадлежащие окружностям (см. последовательность действий в примере 1).

Пункт главного меню

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > Straight Line**



**Рисунок 101. Результат создания вспомогательных линий для пружины**

*Шаг 6. Деление построенных прямых линий*

Делим прямую линию, соединяющую точки **3** и **7** на **5** отрезков, остальные построенные прямые линии на **20** равных отрезков (см. последовательность действий шага 2 примера 4) с помощью пункта главного меню:

**Main Menu > Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Divide > Line into N Ln's**

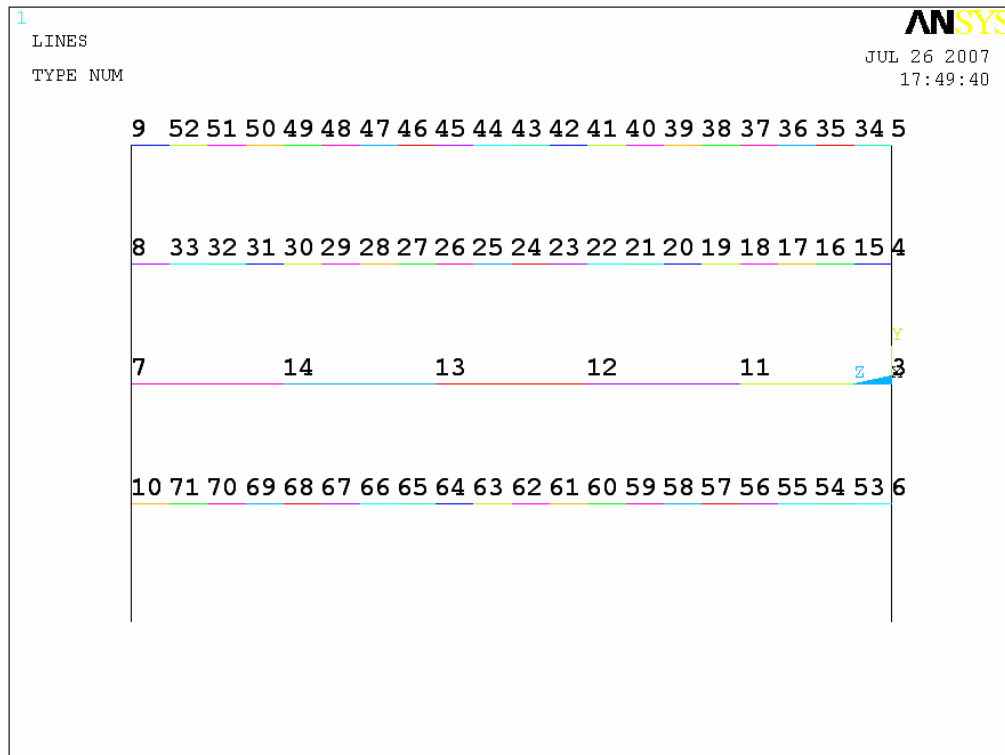
*Шаг 7. Переход в глобальную цилиндрическую систему координат*

Пружина представляет собой спираль, а наиболее удобно создавать линии подобной формы с использованием не декартовой, а цилиндрической системы координат (Рисунок 102).

Переходим в глобальную цилиндрическую систему координат. Для этого используем последовательно два пункта меню:

***Utility Menu > WorkPlane > Change Display Cs to > Global Cylindrical***

***Utility Menu > Plot > Replot***



**Рисунок 102. Отображение построений в цилиндрической системе координат**

*Шаг 8. Построение витков пружины при помощи сплайна*

Пружину будем рисовать как сплайн, проходящий через несколько ключевых точек, заданных на вспомогательных линиях между окружностями.

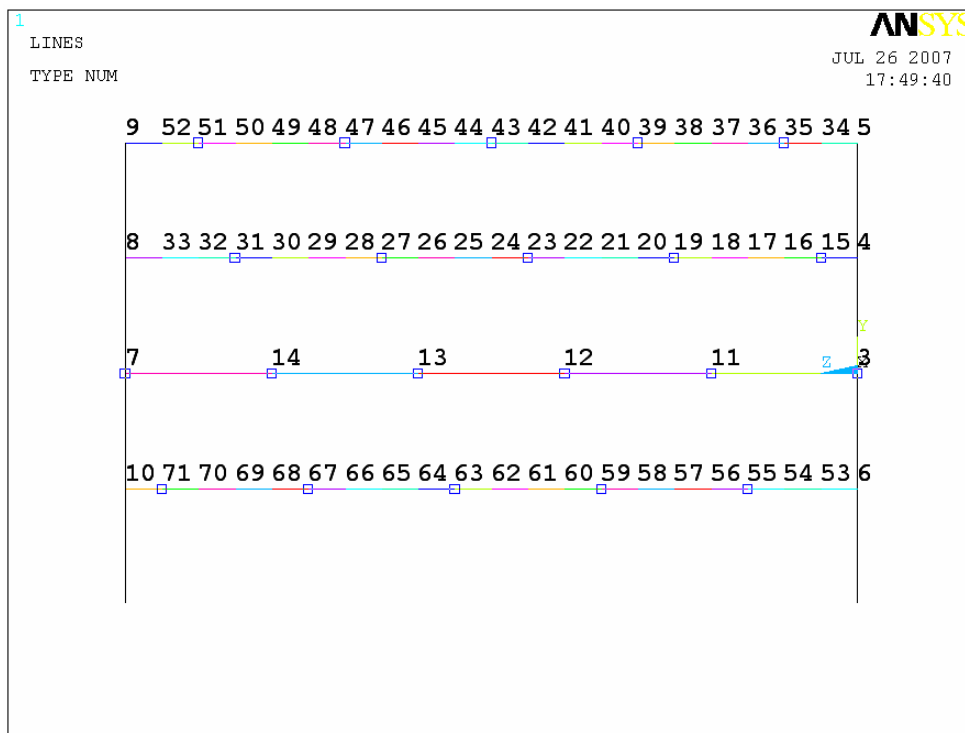
Сплайн начинается в ключевой точке **3** и отклоняется от начальной окружности в направлении **0Z** каждый раз на одно деление (**1/20**). Следующие ключевые точки будут **15, 35, 55, 11, 19** и т.д.

Пункт главного меню

**Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Splines> Spline thru KPs**

При использовании пункта главного меню появляется окно выбора **B-Spline**. В этом случае следует:

- Выбрать в строгом соответствии с порядком их соединения ключевые точки, через которые должен проходить сплайн (Рисунок 103).
- Нажать **OK** (Рисунок 104).

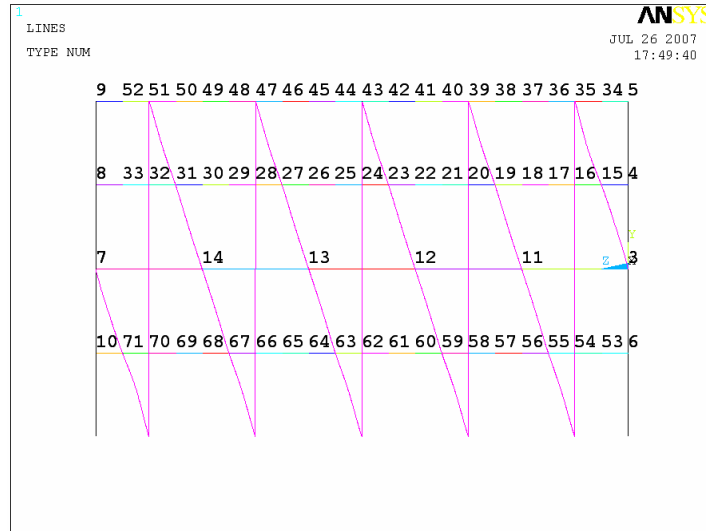


**Рисунок 103. Результат выбора ключевых точек для создания пружины**

Команда

**BSPLIN,P**

**З. а м е ч а н и е!** При использовании команды, появляется окно выбора **B-Spline**. Последовательность действий такая же, как при использовании пункта меню.

Результаты выполнения шага 8

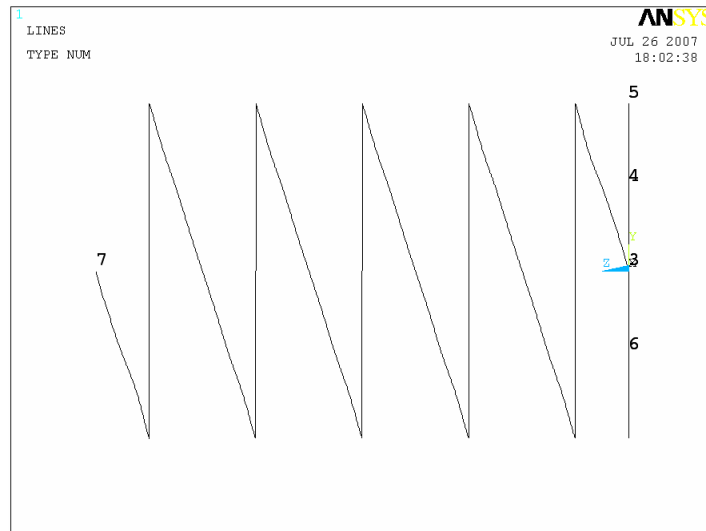
**Рисунок 104. Пружина в цилиндрической системе координат**

*Шаг 9. Удаляем вспомогательные прямые линии*

Последовательность действий аналогична примеру 1 (Рисунок 105).

Пункт главного меню

***Main Menu > Preprocessor > Modeling > Delete > Lines***



**Рисунок 105. Результат удаления вспомогательных линий**

*Шаг 10. Переход обратно в глобальную декартову систему координат*

Переходим обратно в глобальную декартову систему координат. Для этого используем последовательно два пункта меню:

***Utility Menu > WorkPlane > Change Display Cs to > Global Cartesian***

***Utility Menu > Plot > Replot***

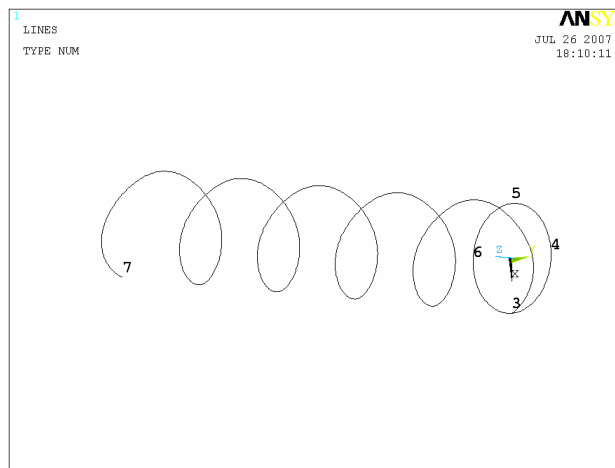
*Шаг 11. Сохранение созданной модели в отдельном db-файле*

Для этого используем пункт меню:

***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 (дирректории), в которой будет храниться файл полностью соответствует шагу 8 примера 1 данного раздела, однако в данном случае необходимо определить другое имя файла (например, ***Example5.db***) в окне ***Save DataBase to***, под которым должна храниться пятая созданная модель (Рисунок 106).

*Результат построения твердотельной модели для примера 5*



**Рисунок 106. Результат построения твердотельной модели пружины**

***З а м е ч а н и е!*** После выполнения команд или пунктов меню, соответствующих шагам 9 и 10 текущего примера, удобно посмотреть результаты построений в изометрии (кнопка *Iso*) меню ***Pan-Zoom-Rotate (Utility Menu > PlotCtrl > Pan Zoom Rotate...)***

## Литература

1. Чигарев А.В. ANSYS для инженеров: Справочное пособие / А.В. Чигарев, А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк – М: Машиностроение-1, 2004. – 512 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Средства отображения компонентов модели .....</b>	<b>3</b>
Списки компонент.....	3
Команда и пункты меню утилит для вывода списка всех ключевых точек .....	3
Команда и пункт меню для вывода списка всех линий .....	5
Команда и пункт меню для вывода списка всех поверхностей.....	6
Команда и пункты меню для вывода списка всех объемов .....	7
Средства создания выборочного списка компонент и их необходимых атрибутов.....	8
Команды для отрисовки компонент модели .....	10
Команда для отображения на экране выбранных ключевых точек .....	11
Команда отображения линий .....	12
Команда отображения поверхностей .....	13
Команда отображения объемов .....	14
Выбор активных компонент модели для просмотра и редактирования... ..	15
<b>Средства редактирования .....</b>	<b>24</b>
Операции с ключевыми точками .....	24
Средства перемещения ключевых точек .....	24
Копирование ключевых точек .....	26
Средства создания симметричного относительно оси множества ключевых точек .....	28
Средства для удаления ключевых точек не участвующих в разбиении: ..	30
Операции с линиями .....	31
Скругление между линиями .....	31
Копирование или перемещение существующих линий .....	34
Симметричное отображение линий.....	37
Деление линий на меньшие линии .....	39
Удлинение произвольной линии .....	42
Удаление линии .....	44
Операции с поверхностями .....	46
Создание скругления на пересечении двух поверхностей .....	46
Создание поверхностей параллельным переносом .....	47
Копирование или перемещение одной или нескольких поверхностей ..	48
Создание поверхностей при помощи симметрии .....	49
Удаление поверхности .....	51
Операции с объемами .....	52
Копирование или перемещение объемов.....	52



Симметричное отображение объемов .....	54
Удаление объемов .....	55
Дополнительные средства редактирования компонентов в ANSYS .....	57
Сжатие нумерации компонентов модели после редактирования .....	57
Создание модели с помощью булевских операций .....	58
Общие сведения.....	58
Установка опций булевских операций.....	58
Пересечения геометрических фигур .....	60
Попарное пересечение геометрических фигур .....	66
Сложение.....	69
Вычитание .....	72
Вычитание рабочей плоскости .....	81
Наложение (перекрытие) .....	83
Склейка.....	85
<b>Примеры создания твердотельных моделей средствами ANSYS для решения в последующих лекциях физических задач .....</b>	<b>87</b>
Предварительные действия. Выбор системы физических единиц .....	87
Пример 1. Распределение напряжений в плоском образце с концентратором .....	88
Пример 2. Определение напряжений в гребенке с трапециoidalными зубьями (плоская задача).....	100
Пример 3. Расчет напряженно-деформированного состояния в плоскости кривошипа коленчатого вала .....	115
Пример 4. Распределение температур в поперечном сечении строительного перекрытия .....	123
Пример 5. Изгиб пружины с шагом витка 0,006 m под действием силы тяжести .....	136
<b>Литература.....</b>	<b>143</b>