

**VISUAL-WELD И VISUAL-MESH**

**РУКОВОДСТВО ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ**

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Visual-Mesh. Построение CAD модели для сварки Т-соединения.....	3
1.1 Запуск нового проекта .....	3
1.2 Моделирование нижней плиты.....	3
1.2 Моделирование верхней плиты .....	7
1.3 Моделирование наплавляемого материала (FILLER MATERIAL) .....	11
1.4 Создание промежуточного материала (GAP MATERIAL).....	14
1.5 Создание вспомогательных кривых .....	16
1.6 Управление объектами .....	23
2. Visual Weld.....	25
ЗАДАЧА 1. ВЫПОЛНЕНИЕ СВАРКИ Т-СОЕДИНЕНИЯ.....	25
ЗАДАЧА 2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ТРУБЫ.....	37
ЗАДАЧА 3. ВЫПОЛНЕНИЕ СВАРКИ СТЫКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ.....	47
ЗАДАЧА 4. ВЫПОЛНЕНИЕ МНОГОПРОХОДНОЙ СВАРКИ ТРУБЫ.....	59

# 1. VISUAL-MESH. ПОСТРОЕНИЕ САД МОДЕЛИ ДЛЯ СВАРКИ Т-СОЕДИНЕНИЯ

## 1.1 ЗАПУСК НОВОГО ПРОЕКТА

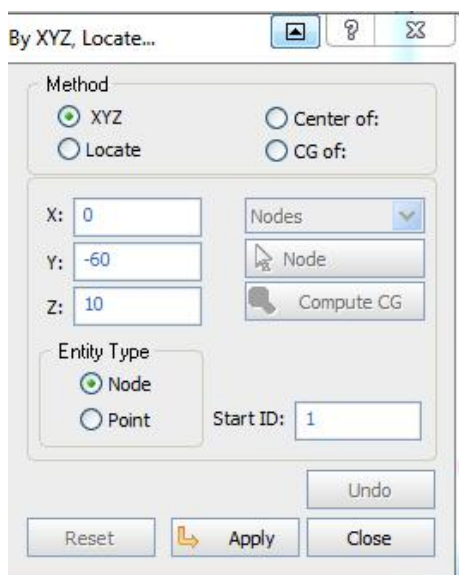
- Запустите **Visual-Weld**. Появится окно, в котором нужно выбрать в главном меню пункт **Applications/Mesh**.
- Выберите пункт меню **File/New**.
- Откроется новое рабочее окно с именем **Document1.vdb**.

## 1.2 МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЖНЕЙ ПЛИТЫ

Для того чтобы строить кривые и поверхности требуемого размера, необходимо первоначально создать узлы.


### Создание узлов

- Выберите пункт меню **Node/By XYZ, Locate...** или нажмите **<F8>**.
- В появившемся окне введите координаты 0, -60, 10 соответственно в поля **X, Y и Z**.



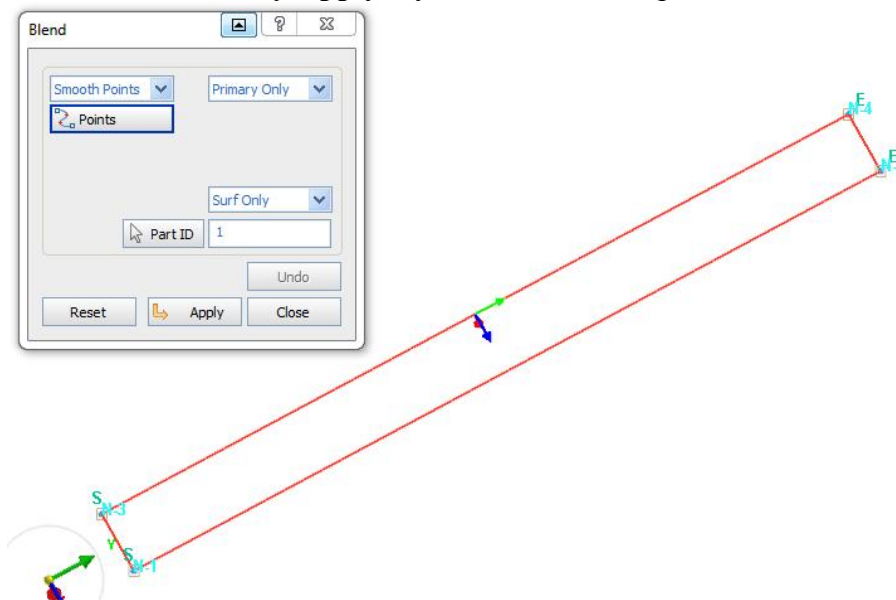
- По умолчанию в разделе **Method** выбран метод построения узла **XYZ**, в разделе **Entity Type** выбран **Node** и номер **ID: 1**. Щелкните на кнопку **Apply** и найдите новый узел в рабочем окне. (Используйте приближение с помощью прокручивания средней кнопки мыши).
- Не закрывая окно постройте второй узел. Введите 2 в поле **ID**, введите координаты 0, 60, 10 в поля **X, Y, Z** и щелкните кнопку **Apply**.
- Для создания третьего узла (введите в поле **ID: 3**) введите координаты 0, -60, 0 в поля **X, Y, Z** и щелкните кнопку **Apply**.
- Для четвертого узла (**ID: 4**), введите координаты 0, 60, 0 в поля **X, Y, Z** и щелкните кнопку **Apply**.
- Закройте окно **By XYZ, Locate**.

## Создание поверхности граничным методом (опция Blend)

- Выберите пункт меню **Surface/Blend (Spline)**. Появится новое окно **Blend**.
- Проверьте, что выбрана опция **Surf only**. Введите в поле **Part ID** (номер детали) номер 1.
- В окне модели щелкните по узлам **1** и **2**, а затем нажмите на среднюю кнопку мыши для подтверждения выбора (номер узла можно отобразить, нажав на иконку  на панели **Selection** и щелкнув на узел).



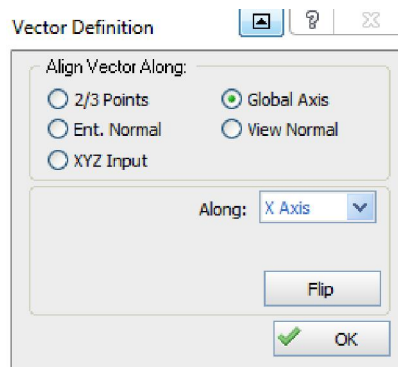
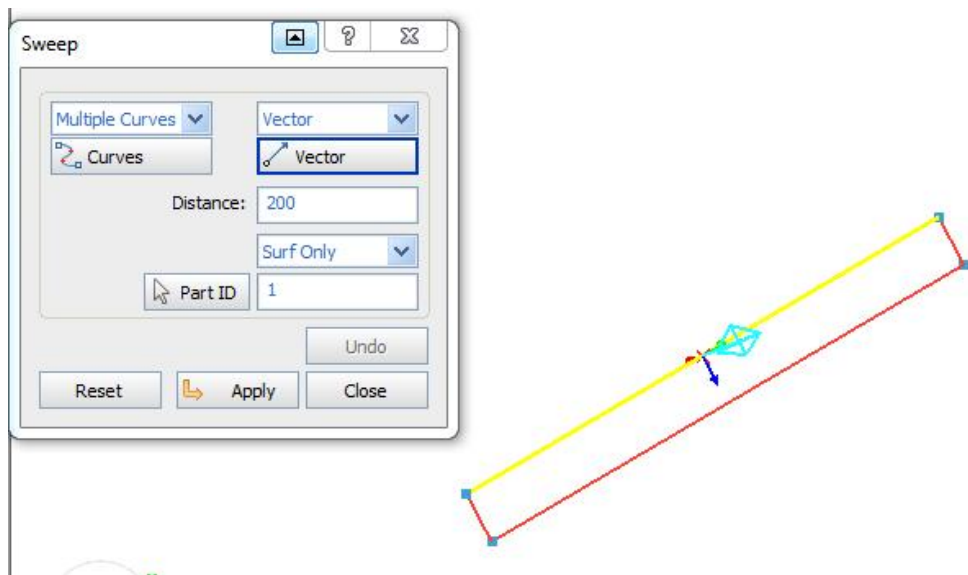
- Щелкните на узлы **3** и **4** и подтвердите выбор нажатием средней кнопкой мыши. Созданный отрезок станет второй границей для новой поверхности.
- Щелкните на кнопку **Apply**. Будет создана поверхность с именем **Part 1**.



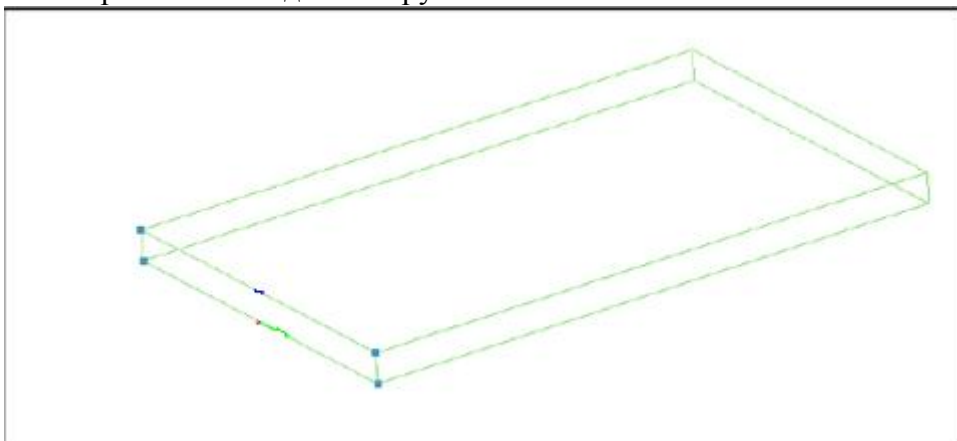
- Нажмите **Close**.

## Создание поверхностей методом экструзии (опция Sweep)

- Выберите пункт меню **Surface/Sweep (Drag)**. Появится окно **Sweep**.
- Выберите опцию **Multiple curve** (сложная кривая) из выпадающего списка в верхнем левом поле и введите в поле **Distance** (расстояние) значение 200.
- Введите 1 в поле **Part ID**.
- Щелкните на одну из линий только что созданной поверхности (прямоугольника), и подтвердите свой выбор щелчком средней кнопки мыши. Появится окно **Vector definition**.
- Выберите опцию **Global Axis** (глобальные координаты).
- Нажмите **OK** в окне **Vector Definition** и закройте окно.
- Проверьте предварительное изображение поверхности, и если она построена верно, нажмите кнопку **Apply** в окне **Sweep**.



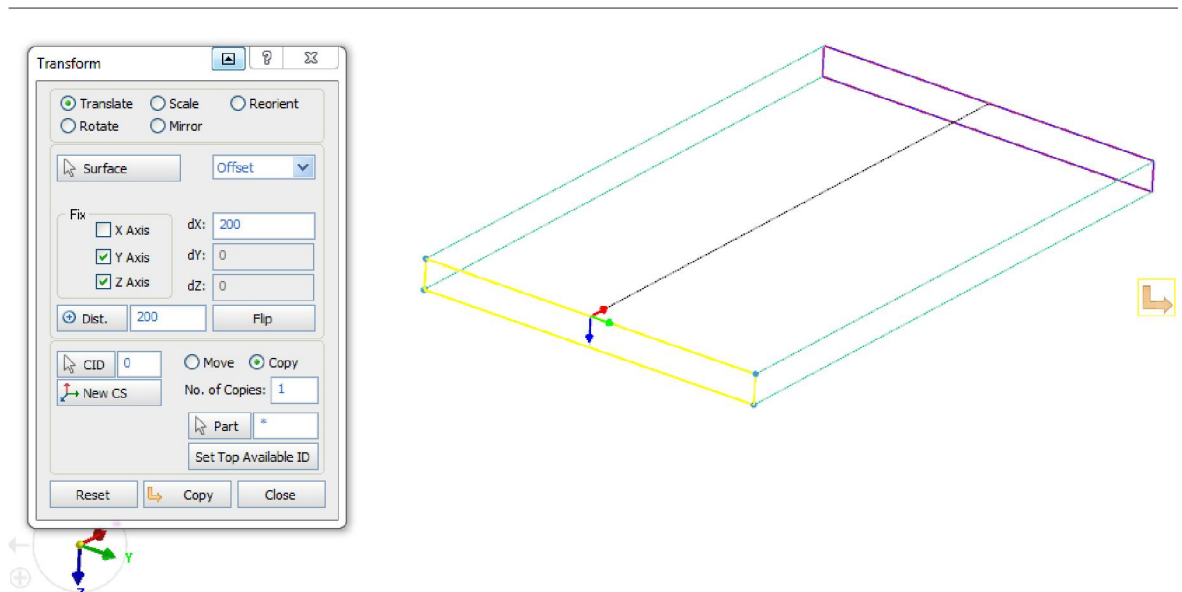
- Выполните описанные выше операции для построения поверхностей на основе оставшихся 3 ребер.
  - Т.е. не закрывая окна щелкните на второе ребро и подтвердите нажатием средней кнопки мыши.
  - Вектор (стрелка голубого цвета) должен быть направлен в направлении построения предыдущей поверхности. Если направление совпадает, нажмите **ОК** в окне **Vector Definition**.
  - Также поступите с оставшимся ребрами. После построения четвертой поверхности нажмите **Close** в окне **Sweep**.
- В результате всего должны быть созданы 1 поверхность граничным методом и 4 поверхности методом экструзии как показано ниже.



## Перемещение поверхности (опция Transform)

Теперь необходимо скопировать поверхность, построенную первой, граничным методом, и закончить построение нижней плиты.

- Выберите пункт меню **Surface/Transform**. Появится окно **Transform** (перемещение).
- Поставьте в разделе **Fix** (закрепление) галочки напротив **Y Axis** и **Z axis** и введите в поле **dX** значение = 200. Т.е. будем перемещать скопированную поверхность вдоль оси X.
- Выберите поверхность, созданную граничным методом, и подтвердите щелчком средней кнопки мыши.
- Выберите в нижней части окна **Transform** опцию **Copy**. Другие параметры оставьте заданными по умолчанию.



- Нажмите кнопку  **Copy**.
- Нажмите **Close**.




Эта операция завершает моделирование нижней плиты.

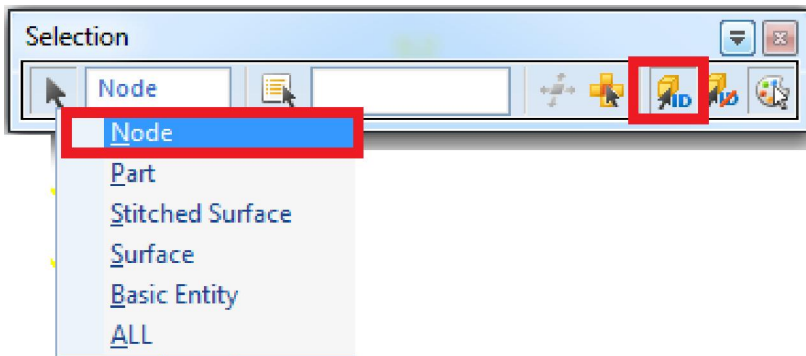
## 1.2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРХНЕЙ ПЛИТЫ

### Создание узлов

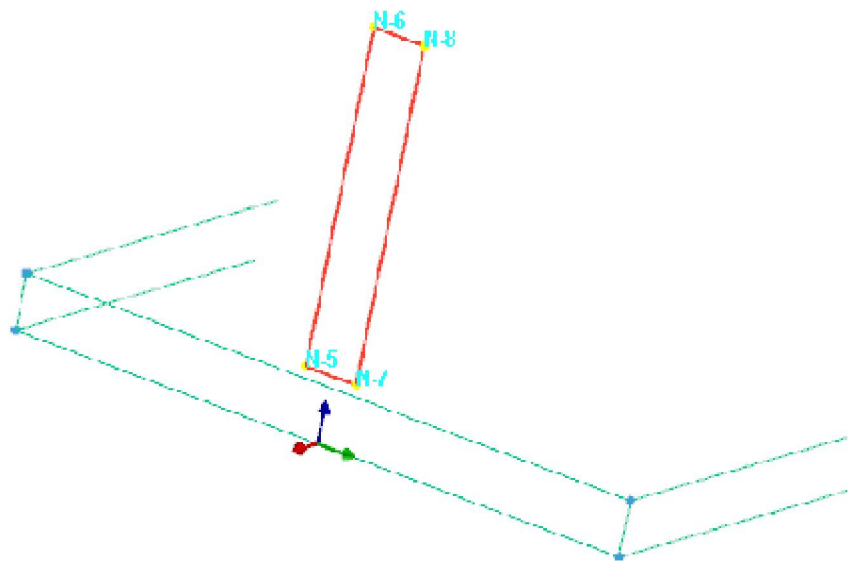
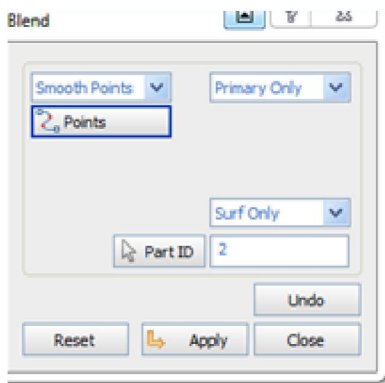
- Выберите пункт меню **Node/By XYZ, Locate**. Появится окно **By XYZ, Locate**.
- Оставьте установленный метод создания узлов в разделе **Method**, введите координаты 0, -5, 12 соответственно в поля **X, Y** и **Z**. В поле ID номер нового узла будет 5.
- Щелкните на кнопку **Apply** и найдите новый узел в рабочем окне.
- Для узла 6 введите 0, -5, 72 в поля **X, Y, Z** и щелкните **Apply**.
- Для узла 7 введите 0, 5, 12 в поля **X, Y, Z** и щелкните **Apply**.
- Для узла 8 введите 0, 5, 72 в поля **X, Y, Z** и щелкните **Apply**.
- Новые узлы будут иметь соответственно номера 5, 6, 7 и 8.
- Закройте окно **By XYZ, Locate...**

## Создание поверхности граничным методом

- Отобразите номера новых узлов.
- Для этого на панели **Selection** нажмите на иконку  и выберите **Node**.
- Проверьте, что активирована кнопка .
- Щелкните на новые узлы для отображения их номера.
- Для того чтобы убрать отображение узлов нажмите на кнопку .



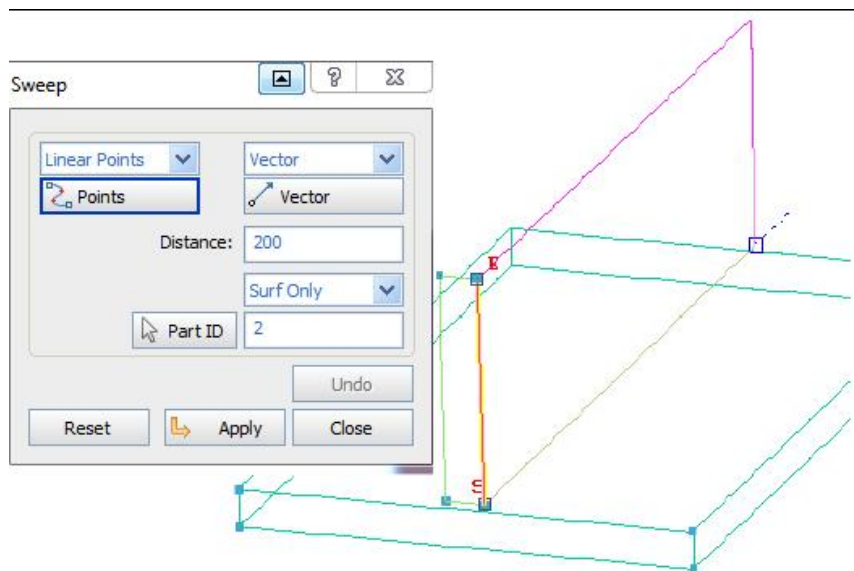
- Выберите пункт меню **Surface/Blend (Spline)**. Появится окно **Blend**.
- Измените номер в поле **Part ID** на **2**.
- Для создания первой границы щелкните по узлам **5** и **6** и подтвердите выбор щелчком средней кнопки мыши.
- Щелкните по узлам **7** и **8** и подтвердите выбор щелчком средней кнопки мыши. Появится отрезок, представляющий вторую границу поверхности.
- Щелкните **Apply**. Будет создана новая поверхность под именем **Part 2**.
- Закройте окно.



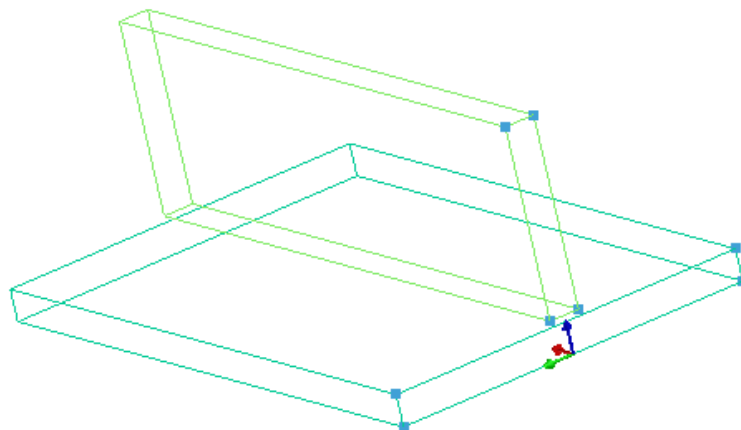


## Создание поверхности методом экструзии


- Выберите пункт меню **Surface/Sweep**. Появится окно **Sweep**.
- Убедитесь, что по умолчанию выбрана опция **Multiple Curves** и установлены значения **Distance 200** и **Part ID: 2**.
- Щелкните на любое ребро поверхности (прямоугольника), созданной на предыдущем шаге. Подтвердите выбор щелчком правой кнопки мыши.
  - В возникшем окне **Vector Definition** должна быть выбрана по умолчанию опция **Global Axis** и в строке **Along** установлено **X-Axis**.
  - На экране появится вектор (стрелка голубого цвета) отображающая направление построения поверхности. Если вектор направлен неверно нажмите **Flip**.
  - Нажмите **OK**.
- Должна быть построена поверхность, как показано на рисунке. Если поверхность создана верно, нажмите **Apply**. В обратном случае используйте **Reset** (Изменить) и заново задайте параметры.

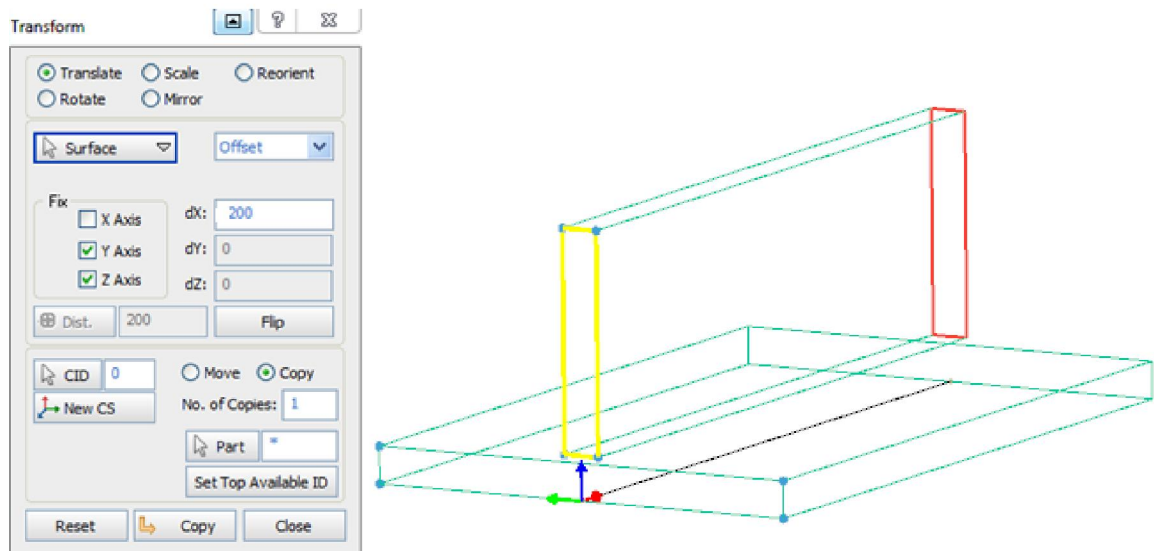


Не закрывая окно **Sweep**, выполните описанные выше операции для построения поверхностей на основе оставшихся 3 ребер. В результате должны быть созданы 1 поверхность граничным методом и 4 поверхности методом экструзии как показано ниже. Закройте окно после построения всех поверхностей.



## Перемещение поверхности

- Выберите пункт меню **Surface/Transform**. Появится окно **Transform**.
- Поставьте в разделе **Fix** (закрепление) галочку напротив **Y Axis** и **Z axis** и введите в поле **dX** значение 200.
- Выберите поверхность, созданную граничным методом, **Part 2** и подтвердите щелчком средней кнопки мыши.
- Выберите опцию **Copy**. Другие параметры оставьте заданными по умолчанию.
- Подтвердите операцию перемещение, нажав кнопку  **Copy**.
- Нажмите **Close**.






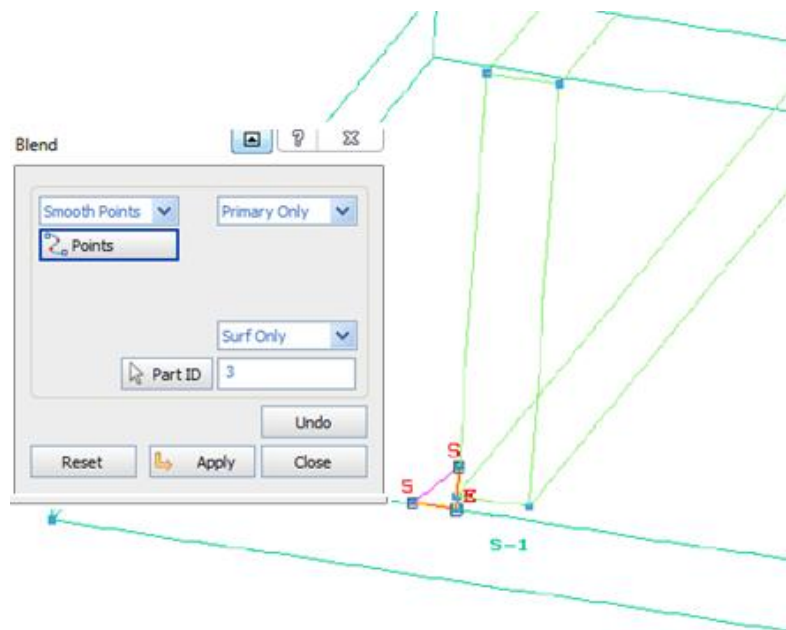
## 1.3 МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПЛАВЛЯЕМОГО МАТЕРИАЛА (FILLER MATERIAL)

### Создание узлов

- Выберите пункт меню **Node/By XYZ, Locate** или нажмите **F8**. Появится окно **By XYZ, Locate**.
- Введите значения 0, 5, 16 в поля **X, Y** и **Z**. Номер ID нового узла будет 9.
- Щелкните на кнопку **Apply** и найдите новый узел в рабочем окне.
- Для узла 10 введите значения 0, 5, 10 в поля **X, Y, Z** и щелкните **Apply**.
- Для узла 11 введите значения 0, 11, 10 в поля **X, Y, Z** и щелкните **Apply**.
- Новые узлы будут иметь соответственно ID 9, 10 и 11.
- Закройте окно **By XYZ, Locate**...

### Создание поверхности граничным методом

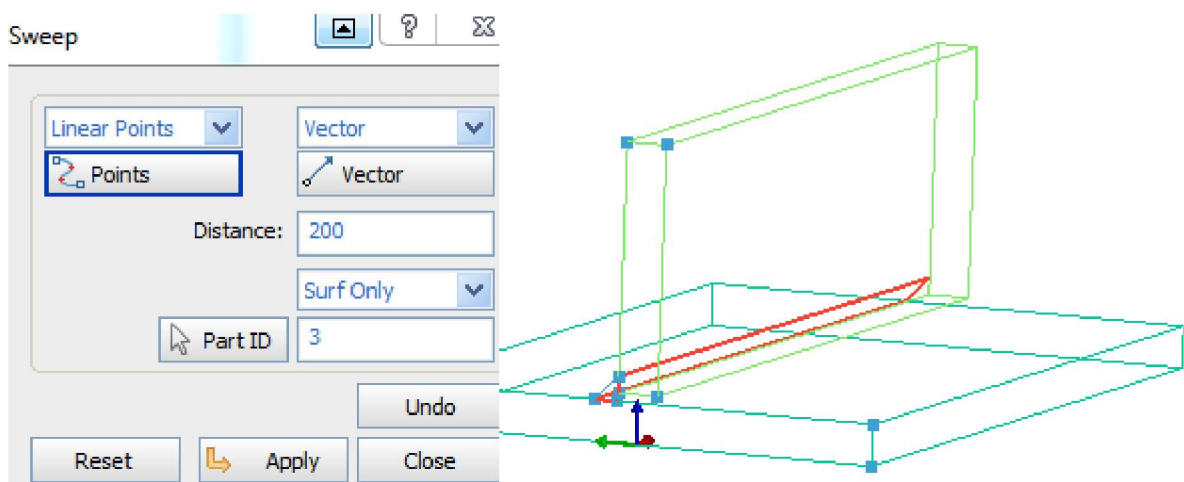
- Отобразите номера новых узлов.
  - Для этого на панели **Selection** нажмите на иконку  и выберите **Node**.
  - Проверьте, что активирована кнопка .
  - Щелкните на новые узлы для отображения их номера.
  - Для того чтобы убрать отображение узлов нажмите на кнопку .
- Выберите пункт меню **Surface/Blend (Spline)**. Появится окно **Blend**.
- Введите в поле **Part ID** номер 3.
- Для создания первой границы щелкните на узлы **9** и **10** и подтвердите выбор щелчком средней кнопки мыши.
- Щелкните на узлы **11** и **10** и подтвердите выбор щелчком средней кнопки мыши. Появится отрезок, представляющий вторую границу поверхности.



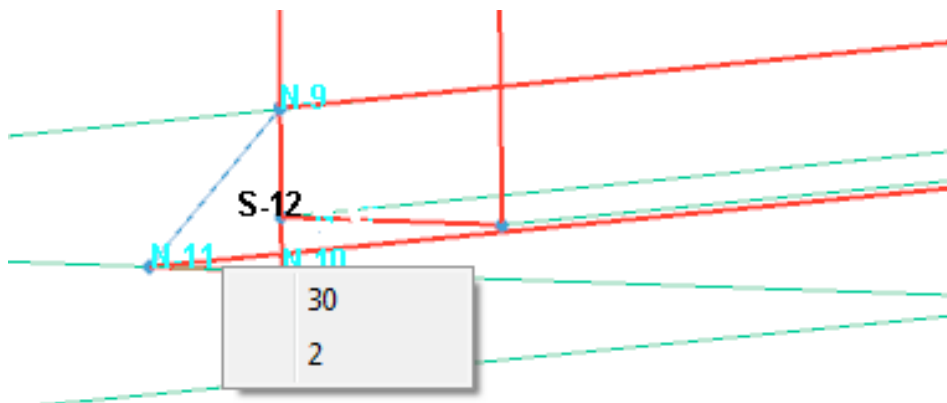
- Щелкните **Apply**. Будет создана новая поверхность под именем **Part 3**.
- Закройте окно.

## Создание поверхности методом экструзии


- Выберите пункт меню **Surface/Sweep**. Появится окно **Sweep**.
- Убедитесь, что выбрана опция **Multiple Curves** и установлены значения в поле **Distance: 200** и **Part ID: 3**.
- Щелкните на ребро, ограниченное узлами 11 и 9, поверхности (треугольника), созданной на предыдущем шаге.
- Подтвердите нажатием средней кнопки мыши
- В возникшем окне **Vector Definition** должна быть выбрана опция **Global Axis** и в строке **Along** установлено **X-Axis**. Если нужно поменять направление вектора (голубая стрелка) нажмите **Flip** (позволяет зеркально отобразить вектор). Нажмите **OK**.
- Щелкните в окне **Sweep** по кнопке **Apply**, если поверхность построена верно.

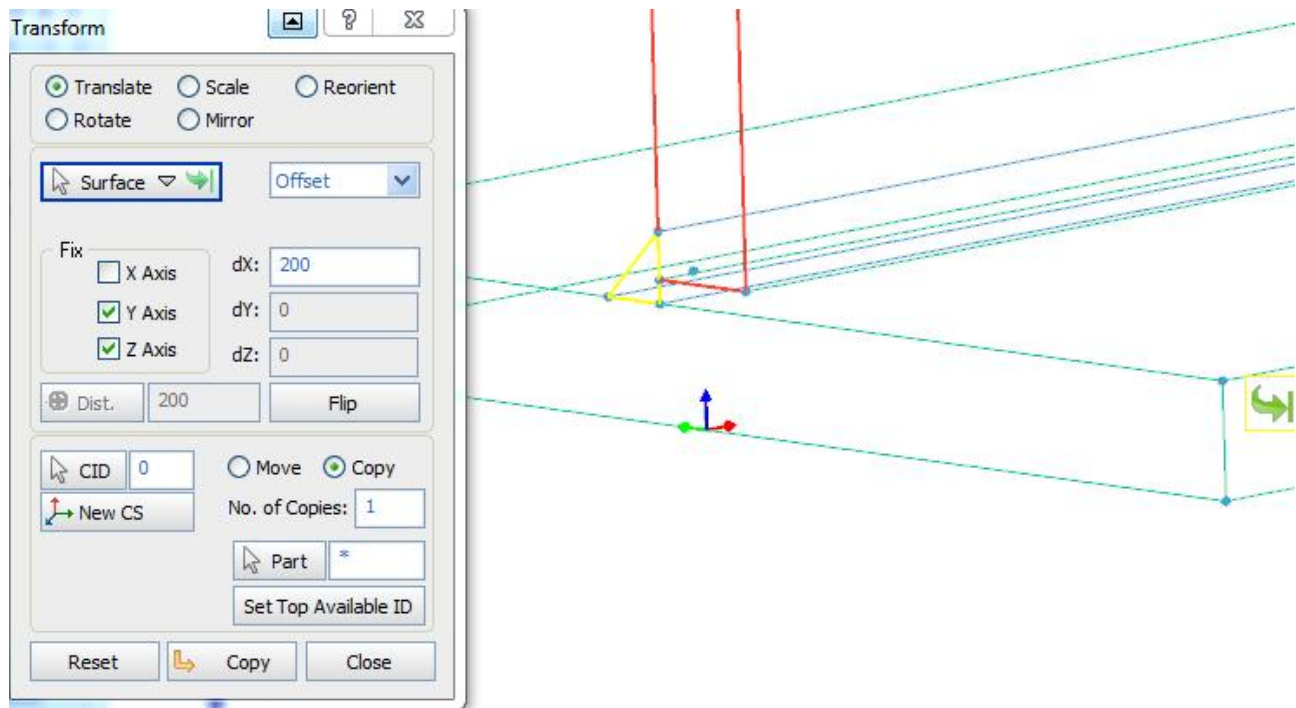


- Выполните описанные выше операции для построения поверхностей на основе оставшихся 2 ребер.
  - При выборе ребра, ограниченного узлами 10 и 9 или 11 и 10, может появиться окно с цифрами. Эти цифры отображают номер объектов. Выберите цифру, соответствующую нужному ребру.



## Перемещение поверхности


- Выберите пункт меню **Surface/Transform**. Появится окно **Transform**.
- Поставьте в разделе **Fix** (закрепление) галочку напротив **Y Axis** и **Z axis** и введите в поле **dX** значение 200.
- Щелкните по поверхности, созданной граничным методом, **Part 3** и подтвердите выбор нажатием средней кнопки мыши.
- Выберите опцию **Copy**.
- Нажмите кнопку  **Copy**.
- Закройте окно.

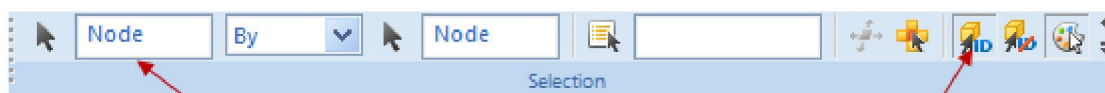


## 1.4 СОЗДАНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО МАТЕРИАЛА (GAP MATERIAL)

При моделировании Вы можете решить, использовать промежуточные элементы или нет.

### Создание узлов с помощью опции Node Drop

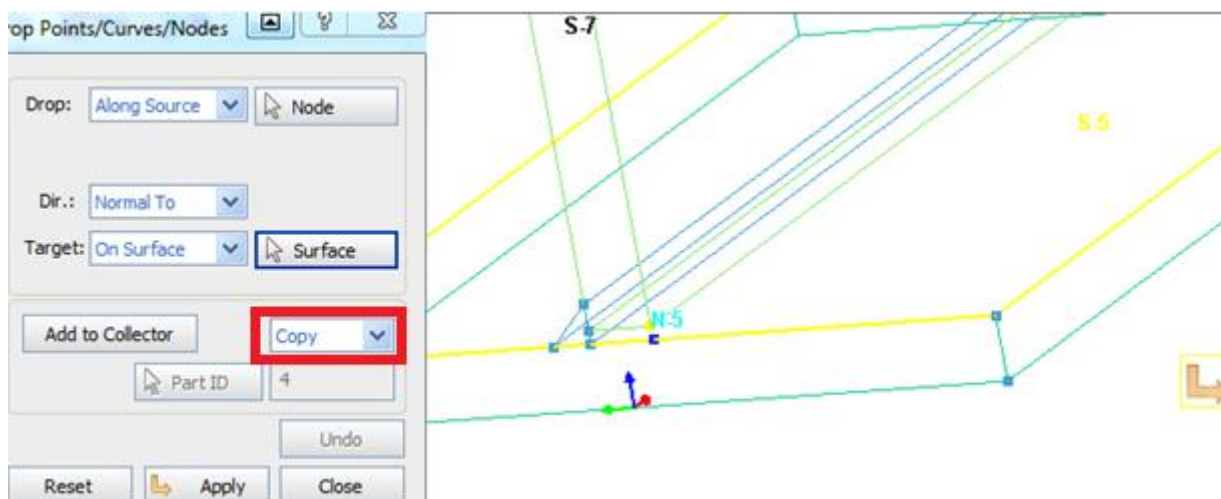
- Выберите **Node** (привязка к узлам) на панели **Selection**, нажав на значок , и щелкните на иконку **Display ID**, как показано ниже.



Выберите Node

Отображение ID узла

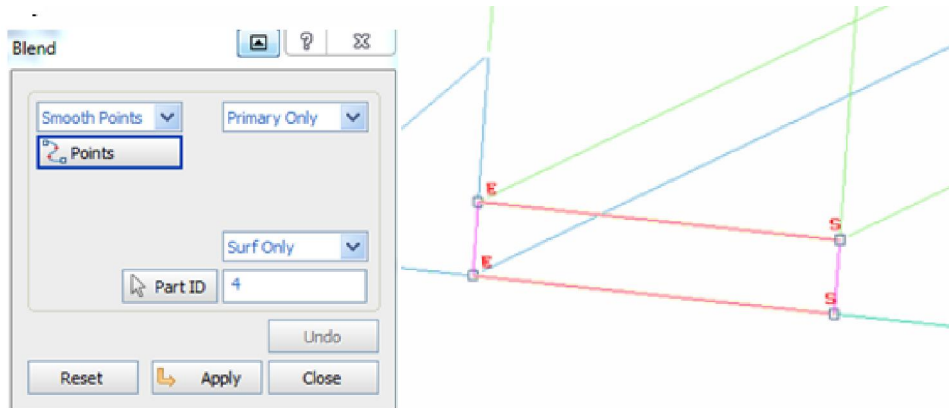
- Щелкните на любой узел. На экране высветится его ID. Для отмены опции привязки к узлам нажмите **<Esc>**. Отобразите номера узлов верхней плиты.
- Выберите пункт меню **Node/Drop (Project)**. Появится окно **Drop Points/Curves/Nodes**.
- Не изменяя установленных в окне параметров, щелкните по узлу **5 (N-5)** и подтвердите выбор нажатием средней кнопки мыши.
- Нажмите на кнопку **Surface**, щелкните по верхней грани нижней плиты и подтвердите выбор нажатием средней кнопки мыши.



- Измените опцию **Move** (переместить) на опцию **Copy** (копировать).
- Щелкните на кнопку **Apply** и закройте окно.

## Создание поверхности граничным методом

- Выберите пункт меню **Surface/Blend (Spline)**. Появится окно **Blend**.
- Введите в строку **Part ID** номер 4.
- Выделите узлы **5** и **7** и подтвердите выбор щелчком средней кнопки мыши.
- Щелкните на узлы **12** и **10** и подтвердите средней кнопкой мыши.



- Щелкните по кнопке **Apply**. Будет создана новая поверхность с именем **Part 4**.
- Закройте окно.

## Создание поверхности методом экструзии

- Выберите пункт меню **Surface/ Sweep (Drag)**. Появится окно **Sweep**.
- Убедитесь, что выбрана опция **Multiple curves** и установлены следующие значения: **Distance 200** и **Part ID 4**.
- Щелкните по ребру на поверхности (прямоугольника), созданной на предыдущем этапе.
- В возникшем окне **Vector Definition** должна быть выбрана опция **Global Axis** и в строке **Along** установлено **X-Axis**. При необходимости используйте опцию **Flip**.
- Выполните описанные выше операции для построения поверхностей на основе оставшихся 3 ребер.

## Перемещение поверхности

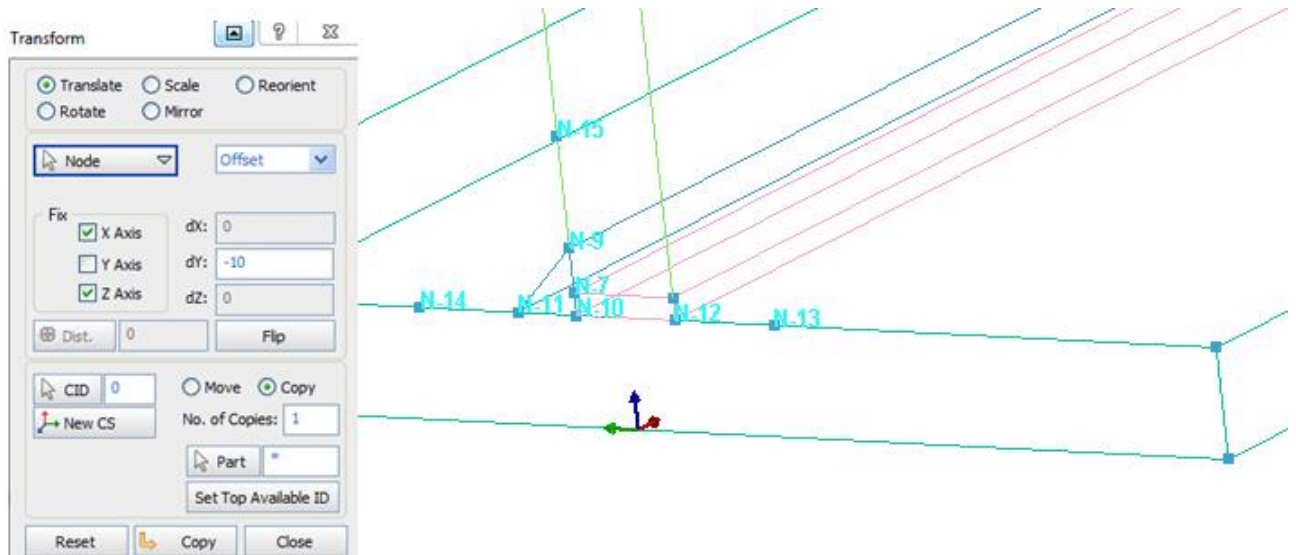
- Выберите пункт меню **Surface/ Transform**. Появится окно **Transform**.
- Поставьте в разделе **Fix** (закрепление) галочку напротив **Y Axis** и **Z axis** и введите в поле **dX** значение 200.
- Выберите поверхность, созданную граничным методом, **Part 4** и подтвердите, средней кнопкой мыши.
- Должна быть выбрана опция **Copy** и в поле **Part** введено 4.
- Нажмите **Copy**.

Выполнение этой операции завершает моделирование промежуточного материала и в целом моделирование поверхностей.

## 1.5 СОЗДАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ КРИВЫХ

### Перемещение узлов

- Отобразите номера узлов, как показано на рисунке. Выберите пункт меню **Node/Transform**. Появится панель **Transform**.

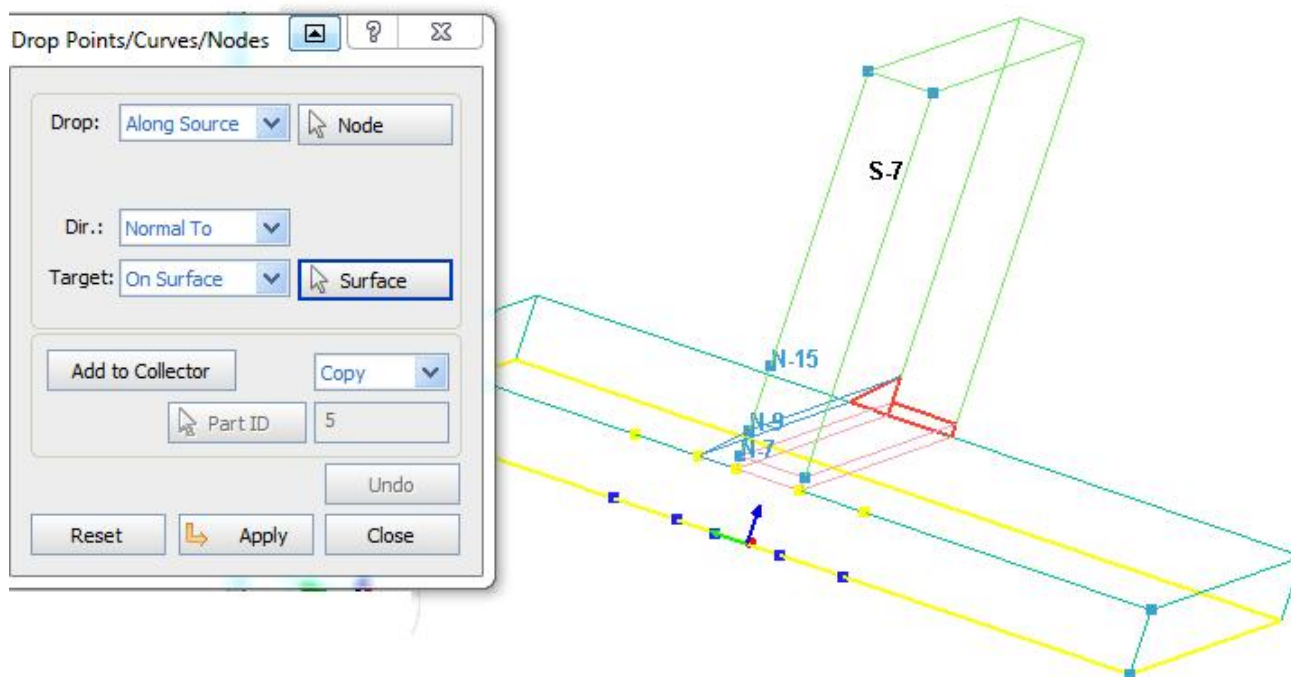


- Выберите узел **Node 12** и подтвердите выбор нажатием средней кнопки мыши.
- В появившемся окне зафиксируйте оси X и Z (т.е. поставьте напротив галочки). Введите значение -10 в поле **dY** и выберите опцию **Copy**.
- Скопируйте узел, щелкнув на кнопку **Copy**.
- Также выберите узел **Node 11** и подтвердите средней кнопкой мыши.
- Зафиксируйте оси X и Z. Введите 10 в поле **dY**. Нажмите кнопку **Copy**.
- Выберите узел **Node 9** и подтвердите средней кнопкой мыши.
- Зафиксируйте оси X и Y, освободив ось Z. Введите 10 в поле **dZ**. Нажмите кнопку **Copy**.
- Новым узлам будут присвоены номера ID 13, 14 и 15.
- Закройте окно.

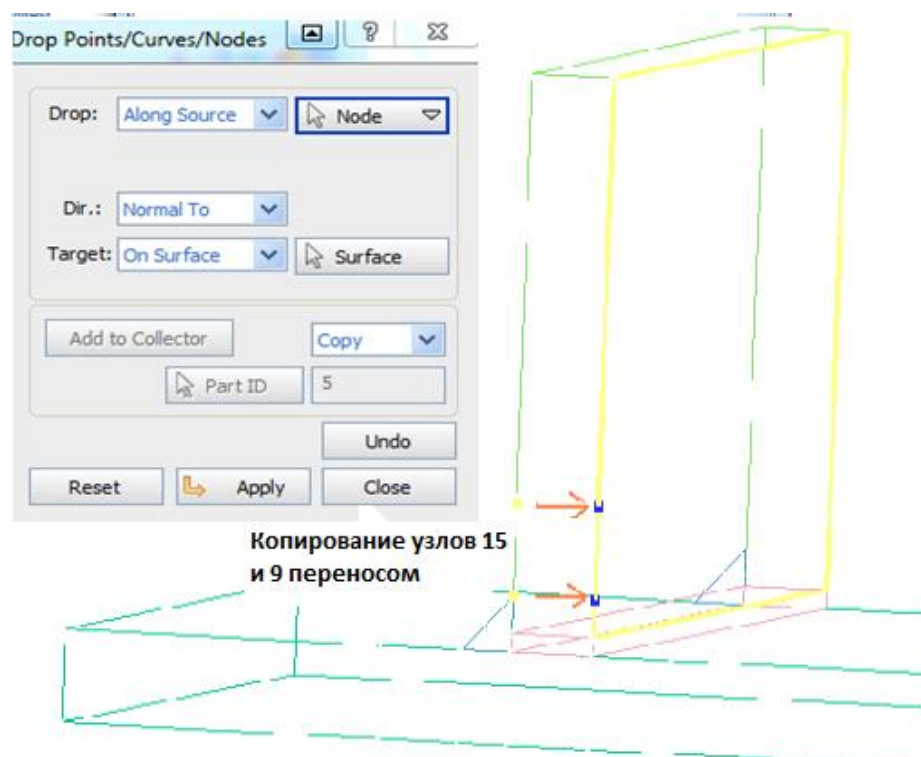
### Создание узлов через опцию **Node Drop** (перенос узла)

- Выберите пункт меню **Node/Drop (Project)**. Появится окно **Drop Points/Curves/Nodes**.
- Не изменяя установок, выберите узлы **Nodes 10, 11, 12, 13** и **14** (все узлы на верхнем ребре опорной плиты) и подтвердите выбор щелчком средней кнопки мыши.
- Нажмите на кнопку **Surface** и щелкните на нижнюю поверхность опорной плиты и подтвердите средней кнопкой мыши.
- Если была выбрана не та поверхность или узел, нажмите на клавиатуре кнопку **<Shift>** и щелкните на поверхность и узел.





- Убедитесь, что выбрана опция **Copy**.
- Подтвердите копирование узла, щелкнув на кнопку **Apply**.
- Щелкните по узлам 9 и 15 и подтвердите выбор.
- Выберите противоположную грань верхней плиты, на которую будут спроецированы узлы, как показано ниже и подтвердите.

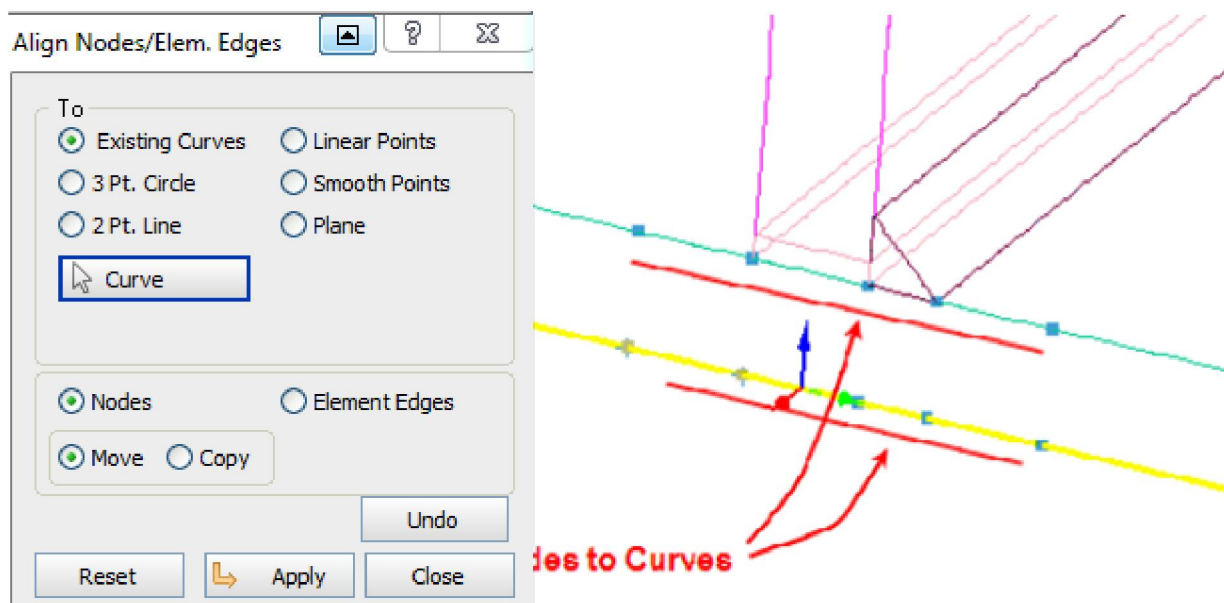


- Щелкните на кнопку **Apply**, и закройте окно.

## Выравнивание узлов (опция Align)

Чтобы убедиться, что спроецированные узлы лежат на ребре, используйте опцию **Align**.

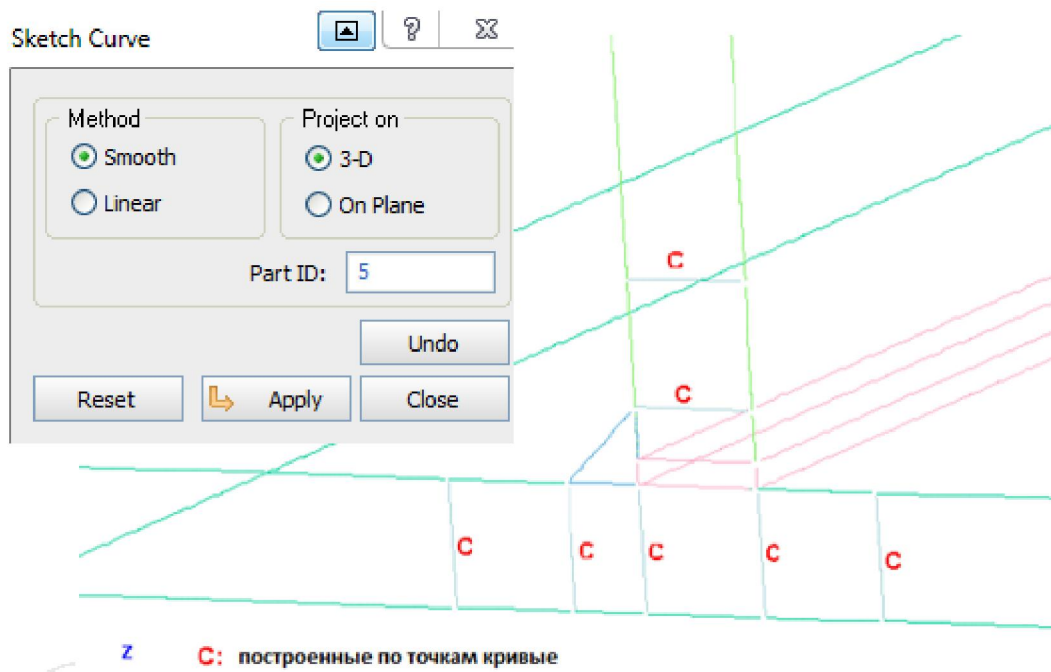
- Выберите пункт меню **Node/Align**. Появится окно **Align Nodes/Elem. Edges**.



- Щелкните на ребро поверхности, на которой должны лежать узлы (на рисунке выделено желтым цветом).
- Выделите все узлы на ребре и подтвердите выбор.
- Нажмите **Apply**.
- Выполните те же действия для всех ребер, на которых размещаются узлы. Это операция нужна для того, чтобы убедиться, что узлы действительно лежат на ребре.

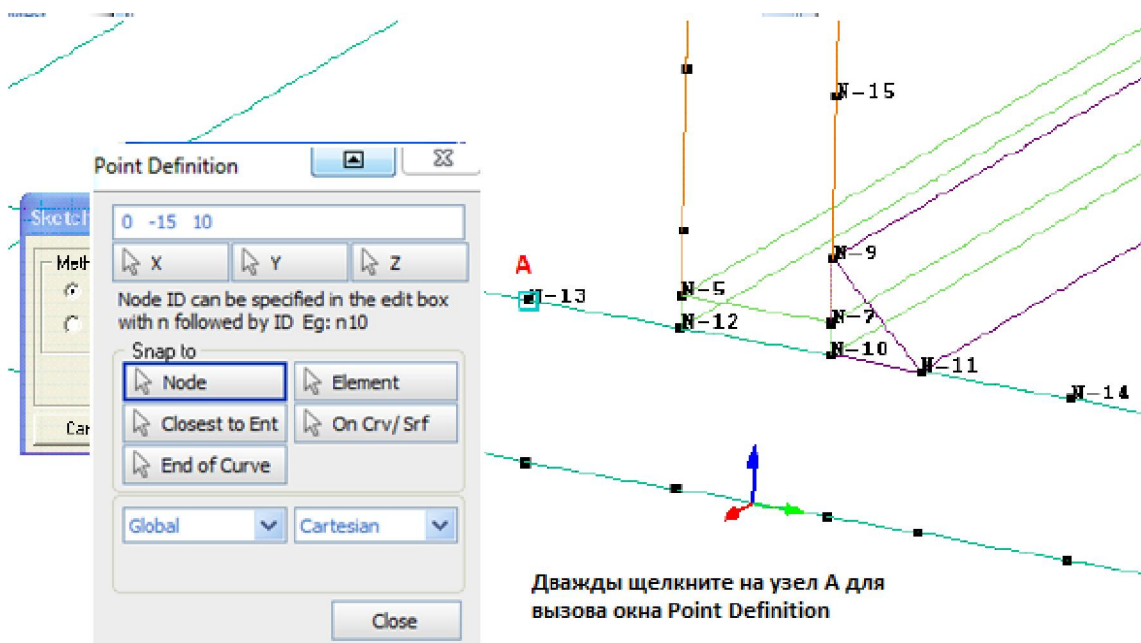
## Создание кривой по точкам (опция Sketch)

- Выберите пункт меню **Curve/Sketch**. Появится окно **Sketch Curve**.
- Не изменяя установленных значений, щелкните на пару узлов, начальный и созданный с помощью опции переноса на предыдущем шаге (например 14 и узел под ним).
- Когда пара узлов выбрана, подтвердите выбор средней нажатием средней кнопки мыши.
- Создайте кривые, как представлено на рисунке ниже.
- Убедитесь, что кривые находятся на объекте **Part 5**.




**Примечание:** Для того чтобы убедиться, что выделяются именно узлы, следуйте рекомендациям данным ниже.

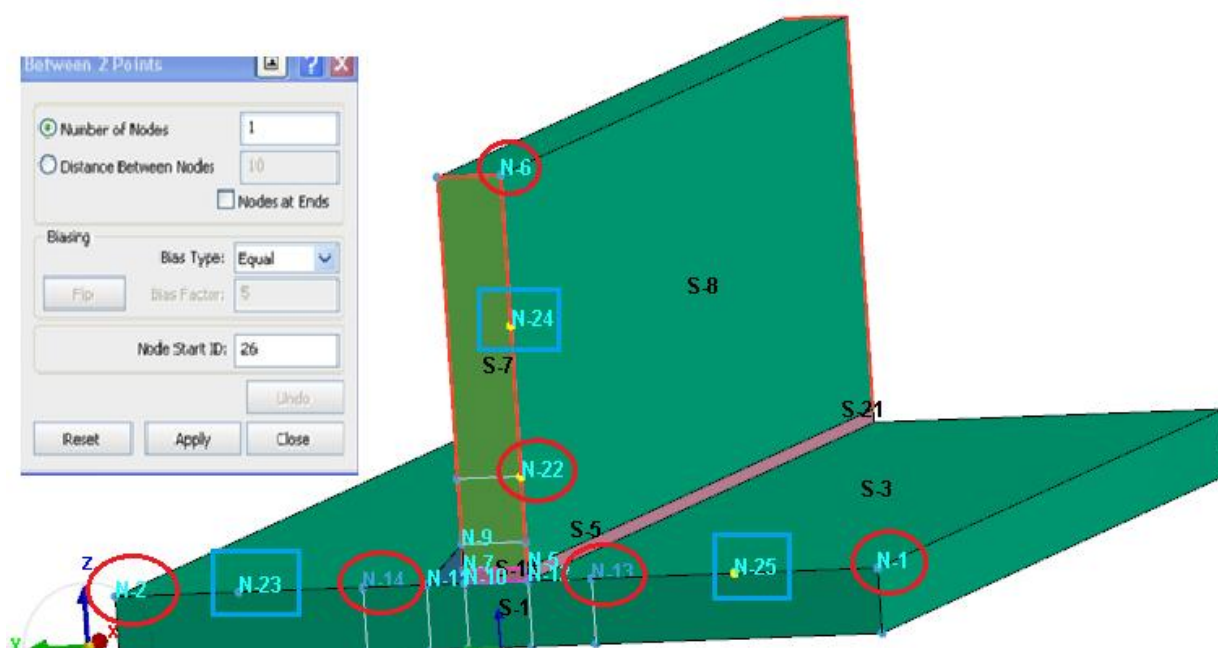
- Не закрывая окно **Sketch curve**, щелкните на первый узел для первой кривой. Он будет выделен.
- Еще раз щелкните на тот же узел. Появится окно **Point Definition** (описание точки), как показано ниже.



- Нажмите на кнопку **Node** в разделе **Snap to** (привязать к) и щелкните на тот же узел.
- Это действие обеспечит привязку точки к узлу.

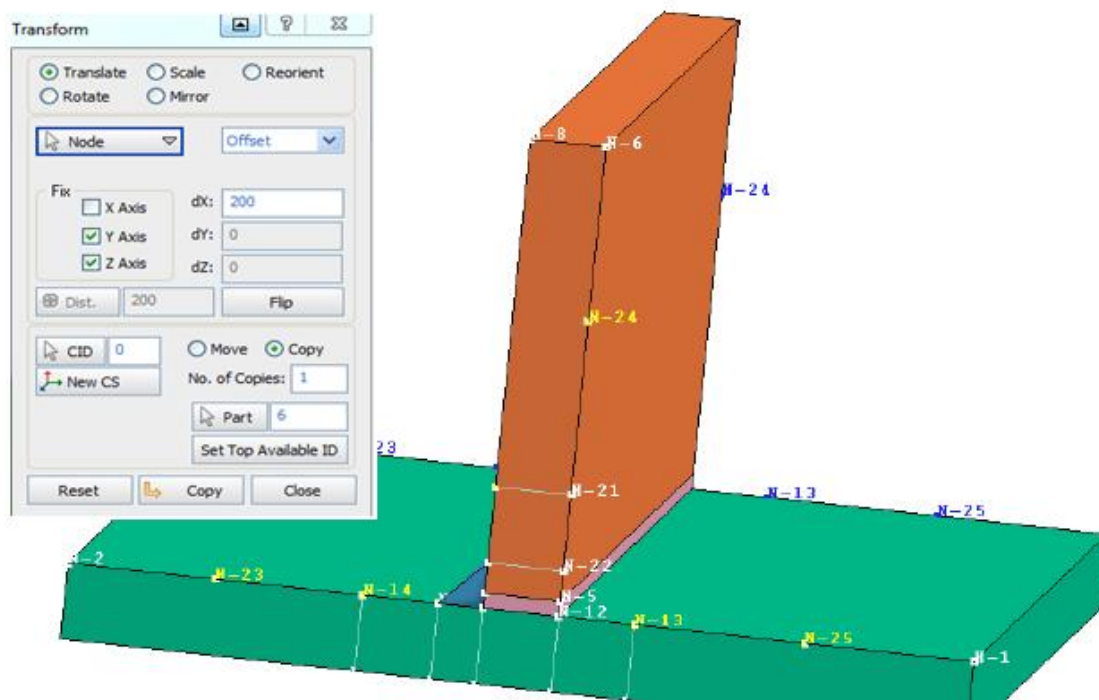
## Создание узла между точками (опция **Between 2 points**)

- Нажмите кнопку <F> на клавиатуре для автоматического размещения модели по центру рабочего окна.
- Щелкните на иконку  (**Flat and Wireframe**) для изменения способа отображения.
- Выберите пункт меню **Node/Between 2 Points**. Появится окно **Between 2 Points**.
- Проверьте, что опция **Nodes at Ends** отключена и введите 1 в поле **Number of Nodes**.
- Щелкните на узлы **2** и **14** для создания узла **Node 23**. Подтвердите выбор средней кнопкой мыши. Также создайте узлы **Node 24** (между узлами **6** и **21**) и **25** (между узлами **13** и **1**).
- Ниже представлен рисунок, где показано расположение узлов, которые необходимо создать (они заключены в голубых квадратах).
- После выбора всех необходимых узлов нажмите **Apply**.
- Закройте окно.



## Создание узлов перемещением

- Выберите пункт **Node/Transform**. Появится окно **Transform**.
- В разделе **Fix** (закрепление) выберите Y Axis и Z Axis.
- Введите в поле **dX** значение 200 и убедитесь, что в нижней части окна выбрана опция **Copy**.



- Выберите узлы 25, 13, 14, 23, 15 и 24 и подтвердите средней кнопкой мыши. (Смотрите рисунок выше).
- Щелкните кнопку **Copy** и закройте окно.

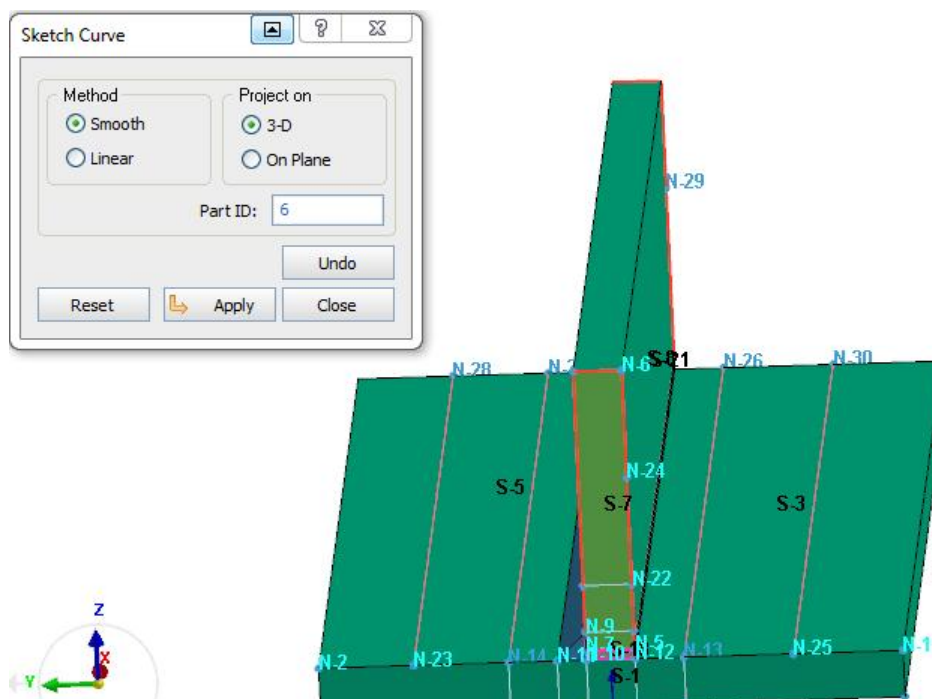
## Выравнивание узлов

Для того чтобы убедиться, что скопированные и первоначальные узлы расположены на ребрах нижней и верхней плит, используйте опцию **Align Node**. Выберите пункт меню **Node/Align**. Появится окно **Align Nodes/Elem. Edges**.

- Щелкните на ребро, на котором лежат узлы, и подтвердите нажатием средней клавиши мыши. Оно выделится.
- Теперь щелкните на все узлы, лежащие на ребре, и подтвердите. Нажмите **Apply**.
- Выполните те же действия для узлов, расположенных на других ребрах.

## Создание кривой по точкам

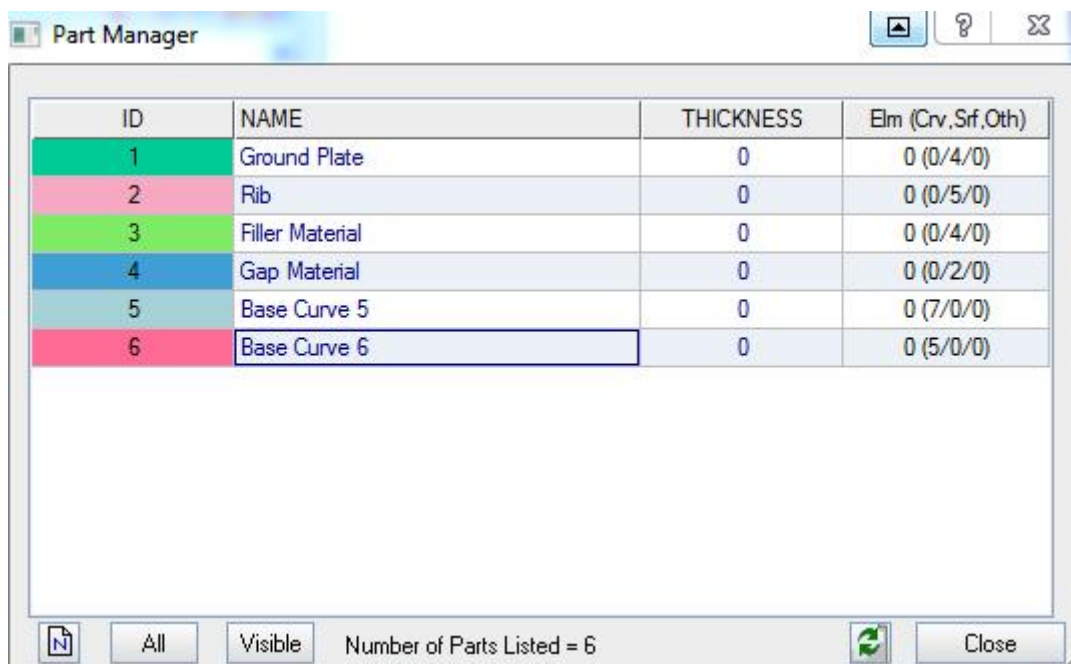
- Выберите пункт меню **Curve/Sketch**. Появится окно **Sketch Curve**.
- Введите в поле **Part ID** номер 6.
- Не изменяя установленных параметров, щелкните на пару узлов, начальный и созданный на предыдущем шаге методом **Drop** (например, узлы 23 и противоположный ему). Подтвердите выбор нажатием средней кнопки мыши. Линии, которые должны быть созданы представлены на рисунке ниже.
- Все новые кривые должны быть параллельны глобальной оси X.
- Нажмите **Apply**.



- После создания всех нужных линий закройте окно.

## 1.6 УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ

- Выберите пункт меню **Assembly /Part Manager** в меню или нажмите <F11>.
- В колонке ID указаны номера объектов. Щелкните на первую строку. На модели будет выделен красным объект (нижняя плита), соответствующий этому ID.
- В колонке **NAME** дважды щелкните на имя и измените его. Переименуйте объекты как показано ниже.



## СОХРАНЕНИЕ МОДЕЛИ

Модель можно сохранить в разных форматах.

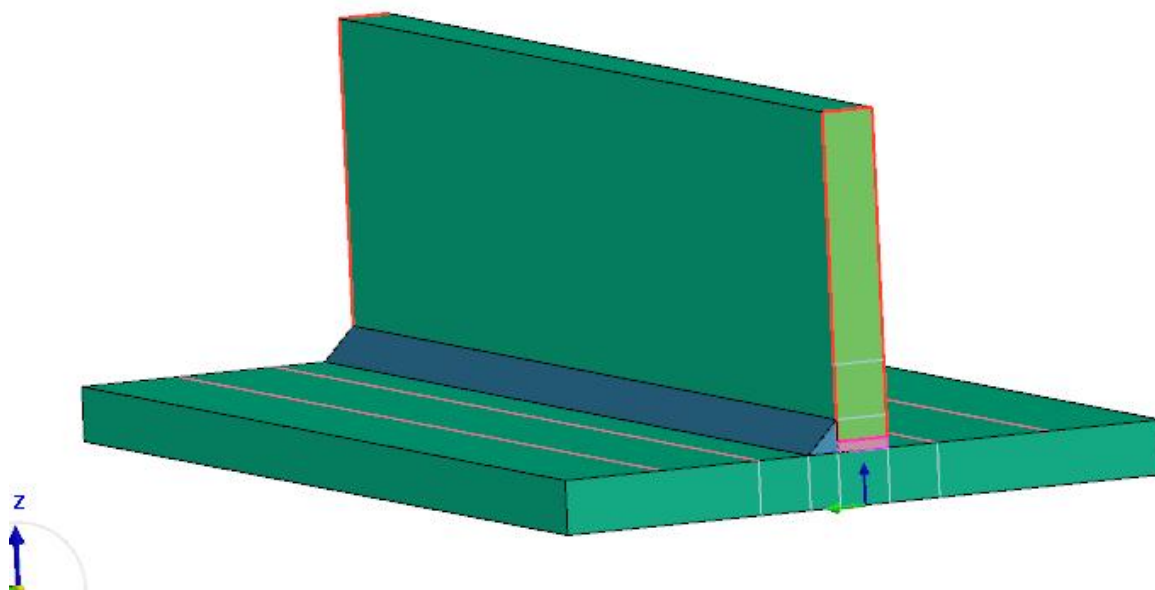
**Примечание:** узлы в модели использовались только для моделирования. Эти узлы необходимо удалить перед сохранением модели.

Сохранение в **VDB** формате

- Выберите пункт меню **File/Save as...**
- Выберите папку для хранения и введите имя файла **T-Joint.vdb** в поле **File name**. Нажмите **Save**.

Экспортировать модель в формат **IGES**.

- Выберите пункт меню **File/Export...**
- Выберите папку для хранения и введите имя файла **T-Joint.igs**. Нажмите **Save**.





## 2. VISUAL WELD

### ЗАДАЧА 1. ВЫПОЛНЕНИЕ СВАРКИ Т-СОЕДИНЕНИЯ.


#### Запуск нового проекта

- Откройте **Visual-Weld**.
- В главном меню выберите **File/Open**.
- Выберите файл **TJOINT\_DATA30.ASC** в папке **Tutorials/VisualWeld/Tjoint** и нажмите **Open**.

#### Welding Advisor (Мастер установки данных)

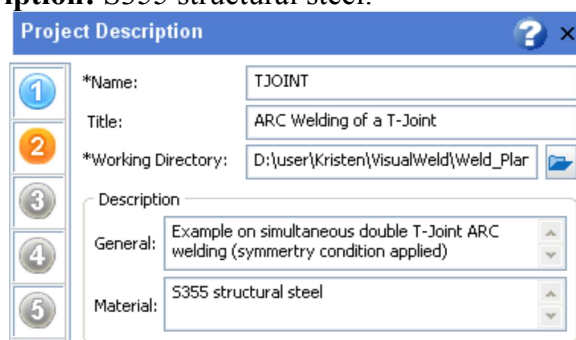
- В главном меню выберите **Welding/Welding Advisor**.
- В результате **Welding Advisor** активируется и станет доступна панель **Project Description** (Описании проекта) для ввода данных.

#### Project Description (Описание проекта)

- Введите данные:
  - **\*Name:** TJOINT.
  - **Title:** ARC Welding of a T-Joint.
  - **\*Working directory:** нажмите на иконку . Откроется окно **Select working directory**. Выберите папку для хранения файлов. Нажмите **Select**.



*Примечание: в названии папок не должно быть кириллицы и пробелов.*

- **General description:** Example on simultaneous double T-joint ARC welding (symmetry condition applied) (Пример выполнения Т-соединения дуговой сваркой. Используется условие симметрии).
- **Material description:** S355 structural steel.



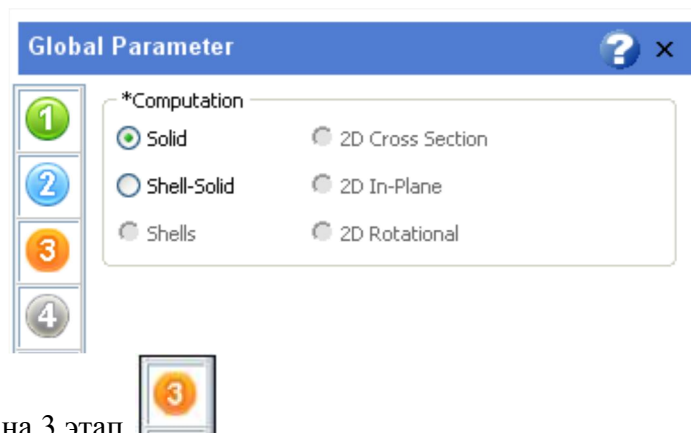
Поля обязательные для заполнения отмечены пометкой “\*”. Остальные поля заполняются по желанию. Для удобства рекомендуется заносить краткие сведения о задаче в раздел **Description**.

После заполнения обязательных полей становится доступным второй шаг (выделенный оранжевым). Разделы, открытые для заполнения выделяются голубым, а уже завершённые этапы зеленым.





- Щелкните на кнопку второго этапа  или используйте стрелку  (Next Arrow) для перехода на следующий шаг.

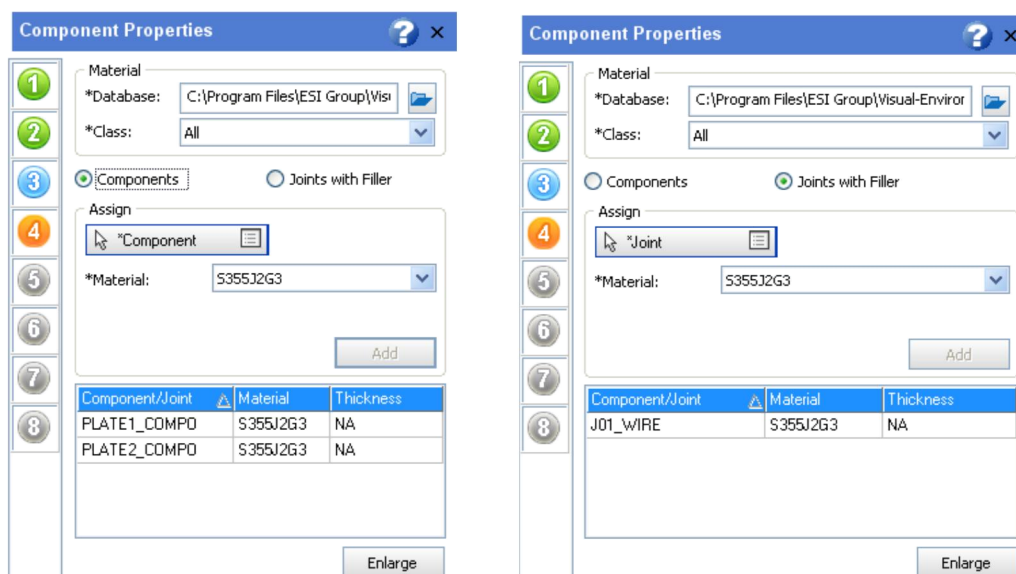
## Global parameter (Установка глобальных параметров)

**Welding Advisor** в поле **Computation** автоматически выбирает и устанавливает нужный тип элементов, основываясь на загруженной модели. В данном примере будут использоваться для расчета элементы “**Solid**” (твердотельные элементы).


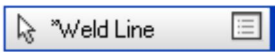


## Component Properties (Свойства компонент)

- Щелкните на значок  на кнопке  для вызова списка компонент.
- Выделите **PLATE1\_COMPO** и **PLATE2\_COMPO** и нажмите **OK**.
- В строке **\*Material** выберите материал **S355J2G3** из выпадающего списка и щелкните **Add**.
- Выберите **Joints with Filler** для определения свойств наплавочного материала.
- Щелкните на значок  на кнопке . Выберите **J01\_WIRE** и нажмите **OK**.
- В строке **\*Material** выберите в выпадающем списке материал **S355J2G3**.
- Щелкните **Add**, чтобы сохранить установки.



## Welding Process (Процесс сварки)

- Выберите **General Arc** в строке **\*Process type**.
- Установите в строке **Energy / unit Length of Weld** единицы измерения J/mm и в строке **Velocity** (скорость): mm/sec.
- Нажмите на значок  на кнопке . Выделите строку **J01\_PATH** и щелкните **OK**.
- В результате все объекты (Filler Material, Welding Group и др.), соответствующие данному сварному шву, будут автоматически определены.



- Нажмите на кнопку **Next >>** или выберите вкладку **Weld Pool**.
- Выберите в строке **Heat Source** (Тепловой источник) из выпадающего меню **ARC**.
- Введите следующие значения:
  - **\*Velocity** (скорость): 33.310.
  - **\*Start Time** (время запуска): 0.000.
  - **End time** (время окончания): 1.441 (автоматически рассчитывается исходя из длины сварочного шва).
- Введите значения в поле **\*Estimated**:
  - **Length** (длина): 9.000 (мм).
  - **Width** (ширина): 5.000 (мм).
  - **Penetration** (проникновение): 1.500 (мм).
- Нажмите **Next >>** или выберите панель **Energy**.
  - Введите **\*Energy/Unit length** (Энергия/единица длины): 280.000.
  - **\*Efficiency** (эффективность): 1.000.
  - **Power Ratio** (коэффициент мощности): 1.200.

- **Length Ratio** (коэффициент длины): 0.500.

Поставьте галочку на опции **Start/End Energy Ramp** и введите следующие значения:

- В поле **\*Beginning of Weld** (начало сварки):
  - **Length of Ramp** (длина площадки): 9.000.
  - **Energy Factor** (энергетический фактор): 1.500.
- В поле **\*Termination of Weld** (завершение сварки):
  - **Length of Ramp**: 1.000.
  - **Energy Factor**: 1.000.


Weld Line	Weld Pool	Energy
Heat Source:	ARC	
*Velocity:	33.310	
*Start Time:	0.000	
End Time:	1.441	
*Estimated		
Length:	9.000	
Width:	5.000	
Penetration:	1.500	



Weld Line	Weld Pool	Energy
*Energy/Unit length:	280.000	
*Efficiency:	1.000	
Power Ratio:	1.200	
Length Ratio:	0.500	
<input checked="" type="checkbox"/> Start/End Energy Ramp		
*Beginning of Weld		
Length of Ramp:	9.000	
Energy Factor:	1.500	
*Termination of Weld		
Length of Ramp:	1.000	
Energy Factor:	1.000	

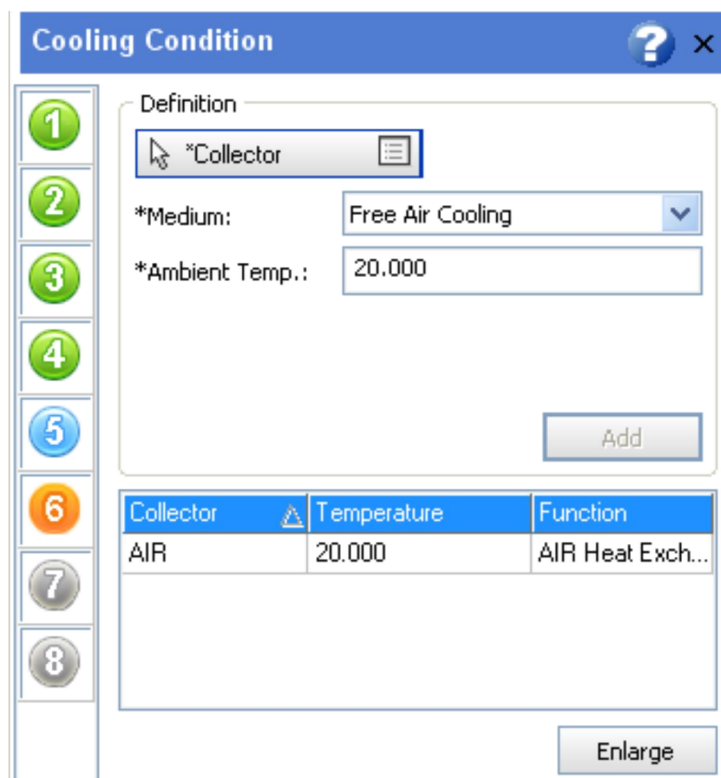
- Щелкните на кнопку **Add** для сохранения заданных параметров сварного шва.

Joint	Source	Start Time	End Time	Velocity	EPUL	Efficiency
J01_PATH	1	0.000	1.441	33.310	280.000	1.000


- Перейдите на 5 шаг .

## Cooling Condition (Условия охлаждения)



- Щелкните на значок  на кнопке , выберите **AIR** и нажмите **OK**.
- Выберите в строке **\*Medium** (среда) опцию **Free Air Cooling** (охлаждение на воздухе) и введите в строке **Ambient Temp** (температура окр. среды) значение 20.
- Щелкните на кнопку **Add**.

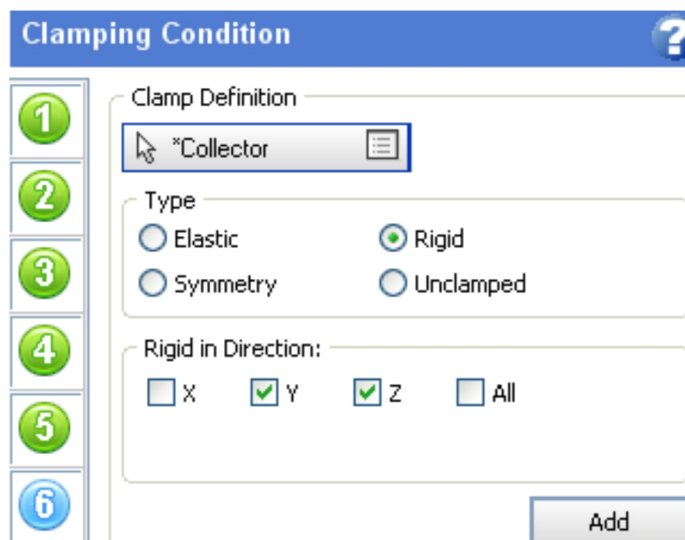




Collector	Temperature	Function
AIR	20.000	AIR Heat Exch...

- Перейдите на 6 этап .


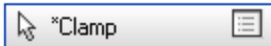
## Clamping Conditions (Условия закрепления)

- Щелкните на значок  на кнопке , выберите **CLAMP\_01** и нажмите **ОК**.
- Выберите опцию **Rigid** (жесткие) в поле **Type** (тип закрепления).
- Поставьте галочки напротив **Y** и **Z** в разделе **Rigid in direction** (закреплении в направлении) и щелкните **Add**.



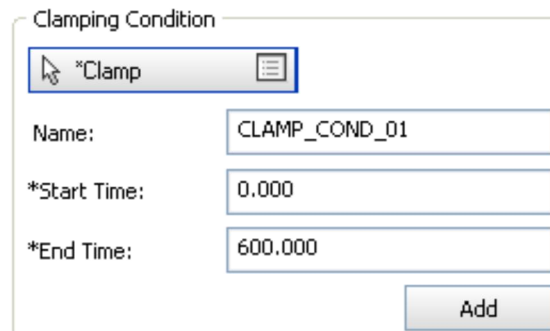
- Щелкните еще раз на значок  на кнопке  и выберите **CLAMP\_02**.
- Выберите опцию **Rigid** для типа закрепления.
- Поставьте галочку только напротив **Y** в разделе **Rigid in Direction** и щелкните кнопку **Add**.
- Повторите эти операции для соединений:
  - **CLAMP\_03**: выберите **Symmetry** (условия симметрии) и нажмите **Add**.
  - **CLAMP\_04**: выберите **Elastic** (эластичные) и в поле **Elastic Stiffness** в строке **In Plane** (в плоскости) введите значение 10.000, а в строке **Perpendicular to Plane** (перпендикулярно плоскости): 1000.000. Нажмите **Add**.
  - **CLAMP\_05**: выберите **Elastic** и в поле **Elastic Stiffness** в строке **In Plane** введите значение 10.000 и в строке **Perpendicular to Plane**: 1000.000. Нажмите **Add**.


Name	Group	Type
1=>Clamp	CLAMP_01	Rigid
2=>Clamp	CLAMP_02	Rigid
3=>Clamp	CLAMP_03	Symmetry
4=>Clamp	CLAMP_04	Elastic
5=>Clamp	CLAMP_05	Elastic

- После определения параметров для всех условий закреплений, щелкните на значок  на кнопке , выделите все 5 строчек в списке и нажмите **ОК**.


- Оставьте строку **Name** без изменений.
- Введите **\*Start time (время запуска): 0.0**.
- Введите **\*End time (время завершения): 600.0**.

- Щелкните **Add** для сохранения заданных условий закрепления.



- Щелкните снова на кнопку , выберите **CLAMP\_01**, **CLAMP\_02** и **CLAMP\_03**.


- Оставьте строку **Name** без изменений.
- Введите **\*Start time: 600.0**.
- Введите **\*End time: 601.0**.

- Нажмите на кнопку , снова выберите **CLAMP\_01**, **CLAMP\_02** и **CLAMP\_03**.

- Оставьте строку **Name** без изменений.
- Введите **\*Start time: 601.0**.
- Введите **\*End time: 3600.0**.

- Щелкните по кнопке **Add** для сохранения параметров условий закрепления.


Name	Clamps	Start Time	End Time
CLAMP_COND_...	Clamp(1)_CLAMP...	0.000	600.000
CLAMP_COND_...	Clamp(1)_CLAMP...	600.000	601.000
CLAMP_COND_...	Clamp(1)_CLAMP...	601.000	3600.000

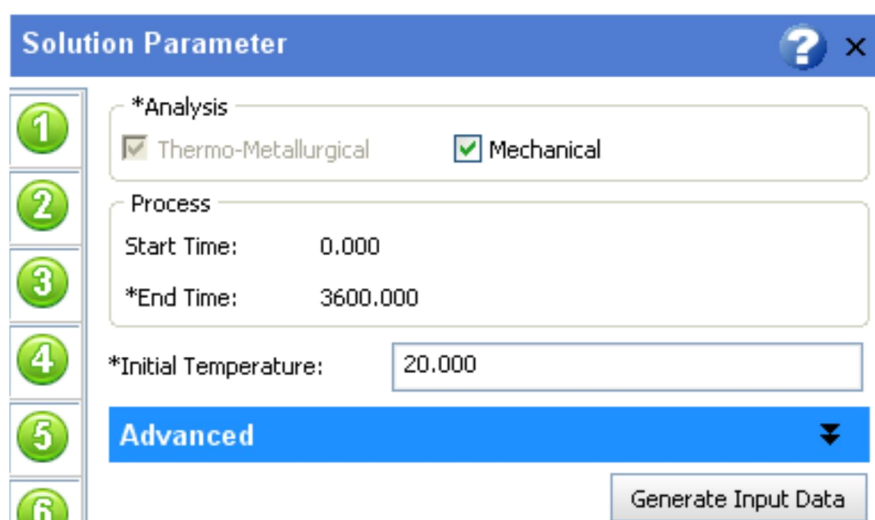
- Перейдите на шаг 7 .

## Loads and Deformations (Нагрузки и деформации)

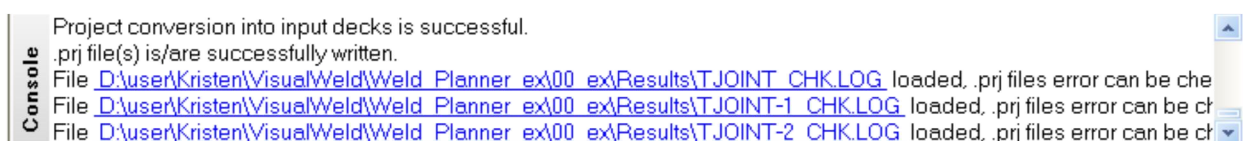
- В данной задаче не учитываются условия нагружения.
- Перейдите на шаг 8 .

## Solution Parameter (Параметры решения)

- По умолчанию в разделе **Analysis** (Анализ) для решения выбраны и тепловая с металлургической (Thermo-Metallurgical) и механическая (Mechanical) задачи.
- Щелкните на двойную стрелку  для обзора других опций. Для данного примера не изменяйте заданные по умолчанию установки.



- Щелкните **Generate Input Data**.  
Это может занять некоторое время, проверяйте появляющиеся сообщения в окне.



После нажатия кнопки **Generate Input Data** будет создан файл \*.vdb. Этот файл содержит всю информацию, относящуюся к проекту и должен использоваться для любых изменений относительно проекта.


Он также используется как файл-источник для **Computation Manager** (Менеджер вычислений) для проведения расчета проекта.



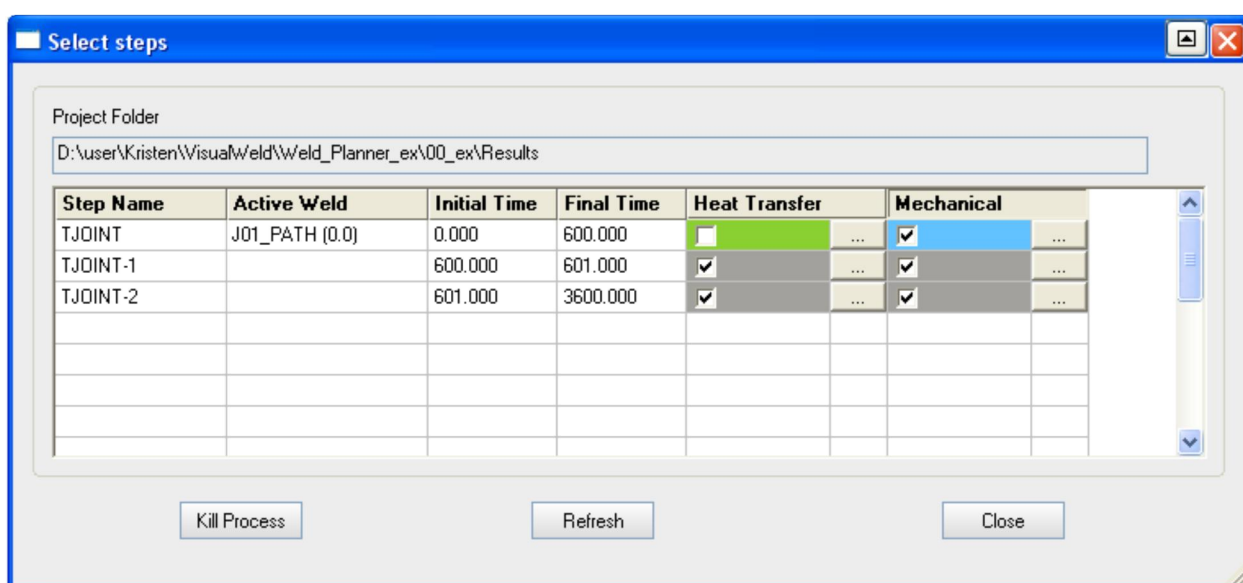
## Job Submission (Запуск расчета)

- Перейдите в главное меню и выберите **Welding > Computation Manager**.
- Выберите файл проекта.
- Отметьте все пункты в столбцах **Heat Transfer** и **Mechanical** и нажмите **Compute** (рассчитать).

*Примечание:* В зависимости от возможностей системы расчет может занять некоторое время для получения результатов.

Ячейки становятся зелеными, когда расчет процесса выполнен. Голубой цвет ячеек означает начало работы. При появлении каких-либо ошибок ячейка становится оранжевого цвета. Для просмотра лог-файла нажмите кнопку .

- При необходимости завершить процесс расчета нажмите **Kill Process**.




## Анализ результатов



Для просмотра результатов используется приложение **Visual Viewer**. Перейти в это приложение можно через пункт меню **Applications/Viewer**.

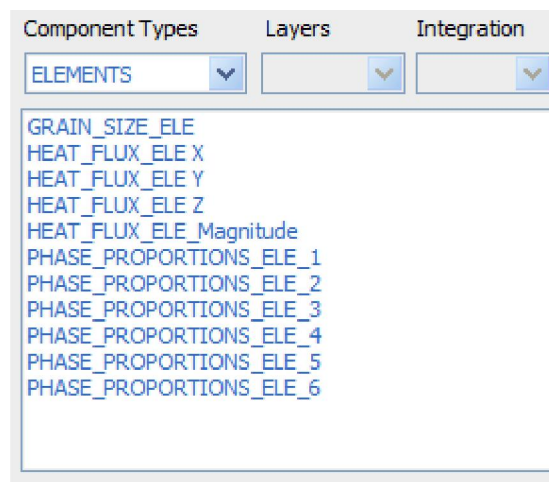
- На главной панели выберите **Applications/Viewer**. Панель **Results** станет доступной для использования.

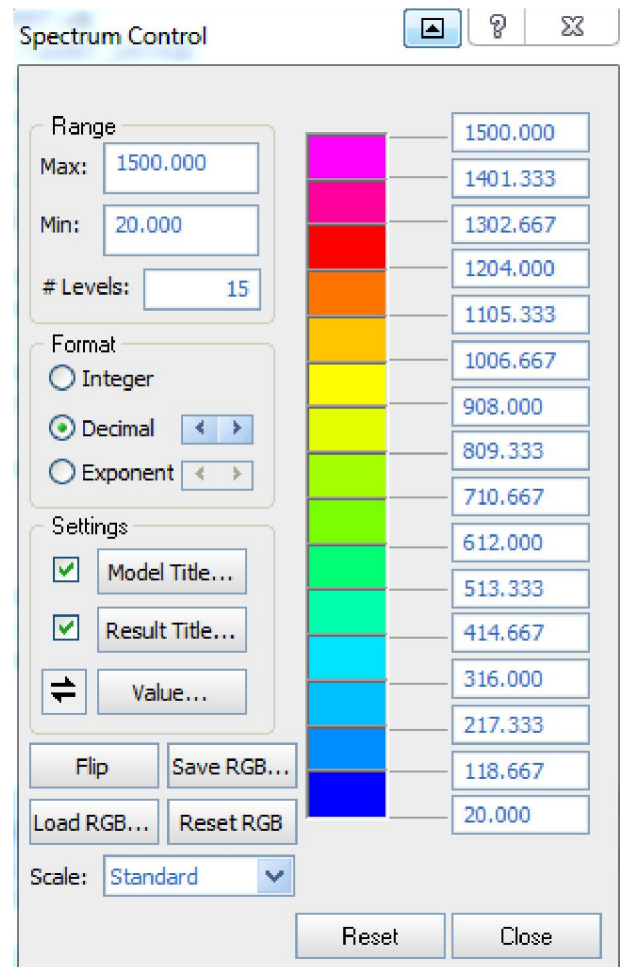
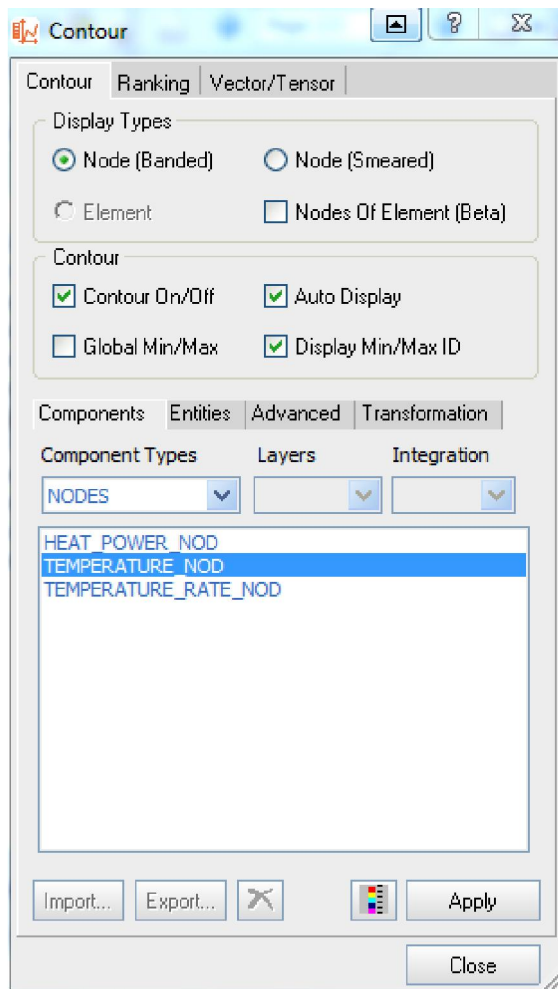


Для анализа результатов используются следующие файлы: имя проекта **\_2\_V\_POST1000** (можно будет посмотреть результаты расчета термометаллургической задачи) и имя проекта **\_2\_V\_POST2000** (результаты расчета механической задачи).

- Откройте файл **TJOINT\_2\_V\_POST1000** с помощью пункта **File/Open**.
- Нажмите на кнопку **Contours** (поля распределения параметров)  на панели **Results**. Появится окно **Contour**. Отметьте опцию **Node (Banded)** в разделе **Display Types** и **Contour On/Off** в разделе **Contour**.
- Выберите **Nodes** в списке **Component Types** и щелкните на строчку **TEMPERATURE\_NOD**. С помощью опции **Component Types** можно выбрать разные параметры для отображения (температуру, фазовый состав, смещение узлов, размер зерна и др.).
- В рабочем окне появится поле распределения температуры в виде заливки модели.

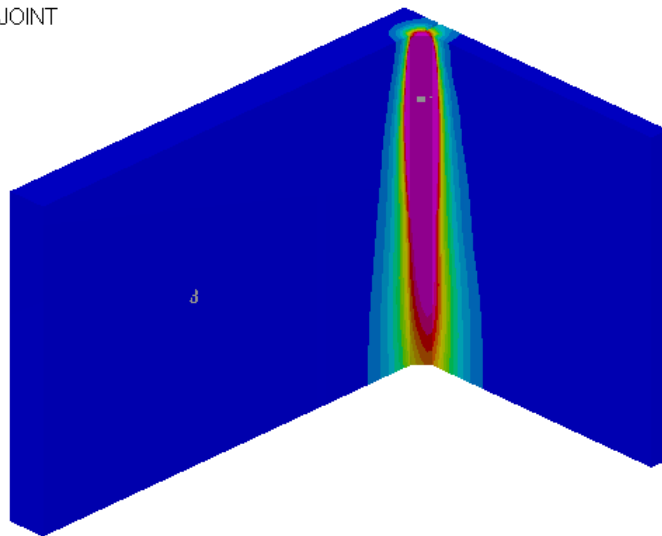
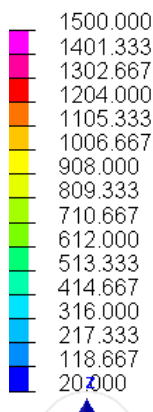
Пределы легенды можно изменить, для этого щелкните на кнопку  в нижней части окна или  на панели **Results**. Появится окно **Spectrum Control**. Введите значения верхнего и нижнего предела (1500 и 20) соответственно в строки **Max** и **Min**. Нажмите **Reset**.







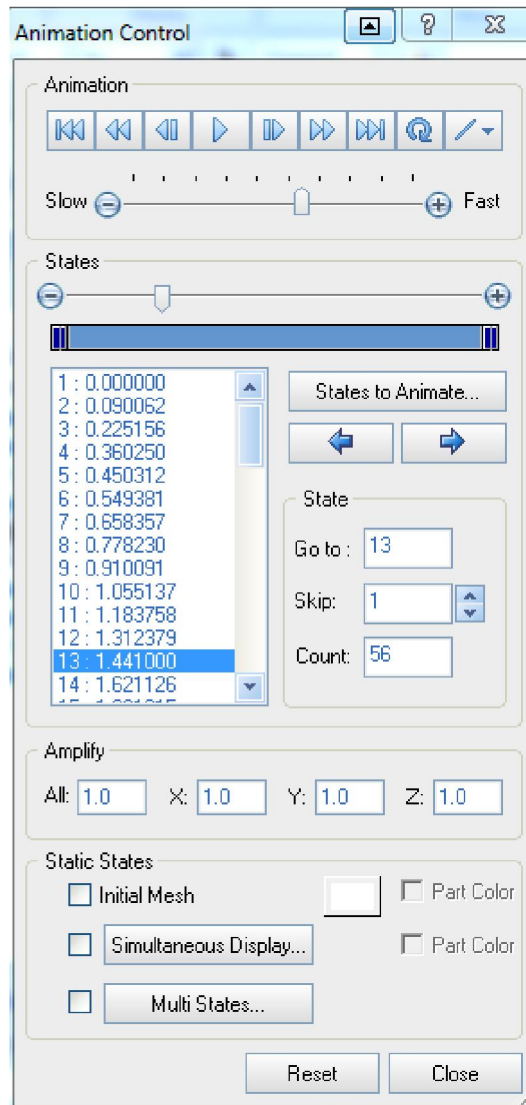
ARC WELDING OF A T-JOINT

TEMPERATURE\_NOD(L1)  
 min=20.000 at NODE 2918  
 max=5224.575 at NODE 6083



Распределение температуры вдоль шва

В программе есть опция для отображения распределения параметров в разные моменты времени. Для этого нажмите кнопку  на панели **Results**, появится окно **Animation Control**. Можно включить анимацию (кнопка ) или же просмотреть каждый шаг процесса по отдельности в любой момент времени.



## ЗАДАЧА 2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ТРУБЫ


### Запуск нового проекта

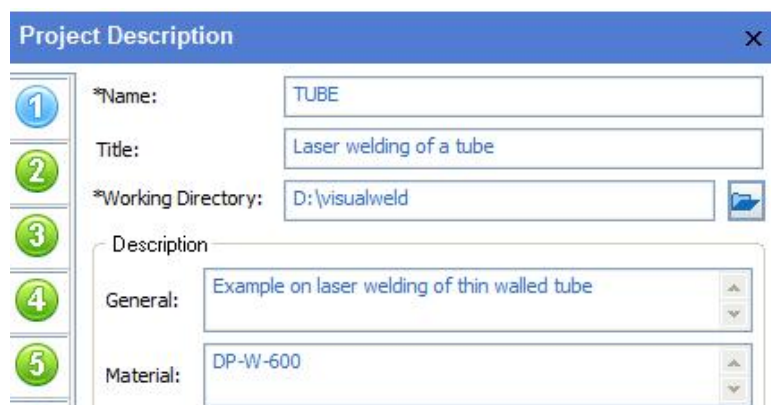
- Откройте **Visual-Weld**.
- В главном меню выберите **File/Open**.
- Выберите **TUBE\_DATA30.ASC** в папке **Tutorials/VisualWeld/Tube** и нажмите **Open**.



### Welding Advisor (Мастер установки данных)

- В главном меню выберите **Welding/Welding Advisor**.
- В результате **Welding Advisor** активируется и станет доступна панель **Project Description** (Описании проекта) для ввода данных.

### Project Description (Описание проекта)

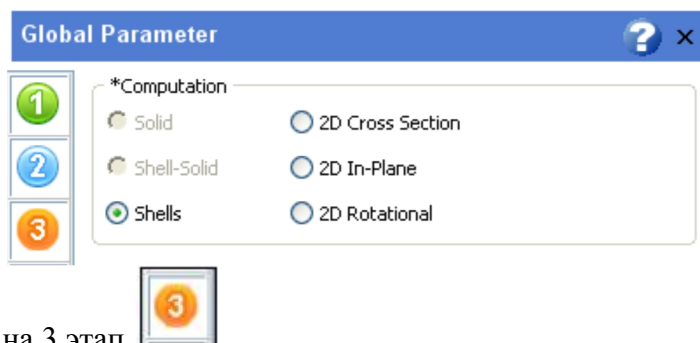
- Введите данные:
  - **\*Name:** TUBE.
  - **Title:** Laser welding of a tube (лазерная сварка трубы).
  - **\*Working directory:** Нажмите иконку  и выберите папку для хранения файлов и нажмите **Select** (При необходимости создайте новую папку).
  - **General description:** Example on laser welding of thin walled tube (пример лазерной сварки тонкостенной трубы).
  - **Material description:** DP-W-600.



- Заполнить обязательно необходимо только поля с пометкой “\*”. Остальные поля заполняются по желанию. Для удобства рекомендуется заносить краткие сведения о задаче в раздел **Description**.
- После заполнения обязательных полей становится доступным второй шаг (выделенный оранжевым). Разделы, открытые для заполнения выделяются голубым, а уже завершенные этапы зеленым.
- Щелкните на кнопку второго этапа  или используйте стрелку  (Next Arrow) для перехода на следующий шаг.





## Global parameter (Установка глобальных параметров)

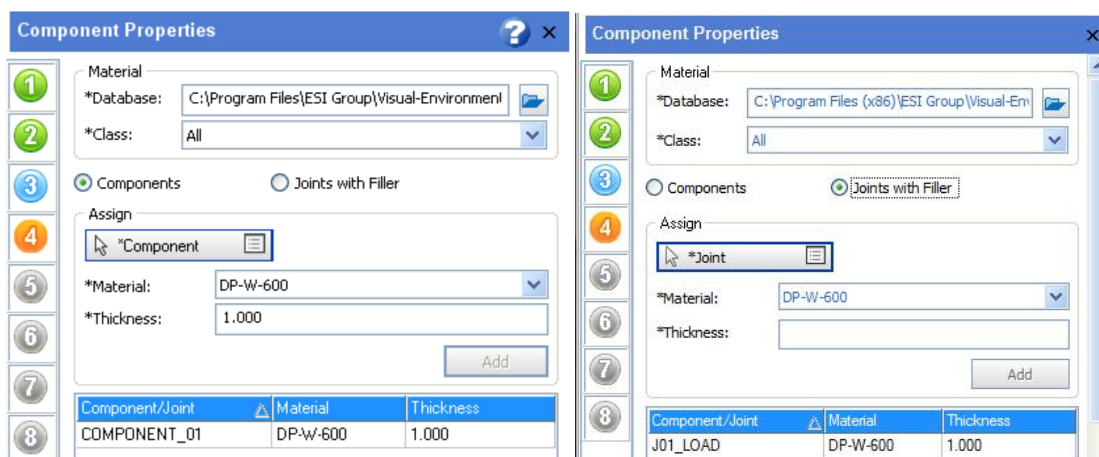
По умолчанию, **Welding Advisor** автоматически выбирает и устанавливает нужный тип элементов в поле **Computation**, основываясь на загруженной модели. В данном примере будет использоваться для расчета опция **Shells** (оболочки).



- Перейдите на 3 этап .





## Component Properties (Свойства компонент)

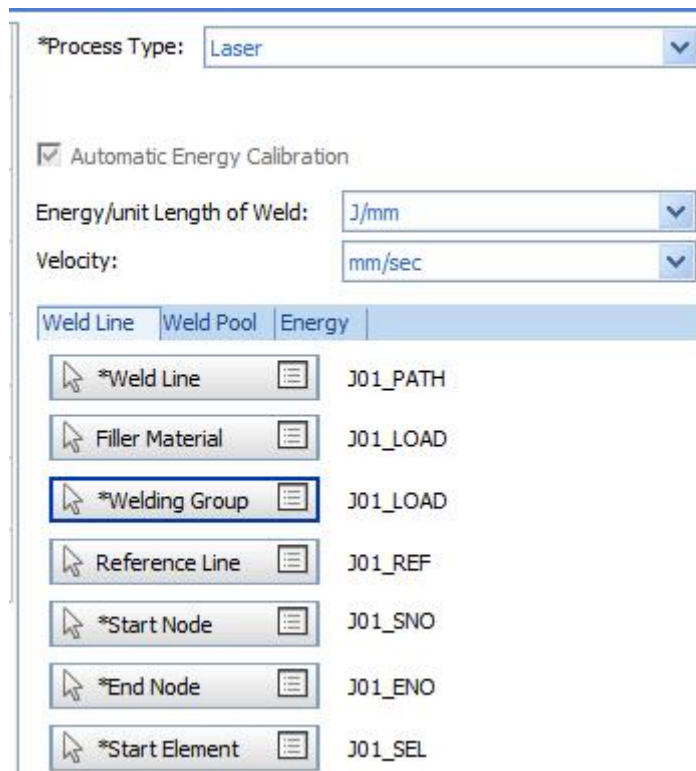
- Щелкните на значок  на кнопке  для вызова списка компонент.
- Выделите **COMPONENT\_01** и нажмите **OK**.
- В строке **\*Material** выберите материал **DP-W-600** из выпадающего списка.
- Установите в строке **\*Thickness** значение 1.000 и щелкните **Add**.
- Выберите **Joints with Filler** для определения наплавляемого материала.
- Щелкните на значок  на кнопке . Выберите **J01\_LOAD** и нажмите **OK**.
- В строке **\*Material** выберите в выпадающем списке материал **DP-W-600**.
- Установите в строке **\*Thickness** значение 1.000.
- Щелкните **Add**.



- Переходите на следующий шаг .

## Welding Process (Процесс сварки)

- Выберите **Laser** в строке **\*Process type**.
- Установите в строке **Energy / unit Length of Weld** единицы измерения J/mm и в строке **Velocity** (скорость): mm/sec.
- Нажмите на значок  на кнопке . Выделите строку **J01\_PATH** и щелкните **OK**.
- В результате все объекты ниже, кроме Filler material, соответствующие данному сварному шву, будут автоматически определены.
- Щелкните на значок  на кнопке . В появившемся списке выберите **Filler\_J01\_LOAD**.




- Выберите вкладку **Weld Pool**.
- В строке **Heat Source** (Тепловой источник) автоматически будет выбрана опция **Beam**.
- Введите следующие значения:
  - **\*Velocity** (скорость): 66.667.
  - **\*Start Time** (время запуска): 0.000.
  - **End time** (время окончания): 0.450 (автоматически рассчитывается исходя из длины сварочного шва).
- Введите значения в поле **\*Estimated** (оцениваемые):
  - **Top Dia** (длина): 1.000 (мм).
  - **Bottom Dia** (ширина): 1.000 (мм).
  - **Penetration** (проникновение): 2.000 (мм).
- Нажмите **Next>>** или выберите панель **Energy**.
- Введите значения:
  - **\*Energy/Unit length** (Энергия/единица длины): 18.000.

- **\*Efficiency** (эффективность): 1.000.
- Отметьте **Start/End Energy Ramp** и введите следующие значения:
- В поле **\*Beginning of Weld** (начало сварки):
    - **Length of Ramp** (длина площадки): 4.000.
    - **Energy Factor** (энергетический фактор): 1.500.
  - В поле **\*Termination of Weld** (завершение сварки):
    - **Length of Ramp**: 1.000.
    - **Energy Factor**: 1.000.

Weld Line	Weld Pool	Energy	Weld Line	Weld Pool	Energy
Heat Source:	Beam		*Energy/Unit length:		18.000
*Velocity:	66.667		*Efficiency:		1.000
*Start Time:	0.000		<input checked="" type="checkbox"/> Start/End Energy Ramp		
End Time:	0.450		*Beginning of Weld		
*Estimated			Length of Ramp: 4.000 Energy Factor: 1.500		
Top Dia.:	1.000		*Termination of Weld		
Bottom Dia.:	1.000		Length of Ramp: 1.000 Energy Factor: 1.000		
Penetration:	2.000				



- Щелкните на кнопку **Add** для сохранения заданных параметров сварного шва.

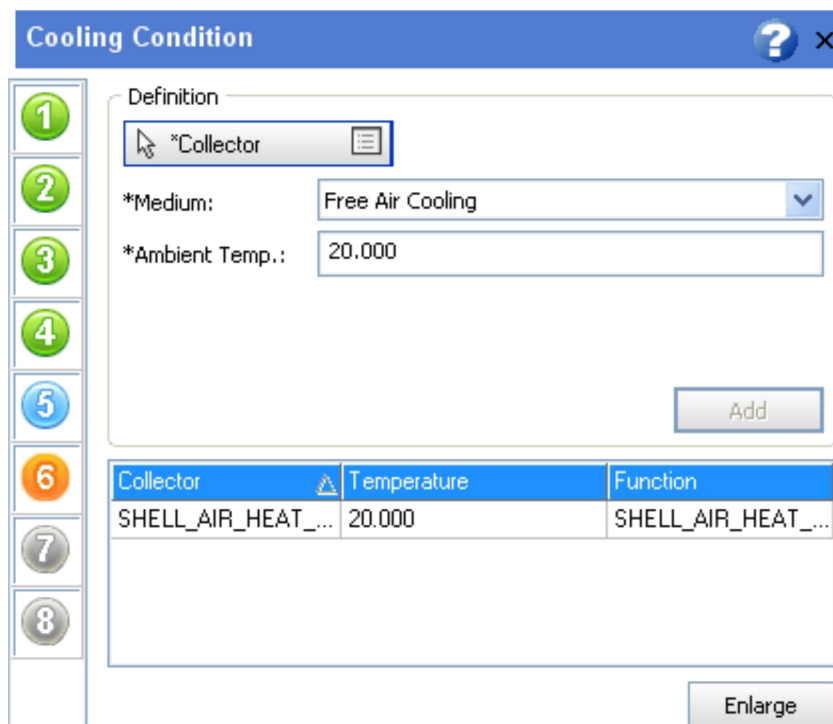
Joint	Source	Start Time	End Time	Velocity	EPUL	Efficiency
J01_PATH	1	0.000	0.450	66.667	18.000	1.000

- Перейдите на 5 шаг .



## Cooling Condition (Условия охлаждения)

- Щелкните на значок  на кнопке , выберите **SHELL\_AIR\_HEAT\_EXCHANGE** и нажмите **OK**.
- Выберите в строке **\*Medium** (среда) опцию **Free Air Cooling** (охлаждение на воздухе) и введите в строке **Ambient Temp** (температура окр. среды) значение **20**.
- Щелкните на кнопку **Add** для изменения условий теплообмена.



Cooling Condition

Definition

\*Collector


\*Medium: Free Air Cooling

\*Ambient Temp.: 20.000



Add

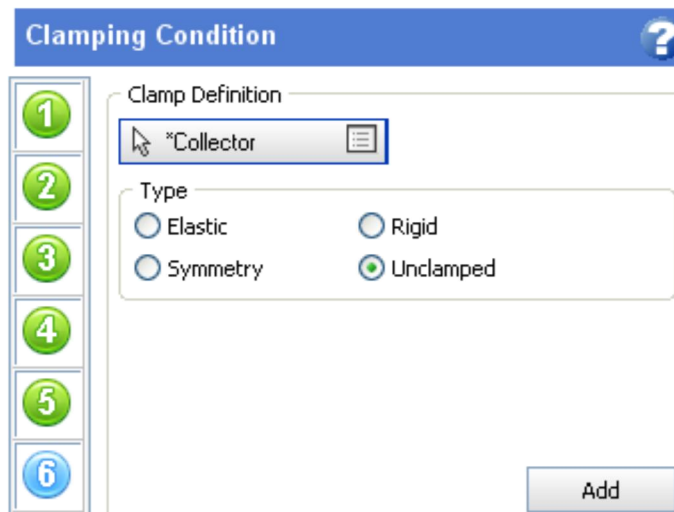
Collector	Temperature	Function
SHELL_AIR_HEAT_...	20.000	SHELL_AIR_HEAT_...

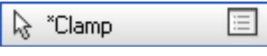
Enlarge

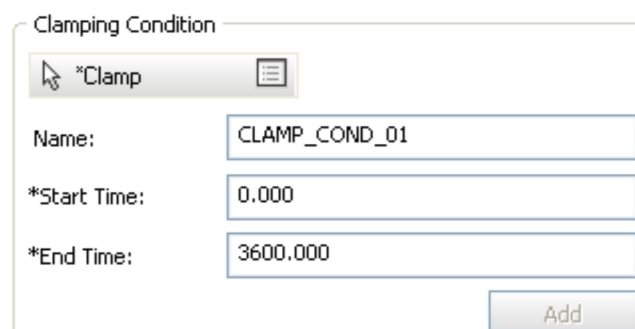
- Перейдите на 6 этап .


## Clamping Conditions (Условия закрепления)

- Щелкните на значок  на кнопке , выберите **CLAMP\_01** и нажмите **OK**.
- Выберите опцию **Unclamped** (свободные) в поле **Type** (тип закрепления).
- Нажмите **Add**.



- Ниже щелкните на кнопку , выберите **CLAMP\_01** и нажмите **OK**.
  - Оставьте строку **Name** без изменений.
  - Введите **\*Start time** (время запуска): 0.0.
  - Введите **\*End time** (время завершения): 3600.0.
- Щелкните **Add**.




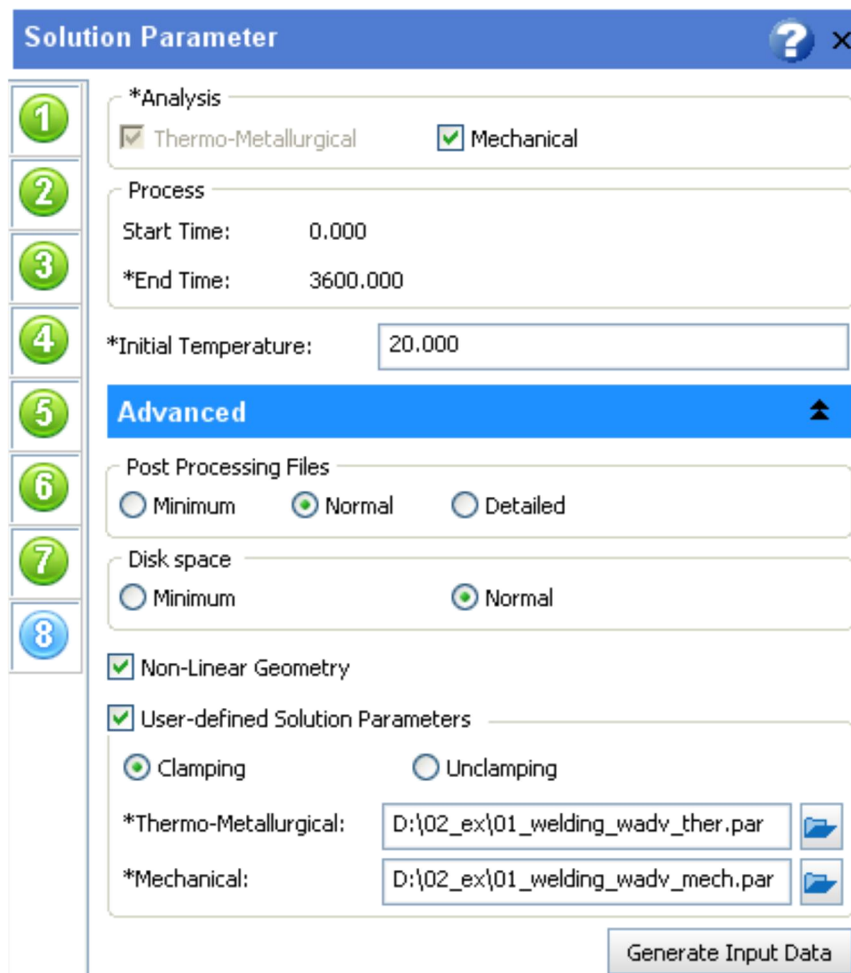
- Перейдите на шаг 7 .

## Loads and Deformations (Нагрузки и деформации)

- В данной задаче не учитываются условия нагружения.
- Перейдите на шаг 8 .

## Solution Parameter (Параметры решения)

- По умолчанию в разделе **Analysis** выбраны для решения тепловая с металлургической (Thermo-Metallurgical) и механическая (Mechanical) задачи. Оставьте включенными обе опции.
- В строке **\*Initial Temperature** автоматически установлено значение **20**. Щелкните на двойную стрелку  для обзора других опций.
- Поставьте галочку напротив **Non-Linear Geometry** и **User-defined Solution Parameters** (выберите **Clamping**) (параметры решения, задаваемые пользователем).



- Щелкните **Generate Input Data** для экспорта всех файлов проекта в директорию проекта.


После нажатия кнопки **Generate Input Data** будет создан файл \*.vdb. Этот файл содержит всю информацию, относящуюся к проекту и должен использоваться для любых изменений относительно проекта.

Он также используется как файл-источник для **Computation Manager** (Менеджер вычислений) для проведения расчета проекта.

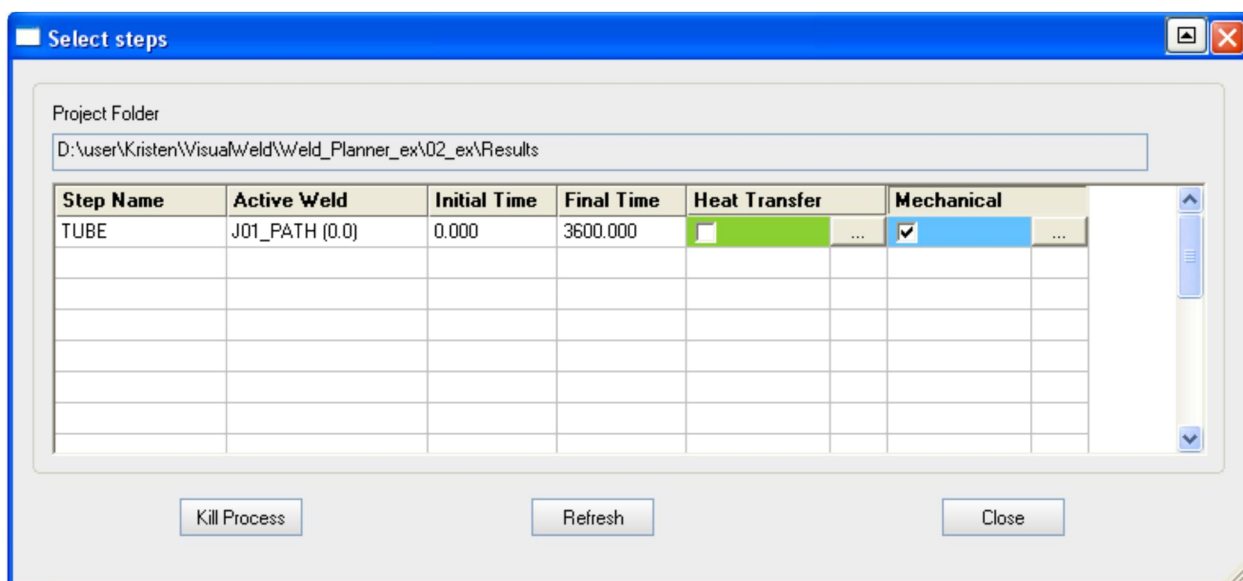
## Job Submission (Запуск расчета)

- Перейдите в главное меню и выберите **Welding > Computation Manager**.
- Выберите файл проекта. Им должен быть TUBE.vdb.
- Отметьте все пункты в столбцах **Heat Transfer** и **Mechanical** и нажмите **Compute** (рассчитать).

*Примечание:* В зависимости от возможностей системы расчет может занять некоторое время.

Ячейки становятся зелеными, когда расчет процесса выполнен. Голубой цвет ячеек означает начало расчета. При появлении каких-либо ошибок используется оранжевый цвет. Для просмотра лог-файла нажмите кнопку .

- При необходимости завершить процесс расчета нажмите **Kill Process**.





## Анализ результатов

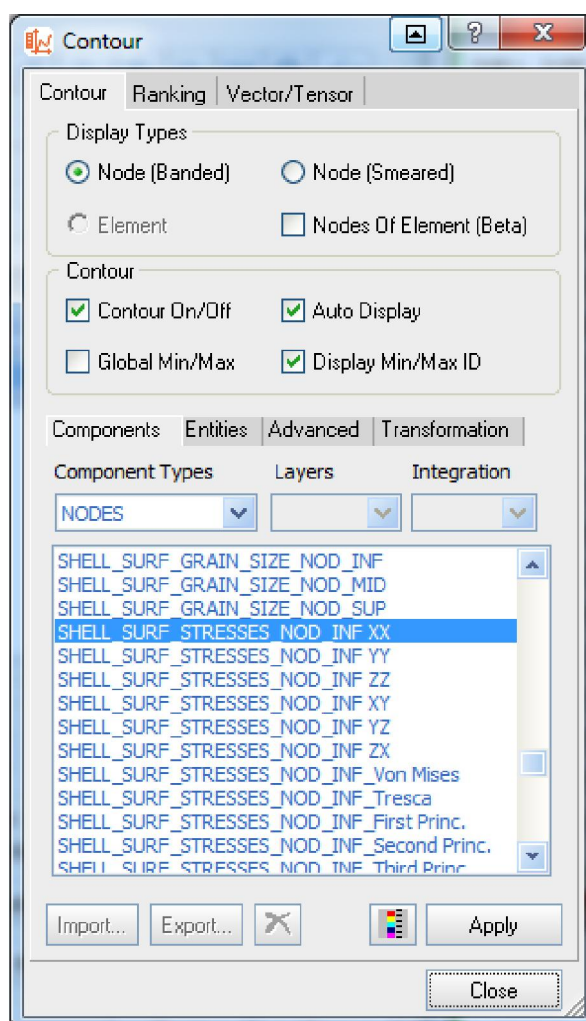
Для просмотра результатов используется приложение **Visual Viewer**. Перейти в это приложение можно через пункт меню **Applications/Viewer**.

- На главной панели выберите **Applications/Viewer**. Панель **Results** станет доступной для использования.



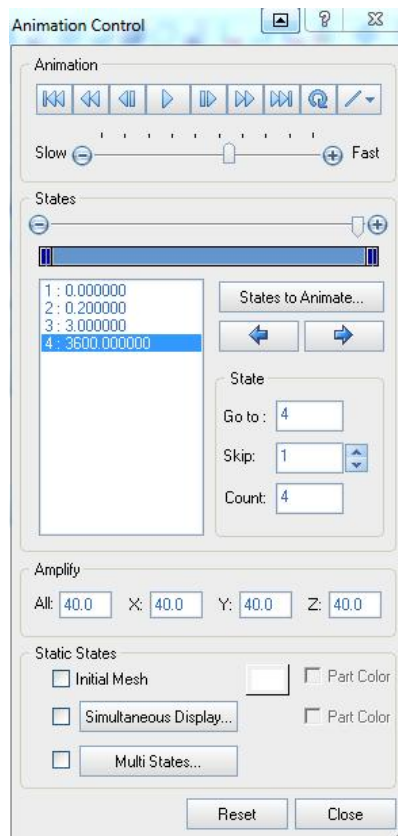
Для анализа результатов используются файлы: имя проекта **\_V\_POST1000** (можно будет посмотреть результаты расчета тепловой и металлургической задач) и имя проекта **\_V\_POST2000** (результаты расчета механической задачи).

- Откройте файл **TUBE\_V\_POST2000.fdb** с помощью пункта **File/Open**. Нажмите на кнопку **Contour** (иконка ) на панели **Results** и выберите в возникшем окне параметр для изучения. Например, **SHELL\_SURF\_STRESSES\_NOD**. Выберите шаг расчета в окне **Animation control**. (Чтобы его вызвать нажмите на иконку  на панели **Results**).



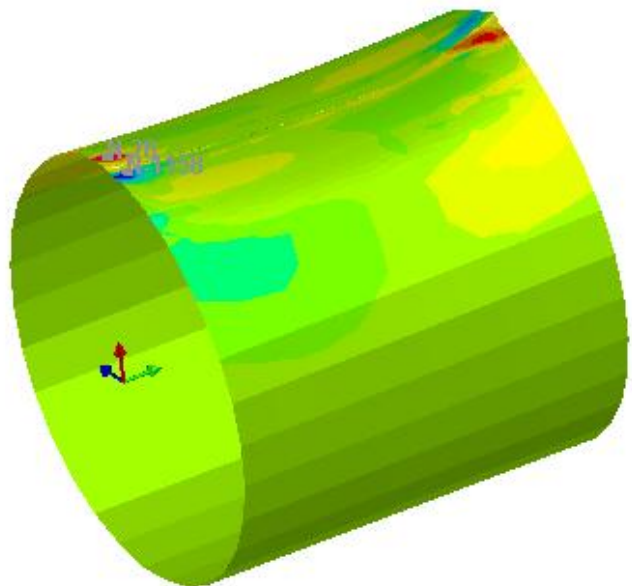
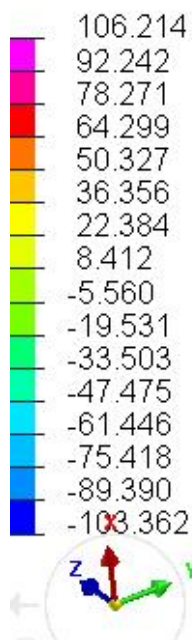
Величина смещения узлов, происходящей во время и после сварки, как правило, бывает достаточно мала. Для лучшей наглядности можно воспользоваться функцией увеличения масштаба смещения. В окне **Animation control** в разделе **Amplify**

(увеличение) введите значение в поле All, либо в одно из X, Y или Z. В итоге масштаб смещения будет увеличен в зависимости от введенного числа, что отразится на экране.



#### H.T. ADVISOR

SHELL\_SURF\_STRESSES\_NOD\_INF YZ(L1)  
min=-103.362 at NODE 1158  
max=106.214 at NODE 28



#### Использование опции Amplify

## ЗАДАЧА 3. ВЫПОЛНЕНИЕ СВАРКИ СТЫКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

### Запуск нового проекта

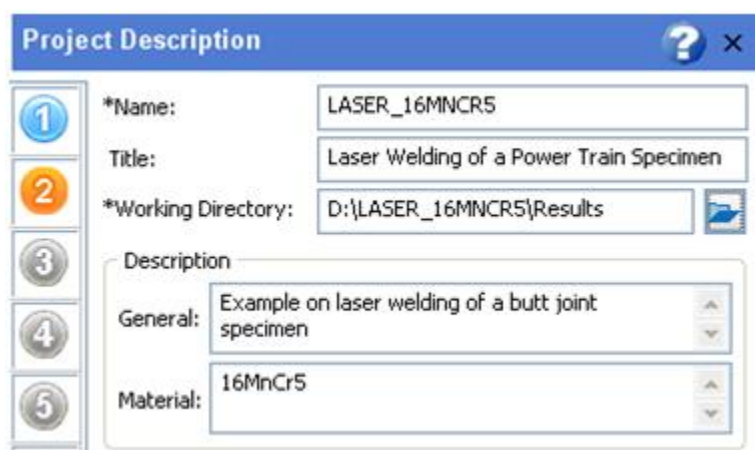
- Откройте **Visual-Weld**.
- В главном меню выберите **File/Open**.
- Выберите **LASER\_16MNCR5DATA1.ASC** из папки **Tutorials/VisualWeld/Laser\_Welding** и нажмите **Open**.

### Welding Advisor (Мастер установки данных)



- В главном меню выберите **Welding/Welding Advisor**.
- В результате **Welding Advisor** активируется и станет доступна панель **Project Description** (Описании проекта) для ввода данных.

### Project Description

- Введите данные:
  - **\*Name:** LASER\_16mncs5.
  - **\*Working directory:** выберите папку для хранения файлов. Рекомендуется создавать отдельную папку для каждого нового проекта. В названиях папок не должно быть пробелов и кириллицы.
  - **General description:** Example on laser welding of a butt joint (Пример выполнения лазерной сварки стыкового соединения.).
  - **Material description:** 16MnCr5.

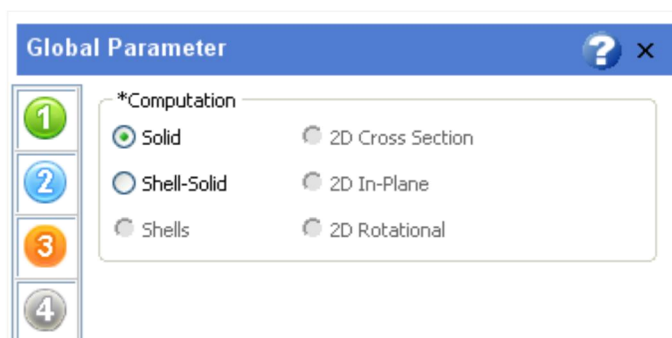



После заполнения обязательных полей “\*” становится доступным второй шаг (выделенный оранжевым). Разделы, открытые для заполнения выделяются голубым, а уже завершённые этапы зеленым.

- Щелкните на кнопку второго этапа  или используйте стрелку  (Next Arrow) для перехода на следующий шаг.

## Global parameter (Установка глобальных параметров)




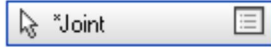
**Welding Advisor** автоматически выбирает и устанавливает нужный тип элементов в поле **Computation**, основываясь на загруженной сетке. В данном примере будет использоваться для расчета опция “**Solid**” (твердотельные элементы).

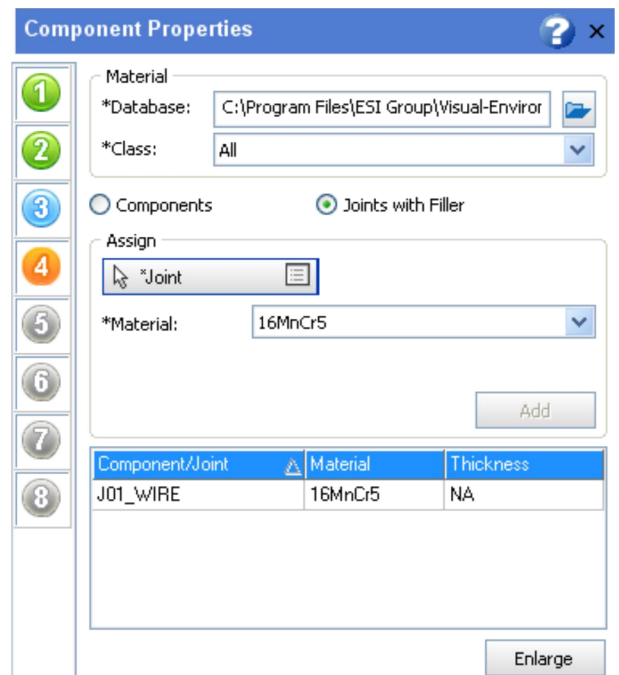
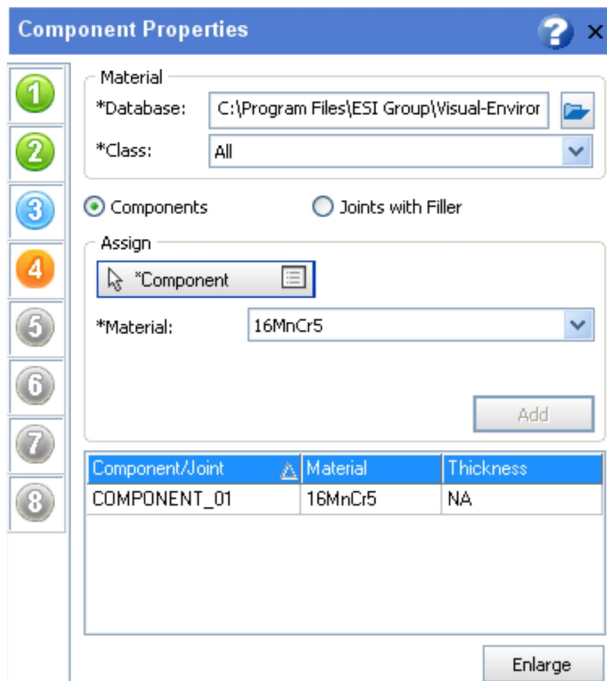



- Перейдите на 3 этап .





## Component Properties (Свойства компонент)

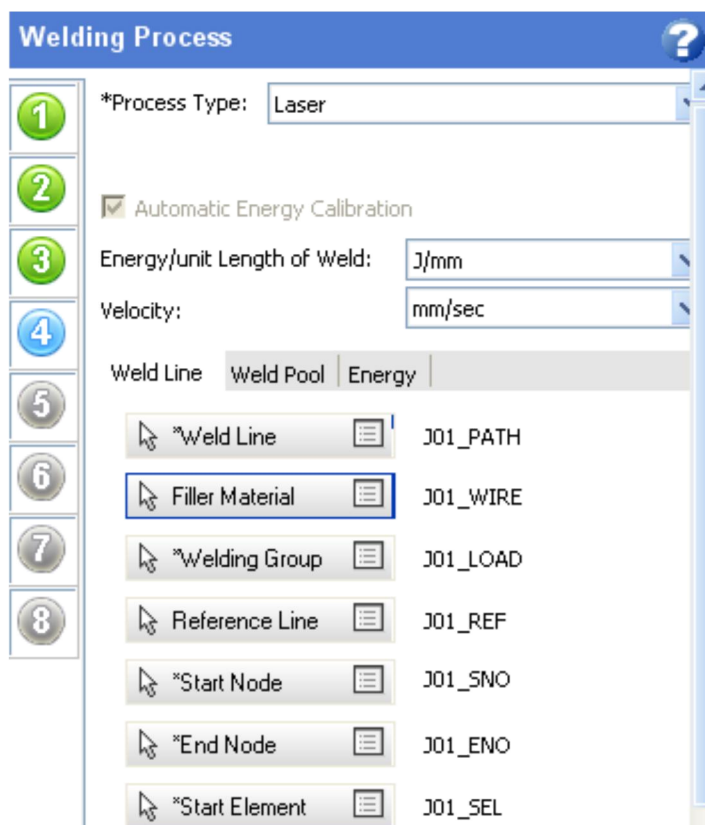
- Щелкните на значок  на кнопке  для вызова списка компонент.
- Выделите **COMPONENT\_01** и нажмите **OK**.
- В строке **\*Material** выберите в выпадающем списке материал **16MnCr5** и щелкните **Add**.
- Выберите **Joints with Filler** для определения наплавочного материала.
- Щелкните на значок  на кнопке  для вызова списка соединений. Выберите **J01\_WIRE** и нажмите **OK**.
- В строке **\*Material** выберите в выпадающем списке материал **16MnCr5**.
- Щелкните **Add**, чтобы сохранить установки.



- Переходите на следующий шаг .

## Welding Process (Процесс сварки)

- Выберите **Laser** в строке **\*Process type**.
- Установите в строке **Energy / unit Length of Weld** единицы измерения J/mm и в строке **Velocity** (скорость): mm/s.
- Нажмите на значок  на кнопке . Выделите строку **J01\_PATH** и щелкните **OK**.
- В результате все объекты, такие как Filler Material, Welding Group и т.д., относящиеся к данному сварному шву, будут автоматически определены.



- Нажмите кнопку **Next >>** или выберите вкладку **Weld Pool**.
- В строке **Heat Source** (Тепловой источник) автоматически будет выбран **Beam** (луч).
- Введите следующие значения:
  - **\*Velocity** (скорость): 10.000.
  - **\*Start Time** (время запуска): 0.000.
  - **End time** (время окончания): 2.000 (автоматически рассчитывается исходя из длины сварочного шва).
- Введите значения в поле **\*Estimated**:
  - **Length** (длина): 3.000 (мм).
  - **Width** (ширина): 2.000 (мм).
  - **Penetration** (проникновение): 2.000 (мм).
- Нажмите **Next >>** или выберите панель **Energy**.
  - Введите **\*Energy/Unit length** (Энергия/единица длины): 28.000.
  - **\*Efficiency** (эффективность): 1.000.

- Поставьте галочку напротив опции **Start/End Energy Ramp**.

Weld Line	Weld Pool	Energy
Heat Source:	Beam	
*Velocity:	10.000	
*Start Time:	0.000	
End Time:	3.000	
*Estimated		
Top Dia.:	3.000	
Bottom Dia.:	2.000	
Penetration:	2.000	

Weld Line	Weld Pool	Energy
*Energy/Unit length:	28.000	
*Efficiency:	1.000	

<input checked="" type="checkbox"/> Start/End Energy Ramp	
<input type="checkbox"/> User Defined Function	
*Beginning of Weld	
Length of Ramp:	3.000
Energy Factor:	1.500
*Termination of Weld	
Length of Ramp:	3.000
Energy Factor:	0.750



- Щелкните на кнопку **Add**.

Joint	Source	Start Time	End Time	Velocity	EPUL	Efficiency
J01_PATH	1	0.000	3.000	10.000	140.000	1.000


- Перейдите на 5 шаг





## Cooling Condition (Условия охлаждения)

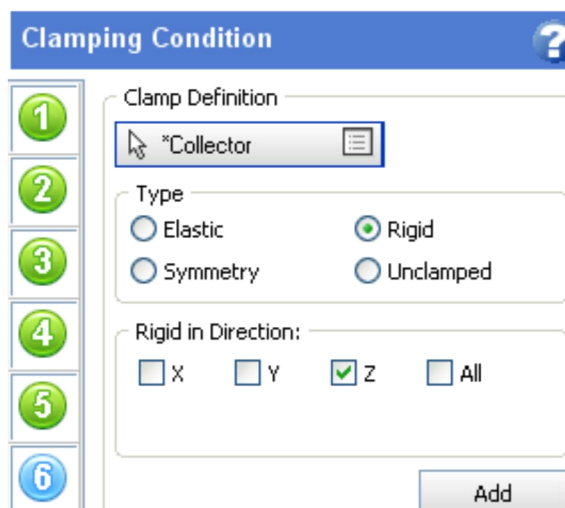
- Щелкните на значок  на кнопке  , выберите **SOLID\_AIR\_HEAT\_EXCHANGE** и нажмите **OK**.
- Выберите в строке **\*Medium** (среда) опцию **Free Air Cooling** (охлаждение на воздухе) и введите в строке **Ambient Temp** (температура окружающей среды) значение 20.
- Щелкните на кнопку **Add** для изменения условий теплообмена.




- Перейдите на 6 этап .



## Clamping Conditions (Условия закрепления)

- Щелкните на значок  на кнопке , выберите **CLAMP\_01** и нажмите **OK**.
- Выберите опцию **Rigid** (жесткое закрепление) в поле **Type** (тип закрепления).
- Поставьте галочку напротив **Z** в разделе **Rigid in direction** (закреплении в направлении) и щелкните **Add**.



- Щелкните еще раз на значок списка на кнопке  и выберите **CLAMP\_02**.
- Выберите опцию **Rigid** для типа закрепления.
- Поставьте галочку только напротив **Y** и **Z** в разделе **Rigid in Direction** и щелкните кнопку **Add**.
- Повторите эти операции для следующих закреплений:
  - **CLAMP\_03**: выберите **Symmetry** и нажмите **Add**.
  - **CLAMP\_04**: выберите **Rigid** и поставьте в поле **Rigid in Direction** галочку напротив **Z**. Нажмите **Add**.

Name	Group	Type
1=>Clamp	CLAMP_01	Rigid
2=>Clamp	CLAMP_02	Rigid
3=>Clamp	CLAMP_03	Symmetry
4=>Clamp	CLAMP_04	Rigid

- После определения параметров для всех закреплений, щелкните на значок  на кнопке , выделив все 4 строки в списке, и нажмите **OK**.
  - Оставьте строку **Name** без изменений.
  - Введите **\*Start time** (время запуска): 0.0.
  - Введите **\*End time** (время завершения): 600.0.
- Щелкните **Add** для сохранения заданных условий закрепления.

Clamping Condition

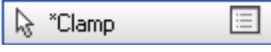

\*Clamp

Name: CLAMP\_COND\_01


\*Start Time: 0.000

\*End Time: 600.000


Add

- Щелкните снова на кнопку , выберите **CLAMP\_01**, **CLAMP\_02** и **CLAMP\_03**.
  - Оставьте строку **Name** без изменений.
  - Введите в строку **\*End time**: 601.0.
- Нажмите на кнопку , снова выберите **CLAMP\_01**, **CLAMP\_02** и **CLAMP\_03**.
  - Оставьте строку **Name** без изменений.
  - Введите в строку **\*End time**: 3600.0.
- Щелкните по кнопке **Add** для сохранения параметров условий закрепления.


Name	Clamps	Start Time	End Time
CLAMP_COND_...	Clamp(1)_CLAMP...	0.000	600.000
CLAMP_COND_...	Clamp(1)_CLAMP...	600.000	601.000
CLAMP_COND_...	Clamp(1)_CLAMP...	601.000	3600.000

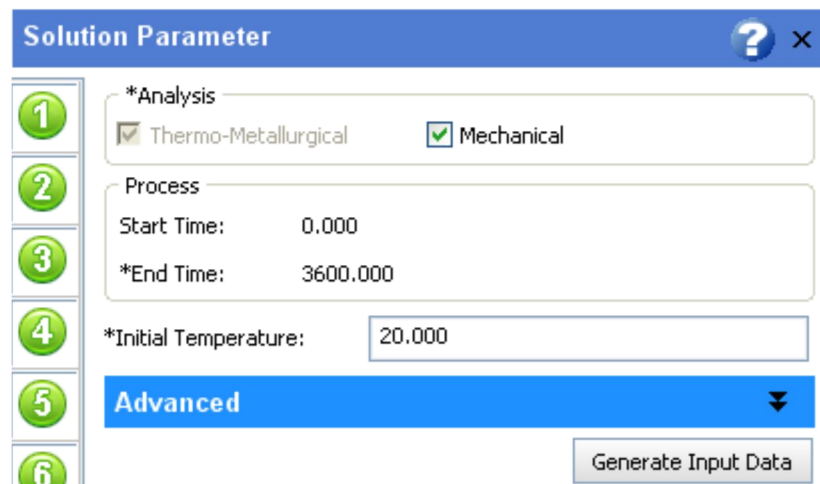
- Перейдите на шаг 7 .

## Loads and Deformations (Нагрузки и деформации)

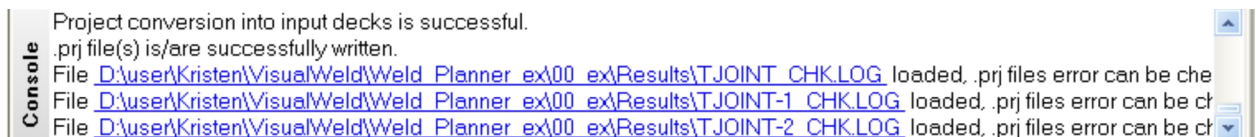
- В данной задаче не учитываются условия нагружения.
- Перейдите на шаг 8 .

## Solution Parameter (Параметры решения)

- По умолчанию в разделе **Analysis** (Анализ) выбран расчет и тепловой с металлургической (Thermo-Metallurgical) и механической (Mechanical) задач. В данном примере будут решаться обе задачи.
- Введите в строку **\*Initial Temperature: 20**.
- Щелкните на двойную стрелку  для обзора других опций. Для данного примера не изменяйте заданные по умолчанию установки.



- Щелкните **Generate Input Data** для экспорта всех файлов проекта в директорию проекта. Это может занять некоторое время, проверьте появляющиеся сообщения в окне.




После нажатия кнопки **Generate Input Data** будет создан файл \*.vdb. Этот файл содержит всю информацию, относящуюся к проекту и должен использоваться для любых изменений относительно проекта.

Он также используется как файл-источник для **Solver Manager** (Менеджер решателя), чтобы провести расчет проекта.

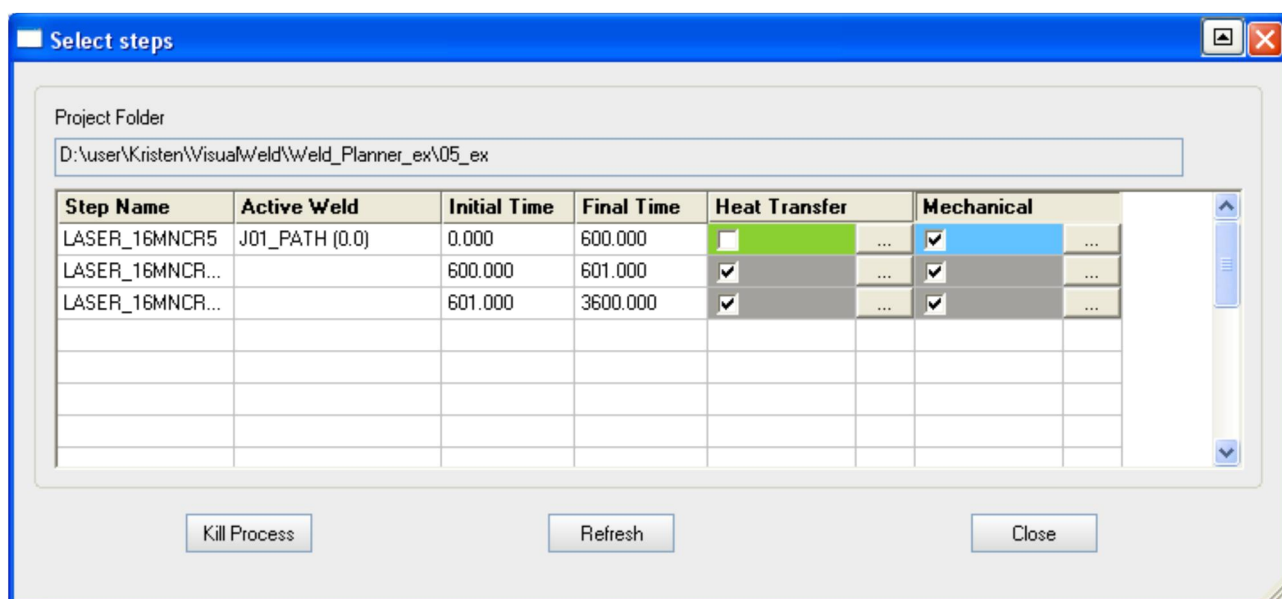
## Job Submission (Запуск расчета)

- Перейдите в главное меню и выберите **Welding > Computation Manager**.
- Выберите файл проекта. Это должен быть файл **LASER\_16MNCR5.vdb**.
- Отметьте все пункты в столбцах **Heat Transfer** и **Mechanical** и нажмите **Compute** (рассчитать).

*Примечание:* В зависимости от возможностей системы расчет может занять некоторое время.

Ячейки становятся зелеными, когда расчет процесса выполнен. Голубой цвет ячеек означает начало расчета. При появлении каких-либо ошибок ячейки становятся оранжевого цвета. Для просмотра лог-файла нажмите кнопку .

- При необходимости завершить процесс расчета нажмите **Kill Process**.






## Анализ результатов

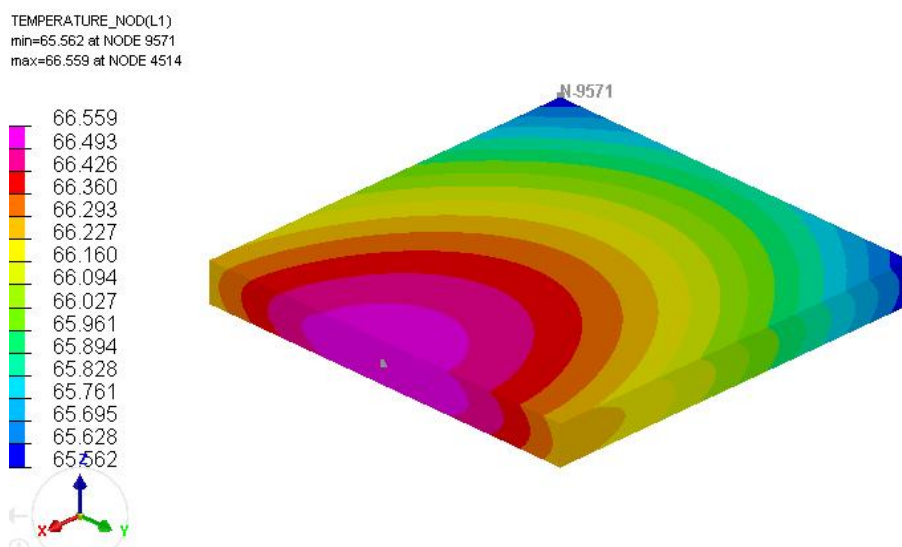
Для просмотра результатов используется приложение **Visual Viewer**.




- На главной панели выберите **Applications/Viewer**.
- Панель **Results** становится доступной для использования.



Для анализа результатов используются файлы: имя проекта **\_V\_POST1000** (можно будет посмотреть результаты расчета термо-металлургической задачи) и имя проекта **\_V\_POST2000** (результаты расчета механической задачи).

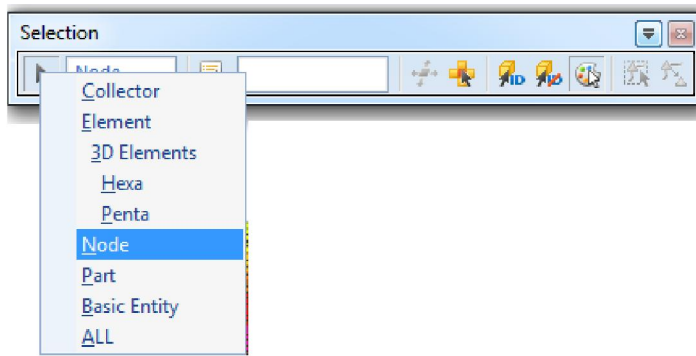
- Откройте файл **LASER\_16MNCR5\_2\_V\_POST1000** с помощью пункта **File/Open**.
- Нажмите на кнопку **Contours** (поля распределения параметров)  на панели **Results**. Появится окно **Contour**. Отметьте опцию **Node (Banded)** в разделе **Display Types** и **Contour On/Off** в разделе **Contour**.



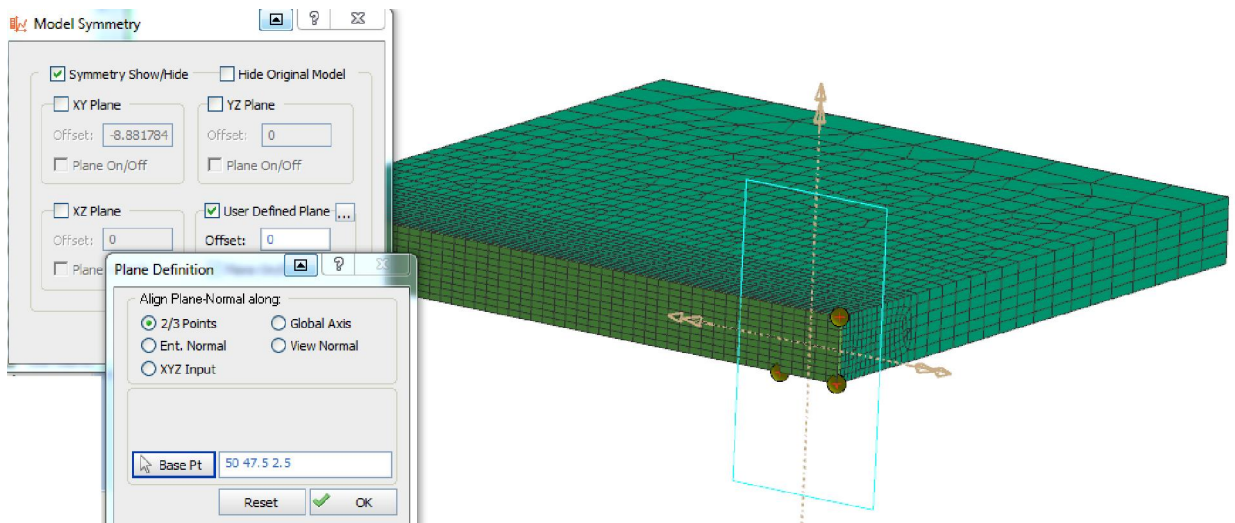
- Выберите **Nodes** в списке **Component Types** и щелкните на строчку **TEMPERATURE\_NOD**.
- Выберите интересующий шаг расчета. Для этого нажмите на иконку  на панели **Results**. В появившемся окне **Animation control** выберите в столбце последний шаг расчета. Закройте окно.
- В результате появится поле в виде заливки объекта. Пределы легенды поля можно изменить, для этого щелкните на кнопку  в нижней части окна **Contour** или  на панели **Results**. Появится окно **Spectrum Control**. Ведите значения верхнего и нижнего предела соответственно в строки **Max** и **Min**. Нажмите **Reset**.

Поскольку учитывалось условие симметрии, в рабочем окне отображается только половина модели. При необходимости можно отобразить деталь полностью.

- На панели **Selection** выберите привязку к узлам.



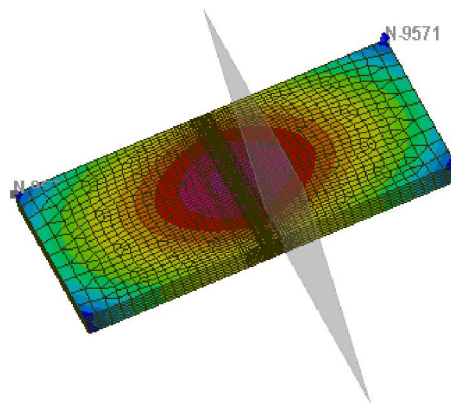
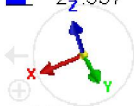
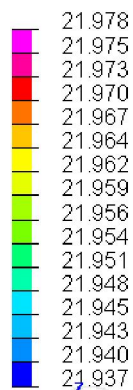
- Выберите **Results/model symmetry**. Появится окно **Model symmetry**. Отметьте **User Defined Plane** и в новом окне выберите **2/3Points**. Щелкните по 3 узлам на модели, где должна проходить плоскость симметрии и нажмите **ОК**.



Автоматически будет построена плоскость симметрии и вторая половина модели. Положение плоскости можно регулировать, вводя соответствующие значения в строку **Offset** (смещение).

Отображение плоскости симметрии можно отключить. Щелкните **Plane On/Off**.

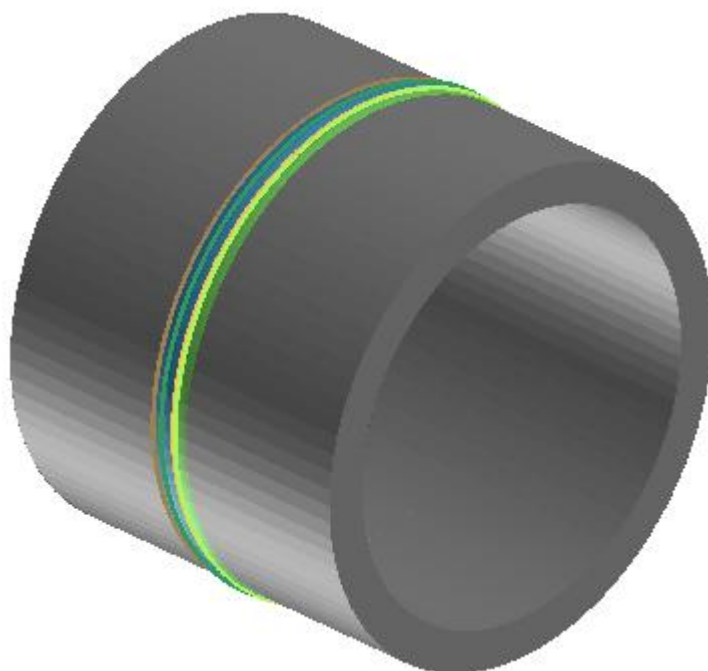
H.T. ADVISOR  
 TEMPERATURE\_NOD(L1)  
 min=21.937 at NODE 9571  
 max=21.978 at NODE 4514



## ЗАДАЧА 4. ВЫПОЛНЕНИЕ МНОГОПРОХОДНОЙ СВАРКИ ТРУБЫ

### Запуск нового проекта

- Откройте **Visual-Weld**.
- В главном меню выберите **File/Open**.
- Выберите **3PASS\_PIPE\_DATA30.ASC** в папке **Tutorials/VisualWeld/3PASS\_PIPE** и нажмите **Open**.

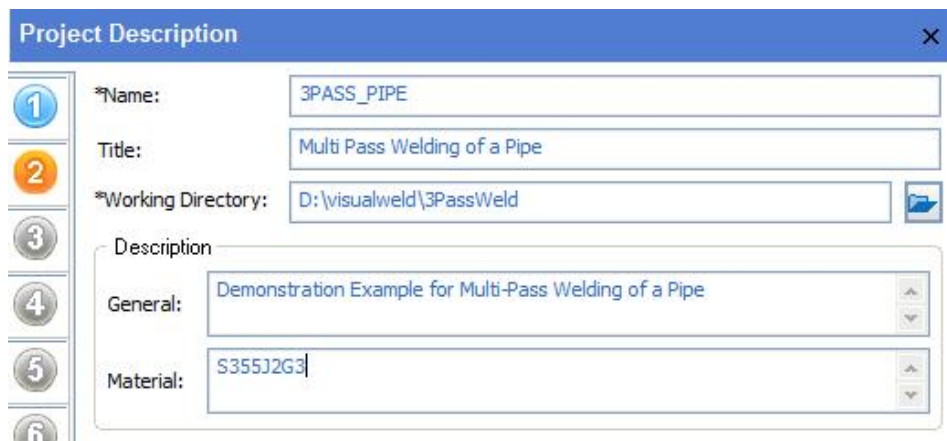


### Welding Advisor (Мастер установки данных)

- В главном меню выберите **Welding/Welding Advisor**.
- В результате **Welding Advisor** активируется и станет доступна панель **Project Description** (Описании проекта) для ввода данных.

## Project Description

- Введите данные:
  - **\*Name:** 3PASS\_PIPE.
  - **Title:** Multi Pass Welding of a Pipe.
  - **\*Working directory:** выберите нужную папку (При необходимости создайте новую папку).
  - **General description:** Demonstration Example for Multi-Pass Welding of a Pipe (Показательный пример выполнения многопроходной сварки трубы).
  - **Material description:** S355J2G3.





The screenshot shows a 'Project Description' dialog box with a blue title bar and a sidebar on the left containing six numbered steps. Step 1 is selected. The main area contains the following fields:

- \*Name:** 3PASS\_PIPE
- Title:** Multi Pass Welding of a Pipe
- \*Working Directory:** D:\visualweld\3PassWeld
- Description:**
  - General:** Demonstration Example for Multi-Pass Welding of a Pipe
  - Material:** S355J2G3

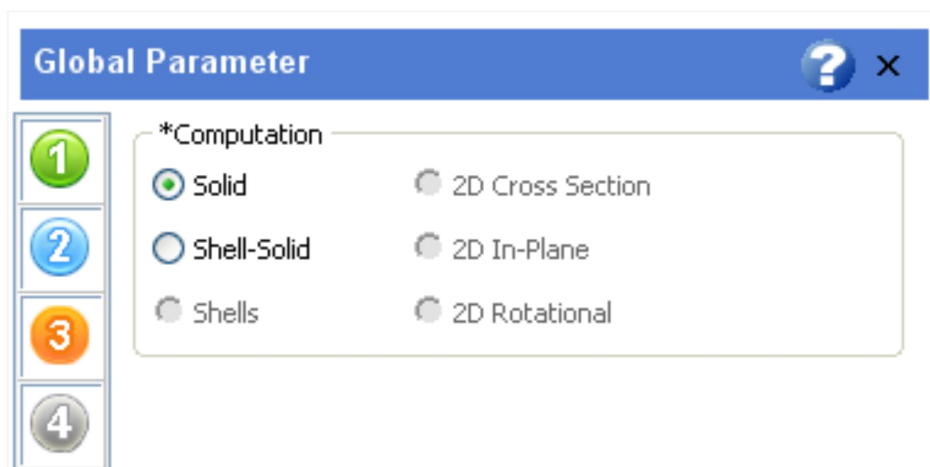
Заполнить обязательно необходимо только поля с пометкой “\*”. Остальные поля заполняются по желанию. Для удобства рекомендуется заносить краткие сведения о задаче в раздел Description.


После заполнения обязательных полей становится доступным второй шаг (выделенный оранжевым). Разделы, открытые для заполнения выделяются голубым, а уже завершённые этапы зеленым.

- Щелкните на кнопку второго этапа  или используйте стрелку  (Next Arrow) для перехода на следующий шаг.


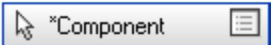

## Global parameter (Установка глобальных параметров)

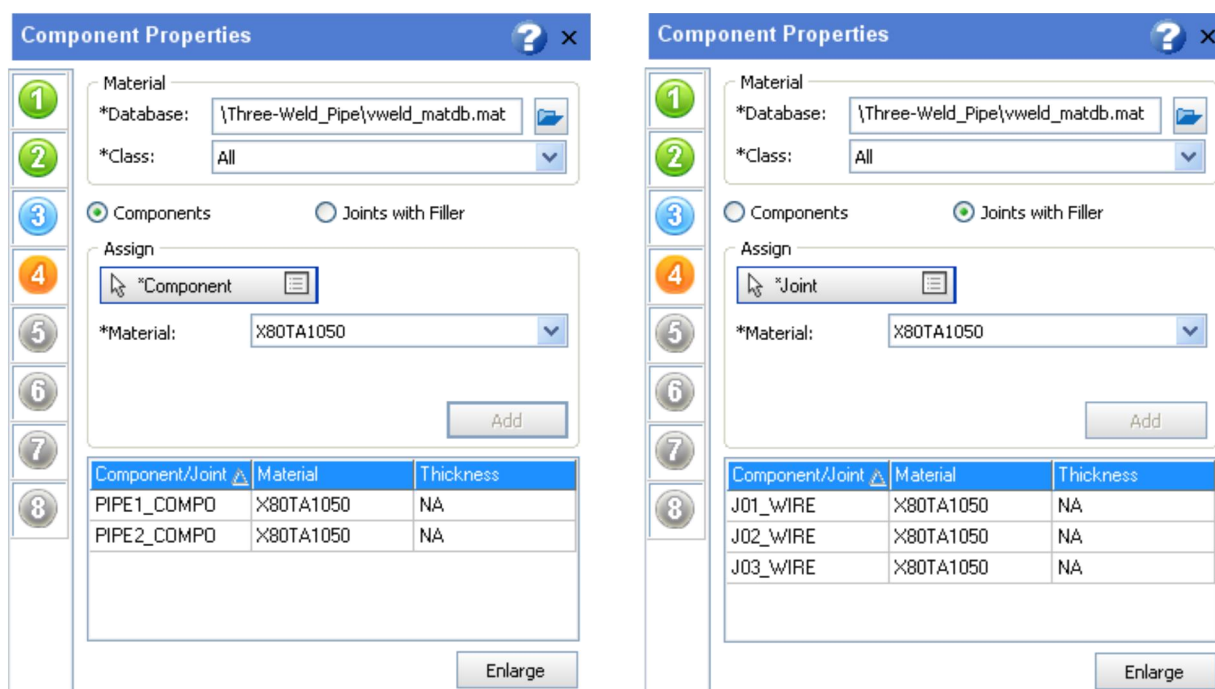
**Welding Advisor** автоматически выбирает и устанавливает нужный тип элементов в поле **Computation**, основываясь на загруженной модели. В данном примере будет использоваться для расчета элементы “**Solid**” (твердотельные элементы).



- Перейдите на 3 этап .



## Component Properties (Свойства компонент)

- В строке **Material** выберите папку **vweld\_matdb.mat**.
- Щелкните на значок  на кнопке  для вызова списка компонент.
- Выберите **PIPE1\_COMPO** и **PIPE2\_COMPO** и нажмите **OK**.
- В строке **Material** выберите материал **S355J2G3** из выпадающего списка и щелкните **Add**.
- Отметьте **Joints with Filler** для определения свойств наплавочного материала.
- Щелкните на значок списка на кнопке . Выберите **J01\_WIRE**, **J02\_WIRE** и **J03\_WIRE**, нажмите **OK**.
- В строке **Material** выберите в выпадающем списке материал **S355J2G3**.
- Щелкните **Add**, чтобы сохранить установки.



- Переходите на следующий шаг .

## Welding Process (Процесс сварки)

- Выберите **General Arc** в строке **\*Process type**.
- Установите в строке **Energy / unit Length of Weld** единицы измерения J/mm и в строке **Velocity** (скорость): mm/s.
- Нажмите на значок  на кнопке . Выделите строчку **J01\_PATH** и щелкните **OK**.
- В результате все объекты (Filler Material, Welding Group и др.), соответствующие данному сварному шву, будут автоматически определены.





- Нажмите кнопку **Next >>** или выберите вкладку **Weld Pool**.
- Введите следующие значения:
  - **\*Velocity** (скорость): 16.667.
  - **\*Start Time** (время запуска): **0.000**.
  - **End time** (время окончания): (автоматически рассчитывается исходя из длины сварочного шва).
- Введите значения в поле **\*Estimated**:
  - **Length** (длина): 12.500 (мм).
  - **Width** (ширина): 10.000 (мм).
  - **Penetration** (проникновение): 6.000 (мм).
- Нажмите **Next >>** или выберите панель **Energy**.
  - Введите **\*Energy/Unit length** (Энергия/единица длины): 600.000.
  - **\*Efficiency** (эффективность): 0.85.
  - **Power Ratio** (коэффициент мощности): 1.200.
  - **Length Ratio** (коэффициент длины): 0.500.

Поставьте галочку напротив **Start/End Energy Ramp**.

– Щелкните **Add**.

Weld Line	Weld Pool	Energy
Heat Source:	ARC	
*Velocity:	16.667	
*Start Time:	0.000	
End Time:	21.826	
*Estimated		
Length:	12.500	
Width:	10.000	
Penetration:	6.000	

Weld Line	Weld Pool	Energy
*Energy/Unit length:	600.000	
*Efficiency:	1.000	
Power Ratio:	1.200	
Length Ratio:	0.500	
<input checked="" type="checkbox"/> Start/End Energy Ramp		
*Beginning of Weld		
Length of Ramp:	12.500	
Energy Factor:	1.500	
*Termination of Weld		
Length of Ramp:	12.500	
Energy Factor:	0.750	



- Нажмите на значок  на кнопке . Выделите строку **J02\_PATH** и щелкните **OK**.
- Нажмите кнопку **Next >>** или перейдите на вкладку **Weld Pool**.
- Выберите в строке **Heat Source** (Тепловой источник) из выпадающего меню **ARC**.
- Введите следующие значения:
- **\*Velocity** (скорость): 16.667.
  - **\*Start Time** (время запуска): **25.000**.
  - **End time** (время окончания): 47.620 (автоматически рассчитывается исходя из длины сварочного шва).
- Введите значения в поле **\*Estimated**:
- **Length** (длина): 12.500 (мм).
  - **Width** (ширина): 10.000 (мм).
  - **Penetration** (проникновение): 6.000 (мм).
- Нажмите **Next >>** или выберите панель **Energy**.
- Введите **\*Energy/Unit length** (Энергия/единица длины): 600.000.
  - **\*Efficiency** (эффективность): 1.000.
  - **Power Ratio** (коэффициент мощности): 1.200.
  - **Length Ratio** (коэффициент длины): 0.500.

Поставьте галочку напротив опции **Start/End Energy Ramp** и нажмите **Add**.

Weld Line	Weld Pool	Energy
Heat Source:	ARC	
*Velocity:	16.667	
*Start Time:	25.000	
End Time:	47.620	
*Estimated		
Length:	12.500	
Width:	10.000	
Penetration:	6.000	

Weld Line	Weld Pool	Energy
*Energy/Unit length:	600.000	
*Efficiency:	1.000	
Power Ratio:	1.200	
Length Ratio:	0.500	
<input checked="" type="checkbox"/> Start/End Energy Ramp		
*Beginning of Weld		
Length of Ramp:	12.500	
Energy Factor:	1.500	
*Termination of Weld		
Length of Ramp:	12.500	
Energy Factor:	0.750	




- Нажмите на значок  на кнопке  для вызова списка швов. Выделите строчку **J03\_PATH** и щелкните **OK**.
- Нажмите кнопку **Next >>** или перейдите на вкладку **Weld Pool**.
- Выберите в строке **Heat Source** (Тепловой источник) из выпадающего меню **ARC**.
- Введите следующие значения:
  - **\*Velocity** (скорость): 16.667.
  - **\*Start Time** (время запуска): **50.000**.
  - **End time** (время окончания): 72.826 (автоматически рассчитывается исходя из длины сварочного шва).
- Введите значения в поле **\*Estimated**:
  - **Length** (длина): 12.500 (мм).
  - **Width** (ширина): 10.000 (мм).
  - **Penetration** (проникновение): 6.000 (мм).
- Нажмите **Next>>** или выберите панель **Energy**.
  - Введите **\*Energy/Unit length** (Энергия/единица длины): 600.000.
  - **\*Efficiency** (эффективность): 1.000.
  - **Power Ratio** (коэффициент мощности): 1.200.
  - **Length Ratio** (коэффициент длины): 0.500.
- Поставьте галочку напротив опции **Start/End Energy Ramp** и нажмите **Add**.



Weld Line	Weld Pool	Energy
Heat Source:	ARC	
*Velocity:	16.667	
*Start Time:	50.000	
End Time:	72.826	
*Estimated		
Length:	12.000	
Width:	10.000	
Penetration:	6.000	

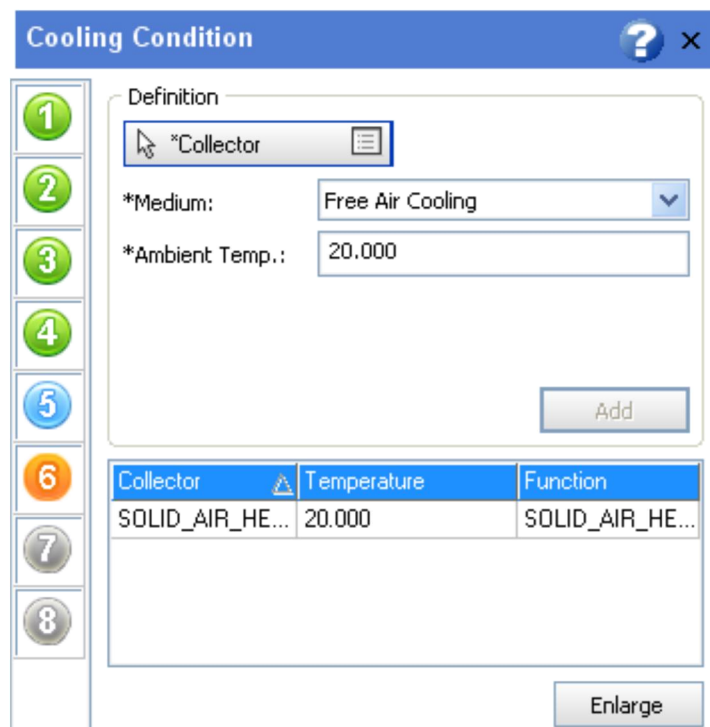
Weld Line	Weld Pool	Energy
*Energy/Unit length:	600.000	
*Efficiency:	1.000	
Power Ratio:	1.200	
Length Ratio:	0.500	
<input checked="" type="checkbox"/> Start/End Energy Ramp		
*Beginning of Weld		
Length of Ramp:	12.500	
Energy Factor:	1.500	
*Termination of Weld		
Length of Ramp:	12.500	
Energy Factor:	0.750	

Joint	Source	Start Time	End Time	Velocity	EPUL	Efficiency
J01_PATH	1	0.000	21.826	16.667	600.000	1.000
J02_PATH	1	25.000	47.620	16.667	600.000	1.000
J03_PATH	1	50.000	72.826	16.667	600.000	1.000

- Перейдите на 5 шаг .

## Cooling Condition (Условия охлаждения)

- Щелкните на значок  на кнопке  , выберите **SOLID\_AIR\_HEAT\_EXCHANGE** и нажмите **OK**.
- Выберите в строке **\*Medium** опцию **Free Air Cooling** (охлаждение на воздухе) и введите в строке **Ambient Temp** (температура окр. среды) значение 20.
- Щелкните на кнопку **Add** для изменения условий теплообмена.



Cooling Condition

Definition

\*Collector


\*Medium: Free Air Cooling

\*Ambient Temp.: 20.000



Add

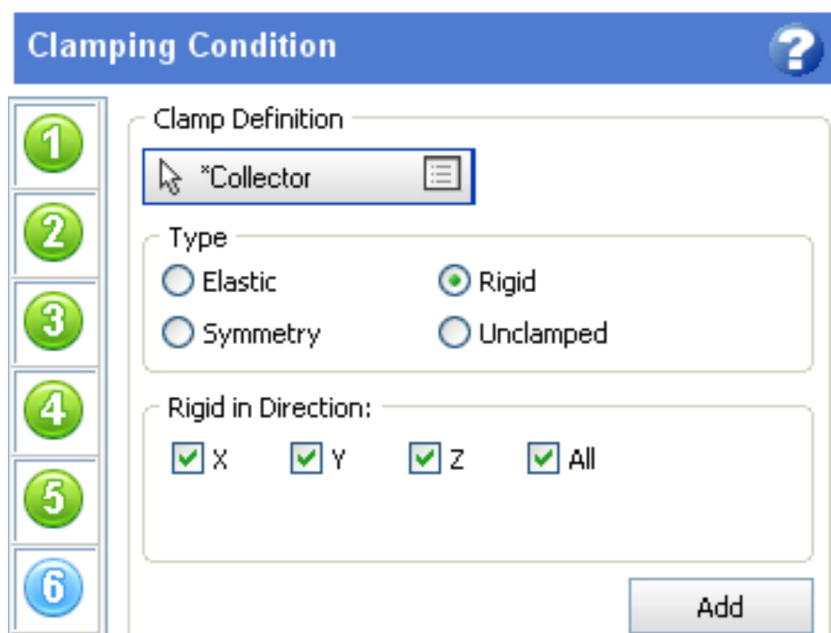
Collector	Temperature	Function
SOLID_AIR_HE...	20.000	SOLID_AIR_HE...




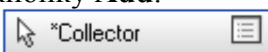
Enlarge

- Перейдите на 6 этап .


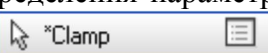
## Clamping Conditions (Условия закрепления)



- Щелкните на значок  на кнопке , выберите **TP\_CLAMP** и нажмите **OK**.
- Выберите опцию **Rigid** (жесткие условия закрепления) в поле **Type** (тип закрепления).
- Поставьте галочку напротив опции **All** в разделе **Rigid in direction** (закреплении в направлении) и щелкните **Add**.




- Щелкните на значок  на кнопке  и выберите **BP\_CLAMP**.
- Выберите опцию **Rigid** и отметьте **All**. Щелкните кнопку **Add**.
- Щелкните еще раз на значок  на кнопке  и выберите **FREE\_CLAMP**.
- Выберите опцию **Unclamped** (свободные) и нажмите **Add**.

Name	Group	Type
Clamp(1)_TP_CLAMP	TP_CLAMP	Rigid
Clamp(2)_BP_CLAMP	BP_CLAMP	Rigid
Clamp(3)_FREE_CLAMP	FREE_CLAMP	Unclamped


- После определения параметров для всех закреплений, щелкните на значок  на кнопке , выделите строки **TP\_CLAMP** и **BP\_CLAMP**, нажмите **OK**.
  - Введите **\*Start time** (время запуска): 0.0 и **\*End time** (время завершения): 600.0.
- Щелкните **Add** для сохранения заданных условий закрепления **Clamping Conditions**.

- Щелкните на значок  на кнопке , выделите **FREE\_CLAMP** и нажмите **OK**.
  - Введите **\*Start time** (время запуска): 600.0 и **\*End time** (время завершения): 3600.0.
- Щелкните **Add** для сохранения заданных условий закрепления.

Name	Clamps	Start Time	End Time
CLAMP_COND_01	Clamp(1)_TP_CLAMP;C...	0.000	600.000
CLAMP_COND_02	Clamp(3)_FREE_CLAMP	600.000	3600.000

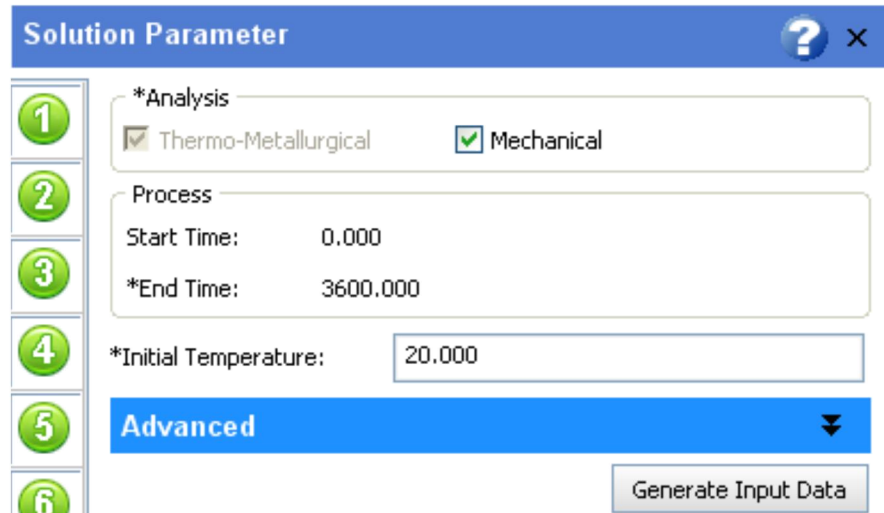
- Перейдите на шаг 7 .

## Loads and Deformations (Нагрузки и деформации)

- В данной задаче не учитываются условия нагружения.
- Перейдите на шаг 8 .

## Solution Parameter (Параметры решения)

- По умолчанию в разделе **Analysis** (Анализ) выбраны оба параметра (решение тепловой с металлургической и механической задач.). Если расчет механической задачи не нужен, можно отключить эту опцию. В данном примере будут рассчитываться обе задачи.



- Щелкните **Generate Input Data**.

Это может занять некоторое время, проверяйте появляющиеся сообщения в окне.




После нажатия кнопки **Generate Input Data** будет создан файл \*.vdb. Этот файл содержит всю информацию, относящуюся к проекту и должен использоваться для любых изменений относительно проекта.

Он также используется как файл-источник для Computation Manager (менеджер вычислений) для проведения расчета.

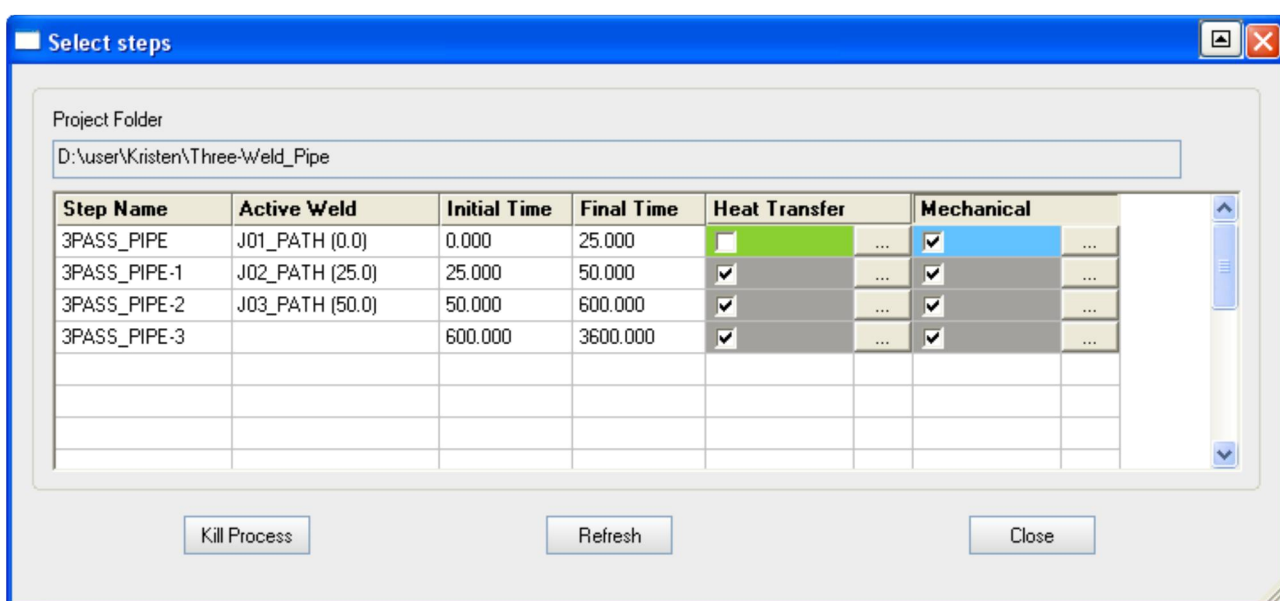
## Job Submission (Запуск расчета)

- Перейдите в главное меню и выберите **Welding > Computation Manager**.
- Выберите файл проекта. В данном примере 3PASS\_PIPE.vdb.
- Отметьте все пункты в столбцах **Heat Transfer** и **Mechanical** и нажмите **Compute** (Рассчитать).

*Примечание:* В зависимости от возможностей системы расчет может занять некоторое время.

После завершения расчета ячейки становятся зелеными. Голубой цвет ячеек означает начало расчета. При появлении каких-либо ошибок ячейка становится оранжевого цвета. Для просмотра лог-файла нажмите кнопку .

- При необходимости завершить процесс расчета нажмите **Kill Process**.





## Анализ результатов


Для просмотра результатов используется приложение **Visual Viewer**.

- На главной панели выберите **Applications/Viewer**.
- Панель **Results** станет доступной для использования.



Для просмотра результатов используйте файлы: имя файла **\_V\_POST1000** (результаты расчета термо-металлургической задачи) и имя файла **\_V\_POST2000** (результаты расчета механической задачи).

- Откройте файл **3PASS\_PIPE\_3\_V\_POST2000** через **File/Open**.
- Нажмите на кнопку **Contours** (поля распределения параметров)  на панели **Results**. Появится окно **Contour**. Отметьте опцию **Node (Banded)** в разделе **Display Types** и **Contour On/Off** в разделе **Contour**.
- Выберите **Nodes** (узлы) в списке **Component Types** (типы компонент) и ниже в поле щелкните, например, на строчку **DISPLACEMENT\_NOD Y**. С помощью опции **Component Types** можно выбрать разные параметры для отображения (температуру, фазовый состав, смещение узлов, размер зерна, деформации, напряжения и др.).
- Появится поле смещения узлов объекта по оси **Y**.
- Щелкните на кнопку . Всплывет окно **Animation Control**. Выберите шаг расчета, на котором интересно посмотреть результаты (например, выберите последний шаг).

Также можно включить анимацию процесса, нажав на кнопку  в разделе **Animation**.

Contour   Ranking   Vector/Tensor

Display Types

Node (Banded)    Node (Smeared)

Element    Nodes Of Element (Beta)

Contour

Contour On/Off    Auto Display

Global Min/Max    Display Min/Max ID

Components   Entities   Advanced   Transformation

Component Types   Layers   Integration

NODES

CUMUL\_PLAST\_STRAIN\_ALPHA\_NOD  
 CUMUL\_PLAST\_STRAIN\_GAMMA\_NOD  
 DISPLACEMENTS\_NOD X  
**DISPLACEMENTS\_NOD Y**  
 DISPLACEMENTS\_NOD Z  
 DISPLACEMENTS\_NOD Magnitude  
 ISOTR\_HARD\_VAR\_NOD  
 PHASE\_PROPORTIONS\_NOD\_1  
 PHASE\_PROPORTIONS\_NOD\_2  
 PHASE\_PROPORTIONS\_NOD\_3  
 PHASE\_PROPORTIONS\_NOD\_4  
 PHASE\_PROPORTIONS\_NOD\_5  
 PHASE\_PROPORTIONS\_NOD\_6  
 REACTIONS\_NOD X

Animation

Slow  Fast

States

1 : 0.000000  
 2 : 0.970055  
 3 : 21.826015  
 4 : 24.989946  
 5 : 25.000000  
 6 : 26.005352  
 7 : 47.620014  
 8 : 49.989857  
 9 : 50.000000  
 10 : 51.014481  
 11 : 72.826019  
 12 : 600.000000  
 13 : 3600.000000

States to Animate...

Go to :

Skip:

Count:

Amplify

All:  X:  Y:  Z:

Static States

Initial Mesh    Part Color

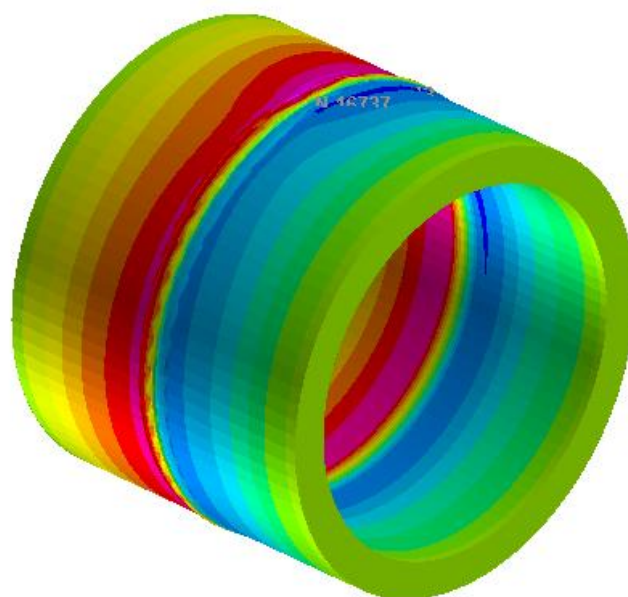
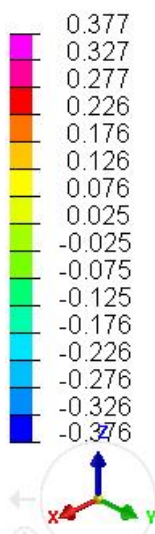
Simultaneous Display...    Part Color

Multi States...

Reset   Close

### H.T. ADVISOR

DISPLACEMENTS\_NOD Y(L1)  
 min=-0.376 at NODE 16737  
 max=0.377 at NODE 15343



Поле смещения узлов