

Моделирование в CAE Salome: Часть 3.1. Модуль Mesh. Построение двумерной сетки

Александр Бикмеев

27.09.2012

Данный цикл статей посвящен Salome – open-source платформе для выполнения инженерных расчетов. В рамках цикла на примере Salome будут рассматриваться основные аспекты использования пакетов для инженерного моделирования (CAM/CAE – computer aided modeling/computer-aided engineering).

Введение

В первых двух статьях был представлен краткий обзор CAE Salome и ее пользовательского интерфейса, а также описаны возможности модуля Geometry для построения CAD-модели задачи. В этой и последующей статьях будут описаны принципы работы с модулем построения расчетных сеток Mesh и представлены базовые сведения, необходимые для построения расчетной сетки.

Основные понятия

Любой реальный исследуемый объект чаще всего имеет достаточно сложную форму. Например, деталь конструктора Lego, построение геометрии которой было описано в предыдущей статье. Описать ее поведение при наложении внешних нагрузок, как цельное, достаточно сложно хотя бы потому, что она состоит из двух цилиндров и полого параллелепипеда. Следовательно, необходимо записать точные математические выражения для граничных условий на поверхности каждого типа, а затем совместить их.

Можно пойти другим путем, разбив всю деталь на очень мелкие фрагменты определенной формы (конечные элементы): треугольники, четырехугольники и т.д. для 2D-объектов и тетраэдры, гексаэдры и т.д. для 3D-объектов. Граничные условия для каждого такого фрагмента будут иметь простой вид. Более того, в силу малости размеров элемента, решение для него можно аппроксимировать при помощи элементарных функций, например, линейным или квадратичным полиномом. Таким образом, мы получим систему алгебраических уравнений, для решения которой существует большое количество легко реализуемых методов.

При разбиении объекта на малые элементы сначала необходимо определить точки, которые будут вершинами элементов. Эти точки называют **узлами** (node) расчетной сетки или **0D-**

элементами. Далее, на основе выбранных алгоритмов и геометрии базовых элементов, узлы соединяются прямыми линиями, называемыми **ребрами** (edge) или **1D-элементами**. Область, заключенная между несколькими ребрами и не содержащая ни одного узла или ребра, называется **гранью** (face) или **2D-элементом**. Обычно грани образуются тремя или четырьмя ребрами. Область, заключенная между несколькими гранями и не содержащая ни одного узла, ребра или грани (части грани) называется **объемным** (volume object) или **3D-элементом**.

Разбиение объекта на элементы в Salome выполняется по выбираемым пользователем алгоритмам и на основе параметров, оформляемых в виде гипотез.

Построение двумерной сетки

В качестве простого примера рассмотрим процесс построения двумерной сетки для плоского объекта - планки высотой 30 мм, длиной 120 мм и с отверстиями диаметром 5 мм, центры которых отстоят на 10 мм от краев планки. Толщиной планки можно пренебречь.

Чтобы приступить к определению геометрии, создадим новый проект (**File** (файл) → **New** (новый)) и откроем модуль **Geometry** (геометрия).

Сначала создадим основу планки с помощью следующих действий:

1. Выбрать пункт меню: **File → Properties** (свойства). Затем в выпадающем списке **Length Units** (единицы измерения) надо выбрать **mm**, чтобы указать, что в качестве основной единицы расстояний в проекте будут использоваться миллиметры.
2. Выбрать пункт меню: **New Entity** (новая сущность) → **Primitives** (примитивы) → **Rectangle** (прямоугольник). В появившееся окно следует ввести значения, указанные ниже и нажать кнопку **Apply and Close** (применить и закрыть):
 - **Name** (название): **Base**
 - **Height** (высота): **120**
 - **Width** (ширина): **30**
 - **Orientation** (ориентация): **OXY**

Так мы создали планку, лежащую в плоскости OXY, перпендикулярно оси OZ. Далее следует создать точки с именами **сhole1** и **сhole2**, которые будут являться центрами отверстий. Для этого нужно выбрать пункты меню **New Entity → Basic** (простые) – **Point** (точка) и установить следующие значения:

- **Name:** **сhole1**
- **X:** **50**
- **Y:** **0**
- **Z:** **0**

Чтобы применить изменения, не закрывая окна для определения параметров объекта, следует нажать кнопку **Apply** (применить). После этого можно вводить параметры следующей точки.

- **Name:** cHole2
- **X:** -50
- **Y:** 0
- **Z:** 0

Закончить создание точек следует нажатием кнопки **Apply and Close**.

Для создания окружностей используется команда меню **New Entity → Basic → Circle** (окружность), после чего необходимо ввести следующие параметры:

- **Name:** cHole1
- **Center Point** (центральная точка): cHole1. (Так как имя существующего объекта нельзя просто ввести, то необходимо щелкнуть в соответствующей строке окна, а затем выбрать левой кнопкой мыши необходимый объект в дереве объектов или на чертеже).
- **Radius** (радиус): 5

Нажав кнопку **Apply**, переходим к созданию следующей окружности.

- **Name:** hOle2
- **Center Point:** cHole2
- **Radius:** 5

Закончить создание окружностей следует нажатием кнопки **Apply and Close**.

Для превращения окружностей в поверхности используется пункт меню **New Entity → Build (построить) → Face (грань)**. Параметры создаваемых поверхностей следует ввести в появившееся окно:

- **Name:** FhOle1
- **Object (объект):** hOle1

Нажав на кнопку **Apply**, введем параметры второй поверхности:

- **Name:** FhOle2
- **Object:** hOle2

Завершим создание поверхностей, нажав на кнопку **Apply and Close**.

На последнем шаге следует вычесть созданные круглые поверхности из основы. Для этого необходимо выбрать в меню пункт: **Operation (операция) → Boolean (булевская) → Cut (вырезать)**, и ввести в появившееся окно следующие значения:

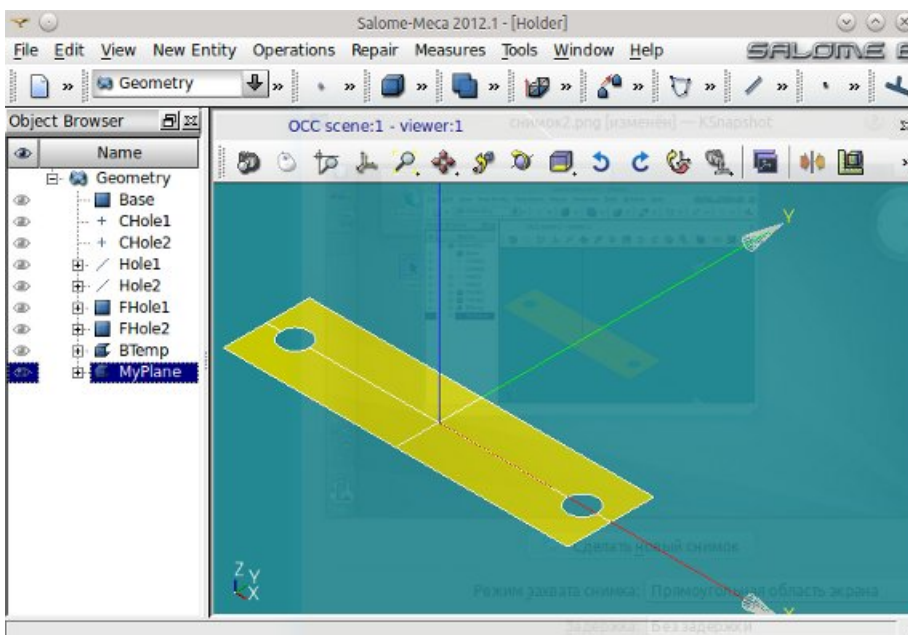
- **Name:** BTemp
- **Main Object (основной объект):** Base
- **Tool Object (объект-инструмент):** FhOle1

Нажмем кнопку **Apply** для применения изменений без закрытия окна и введем параметры второй операции:

- **Name:** MyPlane
- **Main Object:** BTemp
- **Tool Object:** FHole2

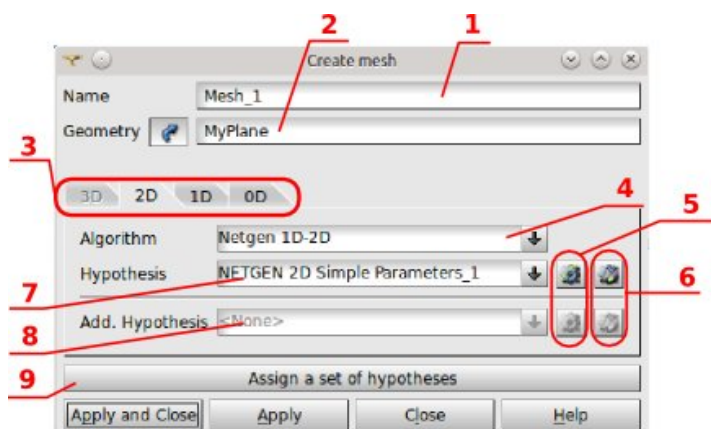
Планка с двумя отверстиями будет создана после нажатия на кнопку **Apply and Close**. Для того, чтобы увидеть ее целиком, следует щелкнуть правой кнопкой мыши в графическом окне и выбрать в появившемся меню пункты **Display Mode** (режим отображения) → **Shading** (затенение). В открывшемся окне щелкнуть правой кнопкой мыши на названии объекта MyPlane и выбрать **Show only** (только демонстрация). Результат должен совпасть с представленным на рисунке 1.

Рисунок 1. Планка с двумя отверстиями



Теперь пришло время построить расчетную сетку. Для этого необходимо перейти в модуль **Mesh** (его можно выбрать на панели инструментов в выпадающем списке или нажать соответствующую кнопку). Для создания сетки следует выбрать пункты меню **Mesh** → **Create Mesh** (создать сетку). На экране появится диалоговое окно, изображенное на рисунке 2.

Рисунок 2. Диалоговое окно для создания расчетной сетки

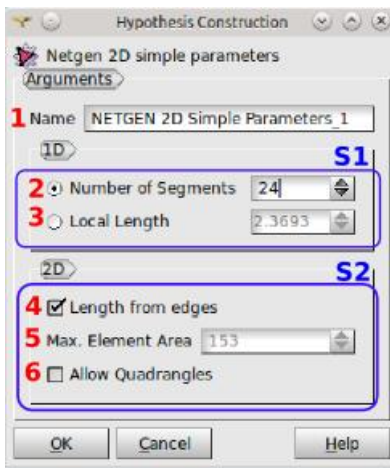


Рассмотрим элементы этого окна.

1. имя создаваемой сетки;
2. имя геометрического объекта, для которого создается сетка;
3. вкладки для определения алгоритмов и задания параметров для формирования элементов соответствующей размерности;
4. строка для выбора алгоритма формирования элемента;
5. кнопки добавления основных и дополнительных гипотез;
6. кнопки редактирования основных и дополнительных гипотез;
7. выпадающий список назначенных основных гипотез;
8. выпадающий список назначенных дополнительных гипотез;
9. кнопка альтернативного (автоматического) задания параметров создаваемой сетки.

Сетка всегда создается на базе какого-то геометрического объекта, который следует выбрать перед её созданием. После ввода имени сетки и выбора базовой геометрии, необходимо выбрать алгоритм формирования сетки и определить параметры гипотез. Для нашего примера на вкладке **2D** в выпадающем списке следует выбрать алгоритм **Netgen 1D-2D**. В этом случае двумерный объект будет разбит на треугольники с одновременным автоматическим определением ребер (объектов 1D). Далее необходимо нажать кнопку создания гипотезы и выбрать **NETGEN 2D Simple Parameters**. На экране появится диалоговое окно для определения параметров гипотезы.

Рисунок 3. Окно для определения параметров гипотезы алгоритма Netgen 1D-2D



Как всегда первая строка (обозначена цифрой 1) позволяет задать имя гипотезы. Кроме того, в этом диалоговом окне выделяются две зоны:

- **S1** – зона определения параметров 1D-разбиения, в которой можно выбрать один из двух вариантов формирования ребер:
 - **Number of segments** (число сегментов - обозначено цифрой 2) – каждое ребро геометрического объекта будет разбито на указанное число сегментов.
 - **Local length** (локальная длина - обозначено цифрой 3) – каждое ребро разбивается на сегменты одинаковой длины, определяемой этим параметром.
- **S2** – зона определения параметров формирования 2D-площадок, включающая в себя:
 - **Length from edges** (расстояние от граней - обозначено цифрой 4). Если этот флажок включен, то длина сторон треугольников соответствует длине сегментов, сформированных на геометрических ребрах объекта.
 - **Max. Element Area** (максимальная площадь элемента - обозначено цифрой 5). Здесь указывается максимальное значение площади грани. Поскольку формируемые грани могут иметь разные размеры, что может негативно сказаться на результатах расчета, то данный параметр позволяет ограничить размер граней сверху, что приводит к формированию более равномерной сетки. *Следует отметить, что можно определить либо длину стороны треугольника, либо его максимальную площадь.*
 - **Allow Quadrangles** (обозначено цифрой 6) – позволяет создавать в сетке четырехугольные (по возможности квадратные и прямоугольные) объекты. Это полезно для прямоугольных объектов, поскольку такие элементы более точно позволяют аппроксимировать их геометрию.

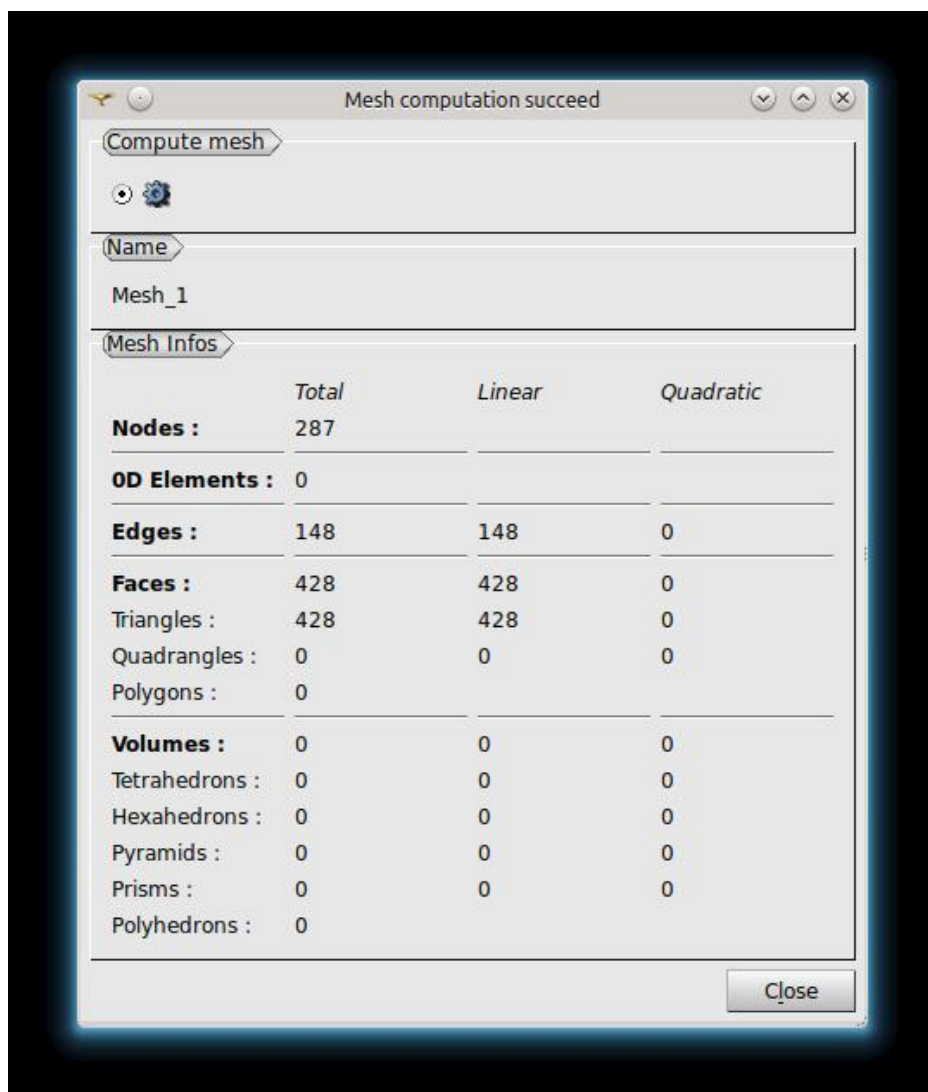
Следует установить значения параметров гипотезы в соответствии с рисунком 3 и нажать кнопку **OK**, а затем **Apply and Close**.

После того, как все параметры сетки были определены, остается выполнить операцию непосредственного расчета элементов сетки. Для этого необходимо убедиться, что в дереве

объектов выделена сетка с именем **Mesh_1**, а затем выбрать в главном текстовом меню: **Mesh -> Compute** (вычислить).

Через одну-две секунды на экране появится окно, изображенное на рисунке 4, с результатами расчета сетки. Теперь видно, что полученная сетка состоит из 287 узлов, 148 ребер и 428 граней.

Рисунок 4. Результат расчета сетки



Сама сетка должна появиться в окне просмотра, как показано на рисунке 5. Если бы в окне задания гипотезы была установлен флажок **Allow Quadrangles**, то получилась бы сетка, показанная на 6.

Рисунок 5. Результат расчета сетки из треугольников

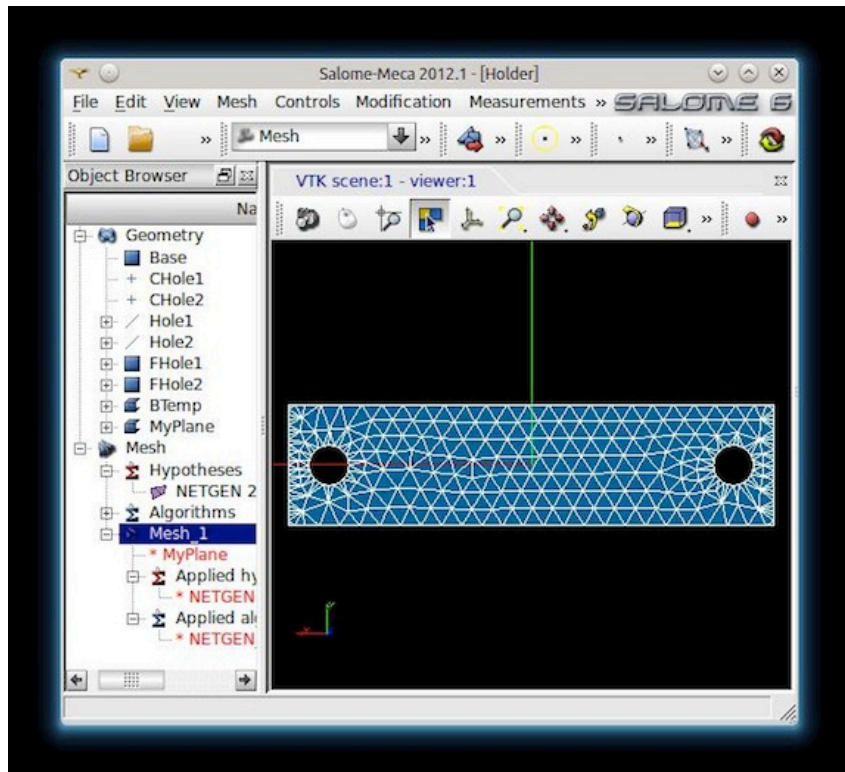
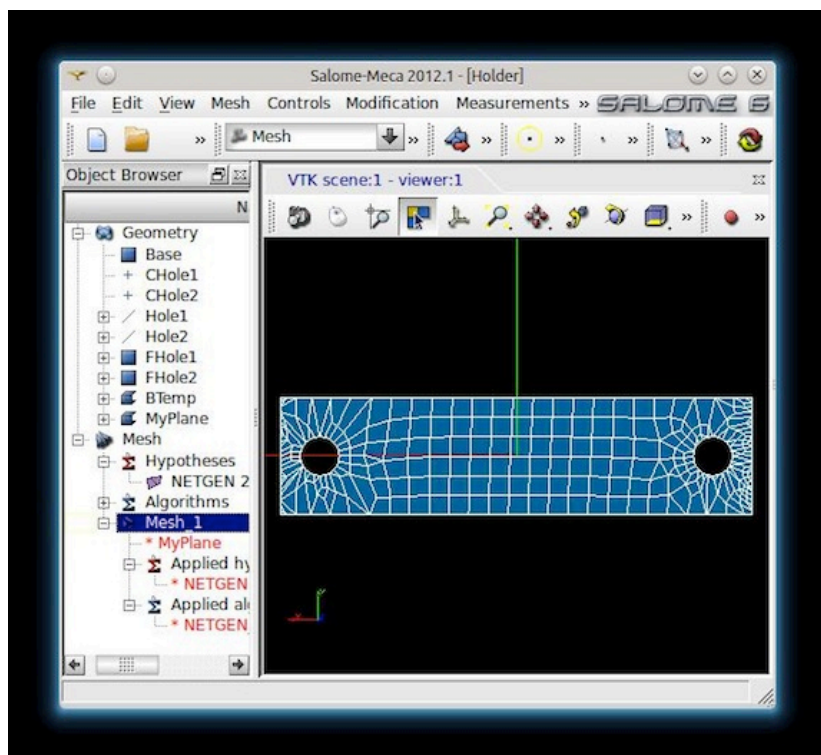


Рисунок 6. Результат расчета сетки из четырехугольников



По этим рисункам видно, что вдали от отверстий более подходящим является разбиение планки на четырехугольники, однако вблизи отверстий лучше ведет себя сетка из треугольников.

Заключение

В этой статье мы рассмотрели основы использования модуля Mesh и пример создания двумерной сетки, однако для большинства практических задач необходимо использовать трехмерную сетку. В следующей статье мы изучим процесс создания трехмерной сетки, а также способы решения стандартных проблем, возникающих при описании фигур со сложной поверхностью.

Ресурсы для скачивания

Описание	Имя	Размер
	models.zip	20KB

Похожие темы

- [Руководство пользователя модуля Mesh \(EN\).](#)
- [Руководство пользователя модуля Mesh.](#)
- [Моделирование в CAE Salome: Часть 2. Использование модуля Geometry.](#)
- [Моделирование в CAE Salome: Часть 3.2. Модуль Mesh. Построение трехмерной сетки.](#)

© Copyright IBM Corporation 2012

(www.ibm.com/legal/copytrade.shtml)

[Торговые марки](#)

(www.ibm.com/developerworks/ru/ibm/trademarks/)