

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ САПР CATIA V5 И CAE-СИСТЕМЫ GEANT4

Ошкина Е.В.

Ошкина Елена Владимировна – студент,  
кафедра систем автоматизированного проектирования,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

**Аннотация:** в данной работе представлено краткое описание методики обмена триангулированной геометрической информацией между системами CATIA и GEANT4. Приводится описание способа конвертирования конструктивной твердотельной геометрии (CSG) в твердое тело, описанное с помощью границ (BREP).

**Ключевые слова:** физика, catia, geant, моделирование, vba, stl, gdml.

## Введение

На современном этапе развития технологий невозможно представить работу ни одного производства без применения организационно-технических систем, таких как CATIA, NX, AutoCAD. Представление и отображение всех этапов жизненного цикла изделия, начиная от маркетинговых исследований и заканчивая утилизацией, является одной из первостепенных задач систем автоматизированного проектирования.

При использовании достаточно большого количества различных систем рано или поздно приходится столкнуться с вопросом, связанным с обменом информацией о комплексных решениях, полученных на разных этапах проектирования изделий. Сегодня физика элементарных частиц исключительный пример, отражающий успешную интеграцию теоретических данных с разработкой и применением современных информационных технологий.

Создание моделей и установок, которые являются сложной наукоемкой продукцией, выполняется в CAD-системах, а анализ и исследования выполняются в системах CAE. Несмотря на повсеместное использование и распространение систем CAD для проектирования и систем CAE для анализа, до сих пор не был разработан достаточно эффективный способ интегрируемости между ними.

Проблема заключается в том, что модели CAD и CAE используют разные типы геометрических моделей, а именно BREP и CSG.

## Формулировка задачи

Исходя из вопросов и проблем, возникающих при использовании систем CAD и CAE в исследованиях и экспериментах физики высоких энергий, потребовалось разработать методику представления триангулированной геометрии, используемой в системе GEANT4 с помощью стандартных средств САПР CATIA, а также разработать программные средства для работы системы CATIA с форматом GDML.

## Проблема проектирования и выбор алгоритма

Кроме BREP и CSG существует способ представления геометрических моделей в виде тесселированных тел. Особое внимание в работе будет отведено именно этому методу. Триангуляция – это аппроксимация поверхности моделируемого объекта с помощью треугольных пластин [1]. В данном представлении накладывается требование на состыковку треугольных вершин между собой. Как результат, вершины находятся на поверхности модели (рисунок 1).

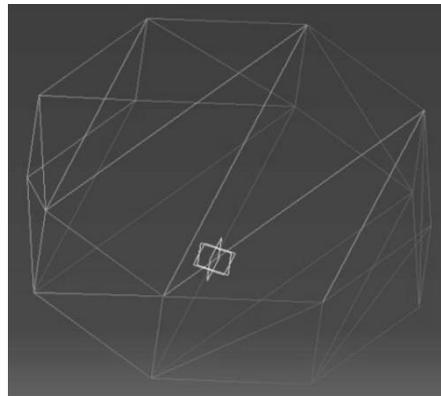


Рис. 1. Модель триангулированной призмы в системе CATIA

Работать с набором треугольных пластин намного легче, чем с поверхностью общего вида. Но следует также отметить, что проблема построения триангуляции является одной из сложных и

актуальных задач, возникающих в сфере машинной графики, механики и геометрического моделирования в настоящее время.

Разработанная методика опирается на использование формата STL в системе CATIA и формата GDML в системе GEANT4. STL расшифровывается как Stereolithographic (объемная литография). Компания Albert Consulting Group выдвинула на рынок первое описание алгоритма обработки по слоям [2]. STL является «мозаичным» форматом, в нем для отображения формы объемной модели используется последовательность треугольников, так называемых фасетов.

Как было определено выше триангуляция тела позволяет отойти от описания моделей поверхностями высоких порядков к использованию фасетной геометрии. В данном способе представления каждый треугольник описывает четыре набора данных: координаты X, Y, Z от всех вершин и нормальный вектор, который показывает ориентацию фасета, указывается, как и в других форматах, направление из центра модели.

GDML - Geometry Description Markup Language, язык используется для описания геометрии и материалов в файлах XML, что является достаточно удобным способом представления [3]. Данный формат также позволяет изменять модели деталей и установок без перекомпиляции программы.

Отличительной особенностью реализации тесселированных тел в системе GEANT4 является строго определенное описание фасетов для их представления. Каждый треугольник определяется специальной ссылкой в дереве, для создания которой необходимо предварительно определить все используемые в нем вершины в единичном варианте, то есть нужно хранить информацию только об уникальных вершинах, что же касается формата STL, то в нем повторение вершин допускается. Данные отличия в описании геометрической информации и являются основными причинами для специализированной обработки вершин.

#### Описание методики конвертирования

Перед использованием программы необходимо подготовить данные в формате STL, используя CAD систему. В САПР CATIA есть возможность выбора количества узлов, что позволяет в зависимости от необходимости и постановки задач получать модели с той или иной точностью. Пример STL файла представлен на рисунке 2.

```
solid CATIA STL
  facet normal 0.000000e+000 0.000000e+000 1.000000e+000
    outer loop
      vertex 9.053075e+001 5.919615e+001 0.000000e+000
      vertex 8.485281e+001 8.485281e+001 0.000000e+000
      vertex 8.773519e+001 5.555291e+001 0.000000e+000
    endloop
  endfacet
  facet normal 0.000000e+000 0.000000e+000 1.000000e+000
    outer loop
      vertex 9.053075e+001 5.919615e+001 0.000000e+000
      vertex 9.508366e+001 5.979556e+001 0.000000e+000
      vertex 8.485281e+001 8.485281e+001 0.000000e+000
    endloop
  endfacet
  facet normal -8.857022e-018 -6.727561e-017 1.000000e+000
    outer loop
      vertex 9.053075e+001 -5.919615e+001 1.776357e-015
```

Рис. 2. Фрагмент файла в формате STL

На вход разработанной программе поступает файл формата STL, полученный в системе CATIA. Считываемые строки разбиваются на лексемы, среди которых находятся координаты вершин фасетов.

Организуется последовательное занесение вершин в динамические массив, затем вычленяются вершины, образующие треугольники, но в набор данных не происходит включения вершин, имеющих равные координаты.

Далее обработанные данные, согласно строгому регламенту представления формата GDML организуются и отправляются на вывод в файл.

Результатом, получаемым после выполнения программы, является GDML файл, полностью готовый к использованию, результат одного из тестовых запусков представлен на рисунке 3.

```

<triangular vertex1 = "v662" vertex2 = "v358" vertex3 = "v663" />
<triangular vertex1 = "v663" vertex2 = "v358" vertex3 = "v355" />
<triangular vertex1 = "v401" vertex2 = "v630" vertex3 = "v404" />
<triangular vertex1 = "v404" vertex2 = "v630" vertex3 = "v629" />
<triangular vertex1 = "v416" vertex2 = "v415" vertex3 = "v621" />
<triangular vertex1 = "v621" vertex2 = "v415" vertex3 = "v618" />
<triangular vertex1 = "v652" vertex2 = "v655" vertex3 = "v369" />
<triangular vertex1 = "v369" vertex2 = "v655" vertex3 = "v370" />
<triangular vertex1 = "v423" vertex2 = "v422" vertex3 = "v622" />
<triangular vertex1 = "v622" vertex2 = "v422" vertex3 = "v612" />
<triangular vertex1 = "v646" vertex2 = "v656" vertex3 = "v376" />
<triangular vertex1 = "v376" vertex2 = "v656" vertex3 = "v377" />
<triangular vertex1 = "v409" vertex2 = "v628" vertex3 = "v410" />
<triangular vertex1 = "v410" vertex2 = "v628" vertex3 = "v627" />
<triangular vertex1 = "v660" vertex2 = "v364" vertex3 = "v661" />
<triangular vertex1 = "v661" vertex2 = "v364" vertex3 = "v363" />
<triangular vertex1 = "v424" vertex2 = "v625" vertex3 = "v425" />
<triangular vertex1 = "v425" vertex2 = "v625" vertex3 = "v633" />
<triangular vertex1 = "v666" vertex2 = "v379" vertex3 = "v667" />
<triangular vertex1 = "v667" vertex2 = "v379" vertex3 = "v378" />
</tessellated>

```

Рис. 3. Фрагмент файла в формате GDML

### Результаты тестирования разработанного метода

Для осуществления корректной реализации алгоритма было принято решение использовать примитивные модели на начальных этапах. Это также позволило осуществлять быстро и удобно тестирование программы. В системе САПР CATIA была получена модель пирамиды, представленная на рисунке 4.

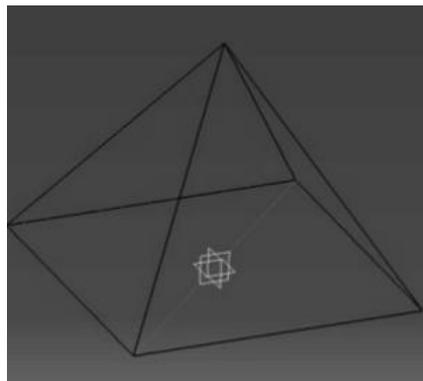


Рис. 4. Геометрическая модель в системе CATIA

Данная пирамида содержит пять уникальных вершин и шесть фасетов. При реализации программы также был учтен факт обхода вершин в системе GEANT4 против часовой стрелки, результат представлен на рисунке 5.

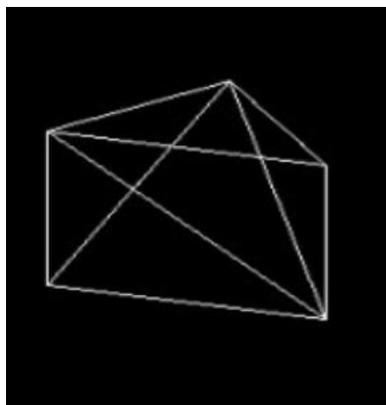
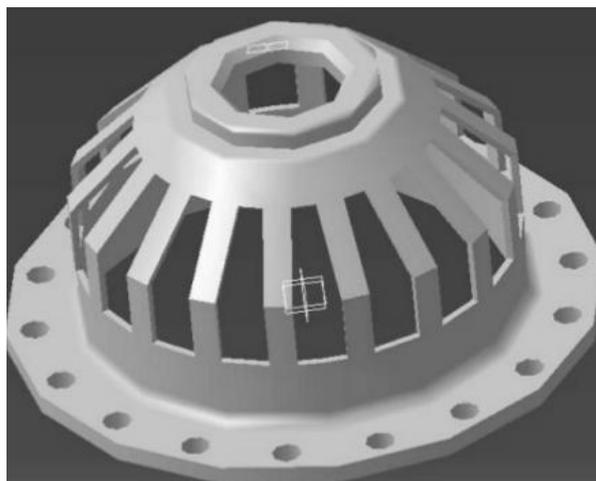


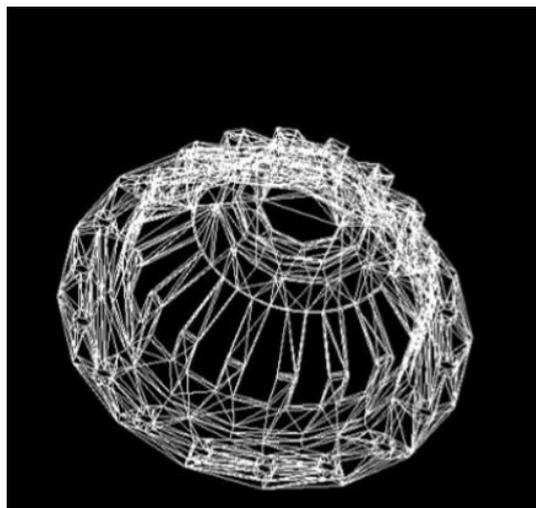
Рис. 5. Модель, полученная в системе GEANT4

При финальном тестировании программы была использована реальная часть физической установки, содержащая 5531 вершину. Деталь представлена на рисунке 6.



*Рис. 6. Деталь, построенная в системе CATIA*

В системе GEANT4 в течение нескольких секунд также был получен корректный результат, представленный на рисунке 7.



*Рис. 7. Тесселированный солид, построенный системой GEANT4*

Создание исполняемой программы моделирования установки в системе GEANT4 - задача конечного пользователя. В самом простом случае от него достаточно описания геометрии детектора, списка физических процессов, учитываемых в моделировании и генерации первичной вершины.

Работа осуществляется на основе базового механизма: описания геометрии, описания физических процессов, визуализации и интерфейса пользователя.

#### **Заключение**

Разработана объектно-ориентированная программа для конвертации в геометрию, распознаваемую системой GEANT4 с помощью стандартных средств САПР CATIA, в качестве языка был использован C++.

Реализована автоматизация геометрического моделирования сложных поверхностей для физического моделирования.

Выполнено автоматическое получение GEANT4-подобной геометрии из инженерной.

Предоставлена возможность для удобного визуального контроля процесса моделирования, а также для одновременной работы с CAD-моделью при анализе физических процессов в системе CAE GEANT4

#### **Список литературы**

1. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. М.: Академия, 2011. 272 с.
2. Басов К.А. CATIA V5. Геометрическое моделирование М.: ДМК Пресс, 2008. 268 с.

3. *Маклахин Б.* Java и XML М.: Символ-Плюс, 2002. 544 с.