

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК НА ОСНОВЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА

О.А. Голуб, П.А. Хаустов
Томский политехнический университет
taube@sibmail.com

Введение

Конструирование и модернизация энергетических котлов, как правило, требует экспериментальных исследований сложного комплекса параметров горения и тепломассообмена, среди которых пространственные скоростные поля топочной среды, дальнобойность и угол раскрытия факела, распределение давления, аэродинамическое сопротивление топки в зависимости от типа горелочных устройств, интенсивности крутки потока и целого ряда прочих конструктивных и режимных факторов. Кроме того, для оптимизации проектируемой конструкции требуется установить количественную зависимость перечисленных теплофизических параметров топочной среды от конструктивных особенностей и режимных условий работы топочного устройства. Натурные многофакторные исследования такого рода, связанные с экспериментальным изучением трехмерной аэродинамики горящего факела, в том числе с вихревыми течениями, являются очень дорогостоящими и трудозатратными. По этой причине в настоящее время при конструировании и модернизации котлов все чаще применяют компьютерную симуляцию топочных процессов с использованием инженерных расчетных программ, разработанных как за рубежом (ANSYS CFD (Fluent & CFX), STAR-CD, FLOW3D, Open-FOAM и др.), так и в России (Flow Vision, VP2/3, SigmaFlow, FIRE 3D и т.п.). Изобилие физических моделей в выше перечисленных пакетах позволяет с хорошей сходимостью предсказывать ламинарные и турбулентные течения, различные режимы теплопереноса, химические реакции, многофазные потоки и другие явления на основе гибкого построения сеток и их адаптации к полученному решению [1].

Так, например, использование пакета прикладных программ FIRE 3D, разработанного авторами [1], позволяет провести полномасштабное исследование сложных физических явлений, детально изучить такие топочные процессы, как распространение пылевоздушной смеси в топочном объеме с учетом гомогенных и гетерогенных реакций горения, тепломассообмена с учетом взаимодействия частиц, радиационного излучения и т.п. При таком способе анализа теплофизических процессов сокращается трудоемкость, материальные и временные затраты, что позволяет в кратчайшие сроки проводить сложные полномасштабные вариантные исследования.

Такие возможности современных инженерных программ, как универсальные модели турбулентности, горения, многофазных течений, а также

подвижные (деформируемые) и перестраиваемые сетки, значительно расширяют область их применения, но в то же время усложняют пользовательский интерфейс, т.е. делают использование программного пакета более сложным в освоении и эксплуатации [2].

Одну из сложностей представляет получение сетки, разделяющей котел на составляющие, подающиеся исследованию. Ранее упомянутые расчетные программы не предоставляют возможности построить данную сетку, а проводят расчеты по уже имеющейся.

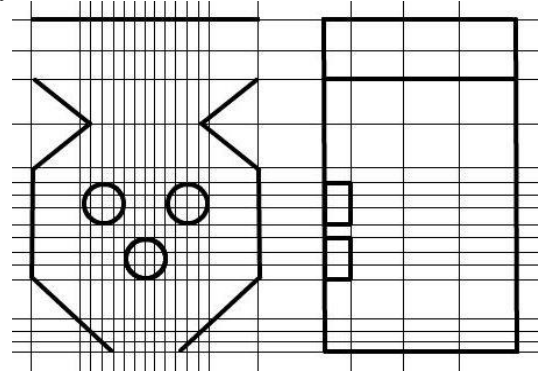


Рис. 2. Пример сетки для котла

Раньше разбиение каждого котла на фрагменты производилось вручную. Выделение всех элементарных частей и расчет для каждой из них занимали несколько часов. Для выполнения этих операций требовалось слишком большое количество временных ресурсов, поэтому возникла необходимость автоматизировать процесс [3].

Для автоматизации процесса получения набора фрагментов необходимо разработать программное обеспечение, принимающее на вход изображение котла и информацию о его функциональных составляющих. На выходе такого программного обеспечения должно быть разбиение изображения котла на элементарные части желаемого размера. Желаемый размер должен задаваться пользователем.

В первую очередь предстояло определить, в каком формате на вход программе будет подаваться информация о котле. В целях упрощения обработки решено было создать собственный графический редактор для построения его изображения. Такой редактор должен предоставлять возможность использовать все графические примитивы, отображающие строение котла. Сохранение файла должно осуществляться в формате xml, удобном для чтения и записи.

Таким образом, программное обеспечение должно состоять из двух модулей: графического редактора и анализатора.

Анализатор должен принимать на вход xml-файл, созданный в графическом редакторе.

Основная трудность реализации анализатора заключается в том, что некоторые элементы имеют форму окружности и не могут быть разбиты на элементарные части установленной формы. Для обработки подобных элементов решено было разделять их на более мелкие части и считать их прямоугольными примитивами. Желаемый размер этих примитивов так же должен приниматься программой.

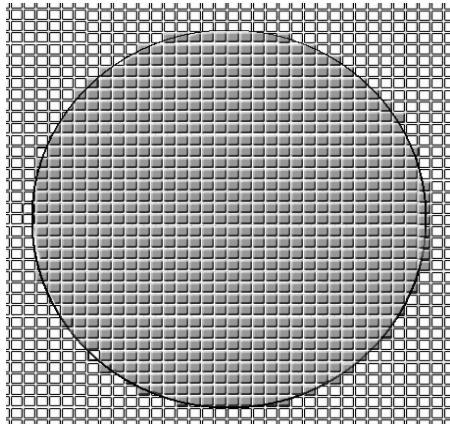


Рис. 3. Разбиение круглой горелки на прямоугольные примитивы

В качестве результата работы программное обеспечение должно генерировать файл, в котором содержатся перечни координат сетки по вертикали и по горизонтали, а также матрица, характеризующая каждый прямоугольник на рисунке котла.

Существует четыре основных варианта для каждого прямоугольника:

- Горелка;
- Выход из котла;
- Основная часть котла;
- Незаполненное место.

Так как не все границы котла параллельны координатным осям, и вследствие этого невозможно разделить рисунок только на прямоугольные примитивы, некоторые прямоугольники состоят из двух треугольников разных видов.

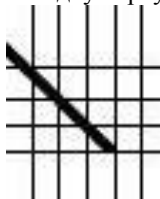


Рис. 4. Фрагмент стенки котла, содержащей составные прямоугольные примитивы

Вся информация должна сохраняться в файл с расширением `xml`, который в дальнейшем будет подаваться на вход программам, которые будут

производить анализ данных, представленных в этом файле.

Реализация программы планируется на языке C++. Выбор языка обусловлен следующим рядом причин:

Поддержка объекто-ориентированного подхода;

Кроссплатформенность;

Высокое быстродействие.

Заключение

На данный момент выполняется этап проектировки архитектуры программного обеспечения и разработка алгоритма построения сетки.

Для выполнения этого этапа требуется выбрать подходящий абстрактный тип данных для хранения информации обо всех графических примитивах и точках их соединения. Это обусловлено тем, что обработка всех графических примитивов для поиска пересечений с какой-либо линией сетки может привести к существенным временным затратам, в то время, как зачастую одна линия сетки пересекает лишь небольшое число графических примитивов. Также требуются эффективные алгоритмы поиска внутри используемых абстрактных типов данных, чтобы с ростом количества графических примитивов и линий сетки по каждой из осей, время работы алгоритма увеличивалось несущественно. Для решения поставленной задачи также потребуется алгоритм нахождения значений сетки по каждой из осей, обладающий высоким быстродействием и низким потреблением памяти.

В планах на будущее – добавление новых модулей, простейших аналогов вышеупомянутых программных продуктов, которые будут осуществлять вычисление некоторых функций по заданной готовой сетке.

Литература

1. Гиль А.В., Старченко А.В. Моделирование топочной среды при переводе пылеугольных котлов с твердым шлакоудалением на непроектное топливо: Автореф. дис. канд.тех.наук: ТПУ. – Томск, 2008. – 172 с.
2. Хаустов С.А. Разработка системы параметрического конструирования сетки модели котлов и котельного оборудования для упрощения работы с пакетом прикладных программ ANSYS // Теплофизические основы энергетических технологий: сборник научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 6-8 Октября 2011. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011 - С. 255-261
3. Гиль А.В. Влияние дискретизации расчетной области топочной камеры на результаты численных исследований [Электронный ресурс] // Теплофизические основы энергетических технологий [Электронный ресурс]: сборник научных трудов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 4-6 октября 2011 г.