

Разработка алгоритма построения гибридной расчётной сетки для моделирования
пристеночных эффектов

Д.В. Продан, А.С. Рощин

Московский физико-технический институт (государственный университет)

ГНЦ ФГУП «Центр им. Келдыша»

При выборе вида расчётной сетки имеет значение набор нескольких факторов. Среди них – геометрия расчётной области, особенности алгоритмов имеющихся генераторов, удобство их использования, вычислительные мощности компьютера, необходимая точность.

Структурированные сетки обладают рядом преимуществ по части вычислений: как правило, расчёт на таких сетках занимает относительно немного времени, упрощена адресация к ячейкам и узлам сетки. С другой стороны, на некоторых расчётных областях построение структурированных сеток затруднительно, оно может требовать непосредственного участия оператора в процессе генерации, получившиеся ячейки своей формой могут затруднять вычисления и вносить значительную погрешность. Этих недостатков могут быть лишены неструктурированные сетки, например, треугольные. Которые, в свою очередь, не столь эффективны в расчёте из-за неупорядоченности.

Минимизировать обусловленные выбором сетки неудобства можно использованием гибридной сетки. В таком случае всё расчётное пространство будет разбито на подпространства, где будут использованы разные типы сеток.

При решении задач моделирования газодинамики с учётом эффектов пограничного слоя мы сталкиваемся с некоторыми характерными особенностями таких задач. Течение газа в погранслое носит довольно упорядоченный характер, изменения величин в направлении нормальном к стенке значительно превышают изменения величин, в направлении касательном к стенке и в ядре потока, значения производных величин возле стенки требуют высокой разрешающей способности.

В силу описанных особенностей был создан алгоритм построения двумерной гибридной расчётной сетки следующего вида: в узкой области вдоль стенки строится структурированная четырёхугольная сетка, ячейки которой имеют большую длину сторон, параллельных стенке и малую – перпендикулярных. Таким образом, удаётся совместить требования к высокой разрешающей способности в одном из направлений и малому количеству ячеек в целом. Остальная же область заполняется неструктурированной

треугольной сеткой, что позволяет использовать алгоритм для самых разнообразных геометрий.

Граница расчётной области задаётся замкнутой ломаной линией. Пристеночная область сетки строится слоями, узлы сетки лежат на векторах, построенных в узлах граничной линии с учётом конфигурации примыкающих к узлу отрезков. Толщина каждого слоя задаётся функцией от удалённости от стенки. Для триангуляции используется генератор, описанный в [2].

Сетка построенная согласно описанным идеям показала преимущество перед треугольной неструктурированной сеткой с аналогичной разрешающей способностью пристеночного слоя по количеству узлов и ячеек сетки (таблица 1), а так же по времени расчёта (~4 мин и ~ 40 минут соответственно при разрешающей способности 0,4мм).

Разрешая способность пристеночного слоя ячеек, мм.	Тип	Количество ячеек	Количество рёбер	Количество узлов
0,4	Гибридная	20023	32211	12189
	Треугольная	50680	77100	26421
0,14	Гибридная	58784	96341	37558
	Треугольная	226227	343299	117023

Рис.1. Сравнение количества структурных элементов гибридной и треугольной сетки одной разрешающей способности

Таким образом, дальнейшее использование гибридных сеток описанного типа представляется целесообразным. Они могут пригодиться и в других областях моделирования, где наблюдаются схожие пристеночные явления. Возможно и развитие идеи для случая трёхмерного моделирования.

Литература

1. *Nils Reidar B. Olsen.* Computational Fluid Dynamics in Hydraulic and Sedimentation Engineering. 2nd revision, 16. June 1999. – 65с.
2. *Рощин А.С.* Моделирование пространственных течений в газовых трактах с использованием адаптивных сеток, Диссертационная работа, Москва, 2014.
3. *Шлихтинг Г.,* Теория пограничного слоя. Перевод с немецкого. М.: Наука, 1974. – 712с.