

О МЕТОДЕ НАЛОЖЕННЫХ СЕТОК

Н.Г. Бураго¹, И.С. Никитин²

¹ ИИПМех РАН им. А.Ю. Ишлинского, Москва, Россия

² ИАП РАН, Москва, Россия

Моделирование течений в подвижных областях сложной формы представляет большой интерес в связи с изучением разнообразных природных и технологических процессов.

Имеется три основных группы численных методов решения таких задач. Первую группу образуют лагранжевы методы и методы произвольно подвижных адаптивных сеток. Реализация этих методов связана с решением вспомогательных нетривиальных проблем генерации и управления движением сеток. Эти методы сложно реализовать в областях решения переменной топологии.

Вторая группа методов представлена методами фиктивных областей, методами непрерывных и дискретных маркеров, а также методами наложенных сеток. Эти методы реализуются алгоритмами сквозного счета на регулярных эйлеровых сетках, окаймляющих область решения, а функции области, маркеры и наложенные сетки используются для идентификации (подвижных) границ и учета граничных условий. Упрощение геометрического описания переменной области решения достигается за счет огрубления аппроксимаций граничных условий.

Идея полного освобождения от необходимости генерации сеток воплощается в третьей группе методов, называемых бессеточными и ориентированных на дискретные законы сохранения для частиц, свободных точек, вейвлетов, вихрей, клеточных автоматов и тому подобных математических конструкций, формирующих свободные (от сеток) наборы базисных функций. В этих методах имеются свои трудности, в частности, с учетом граничных условий.

В настоящей работе рассматривается гибридный метод, который имеет черты первых двух групп. Основная сетка в трехмерной геометрии занимает так называемую окаймляющую область в виде параллелепипеда и изначально является регулярной, односвязной и равномерной сеткой ячеек-параллелепипедов. Наложённые сетки занимают части области, покрытой основной сеткой, недоступные для течения рассматриваемой сплошной среды.

В основе метода лежит идея сквозного счета эволюции течения сплошной среды на основной сетке с использованием наложенных сеток для исключения из расчета узлов и ячеек основной сетки, накрытых наложенными сетками. При этом заданные значения искомых функций в узлах наложенной сетки и конфигурация границ наложенной сетки используются для постановки граничных условий на основной сетке.

С другой стороны, рассчитанные значения искомых функций на основной сетке можно использовать для определения их значений на границах наложенных сеток и для определения с их помощью нагрузок на дополнительные тела, представленные наложенными сетками. Далее эти значения можно использовать для расчета движения и деформаций этих дополнительных тел. То есть, в методе наложенных сеток на каждом шаге расчета с помощью интерполяции используется обмен информацией между основной и наложенными сетками.

Основная сетка является произвольно подвижной и адаптивной к решению. Целью движения узлов является уменьшение ошибок аппроксимации около скачков и в пограничных слоях, что, конечно, реализуется приближенно с помощью метода упругих сеток [1]. Подвижность узлов основной сетки ограничена требованием невырожденности ячеек.

В качестве примера решены задачи о плоских сверхзвуковых течениях идеального совершенного газа около препятствий ($M = 3, \gamma = 1.4$).

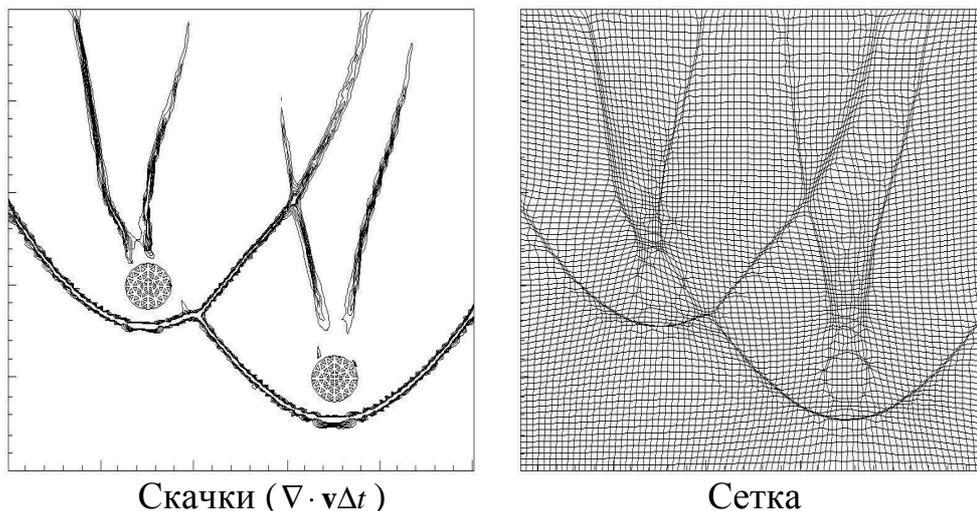


Рис. 1. Двумерное сверхзвуковое обтекание препятствий.

Положительными качествами гибридного метода адаптивных наложенных сеток являются простота реализации и использования. Недостаток заключается в грубой аппроксимации граничных условий. Исследование проведено в связи с проектами РФФИ 12-08-00366-а, 12-08-01260-а.

1. Бураго Н.Г., Иваненко С.А. Применение уравнений теории упругости к построению адаптивных сеток // Труды Всеросс. Конф. по прикладной геометрии, построению сеток и высокопроизводительным вычислениям, Москва, ВЦ РАН, 28 июня - 1 июля 2004г. / Под ред. В.А. Гаранжи - М.: ВЦ РАН, 2004. - С. 107-118.
2. Бураго Н.Г., Никитин И.С. Расчет сжимаемых течений на адаптивных сетках // Материалы XX школы-семинара "Аэродинамика летательных аппаратов", ЦАГИ. 26-27 февраля 2009г. – Жуковский: ЦАГИ, 2009 - С. 36.