

# МЕТОД НАЛОЖЕННЫХ СЕТОК ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД

Н.Г. Бурого<sup>1</sup>, И.С. Никитин<sup>2,3</sup>  
(<sup>1</sup>ИПМех РАН им. А.Ю. Ишлинского, <sup>2</sup>ИАП РАН, <sup>3</sup>МАИ, г. Москва)

Генерация расчетных сеток для описания сложной и, возможно, переменной во времени геометрии области решения является непростой и трудоемкой задачей, над решением которой математики активно работают, начиная с шестидесятых годов 20-го века [1]. Помимо трудностей, связанных с конструированием методов построения сеток, например, с помощью отображений, значительные затраты труда расчетчика требуются потом при подготовке входных данных о геометрии области и при задании сеток на ее границах. Значительно упростить задачи построения расчетных сеток и задания сложной геометрии можно с помощью метода наложенных сеток, который заключается в том, что сначала вводится регулярная окаймляющая сетка, покрывающая (возможно, с запасом) рассматриваемую область движения сплошной среды. Например, вводится окаймляющий параллелепипед, заполненный маленькими ячейками-параллелепипедами. Для описания границ используются дополнительные, так называемые, наложенные сетки. Из расчета исключаются те узлы и ячейки окаймляющей сетки, которые накрыты наложенными сетками и, значит, расположены вне разрешенной области движения сплошной среды. Во многих случаях такое исключение можно проводить альтернативно с помощью аналитически заданных условий, с помощью переменных во времени непрерывных маркер функций, принимающих определенные значения в области разрешенного движения среды, или с помощью лагранжевых дискретных частиц-маркеров, движущихся со средой (см. обзор [1]).

В настоящей работе рассматривается описание геометрии наложенными сетками. Истоки метода наложенных сеток можно обнаружить в трудах по численным методам полувековой давности, например в [2,3]. В то время описание границ наложенными сетками не обеспечивало достаточной точности численного решения на вынужденно грубых сетках из-за малых объемов памяти и слабого быстродействия компьютеров. Попытки повышения точности путем применения улучшенных аппроксимаций решения вблизи границ, описываемых пересечениями окаймляющей и наложенных сеток, приводили к значительному усложнению алгоритмов (см. например, введение множества типов дробных ячеек в [4]). В настоящее время ситуация кардинально изменилась. Благодаря значительно возросшей мощности современных компьютеров (даже персональных), стало реальностью применение сеток высокого разрешения. При использовании подвижных адаптивных сеток высокого разрешения метод наложенных сеток уже обеспечивает достаточную точность и становится все более привлекательным. Представлены решения задач о нестационарных сверхзвуковых течениях идеального совершенного газа около нескольких препятствий и задач формирования лопаток турбин. Положительными качествами гибридного метода адаптивных наложенных сеток являются простота реализации и использования.

Исследование выполнено в рамках проекта РФФИ 15-08-02392.

## Литература

1. Бурого Н.Г., Кукуджанов В.Н. Обзор контактных алгоритмов // Известия РАН. Механика твердого тела. 2005. No.1. С. 44-85.
2. Вычислительные методы в гидродинамике / Ред. Б. Олдер, С. Фернбах, М. Ротенберг, М., Мир, 1967.
3. Численные методы в механике жидкостей / Ред. О.М. Белоцерковский. М., Мир. 1973.
4. Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц. М., Наука, 1982.