**Адаптивные сеточные численные методы**

***Тун И***

*Студент (магистр)*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова*

*Институт русского языка и культуры, Москва, Россия*

*E-mail: tongyi@nightload.cc*

Адаптивные сеточные численные методы основаны на мониторинге характеристик потока жидкости в режиме реального времени, чтобы определить, в каких областях требуется более высокая плотность сетки. Это включает два этапа: оценку ошибок и настройку сетки. Оценка ошибок выявляет области с высокой погрешностью в вычислениях, а настройка сетки локально уточняет сетку. Основным преимуществом данного подхода является его способность автоматически адаптироваться к изменениям в поле течения, что повышает эффективность и точность вычислений.

В газовой динамике метод адаптивной сетки широко используется для моделирования сложных явлений течения, таких как всплеск, турбулентность и многофазные потоки. Например, в задаче моделирования волны вокруг препятствия технология адаптивной сетки может автоматически увеличивать плотность сетки вблизи волны и уменьшать количество точек сетки в области, где течение не сильно меняется.

Для краткого описания применения методов адаптивной сетки рассмотрим простую двумерную задачу ламинарного течения вокруг плоской пластины. В этой задаче предполагается, что жидкость течет с небольшой скоростью вокруг плоской пластины. Задача характеризуется образованием пограничных слоев на передней и задней кромках плоской пластины, эти области требуют высокой плотности сетки для точного отображения деталей течения жидкости.

Начальные настройки:

1. Скорость жидкости: устанавливается на низкое значение, чтобы обеспечить ламинарное течение жидкости.

2. Расчетная область: включает плоскую пластину и окружающую ее область жидкости.

3. Начальная сетка: вся расчетная область покрывается равномерной начальной сеткой.

Процесс расчета:

1. Расчет поля течения: сначала поле течения моделируется на начальной сетке с помощью уравнений Навье-Стокса.

2. Оценка ошибок: далее оцениваются локальные ошибки в расчете поля течения, особое внимание уделяется областям пограничного слоя на передней и задней кромках плоской пластины.

3. Корректировка сетки: на основе результатов оценки ошибок производится корректировка сетки. Плотность сетки увеличивается в области пограничного слоя, уменьшается в области, где течение не сильно меняется.

4. Итерационный расчет: расчет поля течения повторяется с использованием скорректированной сетки до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность.

Эта процедура демонстрирует практическое применение метода адаптивной сетки и показывает как сетка может быть настроена по физическим свойствам течения, чтобы повысить эффективность и точность расчета.

Основным преимуществом метода адаптивной сетки является его способность повышать точность и эффективность вычислений, особенно при моделировании задач со сложными границами и быстро меняющимися характеристиками потока. Однако эта техника также сталкивается с рядом проблем, включая точность оценки ошибок, стратегию настройки сетки и баланс вычислительных затрат.

**Литература**

[1] Christopher J, Falgout R D, Schroder J B, et al. A space-time parallel algorithm with adaptive mesh refinement for computational fluid dynamics[J]. Computing and Visualization in Science, 2020, 23: 1-20.

[2] Giuliani A, Krivodonova L. Adaptive mesh refinement on graphics processing units for applications in gas dynamics[J]. Journal of Computational Physics, 2019, 381: 67-90.

[3] Sambasivan S K, UdayKumar H S. Sharp interface simulations with Local Mesh Refinement for multi-material dynamics in strongly shocked flows[J]. Computers & Fluids, 2010, 39(9): 1456-1479.