

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ В РАСЧЕТАХ МНОГОФАЗНЫХ СЖИМАЕМЫХ СРЕД НА ЭЙЛЕРОВЫХ СЕТКАХ

Научный руководитель – **Меньшов Игорь Станиславович**

Чжан Чао

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,
Россия

E-mail: zhang-c@mail.ru

В данной работе рассматривается численный подход к моделированию сжимаемой гетерогенной многофазной среды с разделяющими компонентами межфазными границами (интерфейсами), на которых необходимо учитывать эффект поверхностного натяжения. Мы используем эйлеровы сетки, не согласованные с границами фаз, и модель диффузной границы для описания интерфейсов, которая основана на односкоростной редуцированной модели многофазной среды [1]. При таком подходе описание поверхностного натяжения может быть выполнено с помощью модели непрерывно распределенной объемной силы (continuum surface force, CSF), первоначально предложенной для двухфазной несжимаемой среды [2]. В работе мы обобщаем этот подход на случай произвольного числа сжимаемых фаз. Для этого путем расщепления коэффициентов поверхностного натяжения между фазами вводятся эффективные коэффициенты, связанные с поверхностным натяжением отдельных фаз. С помощью этих коэффициентов определяется термодинамически согласованная энергия поверхностного натяжения для каждой фазы. В результате получается замкнутая диффузная модель течения сжимаемой многофазной среды с интерфейсами, учитывающая поверхностное натяжение обобщенным методом CSF. Обсуждаются также вопросы, связанные с учетом в предложенной модели вязких эффектов. Распределение фаз в рассматриваемой модели определяется функциями порядка, имеющими смысл объемных долей фаз и удовлетворяющими уравнениям адвекции. Для последних необходимо выполнение условий нормировки (сумма равна единице) и положительности (значения между нулем и единицей). Для того, чтобы гарантировать выполнение этих условий при численном решении уравнений модели, предлагается в численном методе вместо решения уравнения адвекции для объемных долей использовать решение для характеристических функций - специальных рациональных функций от объемных долей [3]. Доказывается, что при таком подходе свойства нормировки и положительности в численных решениях будут выполняться гарантировано. Предложенная численная модель и метод тестируются на ряде задач течения многофазной среды. Полученные результаты демонстрируют хорошую точность предложенной численной модели.

Источники и литература

- 1) Kapila A.K., Menikoff R., Bdzil J.B., Son S.F., Stewart D.S. Two-phase modeling of deflagration-to-detonation transition in granular materials: Reduced equations // *Physics of Fluids*, 2001, v. 13, p. 3002-3024.
- 2) Brackbill J.U., Kothe D.B., Zemach C. A Continuum Method for Modeling Surface Tension // *J. Comput. Phys.*, 1992, v. 100, p. 335-354.

- 3) Zhang Ch., Menshov I.S. Continuous Method for Calculating the Transport Equations for a Multicomponent Heterogeneous System on Fixed Euler Grids // *Mathematical Models and Computer Simulations*, 2019, v. 4.