

**Численное моделирование сопряженных задач газодинамики и динамики
твёрдого тела при больших деформациях**

Научный руководитель – Меньшов Игорь Станиславович

Ван Луцзе

Аспирант

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

E-mail: wanglujie@mail.ru

Одним из основных и наиболее важных элементов численного моделирования многофазных динамических процессов является метод, используемый для описания движения границы раздела фаз. Физически граница раздела между различными фазами настолько тонка, что ее можно рассматривать как поверхность нулевой толщины, на которой параметры среды претерпевают разрыв - скачкообразное изменение. При этом межфазная граница может сильно деформироваться, что делает прямые методы отслеживания границы трудновыполнимыми.

Альтернативным подходом является метод диффузной границы (diffuse interface method -DIM), который приобрел значительную популярность в последние годы, основан на искусственном перемешивании различных фаз в малой области вблизи межфазной границы. При этом возникает узкая зона с, вообще говоря, нефизичной смесью (например, газ-твёрдое тело). Несмотря на этот недостаток, DIM имеет важные преимущества - термодинамическое согласование сохраняется везде, даже в переходной области диффузной границы и ошибки, связанные с возникновением переходной зоны имеют порядок ошибок дискретизации. Наиболее общей моделью двухфазной диффузной границы является модель Баера-Нунциато, состоящая из семи уравнений: шести уравнений для сохранения массы, импульса и полной энергии в каждой фазе и одно уравнение для эволюции объемной доли.

Прежде чем разрабатывать модели диффузной границы для решения задач FSI, необходимо рассмотреть соответствующие численные модели отдельных фаз (single phase model). Для описания твердой фазы (упругопластической) мы используем гипотетическую модель Уилкинса. Эта модель и разработка соответствующих численных методов является темой представляемого доклада. Консервативная часть определяющих уравнений, т.е., консервативные уравнения для массы, импульса и энергии, решаются численно методом С.К. Годунова на основе приближенного HLL решения задачи Римана [2]. Неконсервативная часть, состоящая из материальных соотношений для тензора девиатора напряжений, решается методом интегрирования по пути в фазовом пространстве (path-conservative scheme) [1]. Путь интегрирования может быть выбран как прямая линия, соединяющая два состояния, или специальным способом, который исключает решение нелинейных уравнений. В докладе будут приведены результаты тестовых расчетов по схеме HLL как с прямолинейным путем, так и с предложенным альтернативным.

Источники и литература

- 1) Dumbser M, Balsara D S. A new efficient formulation of the HLLEM Riemann solver for general conservative and non-conservative hyperbolic systems[J]. Journal of Computational Physics, 2016, 304: 275-319.
- 2) Toro E F. Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics: a practical introduction[M]. Springer Science & Business Media, 2013.