

РАЗВИТИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ РИХТМАЙЕРА-МЕШКОВА ПРИ ПАДЕНИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА СИСТЕМУ ИЗ ДВУХ КАПЕЛЬ ТЯЖЁЛОГО ГАЗА

К.И. Зырянов *, Г.А. Руев *, А.В. Федоров **

* 630008, НГАСУ (Сибстрин), Новосибирск, Россия,

**630090, ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН, Новосибирск, Россия.

Импульсное ускорение искривленной границы раздела двух сред с разной плотностью порождает неустойчивость Рихтмайера – Мешкова [1,2], что связано с рассогласованием градиентов плотности и давления. В результате возникает осаждение бароклинной завихренности вдоль поверхности раздела, что приводит к деформированию поверхности, смешению сред и в дальнейшем к возникновению турбулентности. После прохождения ударной волны через систему образуется пара вихревых областей (именуемых в дальнейшем, для краткости, вихрями) на противоположных концах каждой капли тяжёлого газа. В дальнейшем течение вблизи капель определяется взаимодействием этих вихрей. Со временем появляется волнообразность в области смешения, что связано с возникновением вторичной неустойчивости. В результате комбинация этих неустойчивостей приводит течение к турбулентности.

Ранее [3] была рассмотрена аналогичная задача, но с одной каплей. Было получено удовлетворительное количественное и качественное соответствие с экспериментами. Исследовалось, также, влияние ширины переходного слоя (размазки), концентрации тяжёлого газа в центре капли и диаметра капли на эволюцию структуры. Установлено, что изменение начальных данных не приводит к существенным качественным изменениям картины течения, хотя плавное изменение количественных характеристик, прежде всего ширины зоны смешения, прослеживалось. Расчёты проводились на основе уравнений двухскоростной двухтемпературной смеси газов, когда каждый компонент имеет собственную скорость и температуру. Данный подход позволяет описать как деформацию капли, так и протекающие при этом процессы перемешивания газов. В качестве метода расчета для пространственной аппроксимации системы используется метод расщепления вектора потоков с применением непрерывного ограничителя [4], используемым при построении TVD - схем. Используемая схема имеет второй порядок точности по времени и третий по пространственным координатам в области гладких течений.

В отличие от предыдущей задачи, эволюция системы из двух капель определяется взаимодействием уже не двух, а четырёх вихревых структур. Аналогично работе [2], носящей экспериментальный характер, исследовалось влияние начального (поперечного к фронту ударной волны) разделения капель на динамику потока. Начальные условия определялись не только диаметром капель (который соответствовал указанному в [2] значению – 3,1 мм) и расстоянием между их центрами. Требовалось, также сформировать переходный слой. Для этого проводилось численное решение уравнения диффузии в двумерной постановке. Здесь, в качестве параметра, выступало время диффузии, предшествующее началу взаимодействия с ударной волной. Стоит отметить, что этот параметр существенно влияет на качественную картину течения в достаточно широком интервале расстояний между центрами капель, что свидетельствует о высокой чувствительности к начальным данным в задаче с четырьмя вихрями. Для проведения верификации, в результате серии расчётов, было подобрано время диффузии при котором наблюдалось удовлетворительное качественное и количественное соответствие с [2] по ряду параметров.

В отношении такого параметра, как расстояние между каплями (по мере его увеличения), характер эволюции, как и было отмечено в [2] разделяется на три категории: сильное, умеренное и слабое взаимодействие. Для каждого интервала качественная картина эволюции отличается существенно, что, опять же, свидетельствует о высокой чувствительности результатов к начальным данным в задаче с четырьмя вихрями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мешков Е.Е.** Неустойчивость границы раздела двух газов, ускоряемой ударной волной/ Е.Е. Мешков // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. 1969. №5. С. 151-157.
2. **Tomkins C., Prestrige K., Rightly P., Marr-Lyon M., Vorobieff P., Benjamin R.** A quantitative study of the interaction of Richtmyer-Meskov-unstable gas cylinders.// Phys. Fluids. 2003. Vol. 15. No. 4. P. 986-1003.
3. **Зырянов К.И., Руев Г.А., Федоров А.В.** Развитие неустойчивости Рихтсайера-Мешкова в результате прохождения ударной волна через цилиндрическую структуру тяжёлого газа.// Инженерно-физический журнал. 2017. Vol. 90, No 2. P. 458-464.
4. **Anderson W.K., Thomas J.L., Van Leer.B.** Comparison of volume flux vector splittings for the Euler equations. // AIAA Journal. 1986. Vol. 24. No. 9. P. 1453-1460.