

Некоторые аспекты численного моделирования течений двухфазных дисперсных сред

Научный руководитель – Меньшов Игорь Станиславович

Немцев Максим Юрьевич

Аспирант

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

E-mail: maks-ivant@mail.ru

В работе рассматриваются некоторые вопросы численного моделирования течения двухфазной дисперсной среды, представляющей собой неравновесную смесь газовой несущей компоненты и твердых мелких несжимаемых и недеформируемых частиц. В качестве математической модели используется модель двух взаимопроникающих континуумов [1] с учетом межгранулярного давления для описания режимов с плотной упаковкой частиц. Термодинамический анализ этой модели показывает, что для согласованности со вторым законом термодинамики на межгранулярное давление необходимо наложить дополнительное условие вырождения, т.е., обнуления межгранулярного давления, если знак дивергенции скорости дисперсной фазы положителен. Учет условия вырождения при построении численного метода для решения полной системы определяющих уравнений двухфазного течения является нетривиальной задачей. Для ее исследования в настоящей работе рассматривается упрощенная модель, описывающая движение твердой фазы частиц в пределе, когда плотность несущей газовой фазы стремится к нулю (движение частиц в вакууме).

Упрощенная модель представляется системой двух уравнений для объемной доли и скорости дисперсной фазы. Для этой системы исследуются решение на сильном разрыве (волна компактирования) и автомодельное непрерывное решение разгрузки (волна раскомпактирования). Показано, что последнее не может существовать в силу условия вырождения. Это приводит к вырождению непрерывной волны раскомпактирования в поверхность сильного разрыва. Таким образом, как компактирование, так раскомпактирование частиц в рассматриваемой модели происходит на поверхности сильного разрыва. Выписываются соответствующие соотношения на поверхностях этих разрывов. С помощью полученных решений проведен полный анализ задачи Римана о распаде произвольного разрыва в дисперсной фазе.

В работе представлены результаты анализа всех возможных волновых конфигураций в задаче Римана. Для каждой конфигурации строится точное решение задачи Римана. Для численного решения рассматриваемой модели предложена явная схема С.К. Годунова второго порядка аппроксимации по пространству. Увеличение порядка аппроксимации достигается за счет кусочно-линейной подсеточной реконструкции параметров и использования ограничителя производных в форме Ван-Альбада. Проведено численное решение задач Римана, реализующих возможные волновые конфигурации, и сравнение полученных решений с точными аналитическими решениями.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-90027.

Источники и литература

- 1) Хоменко Ю.П., Ищенко А.Н., Касимов В.З. Математическое моделирование внутрибаллистических процессов в ствольных системах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 255 С