

ГАЗ-МОНОДИСПЕРСНАЯ ПЫЛЬ В МЕТОДЕ ГИДРОДИНАМИКИ СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ: РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОГО И НЕЛИНЕЙНОГО ТРЕНИЯ

Т.А. Глушко^{1,2}, Ф.А. Окладников^{1,2}, О.П. Стояновская^{1,2}, В.Н. Снытников^{2,3},
Н.В. Снытников⁴

*1 Институт гидродинамики им.М.А. Лаврентьева СО РАН,
630090, Новосибирск, Россия*

2 Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, Россия

3 Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

*4 Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
630090, Новосибирск, Россия*

Моделирование динамики газодисперсных сред крайне важно во многих приложениях: конструкция химических реакторов, эволюция околозвёздных дисков и другие. Такие смеси, в которых газ является несущей фазой, а твёрдые частицы – дисперсной, могут моделироваться как взаимопроникающие сплошные среды. Характеристическим параметром такой задачи является время выравнивания скоростей газа и пылевых частиц. В ряде задач данный параметр существенно варьируется, в результате в рамках одного расчета имеют место различные режимы трения: линейный, в котором сила трения прямо пропорциональная относительной скорости между газом и частицами, и нелинейный, в котором имеет место степенная или более сложная зависимость силы трения от относительной скорости между газом и частицами. Кроме того, время релаксации скоростей между газом и твердой фазой может быть много меньше динамического времени задачи. Таким образом, на численные методы решения данного класса задач налагаются высокие требования.

В данной работе мы предлагаем новый прямой алгоритм расчета нелинейного межфазного взаимодействия для метода гидродинамики сглаженных частиц, являющимся развитием подхода [1], в котором сила трения линейно зависит от относительной скорости между газом и телами. Силы, действующие на газ и пыль (кроме силы трения) аппроксимируются явно, а сила трения линеаризуется, при этом время релаксации скорости газа и тел рассчитывается явно, а относительная скорость между газом и частицами - неявно. Разработанный алгоритм был протестирован на задачах динамики газопылевой среды, имеющих эталонное решение. Показано, что в данном алгоритме для нелинейного и интенсивного межфазного взаимодействия выбирать пространственное разрешение и временной шаг можно независимо от параметров трения, в отличие от ранее разработанного явного алгоритма [2]. Кроме того, реализация нового алгоритма требует меньшего количества арифметических операций по сравнению с ранее разработанными подходами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант №19-71-10026

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Stoyanovskaya O.P., Glushko T.A., Snytnikov N.V., Snytnikov V.N.** Two-fluid dusty gas in smoothed particle hydrodynamics: Fast and implicit algorithm for stiff linear drag. // *Astronomy and Computing*. 2018. Vol. 25, P. 25-37.
2. **Monaghan J., Kocharyan A.** SPH simulation of multi-phase flow. // *Computer Physics Communications*. 1995. Vol. 87, P. 225–235.

© Т.А. Глушко, Ф.А. Окладников, О.П. Стояновская, В.Н. Снытников, Н.В. Снытников, 2019