

Математическое моделирование взаимодействия ударной волны с электрически заряженной запылённой средой¹

Тукмаков Д.А.

ИММ — обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань

Многие природные явления и промышленные технологии связаны с течениями неоднородных сред [1,2], в частности процессы, связанные с течением аэрозолей и запылённых сред встречаются в горной и химической промышленности, аэрокосмических технологиях и т.д. В ряде случаев возникает необходимость исследования динамики дисперсных потоков, движущихся как под действием аэродинамических сил, так и под влиянием сил электрической природы [3]. В течениях подобного рода сред могут возникать физические эффекты отличные от процессов, наблюдаемых в классической газовой динамике [4]. В данной работе для моделирования движения электрически заряженной газовой среды [5–8] используется ряд известных из литературы результатов методологии математического моделирования динамики неоднородных сред.

В работах [5,7] исследовалась генерация акустических импульсов в газе, вызванных движением электрически заряженной дисперсной компоненты двухфазной среды. Целью данной работы является исследование влияния электрического заряда дисперсной компоненты газовой среды на параметры несущей среды, при распространении ударной волны из чистого газа в запылённую среду. Для описания движения неоднородной среды применяется система уравнений динамики многокомпонентной и многотемпературной газовой среды со скоростным скольжением фаз и межфазным теплообменом. Движение несущей среды описывается системой уравнений Навье–Стокса для сжимаемого теплопроводного газа с учетом межфазного силового взаимодействия и теплообмена. Компоненты вектора межфазного силового взаимодействия включают в себя силу аэродинамического сопротивления, динамическую силу Архимеда, силу присоединенных масс [1], а также силу Кулона [3]. Наиболее существенное влияние на межфазное силовое взаимодействие оказывает сила аэродинамического сопротивления [2], при этом учет динамической силы Архимеда и силы присоединенных масс позволяет уточнить межфазное силовое взаимодействие. Система уравнений динамики несущей среды и дисперсной компоненты решалась явным конечно-разностным методом Мак-Кормака второго порядка

точности [9]. Для описания распределения потенциала электрического поля решалось уравнение Пуассона, в правой части которого записывалось отношение массового заряда дисперсной фазы к диэлектрической проницаемости среды. Уравнение Пуассона интегрировалось методом установления [10].

Список литературы

- [1] Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч.1 Наука, 1987. 464с.
- [2] Кутушев А.Г. Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах. СПб.: Недра, 2003. 284 с.
- [3] Сальянов Ф.А. Основы физики низкотемпературной плазмы, плазменных аппаратов и технологий. М., Наука, 1997. 240 с.
- [4] Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
- [5] Тукмаков А.Л., Тукмаков Д.А. Генерация акустического возмущения движущейся заряженной газовой средой // Инженерно-физический журнал. 2018. №5. С.1-7.
- [6] Тукмаков А.Л., Кашапов Н.Ф., Тукмаков Д.А., Фазлыяхматов М.Г. Процесс осаждения заряженной полидисперсной газовой среды на поверхность пластины в электрическом поле // Теплофизика высоких температур, 2018. № 4. С.498–502.
- [7] Тукмаков Д. А. Численное моделирование колебаний электрически заряженной гетерогенной среды, обусловленных межкомпонентным взаимодействием // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2019. № 3. С. 73-85
- [8] Тукмаков Д.А. Численное исследование влияния электрического заряда дисперсной фазы на параметры отражения ударной волны при распространении ударных волн из запылённых сред в однородный газ // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки, 2019, №4, С. 121-131.
- [9] Fletcher C.A., Computation Techniques for Fluid Dynamics, Springer-Verlang, Berlin, 1988. 502 p.
- [10] Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырский П.И. Вычислительные методы, Т.2, М.: «Наука», 1977. 401 с.

¹Грант РФФИ №19-01-00442, Грант президента РФ № МК-297.2020.1