

ПРИМЕРЫ СФЕРИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНЫХ АВТОМОДЕЛЬНЫХ ТЕЧЕНИЙ ТЕПЛОПРОВОДНОГО НЕВЯЗКОГО ГАЗА

БАУТИН С. П., КУЗЬМИНЫХ М. Ю.¹

*Уральский государственный университет путей сообщения
Екатеринбург, Россия*

В работах [1,2] для описания течений безударного сильного сжатия газа, предлагается рассматривать модель теплопроводного невязкого газа со следующим уравнением состояния:

$$p = R\rho T + \frac{\sigma}{3}T^4, \quad e = c_{vo}T + \sigma\frac{T^4}{\rho}, \quad R, \sigma, c_{vo} = \text{const} > 0 \quad (1)$$

В уравнениях состояния σ — постоянная Стефана – Больцмана. Коэффициент теплопроводности κ принимается в соответствии с комптоновским механизмом рассеивания фотонов:

$$\kappa = \frac{2}{(\gamma - 1)}\sigma c_*\alpha\frac{T^3}{\rho}; \quad \gamma - 1 = \frac{R}{c_{vo}} > 0 \quad (2)$$

где: c_* — скорость света, α — положительная константа, зависящая от выбора системы единиц. Исследуется система уравнений Навье – Стокса, в предположении цилиндрической или сферической симметрии и равенства нулю коэффициентов вязкости [3]. Для построения возникающих течений вводится автомодельная переменная $\xi = t/r$ [4]. В результате получается система обыкновенных дифференциальных уравнений, в которой выделяется случай сферической симметрии — правая часть тогда не имеет особенностей в точке $\xi = 0$. Эта точка соответствует моменту схождения автомодельной волны сжатия в центр симметрии [4]. Полученная система уравнение решается численно, выбор конкретных значений параметров газа в точке $\xi = 0$ соответствует построению частных решений исходной системы.

По численному решению восстанавливается траектория движения частицы газа в исходных переменных, а также звуковые характеристики. Траекторию движения частицы газа, стартующей в некоторый момент времени с нулевой скоростью, можно принять за траекторию движения сжимающего поршня. Таким способом построены течения, возникающие при сжатии шара и шарового слоя, заполненных газом. Приведены примеры, в которых осуществляется безударное сжатие газа до значений плотностей, превышающих начальное значение в 10^9 раз с погрешностью по массе не более 1.5%.

Список литературы

1. Анучин М. Г. Влияние теплопроводности на неограниченное безударное сжатие плоского газового слоя // Прикладная механика и техническая физика, 1998, т. 39, 4., с. 25-32.
2. Баутин С.П. Слабые разрывы в течениях теплопроводного невязкого газа // Доклады РАН. 2001, т. 377, 4., с. 481-484.
3. Баутин С.П., Чернышов Ю.Ю. Одно течение теплопроводного газа, аналогичное центрированной волне Римана. // Прикладная математика и механика, 2002, т. 66, Вып. 1, с. 87–94.
4. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1981. 448 с.

¹ Данное исследование поддержано РФФИ, проект 02-01-01122