

0.1. Рожкова Е.И. Метод Ван Лиры для решения задач высокоскоростного течения газа

Уравнения сохранения Эйлера, описывающие нестационарное течение сжимаемого невязкого газа, являются основными в газовой динамике, однако решение требуют больших вычислительных затрат. В данной работе рассмотрена и проверена одна из наиболее эффективных схем решения задач высокоскоростного течения газа, схема Ван Лиры.

Математическая постановка задачи описывается системой уравнений Эйлера в одномерном пространстве. Рассмотрена труба длиной L , объёмы газов в трубе с заданными термодинамическими параметрами разделены перегородкой. В момент времени $t = 0$ перегородка мгновенно убирается, и произвольный разрыв распадается на несколько разрывов, изменение потоков \mathbf{F} при этом можно найти с помощью метода Ван Лиры. Суть метода основана на расщеплении вектора потока \mathbf{F} на положительную и отрицательную составляющие вектора \mathbf{F} . Использованы выражения для нахождения потоков, сформулированные Ван Лиром [1].

Для решения задачи была написана программа с начальными условиями: $L = 1$, точка $x = 0.5$ соответствует положению разделительной перегородки, $T = 300K$, числу Куранта присвоено значение 0.4. Полученные распределения плотности, скорости и давления были сравнены с решениями задачи Сода, Лакса и задачи о сверхзвуковой трубе из [2].

В задаче Сода газ слева и справа от перегородки в начальный момент времени покоится, слева — плотность и давление равны единице, справа — плотности присвоено значение 0.125, давлению — 0.1. В результате разрыва образуются область контактного разрыва, ударная волна и волна разрежения.

В задаче Лакса начальные условия: слева — газ неподвижен, плотность равна 0.5, давление — 0.571, справа — плотности соответствует значение 0.445, скорости — 0.698, давлению — 3.528. Образуется контактный разрыв, ударная волна и волна разрежения с меньшей интенсивностью, чем в задаче Сода. Здесь наблюдается больший перепад параметров, чем в предыдущей задаче.

В задаче о сверхзвуковой трубе газ слева и справа неподвижен, слева плотности и давлению присвоено значение единицы, справа плотность и давление равны 0.02. Здесь формируется область сверхзвукового течения.

Полученные решения задачи о сверхзвуковой трубе претерпевают разрыв даже в случае выбора малых расчетных ячеек. В связи с этим для решения этой задачи требуются схемы более высоких порядков. Подобное в задачах Сода и Лакса не наблюдается — решения задач Сода и Лакса соответствовали решениям из [2]. Соответственно, выбранный метод решения позволяет разрешать задачи с дозвуковыми

течениями.

Планируется использование расчетной схемы для решения задач газовой динамики в двухмерной постановке.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента МК-421.2020.8.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Моисеева К. М.

Список литературы

- [1] VAN LEER В. Flux-Vector Splitting for the Euler Equation // Lecture Notes in Physics. 1982. Vol. 170. P. 507–512.
- [2] Булата П.В., Волков К.Н. Одномерные задачи газовой динамики и их решение при помощи разностных схем высокой разрешающей способности // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 4. С. 731–740.