

Распределение давления при схлопывании пузырька в линейно-вязкой несжимаемой жидкости

Научный руководитель – Нигматулин Роберт Искандерович

Седова Анастасия Константиновна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра газовой и волновой динамики, Москва,
Россия

E-mail: anastasiia.sedova@math.msu.ru

Задачи моделирования процесса резкого сжатия (схлопывания) пузырьков газа в жидкости являются актуальными ввиду их широкой применимости в различных областях науки и техники. Данные процессы находят отражение как в позитивных прикладных аспектах, так и в негативных последствиях для оборудования. К положительным проявлениям относится использование кавитации в медицине (например, для разрушения жировых клеток или дробления камней в почках). Отрицательное воздействие выражается в эрозионном разрушении элементов гидродинамических установок: винтов, лопастей насосов и турбин, где ударные волны постепенно разрушают поверхность металла. Кроме того, при определенных условиях (в режиме сонолюминесценции) аналогичные процессы способны инициировать термоядерные эффекты.

Для некоторых простых случаев существуют аналитические решения. Классическим примером является решение задачи о схлопывании сферической полости в идеальной несжимаемой жидкости. В книге [1] представлено обоснование физической некорректности такой модели, так как в этом предположении получается, что в момент схлопывания скорость границы раздела сред стремится к бесконечности, и возникает существенный скачок давления в жидкости. Это приводит к требованию обязательного учета сжимаемости среды.

Ввиду ограниченности существующих точных аналитических решений возникает необходимость применения численных методов. В данной работе процессы моделируются конечно-разностными численными методами, что позволяет с достаточной точностью вычислить скорость сжатия пузырька и распределение давления в окружающей жидкости. Во всех рассматриваемых случаях пузырек предполагается сферически симметричным. В случае схлопывания пустой полости, находящейся в идеальной несжимаемой жидкости, удалось убедиться в том, что численное решение с достаточной точностью совпадает с аналитическим. В более сложной постановке, для которой аналитическое решение отсутствует, газ предполагается идеальным и совершенным, жидкость - несжимаемой линейно-вязкой. Процесс рассматривается в предположении гомобаричности, то есть при условии, что давление внутри пузырька принимается однородным по всему объему. Так как начальные условия для давления, плотности, скорости, температуры и геометрии границы известны, имеем задачи в двух областях: в жидкости и в пузырьке, которые связаны условиями на подвижной границе раздела. В данной работе представлено приближенное решение этой задачи и проанализировано распределение давления в жидкости.

Источники и литература

- 1 Нигматулин Р. И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014.