

Численное исследование акустического рассеяния от звукопроницаемых сфер

Насибуллаева Э.Ш.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, Уфа

Проводится численное исследование акустического рассеяния от сфер, через поверхность которых проходит волна (звукопроницаемые сферы), с центрами, расположенными на одной оси, при внешнем воздействии — сферической волны от монополюсного источника излучения, произвольно расположенного в пространстве, или плоской волны с произвольным направлением распространения, которое определяется единичным вектором нормали, проведенным к волновому фронту. Целью работы является проведение параметрического анализа обобщенных численной модели и методики расчета для определения поля вокруг и внутри коаксиальных сфер при внешнем воздействии, представленных в работе [1]. При решении уравнения Гельмгольца использовалась численная техника [2], основанная на быстром методе мультиполей, которая позволяет достичь высокой точности получаемых результатов, а также минимизировать машинное время.

Проведено сравнение и получено хорошее соответствие результатов расчета с известными экспериментальными данными, представленными в [3] для одиночной звукопроницаемой сферы и [4] для одной и двух звукопроницаемых сфер.

Сравнение различных подходов к усечению бесконечных рядов в разложении показало следующее: результат с хорошей степенью точности с помощью одного ряда дает подход, основанный на усечении всех рядов при фиксированном числе в каждом разложении, а при необходимости получения результата с определенной степенью точности — подход, основанный на сравнении двух последовательных значений суммы ряда.

Проведен численный параметрический анализ значения потенциала на поверхности сфер и распределения давления внутри и вне сфер для различных значений радиусов, физических характеристик внешней и внутренней сред (плотность и скорость звука), расстояния между сферами, расположения монополюсного источника излучения относительно оси, соединяющей центры сфер, или направления распространения плоской волны. На рис. 1 представлена диаграмма распределения модуля нормированного давления для четырех коаксиальных сфер одного радиуса 585 мкм при воздействии монополюсного источника излучения. Получено, что при определенных значениях параметров

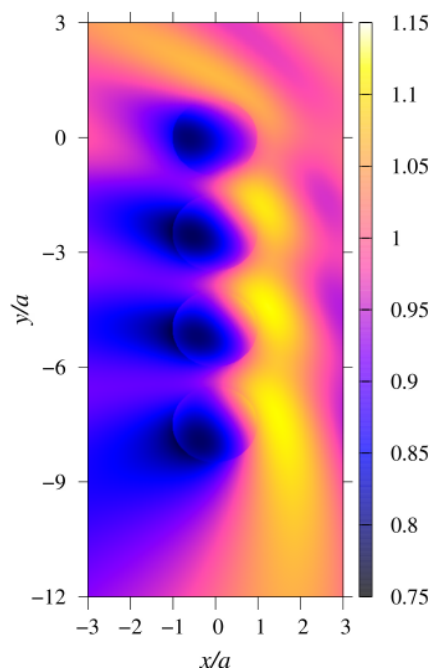


Рис. 1. Диаграмма распределения модуля нормированного давления вокруг четырех капель воды в дихлорэтане при воздействии монополюсного источника излучения со сферическими координатами $(r_{MS}, \varphi_{MS}, \theta_{MS}) = (10a, \pi/2, \pi/3)$

системы возможны появления зон повышения или понижения давления.

Полученные результаты позволяют в дальнейшем проводить тестовые расчеты для верификации общего численного алгоритма для случая множества произвольно расположенных в пространстве сфер.

Список литературы

- [1] Насибуллаева Э.Ш. Численное моделирование акустического рассеяния от коаксиальных звукопроницаемых сфер // Многофазные системы. 2019. Т. 14, № 2. С. 115–124.
- [2] Gumerov N.A., Duraiswami R. Computation of scattering from N spheres using multipole reexpansion // J. Acoust. Soc. Am. 2002. Vol. 112, No. 6. P. 2688–2701.
- [3] Duda R.O., Martens W.L. Range dependence of the response of a spherical head model // J. Acoust. Soc. Am. 1998. Vol. 104. Pp. 3048–3058.
- [4] Kapodistrias G., Dahl P.H. Effects of interaction between two bubble scatterers // J. Acoust. Soc. Am. 2000. Vol. 107. Pp. 3006–3017.