

Численное исследование акустического течения в вибрирующей цилиндрической полости

ЯКОВЕНКО Анна Владимировна

Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
e-mail: annyakovenko@yandex.ru

ГУБАЙДУЛЛИН АМИР АНВАРОВИЧ

Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича

Под акустическим течением (звуковым ветром) понимается направленный средний по времени перенос массы, представляющий собой устойчивые вихри и возникающий помимо колебательного движения среды в звуковом поле [1]. Акустическое течение является нелинейным эффектом и имеет вихревой характер.

В работе численно исследовано акустическое течение в вибрирующей цилиндрической полости, заполненной воздухом. Описаны случаи теплоизолированных стенок полости и стенок, поддерживаемых при постоянной температуре. Проведено сравнение с аналитическим решением задачи [2], не учитывающим изменение средней температуры в полости. Диапазон рассматриваемых частот вибрации включает как низкие частоты вибрации, когда процесс может быть описан с помощью аналитического решения, так и частоты вибрации, приводящие к сильным проявлениям нелинейных эффектов. При этом рассматриваемые частоты вибрации меньше резонансной частоты системы, и нелинейность достигается за счёт большой амплитуды. Задача решена в осесимметричной постановке.

Численный метод, применяемый для решения поставленной задачи, основан на методе контрольного объёма, аппроксимация конвективно-диффузионного потока осуществляется по степенному закону [3]. Для решения системы алгебраических уравнений используется метод переменных направлений. Численная схема является неявной, консервативной и позволяет проводить сквозной счёт течений с ударными волнами. В процессе счёта осуществлялся контроль над соблюдением баланса массы и баланса энергии в расчётной области. Программный код написан на языке Fortran. Работоспособность кода проверена на ряде тестовых задач, имеющих аналитическое решение (исходная задача в линейном приближении, образование ударной волны, задача Сода для ударной трубы, отражение ударной волны от стенки). Также было проведено сравнение результатов расчётов с результатами экспериментов, описывающими волновые процессы в закрытой цилиндрической трубе, один конец которой неподвижен, а другой вибрирует за счёт синусоидального движения поршня.

Получено, что теплообмен оказывает существенное влияние на акустическое течение в “узких” трубах при частотах вибрации, много меньших резонансных, это выражается в смене направления вращения вихрей. При увеличении частоты вибрации проявляются нелинейные эффекты процесса. В случае теплоизолированных стенок полости происходит нагрев газа и повышение среднего за период давления [4]. В случае стенок, поддерживаемых при постоянной температуре, происходит понижение средних за период температуры, давления и плотности в центральной части полости. Проявление нелинейных эффектов приводит к отличию акустиче-

ского течения от аналитического решения.

Работа выполнена при финансовом содействии Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ РФ (Грант НШ-2669.2014.1).

Список литературы

1. Ниборг В. Акустические течения // Физическая акустика / М.: Мир, 1969. – Т. 2. – Ч. Б, гл. 5. – С. 302-377.
2. Hamilton M.F., Pinskii Y.A., Zabolotskaya E.A. Thermal effects on acoustic streaming in standing waves // J. Acoust. Soc. Am. – 2003. – Vol. 114(6). P. 3092-3101.
3. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
4. Губайдуллин А.А., Яковенко А.В. Численное исследование поведения совершенного газа в вибрирующей цилиндрической полости с теплоизолированными стенками // Теплофизика и аэромеханика. – 2014. – Т. 21(5). С. 617-627.