

УДК 534.213

DOI: 10.17223/00213411/62/12/107

Д.Я. СУХАНОВ, А.Е. КУЗОВА

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ *

Предлагается метод численного моделирования акустических процессов в твердых телах на основе модели взаимодействующих частиц в кубической объемно-центрированной кристаллической решетке. Каждая частица взаимодействует с соседними частицами в соответствии с силой притяжения, которая определяется конкретной функцией для каждого типа материала. Динамика частиц описывается законами Ньютона. Численная модель правильно описывает такие акустические эффекты, как распространение волн, отражение и резонансные явления. Численный алгоритм реализован в программе посредством параллельного программирования по технологии OpenCL, которая позволяет ускорить моделирование. На основе обращения времени была показана возможность визуализации точечных источников звука.

Ключевые слова: динамика частиц, кристаллическая решетка, акустика, Open CL.

Введение

Численное моделирование акустических процессов широко используется для прогнозирования поведения ультразвуковых вибрационных систем, акустической томографии и ультразвуковой связи. Для моделирования акустических процессов широкое распространение получили классические методы численного моделирования, такие, как метод конечных разностей во временной области [1–3], метод конечных элементов [4–6], метод частиц в ячейках [7, 8]. Данные методы являются сеточными и требовательны к вычислительным ресурсам, так как решения приходится искать в узлах многомерной сетки. Также к недостаткам данных методов можно отнести накопление ошибок вычислений при выборе большого шага сетки, а выбор слишком маленького шага приведет к увеличению времени вычисления. Метод дискретных элементов применяется для расчета движения большого количества частиц, таких, как молекулы, песчинки, гравий, галька и прочих гранулированных сред. Преимущество метода заключается в возможности моделирования частиц с несферической поверхностью. В методе дискретных элементов частицы в исходном состоянии имеют начальную скорость. Метод конечных элементов хорошо подходит для линейных задач. В настоящее время метод широко используется как для решения электродинамических, так и акустических задач.

Преимущества метода конечных разностей во временной области – это возможность моделирования нестационарных волновых процессов в вязкоупругих, неоднородных, анизотропных и нелинейных средах. В настоящее время для решения акустических задач в различных средах или в средах с деформируемыми границами все чаще находят применение бессеточные методы. Одним из таких методов является метод гидродинамики сглаженных частиц (Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)) [9–13]. Суть метода заключается в том, что моделируемая среда представляется как множество частиц, обладающих такими физическими параметрами, как скорость, плотность, давление. Метод SPH позволяет вычислять производные физических параметров частиц без вычислительной сетки и чаще всего находит применение для моделирования жидкостей.

Существуют работы, в которых взаимодействие между частицами зависит от температуры для моделирования твердых тел, где взаимодействия между частицами описываются на основе молекулярной динамики [14, 15]. Разработана модель, которая описывает как жидкое, так и твердое состояние за счет изменения формы потенциальной кривой энергии как функции температуры. Представление среды в виде множества частиц также получило широкое распространение при описании акустических процессов в фоновых кристаллах. В методе молекулярной динамики для описания движения и взаимодействия частиц используются законы классической механики. Временная эволюция системы взаимодействующих атомов или частиц отслеживается интегрированием

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки России в рамках проекта «Создание высокотехнологического комплекса ультразвуковой хирургии» (Уникальный идентификатор проекта RFMEF157517X0163).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>