

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ

С.Н. Гурбатов, И.Ю. Демин, Н.В. Прончатов-Рубцов

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

Известно, что распространение интенсивных акустических волн в средах со слабой дисперсией описывается уравнением Бюргерса (УБ). Для акустических волн в мягких биологических тканях необходимо учитывать слабую дисперсию и нелинейное затухание. В этом случае аналитическое решение эволюционного УБ удастся получить лишь для немногих частных случаев (например, уравнение Римана), поэтому необходимо использовать также численные методы.

В докладе рассмотрена численная схема решения УБ с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) – спектральный метод. Это позволило обойти трудности вычислений как нелинейного оператора, так и линейного оператора, описывающего затухание и дисперсию среды. В качестве примера реализации схемы численного решения УБ выбрана операционная среда программирования LabVIEW. При численном моделировании на основе этого уравнения создана итерационная схема, которая позволила вычислить спектр и профиль волны на любых расстояниях от источника. Отметим, что данная схема решения УБ удобна для численного анализа эволюции как детерминированных, так и шумовых сигналов, а также может быть легко модифицирована для описания цилиндрических и сферических волн. Преимущество описанного метода численного моделирования перед обычной схемой решения уравнений параболического типа состоит в том, что он гораздо лучше подходит для расчета распространения в случае больших чисел Рейнольдса.

Проведено сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными данными по распространению нелинейных акустических волн в мягких биологических тканях. Проведен анализ высших спектральных характеристик (биспектров) нелинейных акустических волн, и исследована возможность их использования в задачах диагностики мягких биологических тканей (акустическая томография).

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ № 11.G34.31.0066, гранта РФФИ № 11-02-00774-а и гранта поддержки ведущих научных школ НШ-333.2012.2.