

Численное моделирование распространения волны Лява в слоистой упругой среде

Научный руководитель – Вершинин Анатолий Викторович

Уханов Е.М.¹, Вершинин А.В.²

1 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Механико-математический факультет, Москва, Россия, *E-mail: ukhanov26@yandex.ru*; 2 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва, Россия, *E-mail: verish1984@mail.ru*

Поверхностные волны, распространяющиеся вдоль границы раздела упругих сред, играют важную роль в задачах инженерной сейсмологии и геофизики [1]. Одной из таких волн является волна Лява — горизонтально-поляризованная поверхностная волна, возникающая в слоистой упругой среде и распространяющаяся вдоль интерфейса между упругим слоем и подстилающим полупространством [1, 3]. Волна Лява является дисперсионной и экспоненциально затухает вглубь подстилающей среды.

В докладе рассматривается двумерная динамическая задача распространения упругих волн в системе «упругий слой — упругое полупространство» под действием локализованного импульсного источника. Модель представляет собой прямоугольную расчётную область, состоящую из верхнего упругого слоя конечной толщины и нижнего упругого полупространства с отличающимися механическими свойствами. В качестве источника возбуждения используется импульс Рикера, что обеспечивает эффективное возбуждение поверхностных волновых режимов, в том числе волны Лява [1].

Для численного решения задачи применяется метод спектральных элементов — высокоточный вариант метода конечных элементов, использующий полиномиальные аппроксимации высокого порядка [2]. Расчёты выполняются с использованием расчётного ядра отечественного программного комплекса «Фидесис». Метод спектральных элементов позволяет с высокой точностью моделировать волновые процессы при относительно грубой расчётной сетке и исследовать влияние порядка аппроксимации и пространственного шага на качество численного решения.

В работе проводится анализ сходимости метода спектральных элементов на примере задачи распространения волны Лява в слоистой упругой среде. Численное решение сравнивается с аналитическим решением, полученным на основе дисперсионного уравнения волны Лява [1, 3], что позволяет количественно оценить погрешность аппроксимации.

Рассматриваются расчёты с элементами различного порядка аппроксимации. Для каждого порядка подбирается расчётная сетка таким образом, чтобы сохранялось фиксированное число узлов на длину волны, после чего анализируется изменение погрешности численного решения. Сравнение проводится по временным сигналам, зарегистрированным в приёмниках, расположенных вдоль границы раздела упругих сред.

Показано, что при увеличении порядка спектральных элементов и соответствующем согласовании пространственного шага с характерной длиной волны достигается существенное уменьшение ошибки численного решения по сравнению с аналитическим. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность метода спектральных элементов при моделировании поверхностных волн в слоистых упругих средах и позволяют количественно оценить влияние порядка аппроксимации на точность воспроизведения волны Лява.

Источники и литература

- 1) Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы. Том 1. — М.: Мир, 1983.

- 2) Левин В. А., Вершинин А. В. Нелинейная вычислительная механика прочности. Том 2. — М.: Физматлит, 2015.
- 3) Седов Л. И. Механика сплошной среды. Т. 1–2. — М.: Наука, 1970.