

## Численное моделирование распространения сейсмических волн в слоистых средах разрывным методом Галеркина

К.В. Пеньевская

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Данная работа посвящена моделированию распространения сейсмических возмущений в слоистых средах разрывным методом Галеркина. Этот численный метод широко используется для численного решения гиперболических систем уравнений в частных производных, возникающих в задачах механики сплошной среды.

Изучение распространения сейсмических волн в среде актуально во многих прикладных областях, таких как сейсморазведка, предсказание землетрясений и других. Одним из интересных экспериментальных явлений является феномен вибровоздействия: если длительное время на поверхности месторождения работает вибрационный источник с частотой в несколько герц, то в течение нескольких месяцев наблюдается увеличение количества добываемой нефти.

При попытке объяснить данный феномен, оказалось, что в теории сейсмические возмущения затухают слишком быстро и не проникают на большую глубину с достаточной амплитудой. Поэтому была предложена гипотеза о «фокусировке» волн в слоистых средах. При этом сейсмические возмущения распространяются не изотропно, как это происходило бы в однородной среде, а лишь в выделенном направлении, задаваемом блочной структурой среды.

В качестве математической модели в работе рассматриваются уравнения линейной динамической упругости в слоистых или периодических средах. Ключевой особенностью системы уравнений является необходимость задавать различные условия на границах раздела сред. Эти контактные условия на границе сред могут носить различный характер и описывать сложные физические процессы на стыке сред.

Для реализации поставленной задачи удобно использовать разрывный метод Галёркина, так как он позволяет достаточно точно воспроизводить волновые фронты с характерной шириной менее размера ячейки. Также в данном методе возможно осуществить учет контактных условий на границах сред. При численном счёте решения могут получаться негладкими, что в свою очередь приводит к возникновению численных осцилляций, поэтому целесообразно рассмотреть способы подавления этих осцилляций.

### Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика Том 7. Теория упругости. 5-е издание. –М.: Физматлит, 2003. – 130 с.
2. Pelties C., Peunte J., Ampuero J. -P., Brietzke G.B., Kaser M. Three-dimensional dynamic rupture simulation with a high-order discontinuous Galerkin method on unstructured tetrahedral meshes // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2012.– V. 117, N. B2.
3. Галанин М.П., Савенков Е.Б., Токарева С.А. Решение задач газовой динамики с ударными волнами RKDG-методом // Математическое моделирование – 2008 – Т.20, №11– С.55-66.
4. Dumster M., Zanotti O., Loubere R., Diot S. A Posteriori Subcell Limiting of the Discontinuous Galerkin Finite Element Method for Hyperbolic Conservation Laws // Journal of Computational Physics. –2014. – V.~278.– Pp. 47-75.
5. Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семенов А.Ю. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений~— М. Физматлит, 2012–656 с.