

Отчёт пользователя dapodlesnykh

Контактное лицо: Подлесных Дмитрий Артурович

Исполнители:

Муратов Максим Викторович

Миряха Владислав Андреевич

Санников Александр Владимирович

Ворощук Денис

Хохлов Николай Игоревич

Голубев Василий Иванович

Научный руководитель: Петров Игорь Борисович, член-корреспондент, кандидат в академики РАН

Постановки задач:

1. Моделирование волнового отклика от многослойной гетерогенной среды разрывным методом Галёркина
2. Моделирование гидроупругих задач
3. Численное моделирование задач сейсмической разведки.
4. Трёхмерное линейное уравнение переноса.

Современное состояние проблемы.

В настоящее время, в практической сейсмологии задачи в основном рассматриваются с использованием приближенных геометрических (или лучевых) методов, не позволяющих воспроизвести полную волновую картину процессов, происходящих в геологической среде. Существующие подходы либо являются сильно приближенными, либо требуют огромных затрат вычислительных ресурсов ввиду необходимости проведения вычислений для физически почти неограниченных областей. Ограничение области требует задания так называемых искусственных граничных условий. Применяемые подходы к заданию искусственных граничных условий в основном ограничены локальными характеристическими «неотражающими» условиями. Такие условия являются действительно неотражающими только для нормальных волн. В последние годы для задания искусственных граничных условий активно применяется метод PML (Perfectly Matched Layer). Хотя этот подход стал довольно популярным из-за относительной простоты реализации, его применение зачастую проблематично. Это связано с необходимостью введения переходных функций (blending functions) в области PML. В результате решение довольно часто зависит от удачного выбора таких функций и толщины слоя. Кроме того, решение может оказаться численно неустойчивым из-за внутреннего резонанса.

Подробное описание работы, включая используемые алгоритмы.

С использованием сеточно-характеристического численного метода была проведена серия трехмерных расчетов с целью выявить зависимости структуры отклика от геометрии трещинного пласта.

- Проведен расчет отклика одиночной трещины в случае ее газо- и флюидонасыщения.
- Проведен расчет отклика системы 31 трещин в случае газо- и флюидонасыщения. Рассматривались различные углы наклона и их влияние на отклик.
- Сделано сравнение полученных откликов с аналогичными результатами, полученными на двумерной модели, а так же трехмерными расчетами проведенными с использованием регулярных прямоугольных сеток.

Полученные результаты.

- 1) Изучено строение отклика на сейсмограммах при регистрации в разных плоскостях
- 2) Доказана достоверность полученных ранее с использованием двумерной модели результатов

Подробное описание работы, включая используемые алгоритмы.

С использованием сеточно-характеристического численного метода была проведена серия трехмерных расчетов с целью выявить зависимости структуры отклика от геометрии трещинного пласта.

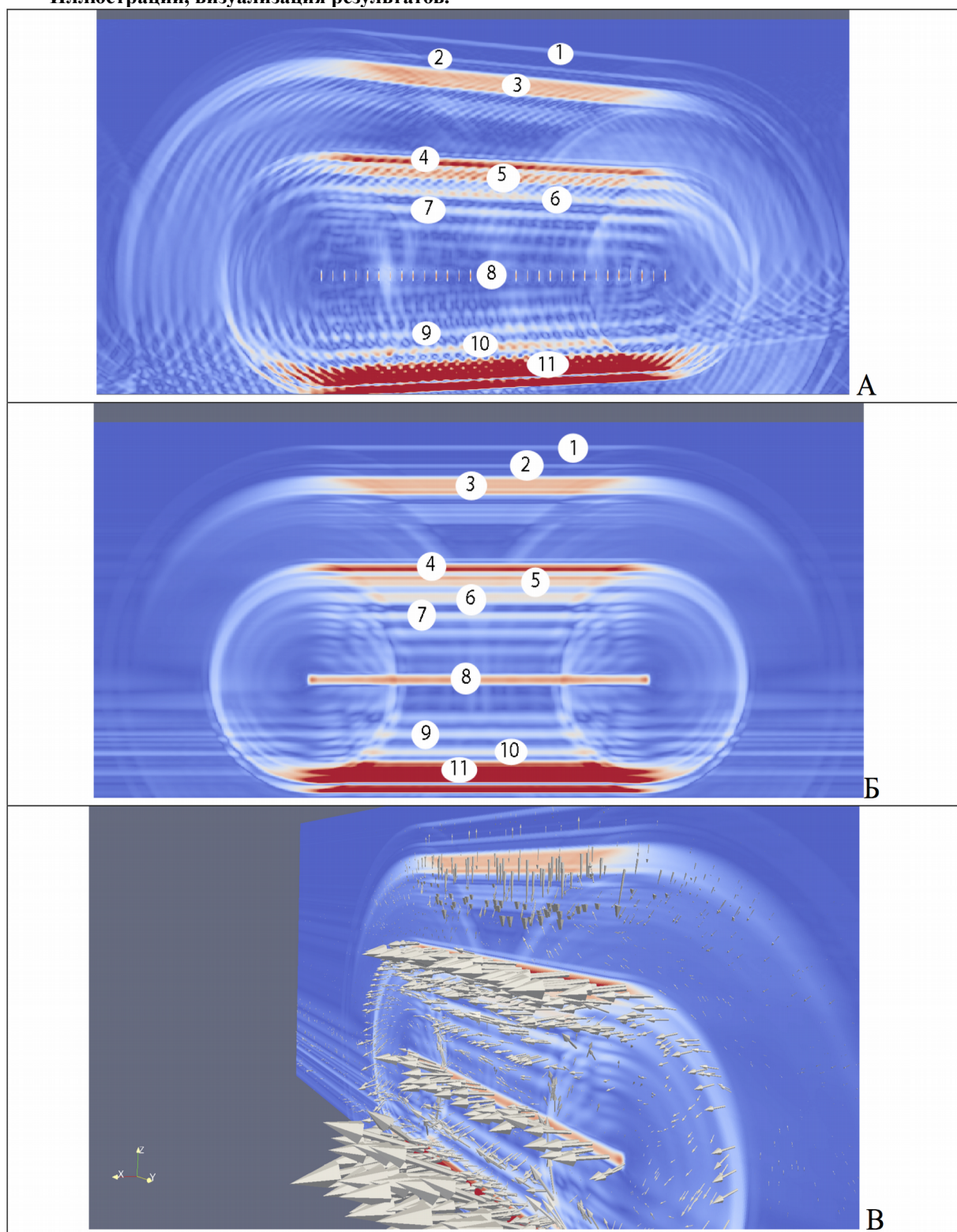
- Проведен расчет отклика одиночной трещины в случае ее газо- и флюидонасыщения.
- Проведен расчет отклика системы 31 трещин в случае газо- и флюидонасыщения. Рассматривались различные углы наклона и их влияние на отклик.
- Сделано сравнение полученных откликов с аналогичными результатами, полученными на двумерной модели, а так же трехмерными расчетами проведенными с использованием регулярных прямоугольных сеток.

Волновой отклик моделировался разрывным методом Галёркина

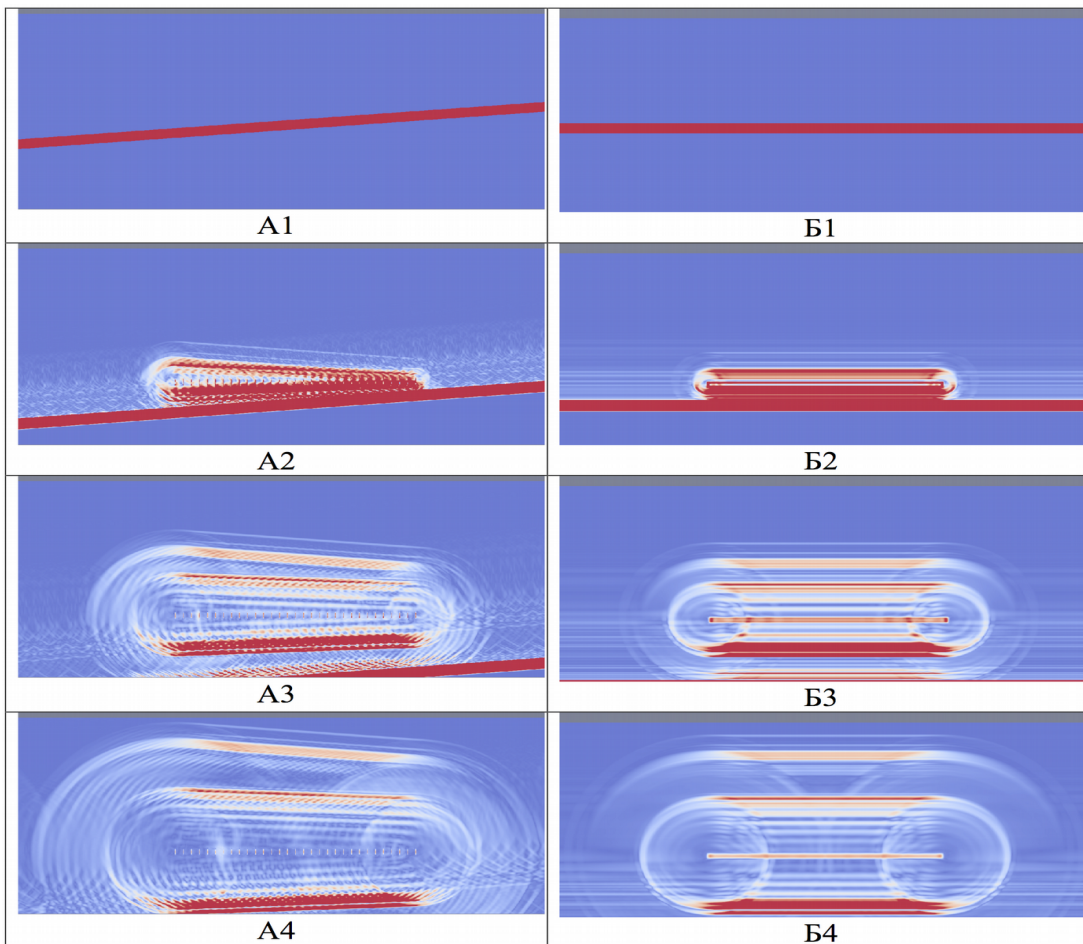
M. Käser u M. Dumbser An arbitrary high order discontinuous Galerkin method for elastic waves on unstructured meshes I: The two-dimensional isotropic case with external source terms // *Geophys. J. Int.* – 2006, № 166, –С. 855–877.

M. Käser; M. Dumbser A Highly Accurate Discontinuous Galerkin Method for Complex Interfaces Between

Иллюстрации, визуализация результатов.



• Рис. 1. Волновые картины, иллюстрирующие состав волн отклика от объемного кластера газонасыщенных вертикальных макротрещин. Момент времени – 830мс (к задаче сейсмической разведки)



• Рис.2 Волновые картины, иллюстрирующие процесс образования и развития во времени отклика от объемного кластера газонасыщенных макротрещин. Кадры А – сечения объемного отклика плоскостью OXZ по нормали к плоскости трещин. Кадры Б - сечения OYZ вдоль их плоскостей. Модули скорости смещения. Номера кадров соответствуют моментам времени: 1 – 400мс., 2 – 550мс 3 – 700мс, 4 – 850мс.

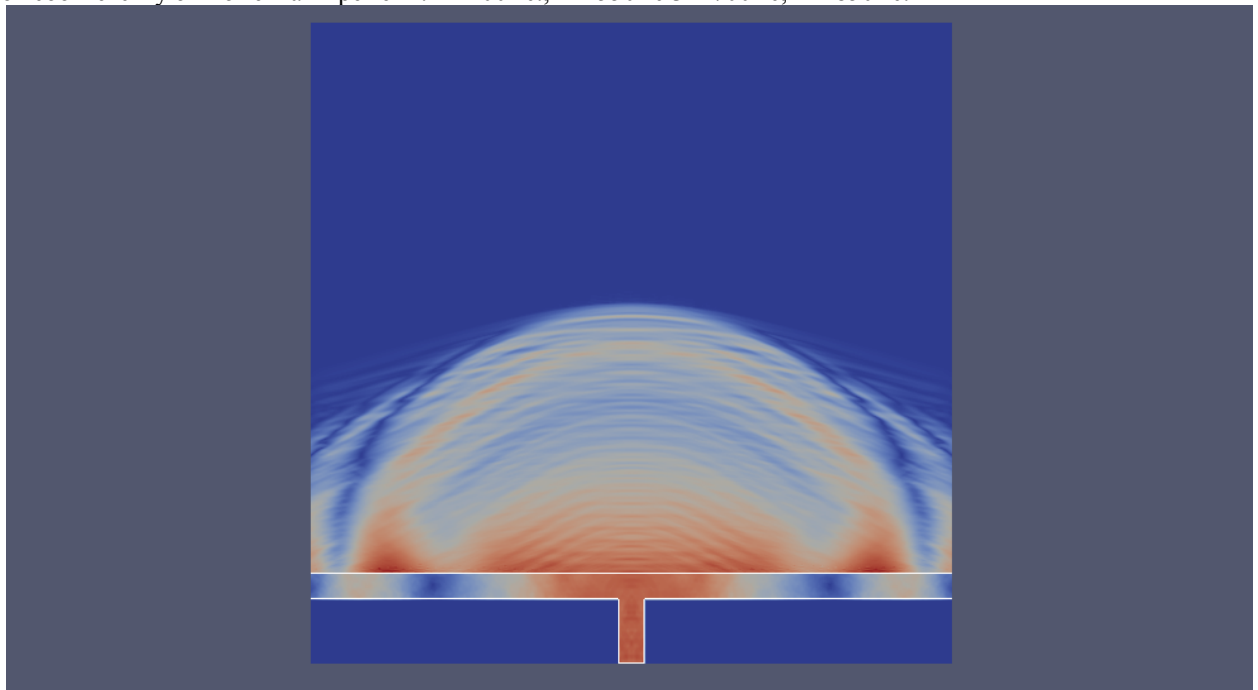


Рис. 3. Волновая картина при контакте обшивки подводной лодки и воды

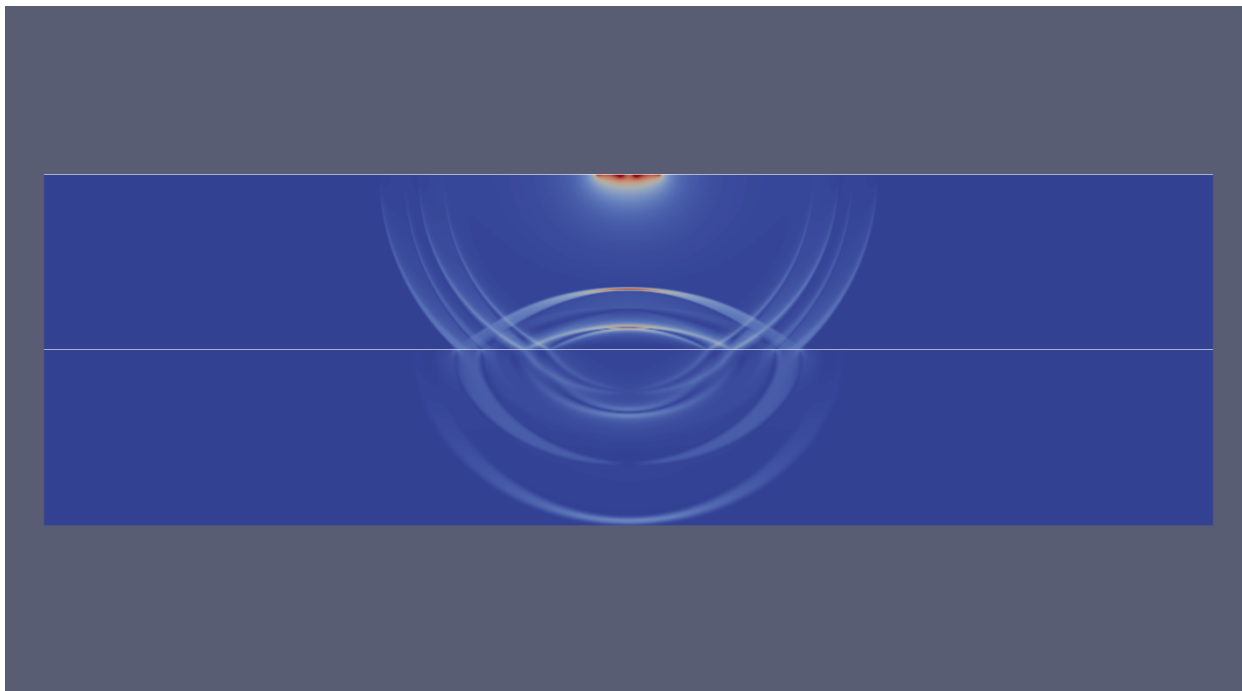


Рис. 4. Моделирование морской сейсмической разведки.

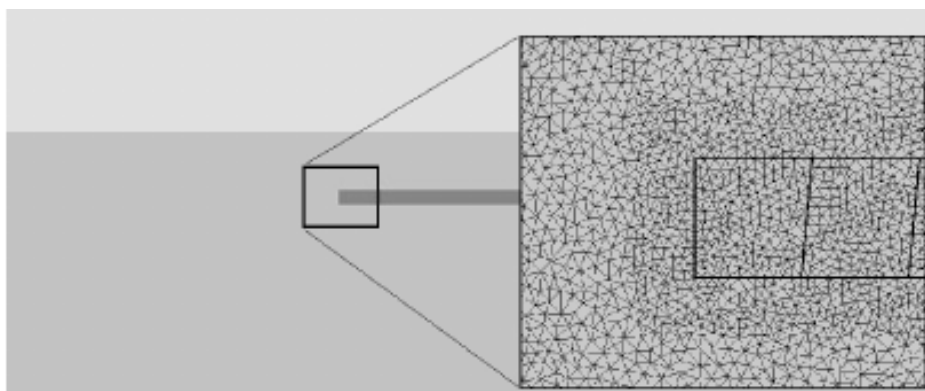


Рис. 5. Пример построения расчётной неструктурированной сетки.

Эффект от использования кластера в достижении целей работы.

Очевидно преимущество перед используемым ранее кластером МФТИ-60. Получено значительное повышение производительности, достигнутое увеличением как количества используемых расчетных узлов, так и количества ядер и оперативной памяти на узел.

Перечень публикаций, содержащих результаты работы.

1. И.Б. Петров, В.А. Миряха, А.В. Санников, А.В. Шевцов Численное моделирование начальной стадии разрушения метеорита в плотных слоях атмосферы в упругопластическом приближении. // Компьютерные исследования и моделирование. -2013. Т. 5. №6 – С. 957 – 967
2. Фаворская А. В., Голубев В. И., Миряха В. А., Хохлов Н. И., Санников А. В., Петров И. Б., Беклемышева К. А. Мониторинг состояния подвижного состава с помощью высокопроизводительных вычислительных систем и высокоточных вычислительных методов. // Журнал "Техника железных дорог". - № 4 (24) - С. 82 - 95.
3. К.А. Беклемышева, В.И. Голубев, В.А. Миряха, И.Б. Петров, А.В. Санников, А.В. Фаворская, Н.И. Хохлов Сборник материалов третьей международной научно-практической конференции «Интеллектуальные системы на транспорте». «Мониторинг состояния подвижного состава с помощью современных вычислительных методов и высокопроизводительных вычислительных систем», - Санкт-Петербург, 2013: стр. 46 – 53.
4. В.А. Миряха, А.В. Санников, А.В. Фаворская Сборник научных трудов «Математические и информационные модели управления». «Мониторинг состояния подвижного состава разрывным методом Галёркина на неструктурированных сетках». - М.: МФТИ, 2013: стр. 26-27.

5. В. И. Голубев, И. Б. Петров., Н. И. Хохлов. Компактные сеточно-характеристические схемы повышенного порядка точности для трёхмерного линейного уравнения переноса. // Журнал «Математическое моделирование», 2016 Т. 28, № 2, с 123-132.

6. Denis N. Voroshchuk, Vladislav A. Miryaha*, Igor B. Petrov, and Alexander V. Sannikov. Discontinuous Galerkin method for wave propagation in elastic media with inhomogeneous inclusions. Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling 2016; 31 (1):41–50

Ваши впечатления от работы вычислительной системы и деятельности ИВЦ НГУ,

ИВЦ НГУ приятно удивил чёткостью работы, высокой доступностью, быстрой (на порядки быстрее, чем аналогичные службы в МФТИ) реакцией на запросы пользователей и/или нештатные ситуации, наличием большой вычислительной мощности, полной стандартной вычислительной триадой (MPI, общая память, GPGPU).

а также Ваши предложения по их совершенствованию.

В любом кластере всегда хочется увидеть увеличение числа узлов, увеличение числа доступных пользователю ядер, оперативной памяти и т. п. Но это лишь количественное увеличение.

Качественным скачком не только для кластера НГУ, но и для отечественной вычислительной техники в целом могут стать суперкомпьютеры на отечественных процессорах: «Эльбрус», «Байкал» и других.

Возможность попробовать что-то новое, оценить перспективы нестандартной архитектуры для своей задачи весьма ценна. Весьма полезной будет возможность сравнивать работу разных процессоров в рамках одного ИВЦ (с аналогичным набором библиотек, такой же низколатентной сетью, общим хранилищем данных и т. п.)