

Решение волнового уравнения для жидкости с пузырьками газа на суперЭВМ

Докладчик:

Зайцев Вадим Евгеньевич, магистрант ФИТ НГУ

Научные руководители:

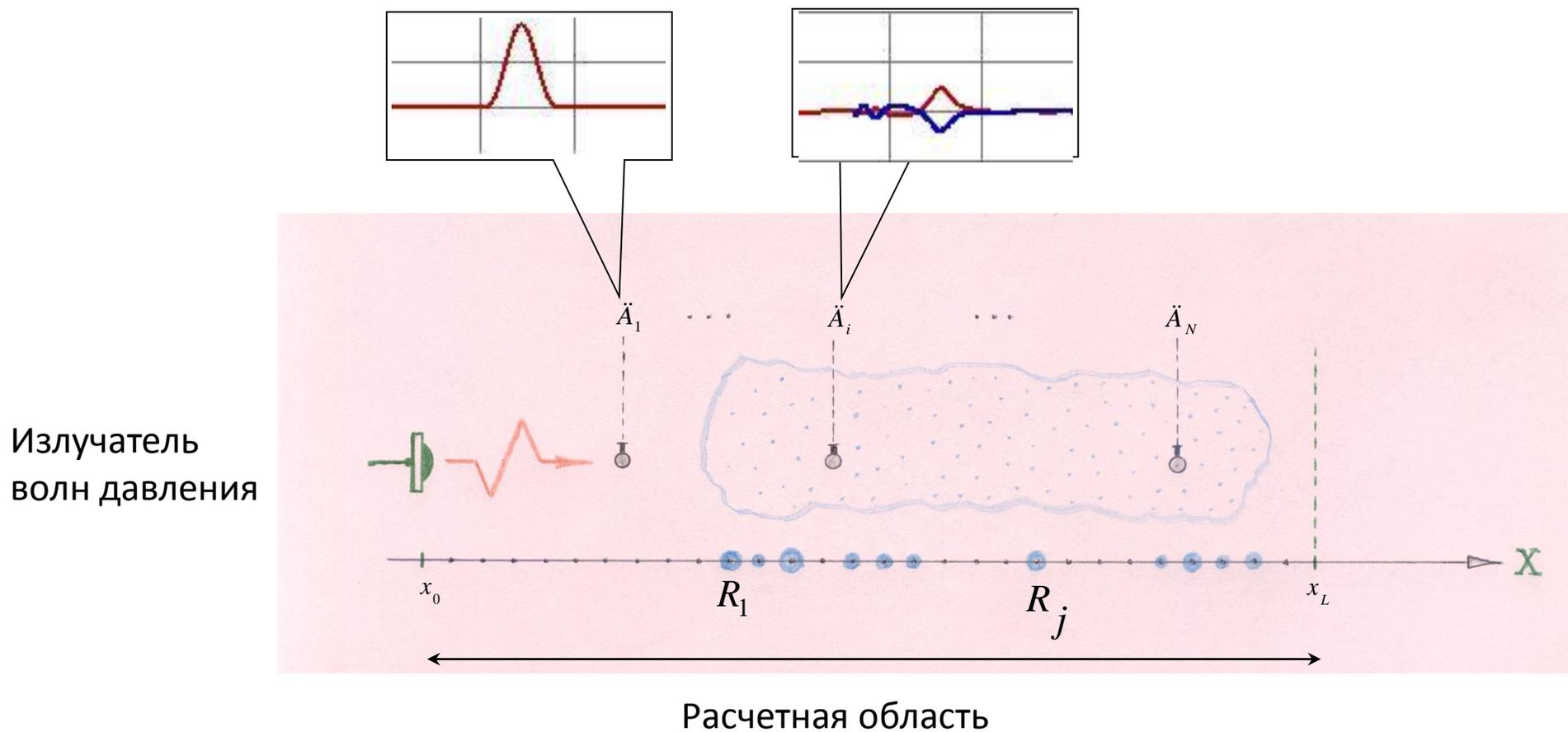
Калгин Константин Викторович, Каф.ПВ ФИТ, ИВМиМГ, к.ф.-м.н.

Огородников Игорь Александрович, Институт Теплофизики СО РАН, лаборатория проблем энергосбережения, к.ф.-м.н.

План доклада

- Постановка задачи
- Цели
- Полученные результаты
- Планы

Постановка задачи



Волновая система для жидкости

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} p \frac{\partial}{\partial t} \ln(1-\alpha)$$

$$R_1 \frac{d^2 R_1}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR_1}{dt} \right)^2 + \frac{4\mu}{\rho_0 R_1} \frac{dR_1}{dt} + \frac{\sigma}{R_1} = \frac{P_0}{\rho_0} \left(\frac{R_{10}}{R_1} \right)^{3\gamma} - \frac{p}{\rho_0}$$

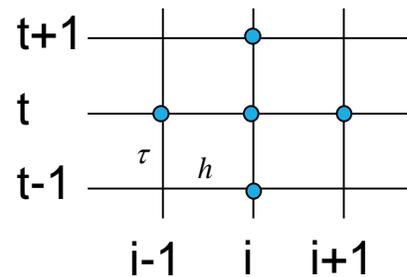
$$R_2 \frac{d^2 R_2}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR_2}{dt} \right)^2 + \frac{4\mu}{\rho_0 R_2} \frac{dR_2}{dt} + \frac{\sigma}{R_2} = \frac{P_0}{\rho_0} \left(\frac{R_{20}}{R_2} \right)^{3\gamma} - \frac{p}{\rho_0}$$

...

$$R_N \frac{d^2 R_N}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR_N}{dt} \right)^2 + \frac{4\mu}{\rho_0 R_N} \frac{dR_N}{dt} + \frac{\sigma}{R_N} = \frac{P_0}{\rho_0} \left(\frac{R_{N0}}{R_N} \right)^{3\gamma} - \frac{p}{\rho_0}$$

$$\alpha(\vec{r}, t) = \int_{L^3} \left(\sum_{\kappa=1}^N \frac{v_{\kappa}(t)}{L^3} \delta(\vec{r} - \vec{r}_{\kappa}(t)) \right) dV \quad R_{\kappa}(x_{\kappa}, t), \quad v_{\kappa} = 4/3\pi R_{\kappa}^3$$

Численное моделирование



Разностный аналог волнового уравнения на шаблоне типа «Крест»

$$\frac{1}{\tau^2}(\rho_i^{j+1} - 2\rho_i^j + \rho_i^{j-1}) + \frac{1}{h^2}(\rho_{i+1}^j - 2\rho_i^j + \rho_{i-1}^j) - Q_i^j \cdot \frac{\rho_i^{j+1} - \rho_i^{j-1}}{2\tau} - W_i^j \cdot \rho_i^j - W_i^j = 0$$

Явное решение:

$$\rho_i^{j+1} = \frac{4 + 2\tau^2 W_i^j - 4\gamma}{2 - \tau Q_i^j} \cdot \rho_i^j - \frac{2 + \tau Q_i^j}{2 - \tau Q_i^j} \cdot \rho_i^{j-1} + \frac{2\gamma}{2 - \tau Q_i^j} \cdot (\rho_{i+1}^j + \rho_{i-1}^j) - Q_i^j \cdot \frac{\rho_i^{j+1} - \rho_i^{j-1}}{2\tau} + \frac{2\tau^2 W_i^j}{2 - \tau Q_i^j} \quad \gamma = \frac{\tau^2}{h^2}$$

Погрешность аппроксимации 2-го порядка малости по шагам расчётной сетки, т.е. $O(\tau^2) + O(h^2)$

Схема устойчивая при выполнении условия Куранта: $\gamma < 1 - \frac{\tau Q}{2}$

Цели

- Получение параллельной реализации
- Реализация двумерных и трехмерных моделей
- Оценить дисбаланс при распараллеливании
- Обеспечить статическую балансировку

Результаты

- Реализация была отвязана от графического интерфейса
- Получена большая эффективность
- Распараллеливание с использованием OpenMP
- Сделаны замеры времени

Результаты

Среднее время счета одной итерации (в секундах)

Реализация	Core 2 Duo T5500	Core i7 3770K
Исходная реализация	0.0047	0.00279
Улучшенная реализация	0.0038	0.00250
Реализация с OpenMP	0.0019	0.00085

Распределение времени счета по потокам

Поток	Core 2 Duo T5500	Core i7 3770K
Поток #1	0.0011	0.0000564003
Поток #2	0.0009	0.0000686199
Поток #3		0.0000686000
Поток #4		0.0000442100

Планы

- Статическая балансировка в одномерном случае
- Реализация двумерной разностной схемы
- Статическая балансировка для двумерной схемы

Решение волнового уравнения для жидкости с пузырьками газа на суперЭВМ

Докладчик:

Зайцев Вадим Евгеньевич, магистрант ФИТ НГУ

Научные руководители:

Калгин Константин Викторович, Каф.ПВ ФИТ, ИВМиМГ, к.ф.-м.н.

Огородников Игорь Александрович, Институт Теплофизики СО РАН, лаборатория проблем энергосбережения, к.ф.-м.н.