

Содержание

1	Постановка задачи	1
2	Методы	2
2.1	IB	2
2.2	momentum exchange	2
3	июль	2
3.1	Параметры моделирования	2
3.2	Результаты	3
3.2.1	Сравнение с аналитической формулой	3
3.2.2	Сравнение методов	4
4	декабрь	4
4.1	Параметры моделирования	4
4.2	Результаты	5

1 Постановка задачи

Задача расчета силы F давления текущей жидкости на неподвижный шар эквивалентна определению силы сопротивления, испытываемую движущимся в жидкости шаром. Формула Стокса дает значение силы сопротивления шара в бесконечной жидкости

$$F = 6\pi R\eta u.$$

Уточненная формула Стокса $F = 6\pi\eta u R(1 + \frac{3Ru}{8\nu})$

Сила сопротивления для круглой капли с вязкостью η' в жидкости с вязкостью η

$$F = 2\pi\eta R \frac{2\eta + 3\eta'}{4(\eta + \eta')}$$

Т.к. невозможно моделировать бесконечную область, рассмотрим следующую задачу: неподвижный шар помещен в расчетную область,

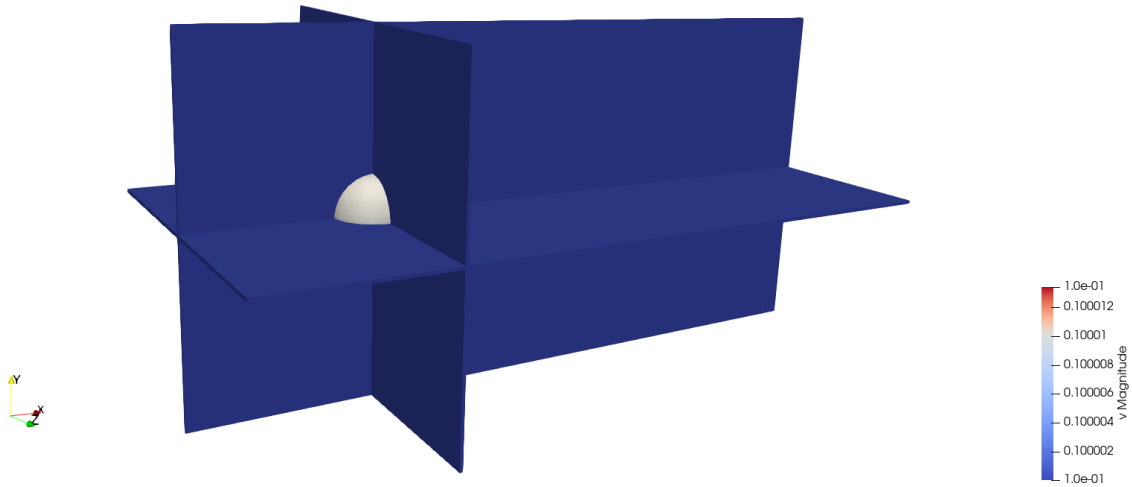


Рис. 1: набросок задачи

которая является параллелепипедом. Входящий поток имеет скорость *inlet velocity* вдоль оси X , на правой стенке скорость равна скорости входящего потока, по оси Y и Z периодические граничные условия.

2 Методы

2.1 IV

2.2 momentum exchange

3 июль

3.1 Параметры моделирования

$R \in \{0.5, 0.75, 1\}$ в безразмерных единицах. В решеточных единицах $R \in \{12, 16, 24\}$. Скорость входящего потока в решеточных единицах измерения $inlet\ velocity = 0.001968$. Число Рейнольдса $Re = 0.08$. Вязкость ν в решеточных величинах 0.5904. Характеристическая длина для всех расчетных областей равна 24.

Плотность сферы равна плотности жидкости $\rho_{sphere} = \rho_{fluid} = 1$. Центр сферы расположен в $ly/2, ly/2, ly/2$. Разрешение решетки 25 узлов на единицу длины, $N = 24$ подотрезка.

Номер расчетной области	lx	ly	lz				
I	18	9	9				
II	18	5	5				
III	14	14	14				

3.2 Результаты

3.2.1 Сравнение с аналитической формулой

На Рис.2 показана сила сопротивления, рассчитанная методом IB-LBM. Сначала сила принимает значения порядка 10, затем медленно убывает. Для сравнения с формулой Стокса значением силы сопротивления считается последнее по времени.

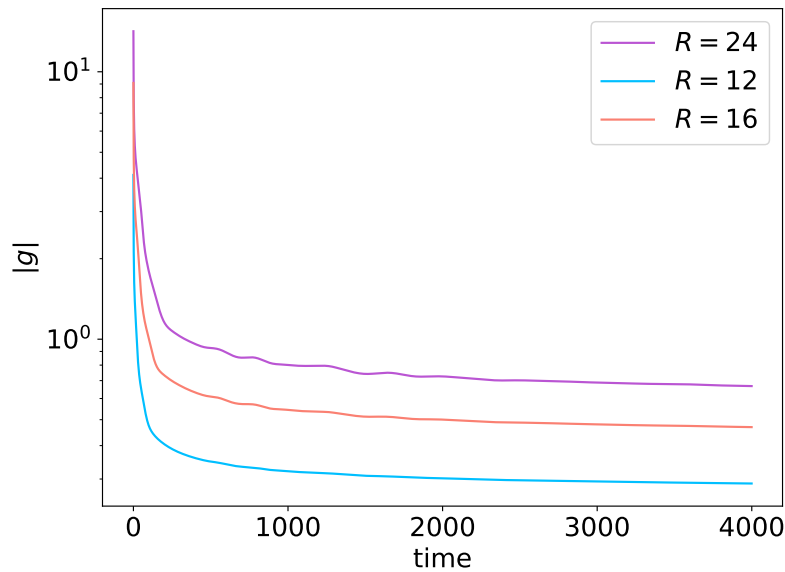


Рис. 2: Сила сопротивления, рассчитанная IB-LBM, в зависимости от времени.

На Рис.3 показаны результаты моделирования для разных расчетных областей. Чем меньше объем области, тем дальше расчетные значения от аналитических.

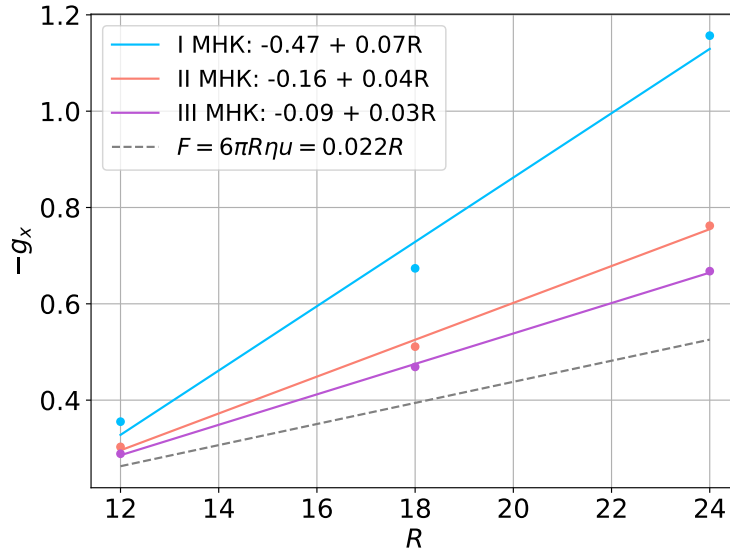


Рис. 3: Сила сопротивления в зависимости от размера расчетной области

3.2.2 Сравнение методов

На Рис.4 показаны значения силы сопротивления для куба $lx = ly = lz = 14$. Оба метода дают очень близкие результаты. При этом расчет IB-LBM более затратный вычислительно, но позволяет моделировать движущиеся границы. Уточненная формула Стокса $F = 6\pi\eta R(1 + \frac{3Ru}{8\nu})$ близка к обычной формуле Стокса, но выше и поэтому ближе к расчетным значениям.

4 декабрь

4.1 Параметры моделирования

$R \in \{0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1\}$ в безразмерных единицах. В решеточных единицах $R \in \{12, 14.4, 16.8, 19.2, 21.6, 24\}$. Скорость входящего потока в решеточных единицах измерения *inlet velocity* = 0.001968. Число Рейнольдса $Re = 0.08$. Вязкость ν в решеточных величинах 0.5904. Характеристическая длина для всех расчетных

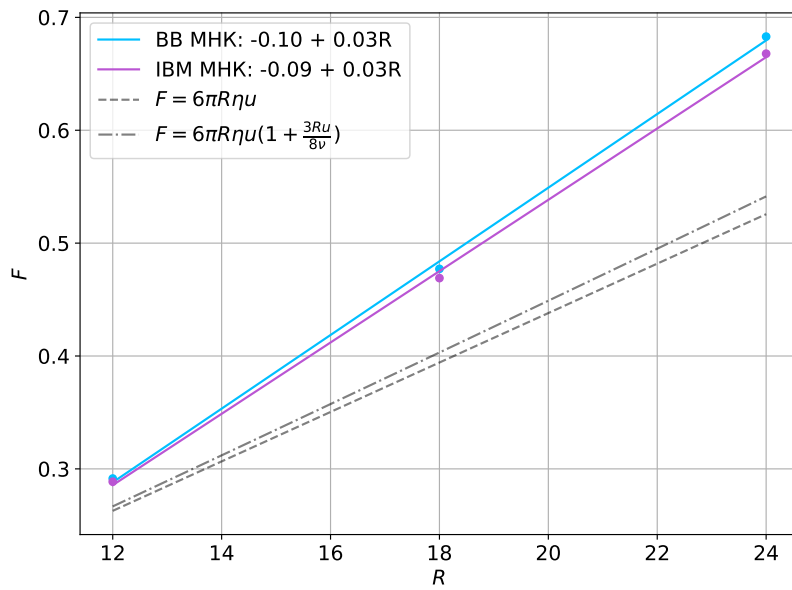


Рис. 4:

областей равна 24. Плотность сферы равна плотности жидкости $\rho_{sphere} = \rho_{fluid} = 1$.

Расчетная область куб и сфера помещена в его центр. Линейные размер куба меняется 8, 10, 12 в обезразмеренных величинах, в решеточных $8 \cdot 24 = 192$, $10 \cdot 24 = 240$, $12 \cdot 24 = 288$.

4.2 Результаты

Для разных размеров куба получаются слишком похожие значения 5. И не наблюдается приближения к аналитической формуле с увеличением области 6. Возможно, объем куба меняется слишком незначительно, либо какая-то другая причина и моделирование проведено неверно.

Литература

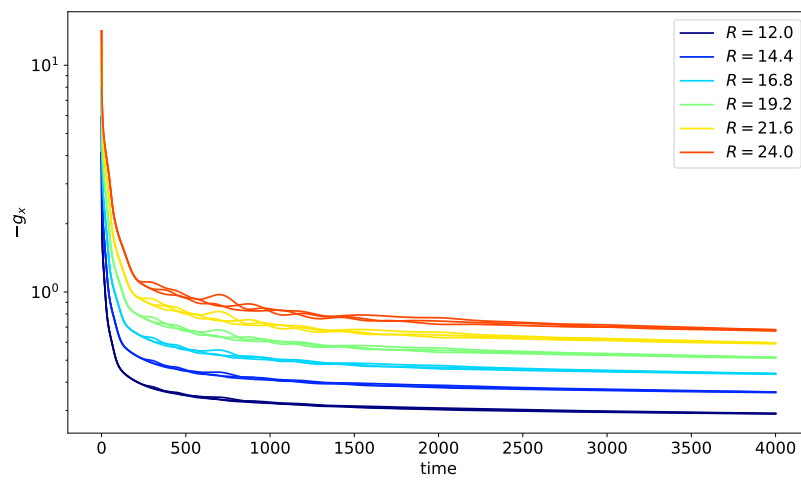


Рис. 5:

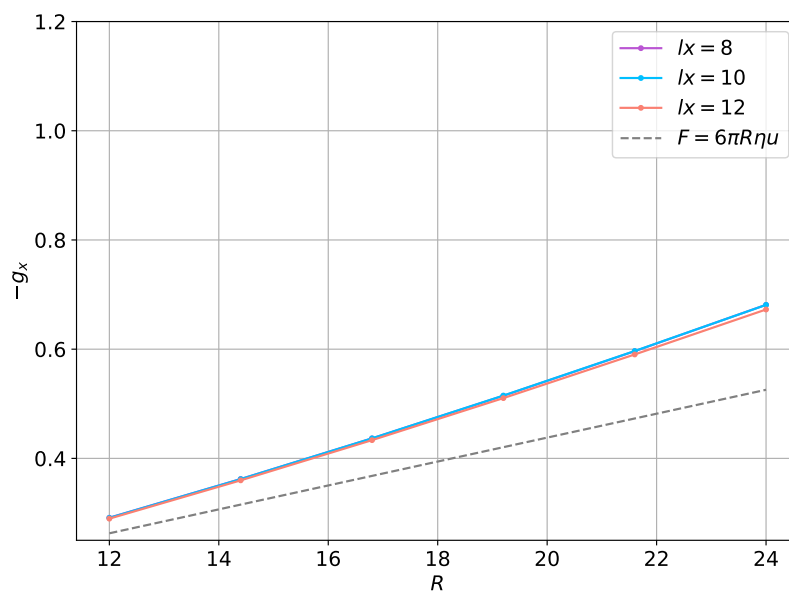


Рис. 6: Сила сопротивления в зависимости от размера расчетной области