

Расчет тока крови, описанной моделью вязкой жидкости, в двумерных и трехмерных сосудах

Гейдаров Н.А., Долгов Д.А., Фролов Е.Е.

Кемеровский Государственный Университет

25 июня 2013 г.

Описание задачи

- Клапан - часть сердца, образованная складками его внутренней оболочки (лепестками), обеспечивает однонаправленный ток крови.
- Для замены поврежденных могут использоваться искусственные клапаны, к которым предъявляется множество требований.

- Искусственный клапан применяется при лечении сердечных патологий.
- Создание клапанов требует решения большого количества задач (уменьшение тромбогенезиса, износа, градиента давления, увеличение безопасности и т.д.).
- Частично эти задачи можно решить с помощью математического моделирования

- Исследование существующих моделей гемодинамики а также методов, применяемых для получения численного решения.
- Построение расчетной области, приближенно описывающей искусственный клапан.
- Расчет давления и скоростей двумерного и трехмерного течений для выявления особенностей течения.

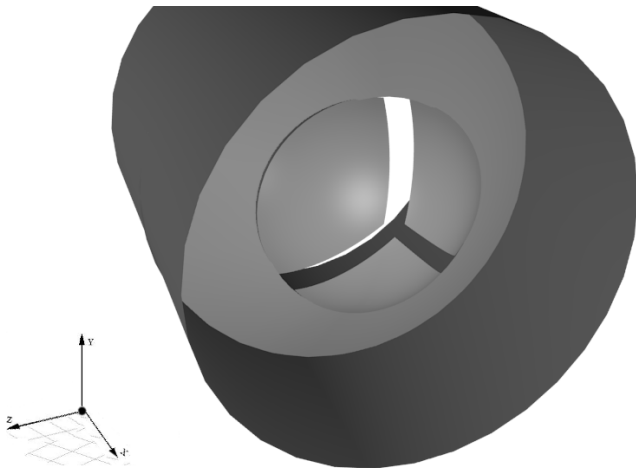
Постановка задачи

Стационарное уравнение Навье-Стокса

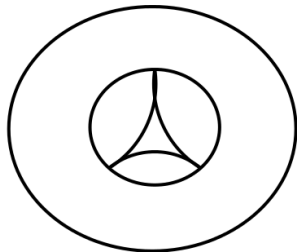
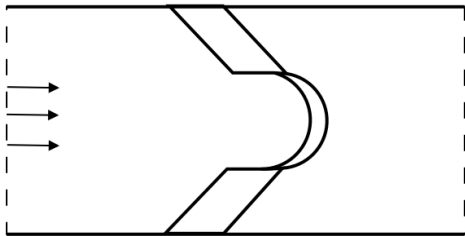
$$(\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} + \frac{1}{\rho} \nabla p - \nu \Delta \vec{u} = 0 \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \quad (2)$$

Краевые условия

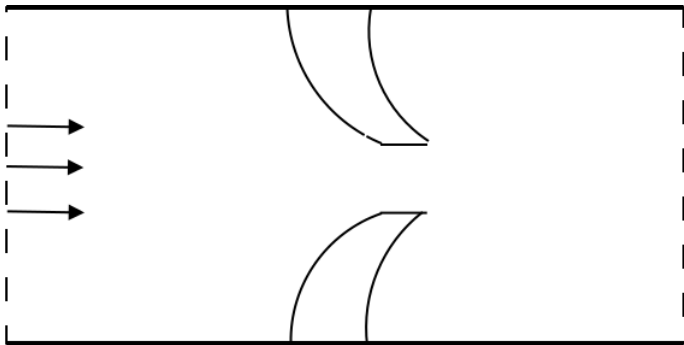


Краевые условия



$$p_{inlet} = p_0, p_{outlet} = p_1$$
$$\vec{u}_{solid} = 0$$

Краевые условия (2D)



$$p_{inlet} = p_0, p_{outlet} = p_1$$

$$\vec{u}_{solid} = 0$$

Метод решения

В расчетной области вводится неравномерная разнесенная сетка.

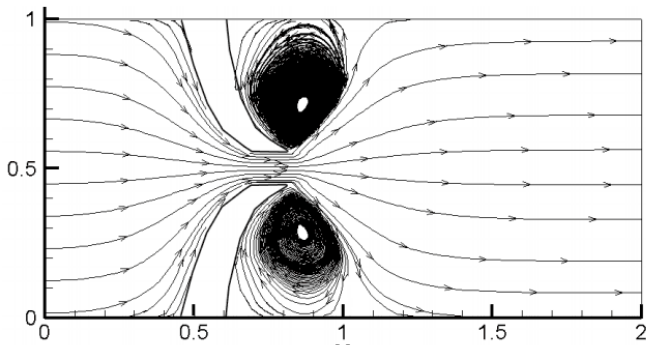
Давление расположено в узлах, компоненты вектора скорости смещены на $\frac{1}{2}H_{x/y/z}$

На полученной сетке решаемые уравнения аппроксимируются соответствующей конечно-разностной схемой и полученная система алгебраических уравнений решается методом неполной аппроксимации минимальных невязок.

$$u^{k+\frac{1}{2}} = u^k - \tau_{k+1} r^k \quad (3)$$

$$u^{k+1} = u^{k+\frac{1}{2}} - \alpha_{k+1} z_k \quad (4)$$

Результаты расчетов



Симметричный расчет, высота лепестков 0.45

Высота лепестков по оси Y равна 0.45, давление на Г1 (слева) равно 0.1, на Г2(справа) равно 0.

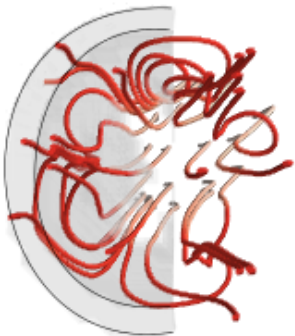
Результаты расчетов

$$\nu = 10^{-2}, \rho = 1$$

$$p_{inlet} = 1, p_{outlet} = 0$$

$$N_x = 60; N_y = 25; N_z = 25$$

Результаты расчетов



Результаты расчетов

