

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕОДНОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ В ИСКУССТВЕННОМ СЕРДЕЧНОМ КЛАПАНЕ

Д. А. Долгов¹, Ю. Н. Захаров¹

¹ Кемеровский государственный университет

В данной работе мы предлагаем математическую модель, которая описывает динамику течения крови в искусственном сердечном клапане, а также численный метод решения этой задачи. Мы рассматриваем нестационарную задачу о течении крови внутри сосуда к клапаном. Кровь состоит из плазмы и взвешенных в ней форменных элементов. Клапан и стенки сосуда являются гибкими и изменяют свою форму под воздействием течения крови. Будем моделировать кровь как вязкую несжимаемую двухкомпонентную жидкость, а клапан и стенки сосуда – как непроницаемую поверхность, обладающую заданной жесткостью. Для описания динамики створок искусственного сердечного клапана и гибких стенок сосуда мы определяем силы, возвращающие их в равновесное положение [1]. Задача о течении крови описывается нестационарной системой дифференциальных уравнений Навье-Стокса [2] с переменными вязкостью и плотностью. Т.к. физически кровь является неоднородной, то концентрацию примеси будем описывать уравнением конвекции [2].

Полученную задачу мы решаем с помощью метода погруженной границы [1]. Влияние клапанов на течение будем учитывать с помощью добавления массовых сил в уравнение движения жидкости [1]. Т.о. алгоритм решения будет следующим - на прямоугольной сетке с помощью схем расщепления по физическим факторам вычисляется значение скорости жидкости; затем решаем уравнение конвекции, т.е. определяем концентрацию примеси в области решения и пересчитываем значение плотности и вязкости. Далее вводим новую лагранжевую сетку, на которой определяем деформацию створок клапана под воздействием движения жидкости, и вычисляем значение сил, противодействующих деформации. После этого находим новое распределение массовых сил в уравнении движения жидкости.

Полученная модель и численный метод решения были применены для задач о течении крови в искусственном аортальном клапане, а также о развитии аневризмы сосуда. В рамках первой задачи получены результаты движения клапанов при различных перепадах давления. Для второй задачи были проведены расчеты, демонстрирующие возможность возникновения аневризмы стенок сосуда, а также ее влияние на распространение примеси.

Исследование проводится совместно с НИИ КССЗ (Кемеровский кардиоцентр), в целях улучшения конструкции создаваемых искусственных клапанов в рамках проектной части госзадания номер 1.630.1.2014/К.

ЛИТЕРАТУРА

1. Griffith B. E. *Immersed boundary model of aortic heart valve dynamics with physiological driving and loading conditions*. International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering, 28(3) 2012, 317-345.
2. Miloshevich H. Gaydarov N. A. Zakharov Y. N. *Model of incompressible viscous fluid flow driven by pressure difference in a given channel*. International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 62, July 2013.