

15 и более градусов в секунду) нагрев / охлаждение до крайних температур сопровождается возникновением в элементах корпуса недопустимо больших механических напряжений, которые с высокой вероятностью приведут к разрушению конструкции. На основе полученных результатов были сформулированы конструкторско-технологические рекомендации по обеспечению стабильных термомеханических контактов «кристалл-вывод».

Список цитированных источников

1. Быстродействующие терморезисторы из синтетических монокристаллов алмазов / В.С. Бормашов [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 2009. – № 5. – С. 134–139.
2. Микросхемы интегральные / приборы полупроводниковые. Методы расчета, измерения и контроля теплового сопротивления / Отраслевой стандарт: ОСТ 11 0944-96 / Государственное научно-производственное предприятие «Пульсар». – Введ. 01.01.1997. – Москва, 1997. – 110 с.
3. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
4. Карташов, Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел / Э.М. Карташов. – М.: Высшая школа, 1985. – 480 с.
5. Support Knowledge Base [Electronic resource] / COMSOL, Inc. – 2007. – Mode of access: <http://www.comsol.com/support/>

УДК 004.94

Латий О.О.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Хведчук В.И.

ЭЛЕМЕНТЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ТОКА КРОВИ

Введение. При моделировании жидкости с помощью метода конечных элементов особое внимание уделяется трехмерным задачам, в том числе и с подвижными границами. Рассматриваются методы перестроения разбиения области для учета изменения области, занятой жидкостью. Среда описывается с помощью разбиения расчетной области на конечные элементы – носители базисных функций. Идея метода заключается в минимизации функционала вариационной задачи на совокупности аппроксимирующих функций, каждая из которых определена на своем носителе.

Обзор задачи. Одной из важных проблем современной медицины является лечение расстройств мозгового кровообращения. Данная патология является одной из основных причин смертности населения развитых стран. Смертность от инсульта составляет до 20% от общей летальности, уступая лишь смертности от заболеваний сердца и опухолей всех локализаций.

Исходя из вышеизложенного, представляется чрезвычайно актуальным создание компьютерной модели кровотока в русле артерии с последующим прогнозированием его изменений в естественном состоянии и в ходе возможного лечения.

Таким образом, целью данной работы является исследование тока крови в области разделения сонной артерии человека на две ветви одинакового калибра, отходящие в стороны под одинаковыми углами в предположении, что стенки артерии являются идеально жесткими. Место деления артерии является наиболее уязвимым местом для поражения. Строение сосуда представлено на рис. 1.

Модель. Для описания движения жидкости решаются уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости, они решаются совместно с линейно-упругой моделью стенок сосудов. Сложная форма расчетной области задается с помощью неструктурированной динамической сетки, подвижное окно с частично разнесенной подвижной сеткой позво-

ляет учитывать сильные деформации. Для жидкости в подвижной системе координат записываются уравнения Навье–Стокса:

$$\frac{du_f}{dt} \Big|_Y \left[(u_f - \omega_g) \cdot \nabla \right] u_f + \frac{1}{\rho_f} \nabla p_f = \nu \Delta u_f + f_f,$$

$$\nabla \cdot u_f = 0,$$

где ρ_f – плотность жидкости, ν_f – кинематическая вязкость, $\omega_g = dx/dt$ – скорость движения сетки, Y указывает, что производная берется в подвижной системе координат.

Для исследования интересен участок сонной артерии человека в области её разделения. Ввиду сложности геометрии и невозможности её аналитического задания требуется численно описать гемодинамические процессы, происходящие с током крови в указанной области. В качестве граничных условий на входе общей и выходах внутренней и наружной сонных артерий берутся объемный расход крови через соответствующее сечение в единицу времени из [1] (см. рис. 2).

При этом считается заданным поле скоростей тока крови. Профиль скоростей параболический. Такой профиль скоростей также является допущением. Экспериментальные данные о распределении скоростей тока крови по сечению артерии позволят более точно решить задачу с сохранением описываемого метода.

План реализации модели. При реализации модели может быть использован двумерный жидкостно – тепловой элемент FLUID142 из системы ANSYS [2,3]. На рис. 3 показана геометрия, расположение узлов и система координат элемента FLUID142. Элемент задается 8 узлами и свойствами материала.

Задаются анализ взаимодействия жидкость – твердое тело и поверхностное граничное условие. Следует задать один и тот же номер границы раздела жидкости и твердого тела (контактирующих друг с другом), где имеет место передача тепла.

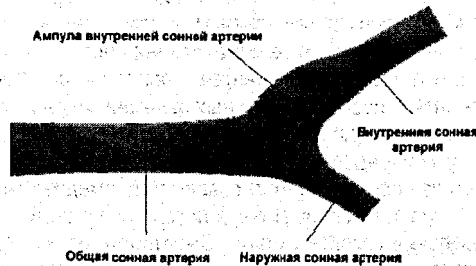


Рисунок 1 – Строение сосуда

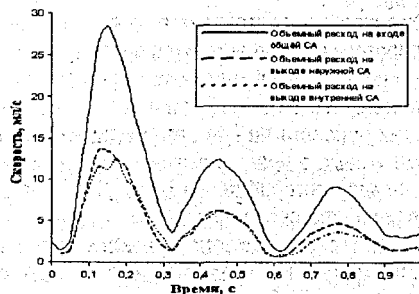


Рисунок 2 – Объемный расход крови

Свойства FLUID142 – плотность, вязкость, теплопроводность и теплоемкость. Теплопроводность и теплоемкость необходимы только в том случае, если решаемая задача является по своей природе тепловой. Свойства могут быть функцией температуры.

Возможен учет модели многокомпонентной среды. Эта опция позволяет отслеживать поведение до шести разных жидкостей в основной жидкости.

Интерес представляет получить векторное поле скоростей в заданной части бифуркации сонной артерии. Полученная в результате расчета линия тока позволит наглядно судить о наличии областей завихрения тока в ампуле, а также делать более наглядный анализ в остальных областях тока.

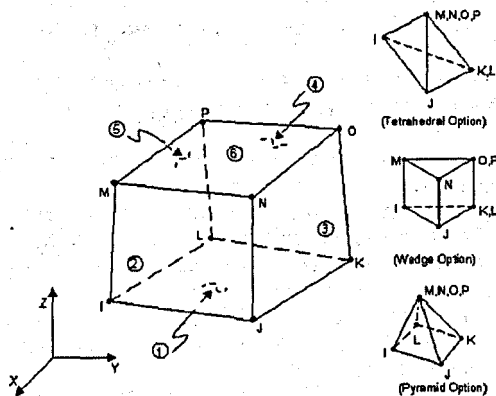


Рисунок 3 – Характеристики элемента FLUID141

Заключение. Результаты работы могут быть использованы в учебных целях, а также требуют проверки еще в одной конечно-элементной системе, позволяющей расчет процессов в жидкостях, например COSMOS. Важным является и развитие аналитической модели на базе математических систем.

Список цитированных источников

1. Botnar, R. Hemodynamics in the carotid artery bifurcation: a comparison between numerical simulations and in vitro MRI measurements / R. Botnar, G. Rappitsch, M.B. Scheidegger [et. al.] // Journal of Biomechanics. – 2000. – № 33. – P.137-144.
2. Руководство по основным методам проведения анализа в программе ANSYS. С. 399. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.learn-construction.kh.ua. 06.12.2012.
3. Каменский, А. Практическое применение конечно-элементного пакета ANSYS к задачам биомеханики кровеносных сосудов: учебно-методическое пособие для студентов естественных дисциплин / Каменский А., Сальковский Ю. – 2005. – С. 77–90.

УДК 551.510.7;645.625.162.4

Липовцев А. П.

Научные руководители: доцент Янусик И.С., учитель физики Липовцева Н. Ф.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЯЧИХ ВОЛН

Особого рода интерференционная картина называется стоячей волной. Она получается в том случае, если две когерентные волны, одинаковые по интенсивности, распространяются навстречу друг другу. Каждая из бегущих волн переносит энергию в направлении своего распространения, так как эти направления противоположны, то в результате переноса энергии в стоячей волне нет. В отличие от бегущей волны, в стоячей волне