

УДК 519.6: 532.5

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ОТКРЫТОЙ КАВЕРНЫ ДЛЯ АНЕВРИЗМЫ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ

Н.К. Волосова (аспирант Московского государственного технического университета МГТУ им. Н.Э. Баумана);

М.А. Басараб (профессор, д.ф. - м.н. Московского государственного технического университета МГТУ им. Н.Э. Баумана);

К.А. Волосов, профессор, д.ф. - м.н., А.К. Волосова, к.ф.- м.н. (МИИТ) г. Москва;

к. ф.-м. н., доц. Д.Ф. Пастухов, к. ф.-м. н., доц. Ю.Ф. Пастухов

(Полоцкий государственный университет)

Аннотация: В работе предложена гидродинамическая задача в обобщенной открытой каверне. Симметрия задачи позволяет решать ее численно на половине модели. С точки зрения математической физики задача является некорректной, так как профиль скорости на отрезке, расположенном на оси симметрии прямоугольной каверны-аневризмы не задан и находится неявно итерационным алгоритмом. Для определения скорости на оси симметрии предложены метод симметрии профиля скорости и формула для производной функции тока по координате x . Обе формулы имеют десятый порядок погрешности. Предложенная модель обобщенной открытой каверны моделирует гидродинамические явления в аневризмах кровеносных сосудов.

Ключевые слова: уравнения в частных производных, уравнения Навье-Стокса, гидродинамика, ламинарное течение

GENERALIZED MODEL OF AN OPEN CAVITY FOR AN ANEURISM OF BLOOD VESSELS

N.K. Volosova, M.A. Basarab, K.A. Volosov, A.K. Volosova,

D.F. Pastuhov, YU.F. Pastuhov

Введение. Аневризма кровеносного сосуда или капилляра представляет собой утолщенный участок, соосный с сосудом, и превышает его диаметр в два раза. Очень важно, что вся наша модель симметрична относительно горизонтальной координатной оси x . То есть, входной и выходной

прямоугольный канал, соединенные с прямоугольником-аневризмой, все три тела имеют общую ось симметрии x . Обозначим полуширину канала (зазора) и полуширину аневризмы Δ, H соответственно. При малых числах Рейнольдса важны силы вязкого трения. Как показано в работе [1, стр. 519], можно рассматривать давление крови в капилляре постоянным по сечению, давление меняется вдоль оси x , причем, в установившемся режиме градиент давления тоже постоянный.

Постановка задачи. Данная работа написана для Российской научной библиотеки. В Российской библиотеке elibrary.ru работе присвоен идентификационный номер eLIBRARY ID: 46571287, где работу можно скопировать в полном объеме.

Литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 1. Механика: Учеб. Пособие для вузов.- 3-е изд., испр. и доп. – М.:Наука. Гл. ред. физ. мат. лит. 1989. - 576 с. - ISBN 5-02-014054-6.
2. Волосова Н.К. Нестационарная гидродинамическая задача в открытой прямоугольной каверне// Евразийское Научное Объединение. –2021. № 3-1 (73). С. 16-21.
3. Волосова Н.К., Басараб М.А., Волосов К.А., Волосова А.К., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. О роли профиля скорости на верхнем отрезке в гидродинамической задаче для прямоугольной каверны// Евразийское Научное Объединение. – 2020. № 5-1 (63). С. 11-17.
4. Волосова Н.К. Возможные виды течения в закрытой каверне и противоречия в задаче с подвижной крышкой// Евразийское Научное Объединение. – 2020. № 12-1 (70). С. 4-14.
5. Волосова Н.К., Басараб М.А., Волосов К.А., Волосова А.К., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Вычисление поля давления по полю скорости в гидродинамической задаче для прямоугольной каверны// Евразийское Научное Объединение. – 2020. № 9-1 (67). С. 1-8.
6. Волосова Н.К., Басараб М.А., Волосов К.А., Волосова А.К., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Модифицированное разностное уравнение К.Н. Волкова для уравнения Пуассона на прямоугольнике с четвертым порядком погрешности// Евразийское Научное Объединение. – 2020. № 6-1 (52). С. 4-11.
7. Волосова Н.К. О нестационарном уравнении диффузии с полной производной по времени на прямоугольнике// Евразийское Научное Объединение. –2021. № 1-1 (71). С. 9-14.
8. Волосова Н.К. О решении уравнения Пуассона на прямоугольнике с шестым порядком погрешности за конечное число элементарных

- операций// Евразийское Научное Объединение. –2020. № 3-1 (61). С. 20-27.
9. Волосова Н.К. О решении уравнения Пуассона на прямоугольнике с четвертым порядком погрешности за конечное число элементарных операций// Евразийское Научное Объединение. –2020. № 2-1 (60). С. 11-17.
10. Волосова Н.К. Конечные методы решения уравнения Пуассона на произвольном прямоугольнике с краевым условием Дирихле// Евразийское Научное Объединение. –2020. № 5-1 (63). С. 17-28.
11. Волосова Н.К. Мягкие краевые условия в гидродинамической задаче для профиля скорости в открытой прямоугольной каверне// Евразийское Научное Объединение. –2021. № 5-1 (75). С. 9-14.
12. Волосова Н.К., Басараб М.А., Волосова А.К., Зайцев В.Ф. Волосов К.А., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Этап конструирования математической модели аневризмы. Течения в каверне и противоречия в задаче в “закрытой” кювете//В сборнике: Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования . Материалы 74-й научной конференции “Герценовские чтения 2021”. Сакт-Петербург, 2021. С. 208-213.
13. A. Salih Streamfunction - Vorticity Formulation//Department of Aerospace Engineering Indian Institute of Space Science and Technology, Thiruvananthapuram-Mach 2013. p.10.
14. П. Роуч. Вычислительная гидродинамика. Мир. Москва. 1980. 597 с.
15. Волосова Н.К., Пастухов Д.Ф., Волосов К.А. Методы расширения области применения методов математической физики//Международная конференция “Квазилинейные уравнения и обратные задачи”. QIPA conference handbook and proceedings. – М.: МФТИ, 2018. – С 20.
16. Фомин А.А., Фомина Л.Н. Численное моделирование течения жидкости в плоской каверне при больших числах Рейнольдса//Вычислительная механика сплошных сред.2014.Т.7.№4.С 363-377.
17. Волосов К.А., Данилов В.Г., Колобов Н.А., Маслов В.П. Доклады академии наук СССР. 1986. Т.33. С. 517.
18. Danilov V.G., Maslov V.P., Volosov K.A. Mathematical modeling of heat and mass transfer//Originally published in Russian/Dordrecht,1995.
19. Волосов К.А. Одевание решений для некоторых неинтегрируемых задач и некоторые инвариантные свойства анзаца метода Хироты//Дифференциальные уравнения. 2005. Т 41.№ 11.С. 1572-1575.

20. Волосов К.А. О собственных функциях структур, описываемых моделью “мелкой воды” на плоскости// *Фундаментальная и прикладная математика*. 2006. Т. 12. № 6. С. 17-32.
21. Волосов К.А. Построение решений квазилинейных параболических уравнений в параметрическом виде// *Дифференциальные уравнения*, 2007, Т.43, №.4., С.492-497.
22. Волосов К.А. Новый метод построения решений уравнений с частными производными в параметрической форме// *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена*. 2007. Т.7. № 26. С. 13-20.
23. Волосов К.А. Конструкция решений квазилинейных уравнений с частными производными// *Сибирский журнал индустриальной математики* 2008, т.11, н.2(34), С. 29-39
24. В.П. Маслов, В.Г. Данилов, К.А. Волосов. Математическое моделирование процессов тепломассопереноса (эволюция диссипативных структур). С добавлением Н.А. Колобова, - М.:Наука, 1987, 352 с.
25. Атаулаханов Ф.И., Гурия Г.Т., Сорочкина А.Ю. Пространственные аспекты динамики свёртывания крови. Феноменологическая модель.
26. Волосов К.А., Вдовина Е.К., Пугина Л.В. Моделирование «пульсирующих» режимов динамики свёртывания крови. Математическое моделирование. 2014, т 26, н.12, с. 14–32.
27. Зайцев В. Ф., Полянин А.Д. Справочник. Дифференциальные уравнения с частными производными. Международная программа образования 1996.
28. The role of aeration in forming the thermal regime of a geothermal lake. Anisimova E.P., Pastukhov D.F., Speranskaya A.A., Speranskaya O.A.// *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 1996. Т 32. № 2. С. 268-272.
29. Волосова Н.К., Басараб М.А., Волосов К.А., Волосова А.К., Пастухов Д.Ф. Изучение биологически мотивированной математической модели предстательной железы// *Евразийское Научное Объединение*. –2021. № 6-1 (76). С. 6-21.
30. Вакуленко С.П., Волосова Н.К., Пастухов Д.Ф. Способы передачи QR-кода в стеганографии/ С.П. Вакуленко, Н.К. Волосова, Д.Ф. Пастухов // *Мир транспорта*. – 2018. Т.16. № 5(78). С. 14-25.
31. Пастухов Д.Ф., Волосова Н.К., Волосова А.К. Некоторые методы передачи QR-кода в стеганографии/ Д.Ф. Пастухов, Н.К. Волосова, А.К. Волосова // *Мир транспорта*. – 2019. Т.17. № 3(82). С. 16-39.
32. Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К., Карлов М.И., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Модифицированная формула Ньютона – касательных парабол на комплексной плоскости// *Евразийское Научное Объединение*. –2021. № 6-1 (76). С. 21-27.

33. Пастухов Ю.Ф., Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К., Пастухов Д.Ф., Пастухов А.Ю. Теорема о связи чисел Кармайкла с функцией Кармайкла// Евразийское Научное Объединение. –2021. № 6-1 (76). С. 50-53.
34. Волосова Н.К. Вычисление производных дробного порядка с высокой степенью точности // Евразийское Научное Объединение. – 2020. № 11-1 (69). С. 1-9.
35. Волосова Н.К. Вычисление производных дробного порядка, принимающего значения на интервале(0,1), с высокой степенью точности// Евразийское Научное Объединение. –2021. № 2-1 (72). С. 30-37.
36. Пастухов Ю.Ф. Пастухов Д.Ф., Карлов М.И., Пастухов А.Ю. Тензор многомерного обобщенного 0-импульса 1-го ранга// Евразийское Научное Объединение. –2021. № 2-1 (72). С. 43-48.
37. Пастухов Ю.Ф. Пастухов Д.Ф. Тензор Эйлера-Лагранжа в расслоении (преобразование многомерного обобщенного 0-импульса) // Евразийское Научное Объединение. –2020. № 12-1 (70). С. 4-14.