

КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОЧАЯ ЧАСТЬ НАЗВАНИЯ

На правах рукописи

УДК 519.63

Долгов Дмитрий Андреевич

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОЙ
НЕСЖИМАЕМОЙ НЕОДНОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ ВНУТРИ
КРУПНЫХ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ И КЛАПАНОВ**

Специальность 5.13.18 —

«Математические модели, численные методы и комплексы программ»

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель:
доктор физ.-мат. наук, профессор
Захаров Ю.Н.

Кемерово — 2015

Оглавление

Введение	4
1 Описание математических моделей	6
1.1 Физика и биология процессов в сосудах и клапанах	6
1.2 Математическая модель	6
1.3 Метод численного решения поставленной задачи	6
1.3.1 Метод расщепления по физическим факторам	6
1.3.2 Метод решения уравнения конвекции	6
1.3.3 Метод погруженной границы	6
1.4 Ссылки	6
1.5 Формулы	6
1.5.1 Ненумерованные одиночные формулы	7
1.5.2 Ненумерованные многострочные формулы	7
1.5.3 Нумерованные формулы	8
2 Моделирование течение крови внутри сосуда, подверженного аневризме .	9
2.1 Математическая модель	9
2.2 Методы численного решения	9
2.3 Результаты	9
2.3.1 Аневризма + концентрация	9
2.3.2 Размывание сгустков	9
2.4 Одиночное изображение	9
2.5 Длинное название параграфа, в котором мы узнаём как сделать две картинки с общим номером и названием	9
2.6 Пример вёрстки списков	10
3 Моделирование течения крови внутри искусственного сердечного клапана	11
3.1 Математическая модель	11
3.2 Методы численного решения	11
3.3 Результаты	11
3.3.1 Аортальный клапан	11
3.3.2 Аортальный клапан с кольцом жесткости	11

3.4	Таблица обыкновенная	11
3.5	Параграф - два	11
3.6	Параграф с подпараграфами	12
3.6.1	Подпараграф - один	12
3.6.2	Подпараграф - два	12
Заключение		13
Список литературы		14
Список рисунков		17
Список таблиц		18
А Название первого приложения		19
В Очень длинное название второго приложения, в котором продемонстрирована работа с длинными таблицами		20
V.1	Подраздел приложения	20
V.2	Ещё один подраздел приложения	22
V.3	Очередной подраздел приложения	23
V.4	И ещё один подраздел приложения	23

Введение

Обзор, введение в тему, обозначение места данной работы в мировых исследованиях и т.п.

Целью данной работы является ...

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Исследовать, разработать, вычислить и т.д. и т.п.
2. Исследовать, разработать, вычислить и т.д. и т.п.
3. Исследовать, разработать, вычислить и т.д. и т.п.
4. Исследовать, разработать, вычислить и т.д. и т.п.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Первое положение
2. Второе положение
3. Третье положение
4. Четвертое положение

Научная новизна:

1. Впервые ...
2. Впервые ...
3. Было выполнено оригинальное исследование ...

Научная и практическая значимость ...

Степень достоверности полученных результатов обеспечивается ... Результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на: перечисление основных конференций, симпозиумов и т.п.

Личный вклад. Автор принимал активное участие ...

Публикации. Основные результаты по теме диссертации изложены в XX печатных изданиях [1–5], X из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК [1–3], XX — в тезисах докладов [4, 5].

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений. Полный объем диссертации составляет XXX страница с XX рисунками и XX таблицами. Список литературы содержит XXX наименований.

Глава 1

Описание математических моделей

1.1 Физика и биология процессов в сосудах и клапанах

1.2 Математическая модель

1.3 Метод численного решения поставленной задачи

1.3.1 Метод расщепления по физическим факторам

1.3.2 Метод решения уравнения конвекции

1.3.3 Метод погруженной границы

Мы можем сделать **жирный текст** и *курсив*.

1.4 Ссылки

Сошлёмся на библиографию. Одна ссылка: [1]. Две ссылки: [2, 3]. Много ссылок: [4–20].
И ещё немного ссылок: [21–33].

Сошлёмся на приложения: Приложение А, Приложение В.2.

Сошлёмся на формулу: формула (1.1).

Сошлёмся на изображение: рисунок 2.2.

1.5 Формулы

Благодаря пакету *isotta*, L^AT_EX одинаково хорошо воспринимает в качестве десятичного разделителя и запятую (3,1415), и точку (3.1415).

1.5.1 Ненумерованные одиночные формулы

Вот так может выглядеть формула, которую необходимо вставить в строку по тексту:
 $x \approx \sin x$ при $x \rightarrow 0$.

А вот так выглядит ненумерованная отдельностоящая формула с подстрочными и надстрочными индексами:

$$(x_1 + x_2)^2 = x_1^2 + 2x_1x_2 + x_2^2$$

При использовании дробей формулы могут получаться очень высокие:

$$\frac{1}{\sqrt{(2) + \frac{1}{\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{2} + \dots}}}}$$

В формулах можно использовать греческие буквы:

$$\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta\eta\theta\vartheta\iota\kappa\lambda\mu\nu\xi\pi\rho\sigma\tau\upsilon\phi\chi\psi\omega\Gamma\Delta\Theta\Lambda\Xi\P\Sigma\Upsilon\Phi\Psi\Omega$$

1.5.2 Ненумерованные многострочные формулы

Вот так можно написать две формулы, не нумеруя их, чтобы знаки равно были строго друг под другом:

$$\begin{aligned} f_W &= \min \left(1, \max \left(0, \frac{W_{soil}/W_{max}}{W_{crit}} \right) \right), \\ f_T &= \min \left(1, \max \left(0, \frac{T_s/T_{melt}}{T_{crit}} \right) \right), \end{aligned}$$

Можно использовать разные математические алфавиты:

$$\begin{aligned} &ABCDEFGHIJKLMN\mathcal{O}PQRSTU\mathcal{V}W\mathcal{X}YZ \\ &\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C}\mathfrak{D}\mathfrak{E}\mathfrak{F}\mathfrak{G}\mathfrak{H}\mathfrak{I}\mathfrak{J}\mathfrak{K}\mathfrak{L}\mathfrak{M}\mathfrak{N}\mathfrak{O}\mathfrak{P}\mathfrak{Q}\mathfrak{R}\mathfrak{S}\mathfrak{T}\mathfrak{U}\mathfrak{V}\mathfrak{W}\mathfrak{X}\mathfrak{Y}\mathfrak{Z} \\ &ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ \end{aligned}$$

Посмотрим на систему уравнений на примере аттрактора Лоренца:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = x(r - z) - y \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$

А для вёрстки матриц удобно использовать многоточия:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

1.5.3 Нумерованные формулы

А вот так пишется нумерованная формула:

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \quad (1.1)$$

Нумерованных формул может быть несколько:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6} \quad (1.2)$$

В последствии на формулы (1.1) и (1.2) можно ссылаться.

Глава 2

Моделирование течение крови внутри сосуда, подверженного аневризме

2.1 Математическая модель

2.2 Методы численного решения

2.3 Результаты

2.3.1 Аневризма + концентрация

2.3.2 Размывание сгустков

2.4 Одиночное изображение



Рисунок 2.1: TeX.

2.5 Длинное название параграфа, в котором мы узнаём как сделать две картинки с общим номером и названием

А это две картинки под общим номером и названием:



а)



б)

Рисунок 2.2: Очень длинная подпись к изображению, на котором представлены две фотографии Дональда Кнута

2.6 Пример вёрстки списков

Нумерованный список:

1. Первый пункт.
2. Второй пункт.
3. Третий пункт.

Маркированный список:

- Первый пункт.
- Второй пункт.
- Третий пункт.

Вложенные списки:

- Имеется маркированный список.
 1. В нём лежит нумерованный список,
 2. в котором
 - лежит ещё один маркированный список.

Глава 3

Моделирование течения крови внутри искусственного сердечного клапана

3.1 Математическая модель

3.2 Методы численного решения

3.3 Результаты

3.3.1 Аортальный клапан

3.3.2 Аортальный клапан с кольцом жесткости

3.4 Таблица обыкновенная

Так размещается таблица:

Таблица 3.1: Название таблицы

Месяц	T_{min} , К	T_{max} , К	$(T_{max} - T_{min})$, К
Декабрь	253.575	257.778	4.203
Январь	262.431	263.214	0.783
Февраль	261.184	260.381	-0.803

3.5 Параграф - два

Некоторый текст.

3.6 Параграф с подпараграфами

3.6.1 Подпараграф - один

Некоторый текст.

3.6.2 Подпараграф - два

Некоторый текст.

Заключение

Основные результаты работы заключаются в следующем.

1. На основе анализа ...
2. Численные исследования показали, что ...
3. Математическое моделирование показало ...
4. Для выполнения поставленных задач был создан ...

И какая-нибудь заключающая фраза.

Список литературы

1. *Сычёв М. С.* История Астраханского казачьего войска: учебное пособие. — Астрахань: Волга, 2009. — 231 с.
2. *Соколов А. Н., Сердобинцев К. С.* Гражданское общество: проблемы формирования и развития (философский и юридический аспекты): монография / Под ред. В. М. Бочарова. — Астрахань: Калининградский ЮИ МВД России, 2009. — 218 с.
3. *Гайдаенко Т. А.* Маркетинговое управление: принципы управленческих решений и российская практика. — 3-е изд, перераб. и доп. изд. — М.: Эксмо: МИРБИС, 2008. — 508 с.
4. *Лермонтов Михаил Юрьевич.* Собрание сочинений: в 4 т. — М.: Терра-Кн. клуб, 2009. — 4 т.
5. Управление бизнесом: сборник статей. — Нижний новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2009. — 243 с.
6. *Борозда И. В., Воронин Н. И., В. Бушманов А.* Лечение сочетанных повреждений таза. — Владивосток: Дальнаука, 2009. — 195 с.
7. Маркетинговые исследования в строительстве: учебное пособие для студентов специальности «Менеджмент организаций» / О. В. Михненко, И. З. Коготкова, Е. В. Генкин, Г. Я. Сороко. — М.: Государственный университет управления, 2005. — 59 с.
8. Конституция Российской Федерации: офиц. текст. — М.: Маркетинг, 2001. — 39 с.
9. Семейный кодекс Российской Федерации: [федер. закон: принят Гос. Думой 8 дек. 1995 г.: по состоянию на 3 янв. 2001 г.]. — СПб.: Стаун-кантри, 2001. — 94 с.
10. ГОСТ Р 7.0.53-2007 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Издания. Международный стандартный книжный номер. Использование и издательское оформление. — М.: Стандартинформ, 2007. — 5 с.
11. *Разумовский В. А., Андреев Д. А.* Управление маркетинговыми исследованиями в регионе. — М., 2002. — 210 с. — Деп. в ИНИОН Рос. акад. наук 15.02.02, № 139876.

12. *Лагжуева Ирина Владимировна*. Особенности регулирования труда творческих работников театров: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.05. — М., 2009. — 168 с.
13. *Покровский Андрей Владимирович*. Устранимые особенности решений эллиптических уравнений: дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 01.01.01. — М., 2008. — 178 с.
14. *Сиротко Владимир Викторович*. Медико-социальные аспекты городского травматизма в современных условиях : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.33. — М., 2006. — 26 с.
15. *Лукина Валентина Александровна*. Творческая история «Записок охотника» И. С. Тургенева: автореф. дис. ... канд. филол. наук : 10.01.01. — СПб., 2006. — 26 с.
16. *Загорюев А. Л.* Методология и методы изучения военно-профессиональной направленности подростков: отчёт о НИР. — Екатеринбург, 2008. — 102 с.
17. Художественная энциклопедия зарубежного классического искусства [Электронный ресурс]. — М.: Большая Рос. энцикл., 1996. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
18. *Насырова Г. А.* Модели государственного регулирования страховой деятельности [Электронный ресурс] // *Вестник Финансовой академии*. — 2003. — № 4. — Режим доступа: [http://vestnik.fa.ru/4\(28\)2003/4.html](http://vestnik.fa.ru/4(28)2003/4.html).
19. *Берестова Т. Ф.* Поисковые инструменты библиотеки // *Библиография*. — 2006. — № 4. — С. 19.
20. *Кругер И.* Бумага терпит // *Новая газета*. — 2009. — 1 июля.
21. *Adams Peter*. The title of the work // *The name of the journal*. — 1993. — 7. — Vol. 4, no. 2. — Pp. 201–213. — An optional note.
22. *Babington Peter*. The title of the work. — 3 edition. — The address: The name of the publisher, 1993. — 7. — Vol. 4 of 10. — An optional note.
23. *Caxton Peter*. The title of the work. — How it was published, The address of the publisher, 1993. — 7. — An optional note.
24. *Draper Peter*. The title of the work // The title of the book / Ed. by The editor; The organization. — Vol. 4 of 5. — The address of the publisher: The publisher, 1993. — 7. — P. 213. — An optional note.
25. *Eston Peter*. The title of the work // Book title. — 3 edition. — The address of the publisher: The name of the publisher, 1993. — 7. — Vol. 4 of 5. — Pp. 201–213. — An optional note.
26. *Farindon Peter*. The title of the work // The title of the book / Ed. by The editor. — The address of the publisher: The name of the publisher, 1993. — 7. — Vol. 4 of 5. — Pp. 201–213. — An optional note.

27. *Gainsford Peter*. — The title of the work. — The organization, The address of the publisher, 3 edition, 1993. — 7. — An optional note.
28. *Harwood Peter*. — The title of the work. — Master's thesis, The school where the thesis was written, The address of the publisher, 1993. — 7. — An optional note.
29. *Isley Peter*. The title of the work. — How it was published. — 1993. — 7. — An optional note.
30. *Joslin Peter*. The title of the work: Ph.D. thesis / The school where the thesis was written. — The address of the publisher, 1993. — 7. — An optional note.
31. The title of the work / Ed. by Peter Kidwelly; The organization. — Vol. 4 of 5, The address of the publisher, 1993. — 7. The name of the publisher. — An optional note.
32. *Lambert Peter*. The title of the work: Tech. Rep. 2. — The address of the publisher: The institution that published, 1993. — 7. — An optional note.
33. *Marcheford Peter*. The title of the work. — An optional note.

Список рисунков

2.1	TeX.	9
2.2	Очень длинная подпись к изображению, на котором представлены две фото- графии Дональда Кнута	10

Список таблиц

3.1	Название таблицы	11
-----	----------------------------	----

Приложение А

Название первого приложения

Некоторый текст.

Приложение В

Очень длинное название второго приложения, в котором продемонстрирована работа с длинными таблицами

В.1 Подраздел приложения

Вот размещается длинная таблица:

Параметр	Умолч.	Тип	Описание
&INP			
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
продолжение следует			

(продолжение)			
Параметр	Умолч.	Тип	Описание
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars kick	0 1	int int	1: инициализация модели для планеты Марс 0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
&SURFPAR			
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
продолжение следует			

Параметр	Умолч.	Тип	Описание
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс

В.2 Ещё один подраздел приложения

Нужно больше подразделов приложения!

В.3 Очередной подраздел приложения

Нужно больше подразделов приложения!

В.4 И ещё один подраздел приложения

Нужно больше подразделов приложения!