

## Заключение

В настоящей книге сделана первая попытка обобщения и систематизации практического опыта построения и отладки сложных вычислительных моделей для решения различных задач чистой гидромеханики, с разной долей успеха примененных автором для моделирования потоков вблизи сложных тел, крыльев, струй и движителей. В последние годы разнообразие задач для тензорного моделирования ограничивалось скучной задачей о штормовых нагонах и других длинных волнах на море и на его мелководьях. Но и в кажущейся простой инженерной задаче, всегда находятся математически неразрешимые проблемы, с легкостью устраняемые чисто алгоритмическими эвристиками. Изобретательство в численных методах не редкость, что и придает им особую красоту, иногда - надежность, и всегда - проблески углубленного осмысления физической сути новых вычислительных моделей. Инженерные задачи обязательно превращаются в повседневный инструментарий инженера-практика, и в них со временем сохраняются только самые качественные и надежные технические решения, способные к формированию обновленных законов механики и уточных математических идей.

Привычные тензорные числовые объекты и математические операции с ними, основанные на фундаменте классической механики, вполне выдерживают математическую поверку на полноту и точность количественного описания явлений и процессов гидромеханики, ее действительного мира неразрывной природы. И все же, это лишь начало пути в освещении оптимальности или достаточности новой формы математического представления законов механики, в их многообразии кажущихся связей между кинематикой и энергией движущихся жидкостей, в загадочных живых силах физических полей и действительной жизни природы.

Показанные в книге теоретические исследования и решения прикладных задач относятся, в первую очередь, к созданию морских вычислительных экспериментов, активно изучавшихся в стенах Ленинградской академической школы корабельной гидромеханики, теории и мореходности корабля в середине 80-х прошлого XX века, совместно с добрыми учителями и соавторами многих ключевых идей А.Н. Холодилиным и А.Ш. Ачкинадзе, создавшими в те годы самые благоприятные условия для научных дискуссий по инженерным проблемам гидромеханики и мореходности корабля.

## Алфавитный указатель

- Алгоритм *6-7, 9-15, 25, 47, 65, 72, 86, 94-107, 109, 117, 126, 128-129, 137-138, 157, 160, 163, 166-168, 171-178, 194-197*
- Анализ *15, 22-24, 49, 74, 76, 100, 107, 158, 164-165, 168-170, 175, 178*
- Базис, координаты *19, 20, 26, 48, 79, 81, 83, 131, 133*
- абсолютный *9, 16-20, 26, 46-47, 77, 81-84, 99, 131, 148-153*
  - локальный *9, 14, 16-20, 38, 47, 77-84, 80, 90-94, 107, 133, 156*
  - дуальный *18, 20, 22, 63, 82, 87, 114, 131, 150, 161, 193*
  - смешанный *8, 17, 26, 67, 83-84, 99, 126, 132, 149, 191*
  - декартовый *8, 17, 20-21, 78-79, 115, 133-134*
  - ковариантный *18, 79, 82, 137*
  - контравариантный *19, 79, 81-84, 137*
  - геометрический (векторный) Евклида *8, 18, 21*
- симплекс *16, 79, 93, 186*
- Время *9, 15, 26, 38, 89, 46, 130, 166, 198*
- абсолютное *9, 24, 38, 46-47, 75, 77, 89, 130,*
- Внутренняя энергия *7, 17, 34, 49, 87, 91, 93, 117, 140, 148-151, 161*
- Вычислительный эксперимент *5, 13, 25, 28, 50, 65, 72, 76, 87-92, 94-98, 99, 101, 104-107, 114-117, 120-124, 126-127, 129, 141, 147, 152, 154, 171*
- Гидродинамика *51-52, 57-58, 64, 68, 69, 71, 112, 116, 118, 120-122, 154*
- Гидромеханика *5, 25, 34, 114, 126, 145, 155, 157, 159, 164, 200,*
- Ньютона *9, 87, 148, 155,*
- Кинематика *8, 18, 52, 57, 60, 67, 91, 112, 121, 142, 148, 155, 163, 175*
- Инерция *17, 59, 60, 87, 93, 114, 136, 140, 148-149, 151, 155-157*
- Масса *15, 48, 55, 59, 87, 91, 115, 135, 149, 151, 155, 167-168, 170, 183*
- Напряжение *68, 76, 117, 123, 151, 159-160, 164-165, 169, 170*
- Плотность *17, 52, 55, 115, 117, 136, 148-150, 157, 159, 165, 169-170*
- Действия, вычислительные операции *61, 82-83, 132, 136, 138, 173,*
- сложение *80, 103, 108, 137, 142, 160,*
  - умножение, произведение *81, 83, 85, 108, 137, 142, 160,*
  - логическое сопоставление и правила *87, 96, 108, 129, 132, 137, 141, 160, 167, 200,*
- Живые силы *49, 91, 114, 140, 149, 151, 155-156, 179, 183, 188*
- Исчисление флюксий *9, 27, 29, 48-50, 143-144, 146, 148, 150*
- Конвективные скорости *8, 52, 76, 92, 117, 140, 145, 149, 156, 158, 183*
- Континуальная логика *9, 13, 21, 24, 34, 48, 49, 65, 76, 93, 107, 132-134*
- диалектика *21, 22-23, 28, 32, 36-37, 41, 105, 175, 187*

- трилектика 6, 21, **24-25**, 28, 37, 103
- Непротиворечивое проектирование 21-22, 25, 28, 36, 86, 94-112
- Крупная частица жидкости 8, 13, 16-18, 24, 26, 48, 52, 57, 72-75, 87-105, 111-121, 123-125, 133-136, 138-139, 144, 148, 154-162, 170
- малый континуум **14**, 16, 24, 48, 76, 93, 133-134, 140, 165
- Математика 5, **8**, 15, 23, 40, 47, 65, 86, 101, 178,
  - вычислительная **9**, 12, 28, 57, 72-75, 89, 92, 97, 114, 126, 171
  - тензорная 8, 11-13, **17**, 24, 64, 73, 88-90, 93, 97-98, 126, 128
- Модель математическая 64, 96, 126-127, 146-147, 173
  - идеальной жидкости 51, 53, 57, 67-68, 116, 121, 144, 150, 179, 184
  - обтекания тел 56-57, 60-63, 179
  - трохоидаьных волн Герстнера 12, 57, 63-64, 70
  - простой и двойной слой 55, 61, 63, 121, 138, 169, 179
  - - вихреисточники и диполи 12, 55-64, 91, 151, 156, 179, 188, 191
  - непрерывность 5, 8, 17, 25, 27, 33, 38, 43, 88, 127, 173
  - скалярный потенциал 53-61, 65-71
- Программирование 6-7, 10-11, 21-22, 25, 28-29, 89, 96, 109, 126, 141, 175
  - функциональное 22, 25, 28, 88, 101-103, 105, 110, 112, 117, 173,
  - декларативное 22, 72, 95, 97, **100**, 106, 109-110, 171-172, 113,
  - объектно-ориентированное, С++ 92, 94, 99, 100, 105, 109, 111,
- Тензорное исчисление 8, 15, 16, 18, 24, 76, 81-82, 84, 125, 152, 159, 174
  - матрица 8, 13, 17, 19-20, 72, 79, 81-85, 105-109, 126, 132, 152
- Троичная логика 6, **24-25**, 32, 37, 94-109, 171
  - идея, закон, материя 8-11, 13, 21, 28, 36, 50, 95, 103-105, 107, 188
- Уравнения гидромеханики 9, 51-54, 64-75, 91, 118, 121, 129, 132, 154
  - движения 52-53, 71, 90, 117, 144, 148, 151, 164, 173, 175, 193
  - неразрывности 52, 54, 70, 116, 135, 183, 186, 192
- Флюиды 43, 45-46
- Элементарный числовой объект 13, **14**, 19, **93-94**, 111-112, 127, 141, 153
  - скаляр **15**, 20, 47, 52, 54, 75, **77**, 81, 89, **92**, 108, 111, 137, 160
  - вектор 8, **16-20**, 41, 52, 56, **78-85**, **92**, 111, 133-152, 155-160
  - - длинный, 19, 26, 113, 135
  - - дифференциальный 49, 66, 73, 109, 113, 116, 131, 149, 164, 183
  - - градиент 54, 60, 75, 146, 183, 188
  - тензор 6, 7, 14, **16**, 19, 26, **92**, 111, 115, 137,
  - - вырожденный 20, 85, 112, 136, 138, 144, 149,
- Эфир 5, 6, 29, 33-35, 38, 46, (64), 89, 125, 206
- Язык 8-11, 21, 25, 28, 42, 92, 95-97, 99-107, 110-113, 117, 141, 172-175, 197

## Указатель имен

Фалес Милетский (625-547 гг. до н.э)	10, 30, <b>31-32</b> , 35, 41
Пифагор (570-497 гг. до н.э)	<b>32-33</b> , 42
Анаксагор (500-428 гг. до н.э)	10, <b>33-36</b> , 71
Левкипп (500-440 гг. до н.э)	<b>35</b>
Эмпедокл (484-424 гг. до н.э)	<b>34-35</b> , 203, 205
Сократ (469-399 гг. до н.э)	<b>35-36</b> , 205
Демокрит (460-370 гг. до н.э)	<b>35</b>
Платон (427-347 гг. до н.э)	22, <b>35-37</b> , 42, 49, 205
Аристотель (384-322 гг. до н.э)	<b>37-41</b> , 205
Евклид ( <i>Euclides</i> , 340-287 гг. до н.э)	<b>8</b> , 18, 21
Архимед ( <i>Archimedes</i> , 287-212 гг. до н.э.)	
Пап Александрийский (2-я пол. III в.)	<b>86</b>
Роджер Бэкон (1214-1292)	<b>39</b> , 205
Леонардо да Винчи (1452-1519)	<b>39-41</b> , 205
Уильям Гильберт (1544-1603)	<b>41</b>
Галилео Галилей (1564-1642)	<b>8</b> , <b>41-43</b>
Рене Декарт (1596-1650)	<b>8</b> , 10, 17, 41, <b>43-46</b> , 51, 78
Пьер Ферма (1608-1665)	44
Блез Паскаль (1623-1662)	44
Роберт Бойль (1627-1691)	44
Христиан Гюйгенс (1629-1695)	<b>44</b> , 198
Роберт Гук (1635-1703)	<b>44</b> , 75, 126, 157
Исаак Ньютон (1642-1727)	8-10, 17, 27, 29, 41, <b>44-51</b> , 75, 77, 86-88, 114-116, 125-126, 143-144, 148, 151, 155-157, 164, 166, 205
Готфрид Лейбниц (1646-1716)	<b>9</b> , 44-46, <b>49</b> , 205
Эдмунд Галлей (1656-1742)	<b>44</b>
Даниил Бернулли (1700-1782)	10, 44, <b>51</b> , 53

Леонард Эйлер (1707-1783)	9, 28, <b>51-54</b> , 56, 58-61, 64, 71-73, 75-76, 90-91, 116-118, 120-121, 135, 144-147, 151, 154, 164, 167, 185, 187, 189, 197, 207
Жан Лерон Д'Аламбер (1717-1783)	58- <b>59</b>
Пьер Симон Лаплас (1749-1827)	<b>54</b> , 205
Франц Иосиф Герстнер (1756-1832)	63- <b>64</b> , 122
Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц (1821-1894)	<b>57</b> , 64
Кельвин, Уильям Томсон (1824-1907)	10, 12, <b>57</b> , 64, 205
Джеймс Клерк Максвелл (1831-1879)	10, <b>64</b> , 206
Осборн Рейнольдс (1842-1912).	
Николай Егорович Жуковский (1847-1921)	10, 12, <b>64</b> , 151, 206
Ипполит Степанович Громека (1851-1889).	52- <b>53</b>
Алексей Николаевич Крылов (1863-1945)	29, 45, 125, 205, 209
Сергей Алексеевич Чаплыгин (1869-1942)	
Николай Петрович Кастерин (1869-1947)	<b>64</b> , 206
Людвиг Прандтль (1875-1953)	12, 16, 206
Лев Герасимович Лойцянский (1900-1991)	206
Ярослав Иосифович Войткунский	12, 60, 206, 209
Вальтер Борисович Амфилохийев	12
Александр Николаевич Холодилин	200, 209
Александр Шамильевич Ачкинадзе	200
Александр Николаевич Шебалов	11-12, 210
Борис Валентинович Мукосеев	12-13, 210
Юрий Михайлович Давыдов	13, 73, 74, 207

## Литература

### Историческое наследие

1. *Аристотель*. Сочинения в четырех томах, М., Мысль, 1976.
2. *Богомолов А.С.* Античная философия, М., Московский университет, 1985, 368 с.
3. *Фрэнсис Бэкон*. Сочинения в двух томах, М., Мысль, 1971.
4. *Кессиди Ф.Х.* Сократ. М., Мысль, 1988, 223 с.
5. *Крылов А.Н.* Мои воспоминания. Л.: Судостроение, 1979. 480 с.
6. *Воронцов-Вельяминов Б.А.*, Лаплас, М., Наука, 1985, 286 с.
7. *Диоген Лаэртский*. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов, М., Мысль, 1986, 571 с.
8. *Готфрид Вильгельм Лейбниц*. Сочинения в четырех томах, М., Мысль, 1984.
9. *Леонардо да Винчи*. Суждения о науке и искусстве. СПб.: Азбука, 2001. 704 с.
10. *Марио Льюцци*. История Физики, М., Мир, 1970, 464 с.  
*В книге приводится масса интересных идей и фактов поступательного развития физических наук в Европе, с частым упоминанием В. Томсона (Кельвина), Дж.Дж. Томсона и других малоизвестных ученых.*
11. *Исаак Ньютон*. Математические начала натуральной философии / Собрание трудов академика А.Н. Крылова. Том VII. Перевод с латинского. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1936. Репринтное воспроизведение: М.: Наука, 1989, 712 с.  
*Предисловие А.Н. Крылова начинается словами: «Начала натуральной философии» Ньютона составляют незыблемое основание Механики, Теоретической Астрономии и Физики. Лагранж назвал это сочинение «величайшим из произведений человеческого ума», поэтому само собой ясна та польза, которую всякий может извлечь из учения этого произведения. Сочинение Ньютона при жизни автора издано три раза: в 1686, 1713 и 1725 гг. Затем было еще пять или шесть изданий на латинском языке. Последние из этих латинских изданий исполнено в Глазгоу в 1871 г. попечением В. Томсона (лорд Кельвин) и Г. Блакбурна.*
12. *Платон*. Диалоги, М., Мысль, 1986, 607 с.
13. *Платон*. Собрание сочинений в четырех томах, М.: Мысль, 1990.
14. *Рожанский И.Д.* Анаксагор, М., Мысль, 1983, 143 с.
15. *Семушкин А.В.* Эмпедокл. М., Мысль, 1985, 191 с.
16. *Секст Эмпирик*. Сочинения в двух томах, М.: Мысль, 1975.

## Классическая гидромеханика

17. *Артюшков Л.С.* Динамика неньютоновских жидкостей. СПб: Изд. ГМТУ, 1997. 460 с.
18. *Ван-Дайк М.* Альбом течений жидкости и газа. М.: Мир, 1986. 182 с.
19. *Войткунский Я.И., Фадеев М.И., Федяевский К.К.* Гидромеханика. Л.: Судостроение. 1982. 456 с.  
*Всеобъемлющий учебник классической гидромеханики, дающий ознакомление и глубокое познание прикладных задач механики жидкости.*
20. *Жуковский Н.Е.* Собрание сочинений. Т.2. Гидродинамика. М.:Л.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1949, 765 с.
21. *Жуковский Н.Е.* Теоретическая механика. М.:Л.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1950, 812 с.
22. *Кастерин Н.П.* Обобщение основных уравнений аэродинамики и электродинамики. Доклад на особом совещании при Академии наук СССР 9 декабря 1936 г. М., Изд-во АН СССР, 1937. – 16 с.
23. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. М.:Л.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1950, 678 с.
24. *Лоренц Г.А.* Теории и модели эфира. М.,Л.: Объединенное научно-техническое издательство НКТП СССР. Главная редакция общетехнической литературы и номографии, 1936. 68 с.
25. *Максвелл Джеймс Кларк.* Трактат об электричестве и магнетизме. Т.1,2. М.: Наука, 1989, 416,437 с.
26. *Ньюмен Дж.* Морская гидродинамика. Л.: Судостроение, 1985. 368 с.  
*Наилучшее изложение общемировых идей классической гидромеханики, доведенных до законченных решений задач о мореходности корабля.*
27. *Прандтль Л.* Гидроаэромеханика. М.: РХД, 2000, 574 с.
28. *Прандтль Л., Титъенс О.* Гидро- и аэромеханика. Т.1. Равновесие. Движение жидкостей без трения. 1932. 222 с., Т.2. Движение жидкостей с трением и технические приложения. М. Л.: Государственное технико-теоретическое издание, 1935. 312 с.
29. *Седов Л.И.* Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1977, 440 с.
30. *Седов Л.И.* Механика сплошной среды. Т.1,II. М.: «Лань», 2004. 528,560 с.
31. *Томсон Дж.Дж.* Электричество и материя. М.,Л.: Государственное издательство. 1928. 263 с.

## Вычислительная гидромеханика

32. *Андерсен Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р.* Вычислительная гидромеханика и теплообмен. М.: Мир, 1990. Том 1,2. 726 с.
33. *Белоцерковский О.М.* Численное моделирование в механике сплошных сред. М.: Наука, 1984. 519 с.
34. *Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М.* Метод крупных частиц в газовой динамике. М.: Наука, 1982. 370 с.
35. Вычислительные методы в гидромеханике. Ред. *Б. Олдер, С. Фернбах, М. Ротенберг*. М.: Мир, 1967. 384 с.  
*В коллективной монографии известных американских ученых освещены современные методы численного решения задач о неустановившихся движениях сплошной среды. Рассматриваются подходы Эйлера и Лагранжа, характеристический метод, а также приведена оригинальная работа Харлоу о «Методе частиц в ячейках».*
36. *Годунов С.К., Рябенский В.С.* Разностные схемы. М.: Наука, 1977. 440 с.
37. *Давыдов Ю.М.* Дифференциальные приближения и представления разностных схем: Учебное пособие. М.: Изд. МФТИ, 1981. 131 с.
38. *Давыдов Ю.М.* Пакет прикладных программ КРУЧА. М.: Госфонд алгоритмов и программ, Инв.№ П004355, 1980. 150 с.
39. *Давыдов Ю.М., Скотников В.П.* Метод «Крупных частиц»: вопросы аппроксимации, схемной вязкости и устойчивости. М.: ВЦ АН СССР, 1978. 72 с.
40. *Давыдов Ю.М., Скотников В.П.* Анализ метода «Крупных частиц» с помощью дифференциальных приближений. М.: ВЦ АН СССР, 1979. 72 с.
41. *Роуч П.* Вычислительная гидродинамика. М.: Мир, 1980. 616 с.
42. *Харлоу Ф.* Численный метод частиц в ячейках для гидродинамики. // Вычислительные методы в гидродинамике. М.: Мир, 1967, стр. 316-342.
43. *Хокни Р., Иствуд Дж.* Численное моделирование методом частиц. М.: Мир, 1987, 638 с.
44. Численное решение многомерных задач газовой динамики. *С.К. Годунов, А.В. Забродин, М.Я. Иванов, А.Н. Крайко, Г.П. Прокопов*. М.: Наука, 1976. 400 с.
45. *Шевелев Ю.Д.* Пространственные задачи вычислительной аэрогидродинамики. М.: Наука, 1986. 368 с.

## Тензорный анализ

46. *Аквис М.А., Гольдберг В.В.* Тензорное исчисление. М.: Физматлит, 2003. 304 с.
47. *Астарита Дж., Маруччи Дж.* Основы гидромеханики неньютоновских жидкостей. М.: Мир, 1978. 309 с.  
*Видимо, это одна из лучших книг о решении самых разнообразных прикладных задач с использованием тензорных математических моделей.*
48. *Бабкин А.В., Селиванов В.В.* Прикладная механика сплошных сред. Т.1. Основы механики сплошных сред. М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1998. 368 с.
49. *Димитриенко Ю.И.* Тензорное исчисление. М.: Высшая школа, 2001. 575 с.
50. *Кильчевский Н.А.* Элементы тензорного исчисления и его приложения к механике. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. 168 с.
51. *Кочин Н.Е.* Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. М.: Наука, 1965. 424 с.
52. *Корнев Г.В.* Тензорное исчисление. М.: МФТИ, 2000. 240 с.  
*В первой части излагаются ортогональные тензоры с нижними индексами, затем абстрактное тензорно-матричное исчисление усложняется квадратичными формами и четырехмерным пространством.*
53. *Курбатова Г.И., Филиппов В.Б.* Элементы тензорного исчисления. Основы моделирования движущихся сплошных сред. Учебное пособие. СПб: Изд-во СПб университета. 2002. 232 с.
54. *Мак-Коннел А.Дж.* Введение в тензорный анализ, М.: Наука, 1963, 411 с.
55. *Мукосеев Б.В.* Аналитическая механика: Учебное пособие. Л.: Изд.ЛКИ, 1980. 69 с.
56. *Сокольников И.С.* Тензорный анализ. Теория и применения в геометрии и в механике сплошных сред. М.: Наука. 1971. 376 с.
57. *Файн А.В., Храмушин В.Н.* Тензорное представление алгоритмов вычислительной гидромеханики. / Вестник ДВО РАН. 2004, № 1(113). С. 52-68.
58. *Храмушин В.Н.* О постановке вычислительного эксперимента в гидромеханике. Реализация задачи о распространении длинных волн. Препринт. Южно-Сахалинск: ИМГиГ, 1988. 41 с.
59. *Шуликовский В.И.* Классическая дифференциальная геометрия в тензорном изложении. М.: Физматгиз, 1963, 540 с.

## Теоретическая и корабельная гидромеханика

60. Биогидродинамика плавания и полета / Механика. Новое в зарубежной науке. № 23. Перевод с английского под редакцией *В.М. Ентова*. М.: Мир, 1980. 177 с.
61. *Благовещенский С.Н.* Качка корабля. Л.: Судпромгиз, 1954. 520 с.
62. *Бэтчелор Дж.* Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973. 760 с.
63. *Войткунский Я.И.* Сопротивление воды движению судов. Л.: Судостроение, 1988. 288 с.
64. *Годунов С.К.* Элементы механики сплошной среды, М: Наука, 1963. 303 с.
65. *Джилмер Томас С.* Проектирование современного корабля. Л.: Судостроение, 1984. 280 с.
66. *Дуванин А.И.* Волновые движения в море. Л.: Гидрометеоздат, 1969. 223 с.
67. *Егоров Н.И.* Физическая океанография, Л.: Гидрометеоздат, 1974. 456 с.
68. История штормовой мореходности (от древности до наших дней) : по материалам поисковых и научно-исследовательских работ, Калининград, 1975 – Владивосток–Санкт-Петербург–Сахалин, 2003 / *В.Н. Храмушин, С.В. Антоненко, А.А. Комарицын и др.* – Южно-Сахалинск : Сах. кн. изд-во, 2004. – 288 с., ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
69. *Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В.* Теоретическая гидромеханика. Части 1, 2. М.: Физматгиз, 1963. 584,728 с.
70. *Крылов А.Н.* Избранные труды. Л.: АН СССР, 1958. 804 с.
71. *Крылов А.Н.* Лекции о приближенных вычислениях. Л.: АН СССР, 1933. 541 с.
72. *Ламб Г.* Гидродинамика. М.,Л.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1947, 928 с.
73. *Милн-Томсон Л.М.* Теоретическая гидродинамика. М.: Мир, 1964. 570 .
74. *Павленко Г.Е.* Сопротивление воды движению судов. М.: Водтранссиздат, 1953. 507 с.
75. *Павленко В.Г.* Основы механики жидкости. Л.: Судостроение, 1988. 240 с.

76. *Попов Д.Н., Паниотти С.С., Рябинин М.В.* Гидромеханика. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 384 с.
77. *Рождественский К.В.* Асимптотические методы в гидродинамике судна : Учебное пособие. Л.: Изд.ЛКИ, 1984. 82 с.
78. *Романенко Е.В.* Гидродинамика рыб и дельфинов. М.: Изд-во КМК, 2001. 411 с.
79. *Филин А.Н.* Прикладная механика твердого деформируемого тела. Т.1, М.: Наука, 1975, 832 с.
80. *Холодилин А.Н.* Стабилизация судна на волнении. Л.: Судостроение, 1972. 232 с.
81. *Храмушин В.Н.* Поисковые исследования штормовой мореходности корабля. Владивосток: Дальнаука, 2003. 172 с.
82. *Шебалов А.Н.* Теория волн и волнового сопротивления тел при неустановившихся режимах движения. Л.: Изд.ЛКИ, 1981. 120 с.
83. *Шебалов А.Н.* Плоские задачи теории волнового сопротивления: Учебное пособие. Л.: Изд.ЛКИ, 1983. 109 с.
84. *Шебалов А.Н.* Нелинейная теория волн и волнового сопротивления: Учебное пособие. Л.: Изд.ЛКИ, 1984. 107 с.
85. *Якоби К.* Лекции по динамике. Л.:М.: Главная редакция общетехнической литературы, 1936, 271 с.
86. *Khramushin Vasily N.* Stormy seakeeping and navigation safety researches for hull form design / Proc. of the 2nd Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics. Sangman International House, Busan, Korea, June 21-22, 2004. P.398-402.
87. *Michell J.H.* The wave resistance of a ship // Philosophical Magazine, ser. 5. London: 1898, Vol. 45. P.106-123.

### **Компьютерные алгоритмы и функциональное программирование**

88. *Баррон Д.* Введение в языки программирования. М.: Мир, 1980. 190 с.
89. *Вирт Н.* Алгоритмы + структуры данных = программы. М.: Мир, 1985. 404 с.
90. *Давыдова И.М., Давыдов Ю.М.* Элементы организации больших программ: Учебное пособие. М.: Изд. МФТИ, 1977. 130 с.
91. *Майкл Ласло.* Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++, М.: «Издательство Бином», 1997. 301с.
92. *Мейерс С.* Эффективное использование STL. Библиотека программиста. СПб.: Питер, 2002. 224 с.

93. *Уинстон П.* Искусственный интеллект. М.: Мир, 1980. 519 с.
94. *Эйнджел Эдвард.* Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на основе OpenGL. М.: Изд.дом "Вильямс", 2001. 592 с.
95. *Lau H.T.* A Numerical Library in C for Scientists and Engineers. London, Tokyo: CRC Press, 1985. 800 p.
96. Numerical Recipes in C. The Art of Scientific Computing, Cambridge University Press, 1988. - 740 p.

### Дополнительная и справочная литература

97. *Астахов А.В., Широков Ю.М.* Курс Физики. т.II. Электромагнитное поле. М.: Наука, 1980. 384 с.
98. *Зоммерфельд А.* Дифференциальные уравнения в частных производных физики. М.: Издательство иностранной литературы. 1950. 457 с.
99. *Зоммерфельд А.* Механика деформируемых сред. М.: Издательство иностранной литературы. 1954. 491 с.
100. *Леви-Чивита Т., Амальди У.* Курс теоретической механики. Т.1, Ч.1. Кинематика. Принципы механики. М.:Л.: Объединенное научно-техническое издательство НКТП СССР. Главная редакция общетехнической литературы и номографии, 1935. 385 с.
101. *Леви-Чивита Т., Амальди У.* Курс теоретической механики. Т.1, Ч.2. Кинематика. Принципы механики. Статика. М.: Издательство иностранной литературы, 1952. 326 с.
102. *Леви-Чивита Т., Амальди У.* Курс теоретической механики. Т.2, Ч.1 и 2. Динамика систем с конечным числом степеней свободы. М.: Издательство иностранной литературы, 1951. 435 и 555 с.
103. *Лоренц Г.А.* Теория электронов и ее применения к явлениям света и теплового излучения. М.:Л.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1953. 471 с.
104. Математика: Энциклопедия / Под ред. *Ю.В. Прохорова.* М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. 845 с.
105. *Планк Макс.* Введение в механику деформируемых тел. М.: Л.: Государственное издательство, 1929. 207 с.
106. *Тихонов А.Н., Самарский А.А.* Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966. 724 с.
107. *Триккер Р.* Бор, прибой, волнение и корабельные волны. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1969. 288 с.

Научное издание

**Трехмерная тензорная математика  
вычислительных экспериментов в гидромеханике**

Утверждено к печати Ученым советом  
СКБ средств автоматизации морских исследований ДВО РАН

Корректор Ткаченко Т.М.  
Технический редактор Сеначина Ж.Г.  
Оператор верстки Уденс Л.А.

Подписано к печати 1.12.2005 г.  
Формат 70x108/16. Гарнитура «Таймс».  
Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 18,2. Уч.-изд.л. 13,4.  
Тираж 500 экз. Заказ № 7380.

Верстка, оформление и печать  
Офсетного цеха Института морской геологии и геофизики  
Дальневосточного отделения РАН  
693002, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки.