

УДК 532.59
ББК 22.253.3
Л 185

Лайтхилл Дж.

Математическая биогиродинамика. — М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. — 408 с.

В основу книги положены материалы лекций по математической биогиродинамике, прочитанных автором на конференции Национального научного фонда (16–29 июля 1973 года) в Политехническом институте Ренсселлера (Трой, Нью-Йорк). Значительная часть материала была опубликована в таких ведущих журналах, как *Annual review of Fluid Mechanics* и *Journal of Fluid Mechanics*.

В книге представлены методы и стиль исследований автора, который внес значительный вклад в развитие этого направления в динамике в XX веке: проанализированы различные механизмы достижения высоких скоростей и маневренности (использование энергии волн, снижение сопротивления жидкости и оптимальные режимы движения), а также вопросы внутренней биогиродинамики, связанные с распространением волновых возмущений, ролью вихревых процессов и эластичности стенок сосудов.

Книга будет полезна специалистам в области гидродинамики и биомеханики, студентам соответствующих специальностей, а также всем, кто интересуется механикой природных явлений. Особо следует отметить, что, по мнению автора, данная книга чрезвычайно полезна для биологов и медиков.

ISBN 978-5-4344-0161-6

ББК 22.253.3

Mathematical Biofluidynamics

© Society for Industrial and Applied Mathematics, 1975

Published by Izhevsk Institute of Computer Science with permission

© Ижевский институт компьютерных исследований,
перевод на русский язык, 2014

<http://shop.rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Оглавление

От редактора	ix
Выражение признательности	xi
ГЛАВА 1. Введение в биогидродинамику	1
1. Общие положения	1
2. Внешняя биогидродинамика	5
3. Внутренняя биогидродинамика	7
Часть I. Внешняя биогидродинамика	13
ГЛАВА 2. Гидромеханика самодвижения водных животных. Обзор	15
1. Область исследования	15
2. Самодвижение беспозвоночных в воде	16
3. Введение в кинематику плавания рыб	21
4. Плавание угреобразных	26
5. Плавание скомброидных	31
6. Лабораторные исследования скомброидного типа плавания . .	34
7. Скомброидный тип движения рыб с хвостом в виде полумесяца	37
8. Двумерный анализ динамики серповидного хвоста	40
9. Более детальное изучение движения быстрых перкоморфных рыб	43
10. Плавучесть рыб	46
11. Передвижение «панцирных» рыб	51
12. Использование конечностей для плавания: земноводные и чле- нистоногие	52
13. Перемещение в воде пресмыкающихся	54
14. Передвижение в воде млекопитающих	58
15. Заключение	60
ГЛАВА 3. Математические аспекты передвижения водных живот- ных при низких числах Рейнольдса	63
1. Введение	63

2.	Уравнения движения жидкости и их фундаментальные сингулярные решения	64
3.	Сингулярные решения на отрезке	69
4.	Теория продвижения с помощью жгутика, основанная на силе сопротивления	74
5.	Плавание с минимальной потерей энергии	82
6.	Теория тонкого тела	86
 ГЛАВА 4. Высокоэффективные с гидродинамической точки зрения механизмы плавания животных		
1.	Введение	94
2.	Угревидный способ передвижения	102
3.	Вихревые пелены за плавниками	113
4.	Механика скомброидного типа движения	122
5.	Двумерная теория динамики хвоста в виде полумесяца	134
 ГЛАВА 5. Приложение теории тонкого тела к продвижению рыб при волнообразном поперечном движении тела с большой амплитудой		
1.	Введение	149
2.	Расчет реактивной силы	154
3.	Обсуждение баланса силы тяги и силы сопротивления на материале наблюдений	161
 ГЛАВА 6. Передвижение водных животных. Обзор новейших теоретических исследований		
1.	Введение	171
2.	Разделы гидродинамики, применяемые для изучения передвижения животных в воде	174
3.	Гидродинамика ресничных организмов	185
4.	Теория вытянутого тела при широкоамплитудных волнообразных поперечных движениях	192
5.	Вихревые следы	200
 ГЛАВА 7. Некоторые современные исследования перемещения водных животных		
1.	Движение при малых числах Рейнольдса	205
2.	Движение при больших числах Рейнольдса	210

ГЛАВА 8. Аэродинамика полета животных	219
1. Завоевание воздуха	219
2. Непрерывно поддерживаемый направленный полет насекомых	225
3. Полет птиц	230
4. Трепещущий полет	243
ГЛАВА 9. Механизм Вейс-Фога образования подъемной силы . .	255
1. Введение	256
2. Двумерная постановка задачи о движении крыльев насекомого в невязком потоке	259
3. Двумерная постановка задачи о движении крыльев насекомого с учетом вязкости	265
4. Заключение	272
Часть II. Внутренняя биогидродинамика	279
ГЛАВА 10. Физиологическая гидродинамика: общий обзор . . .	281
1. Введение	281
2. Установившиеся вторичные потоки	285
3. Входные зоны	286
4. Атероматозное поражение артерий	287
5. Распределение деформации сдвига в разветвленной сосудистой системе	288
6. Сопротивление в ветвящихся системах	290
7. Бронхиальное сопротивление	291
8. Распределение скорости в пульсирующем потоке	292
9. Распространение пульсаций	293
10. Турбулентность в системе кровообращения	294
11. Мочевыводящие пути	295
ГЛАВА 11. Воздушные потоки в дыхательной системе	297
1. Введение	297
2. Движение воздушных потоков в бронхах человека	302
3. Дыхание птиц	306
ГЛАВА 12. Распространение пульсаций в кровеносной системе .	317
1. Введение	317
2. Распределение напряжений в стенках сосуда	320

3.	Прохождение волн в местах ветвления артерий	325
4.	Взаимодействие разветвлений в сосудистой системе	332
5.	Изменение амплитуды волны в сосуде	337
6.	Сравнение с экспериментальными данными	344
ГЛАВА 13. Кровоток и заболевание артерий		355
1.	Турбулентность в потоке крови	355
2.	Течение в области постстенотического расширения сосуда . .	358
3.	Аневризмы сосудов головного мозга	360
4.	Развитие атеросклероза, обусловленное межклеточным отло- жением жиров	364
5.	Внутриклеточное накопление липидов	370
ГЛАВА 14. Микроциркуляция		377
1.	Введение	377
2.	Вазомоторный контроль периферической перфузии	379
3.	Легочная перфузия и вентиляция	381
4.	Концентрация эритроцитов вдоль оси капилляров	384
5.	Слой смазки в очень узких капиллярах	388