
Интернет-магазин
MATHESIS

<http://shop.rcd.ru>

- физика
 - математика
 - биология
 - нефтегазовые технологии
-

Г. Эртель мл. (ред.)

Путеводитель Прандтля по гидроаэродинамике. — Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2007. — 776 стр.

«Путеводитель Прандтля по гидроаэродинамике», впервые появившийся в 1942 году, выдержал за рубежом 10 изданий. До настоящего времени он не утратил своей актуальности, широко цитируется в научной литературе, однако был практически недоступен отечественному читателю. Предлагаемое издание — это перевод последнего, 10-го издания фундаментального труда Людвига Прандтля (2001), которое было значительно переработано и дополнено его учениками с учетом новейших разработок в этой области. Оно ставит своей целью провести читателя основательно проложенным путем по всем областям гидроаэродинамики. Благодаря точности и ясности описания физических явлений и толкования ключевых понятий гидроаэродинамики, а также отказу от объемных математических расчетов, данной путеводитель станет незаменимой настольной книгой для широкого круга студентов и специалистов естественнонаучных и инженерных специальностей.

ISBN 978-5-93972-303-9

- © Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 2001
- © Перевод на русский язык: Институт компьютерных исследований, 2007

<http://shop.rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Оглавление

Предисловие	12
1. Введение	14
2. Свойства жидкостей и газа	29
2.1. Свойства жидкостей	29
2.2. Теория напряженного состояния	30
2.3. Давление в жидкости	34
2.4. Распределение давления в невесомой жидкости	35
2.5. Свойства газов	37
2.6. Равновесие жидкости в поле силы тяжести	40
2.7. Равновесие газа в поле силы тяжести	44
2.8. Взаимодействие атмосферного давления и давления в жидкости	49
2.9. Равновесие жидкости в других силовых полях	53
2.10. Поверхностное натяжение (капиллярность)	57
3. Кинематика жидкостей и газов	63
3.1. Способ описания движения	63
3.2. Неразрывность	67
3.3. Топология течения жидкости	70
3.3.1. Критические точки в поле обтекания	70
3.3.2. Примеры течения	76
4. Динамика жидкостей и газов	79
4.1. Динамика идеальной жидкости	79
4.1.1. Силы в движущейся жидкости, уравнение Бернулли	79
4.1.2. Следствия из уравнения Бернулли	84
4.1.3. Слияние двух потоков. Поверхности раздела и образование вихрей	94
4.1.4. Измерение давления	98
4.1.5. Потенциальное течение	101

4.1.6.	Подъемная сила крыла. Эффект Магнуса	118
4.1.7.	Динамика вихрей	122
4.1.8.	Закон количестве движения для стационарных течений	127
4.1.9.	Теорема о количестве движения для потоков с пульсацией	137
4.1.10.	Волны на свободной поверхности жидкости	140
4.2.	Движение вязких жидкостей	152
4.2.1.	Вязкость. Уравнения Навье–Стокса	152
4.2.2.	Динамическое подобие. Число Рейнольдса	156
4.2.3.	Ламинарные пограничные слои	158
4.2.4.	Возникновение турбулентности	161
4.2.5.	Турбулентные течения	173
4.2.6.	Отрыв потока и образование вихрей	185
4.2.7.	Вторичные потоки	191
4.2.8.	Течение с преобладающей вязкостью	195
4.2.9.	Смазка подшипников	198
4.2.10.	Движение жидкостей в трубах и каналах	206
4.2.11.	Сопrotивление движению тел в жидкости	212
4.2.12.	Теория сопротивления жидкости	215
4.2.13.	Топология и течение неньютоновских сред	225
4.3.	Динамика газа	230
4.3.1.	Распространение возмущений давления. Скорость звука	231
4.3.2.	Установившиеся потоки с изменениями объема	235
4.3.3.	Уравнение энергии для сжимаемых потоков	241
4.3.4.	Теория прямого скачка уплотнения	243
4.3.5.	Обтекание угла, свободная струя. Сверхзвуковой поток около угла	247
4.3.6.	Приближенный метод расчета двухмерных сверхзвуковых потоков	252
4.3.7.	Дозвуковые потоки	256
4.3.8.	Обтекания профилей	262
5.	Основные уравнения аэродинамики	270
5.1.	Уравнение неразрывности	270
5.2.	Уравнения Навье–Стокса	272
5.2.1.	Ламинарные течения	272
5.2.2.	Уравнение Рейнольдса для турбулентных потоков	280
5.3.	Уравнение энергии	284

5.3.1.	Ламинарные течения	284
5.3.2.	Турбулентные течения	289
5.4.	Основные уравнения в форме законов сохранения	291
5.4.1.	Иерархия основных уравнений	291
5.4.2.	Уравнения Навье–Стокса	292
5.4.3.	Производные модельные уравнения	297
5.4.4.	Уравнения Рейнольдса для турбулентных течений	305
5.4.5.	Многофазные течения	307
5.4.6.	Течения с химическими реакциями	311
5.5.	Дифференциальные уравнения возмущенного движения	313
6.	Аэродинамика несущей поверхности	319
6.1.	Основы аэродинамики	319
6.1.1.	Полет птиц и техническая имитация (подражание)	320
6.1.2.	Профиль и крыло	323
6.1.3.	Теория крыла	333
6.1.4.	Аэродинамические испытания	348
6.2.	Трансзвуковая аэродинамика	351
6.2.1.	Крыло стреловидной формы	353
6.2.2.	Взаимодействие скачка с пограничным слоем	357
6.2.3.	Отрыв потока	360
6.3.	Сверхзвуковая аэродинамика	362
6.3.1.	Дельта-крыло	364
7.	Гидроаэродинамическая неустойчивость	373
7.1.	Основы гидроаэродинамической неустойчивости	373
7.1.1.	Примеры гидроаэродинамической неустойчивости	373
7.1.2.	Определение устойчивости	380
7.1.3.	Локальные возмущения	384
7.2.	Неустойчивость слоев	385
7.2.1.	Конвекция Релея–Бенара	386
7.2.2.	Конвекция Марангони	401
7.2.3.	Диффузионная конвекция	405
7.2.4.	Неустойчивость Тейлора	414
7.2.5.	Неустойчивость Гертлера	420
7.3.	Неустойчивость сдвигового потока	422
7.3.1.	Течение в пограничном слое	423

7.3.2.	Неустойчивость Толмина–Шлихтинга и поперечная неустойчивость	431
7.3.3.	Неустойчивость Кельвина–Гельмгольца	453
7.3.4.	Течение в следе	454
8.	Конвективная теплопередача и массоперенос	460
8.1.	Основы теплообмена	461
8.1.1.	Свободная и вынужденная конвекция	461
8.1.2.	Теплопроводность и конвекция	462
8.1.3.	Диффузия и конвекция	465
8.2.	Свободная конвекция	466
8.2.1.	Конвекция у вертикальной пластины	466
8.2.2.	Конвекция у горизонтального цилиндра	472
8.3.	Вынужденная конвекция	473
8.3.1.	Поток в трубе	473
8.3.2.	Пограничный слой при вынужденной конвекции	479
8.3.3.	Обтекаемые тела	487
8.4.	Теплообмен	488
8.4.1.	Массообмен у пластины	488
9.	Многофазные течения	492
9.1.	Основы многофазных течений	492
9.1.1.	Определения	493
9.1.2.	Режимы течения	497
9.1.3.	Карты потоков	497
9.2.	Модели потоков	501
9.2.1.	Одномерная двухжидкостная модель	501
9.2.2.	Смешанные модели	505
9.2.3.	Модель дрейфа	508
9.2.4.	Пузыри и капли	511
9.3.	Потери давления и объемная доля в компонентах гидравлики	514
9.3.1.	Потеря давления за счет трения в горизонтальных прямых трубах. Гомогенная модель	515
9.3.2.	Потери давления на ускорение	521
9.4.	Скорость распространения волн плотности и критические потоки массы	525
9.4.1.	Волны плотности	525
9.4.2.	Критические потоки массы	529

9.4.3.	Кавитация	537
9.4.4.	Аэрозольные течения	543
9.5.	Неустойчивость в двухфазных течениях	547
10.	Течения с химическими реакциями	554
10.1.	Основы реагирующих течений	554
10.1.1.	Закон действующих масс и порядок реакции	554
10.1.2.	Взаимосвязь прямых и обратных реакций	556
10.1.3.	Элементарные реакции и молекулярность реакции	557
10.1.4.	Зависимость констант скорости реакций от температуры	560
10.1.5.	Зависимость констант скорости реакции от давления	562
10.1.6.	Свойства механизма реакций	565
10.2.	Ламинарные реагирующие течения	571
10.2.1.	Структура пламени	571
10.2.2.	Скорость распространения пламени смеси	574
10.2.3.	Анализ чувствительности	576
10.2.4.	Диффузионное пламя с противотоком	577
10.2.5.	Горение ламинарных струй предварительно не перемешанной смеси	581
10.2.6.	Пламя предварительно не перемешанной смеси с быст­ропротекающими химическими реакциями	582
10.2.7.	Очищение выхлопных газов с помощью источников плазмы	584
10.2.8.	Течения в протравливающих реакторах	586
10.2.9.	Гетерогенный катализ	589
10.3.	Турбулентные реагирующие течения	591
10.3.1.	Обзор и терминология	591
10.3.2.	Прямое численное моделирование	592
10.3.3.	Модели турбулентности	593
10.3.4.	Осредненные скорости реакции	596
10.3.5.	Модели «разрушения вихрей»	602
10.3.6.	Моделирование «больших вихрей»	603
10.3.7.	Турбулентное пламя предварительно не перемешанной смеси	603
10.3.8.	Турбулентное пламя предварительно перемешанной смеси	617
10.4.	Сверхзвуковые и гиперзвуковые течения	625

10.4.1. Физико-химические явления при входе в плотные слои атмосферы	625
10.4.2. Химическая неравновесность	626
10.4.3. Температурная неравновесность	629
10.4.4. Реакции на внешней поверхности летательных аппаратов при входе в атмосферу	632
11. Течения в атмосфере и океане	638
11.1. Основы течений в атмосфере и океане	638
11.1.1. Введение	638
11.1.2. Основные уравнения во вращающейся системе	638
11.1.3. Геострофическое течение	642
11.1.4. Завихренность	644
11.1.5. Сила Экмана	648
11.1.6. Слой Прандтля	651
11.2. Течение в атмосфере	654
11.2.1. Термические системы ветров	654
11.2.2. Термическая конвекция	656
11.2.3. Тяжелые волны	661
11.2.4. Вихри	664
11.2.5. Глобальные атмосферные циркуляции	672
11.3. Течения в океане	674
11.3.1. Течения, приводящиеся в движение ветром	675
11.3.2. Морские волны	677
11.4. Использование законов течений в атмосфере и океане	680
11.4.1. Прогнозирование погоды	681
11.4.2. Парниковый эффект и прогнозирование климата	683
11.4.3. Озоновая дыра	688
12. Биоаэрогидродинамика	692
12.1. Основы биоаэрогидродинамики	692
12.1.1. Кругооборот дыхания	696
12.1.2. Кровообращение	698
12.1.3. Реология крови	704
12.2. Течение в сердце	707
12.2.1. Физиология и анатомия сердца	707
12.2.2. Структура сердца	711
12.2.3. Физиология возбуждения сердца	716

12.2.4. Течение в сердце	719
12.2.5. Сердечные клапаны	722
12.3. Течение в кровеносных сосудах	727
12.3.1. Нестационарное течение в сосудах	731
12.3.2. Непостоянное артериальное течение или непостоян- ный артериальный поток	732
12.3.3. Артериальное разветвление	736
Литература	738
Предметный указатель	761