

Н.Е.КОЧИН, И.А.КИБЕЛЬ, Н.В.РОЗЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГИДРОМЕХАНИКА

ЧАСТЬ II



Н. Е. КОЧИН, И. А. КИБЕЛЬ, Н. В. РОЗЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГИДРОМЕХАНИКА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
И. А. КИБЕЛЯ

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЁРТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

*Допущено Министерством
высшего и среднего специального образования РСФСР
в качестве учебника для университетов*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1963

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к четвёртому изданию	7
Глава первая. Теоретические основы газовой динамики (И. А. Ку- белёв)	9
А. Уравнения газовой динамики	
§ 1. Введение	9
§ 2. Уравнения гидродинамики в форме интегралов. Сильные раз- рывы	11
§ 3. Уравнения газовой динамики в дифференциальной форме . . .	18
§ 4. Слабые разрывы. Характеристики уравнений газовой дина- мики	21
§ 5. Распространение сильных разрывов. Теорема Цемплена . . .	29
Б. Установившиеся движения. Плоская задача	
§ 6. Плоская задача. Функции ϑ и i_0	32
§ 7. Поверхности разрыва в плоской задаче	35
§ 8. Критическая скорость. Трубки тока в сжимаемой жидкости . . .	40
§ 9. Плоские вихревые движения со сверхзвуковыми скоростями. Характеристики. Угол Маха	44
§ 10. Плоские безвихревые движения при $v > a_*$	50
§ 11. Использование характеристик для решения плоской безвихре- вой задачи при $v > a_*$	56
§ 12. Движение газа вне выпуклой поверхности. Обтекание угла, большого чем π . Выход из отверстия. Движение внутри трубы. Сопло Лавала	69
§ 13. Движение газа около вогнутой поверхности. Образование силь- ного разрыва. Движение внутри угла, меньшего чем π . Обте- кание профиля с острой передней частью	76
§ 14. Крыло в плоскопараллельном сверхзвуковом потоке. Прибли- жённые формулы Аккерета, Буземана, Донова. Гиперзвуко- вые движения	87
§ 15. Функция χ . Примеры. Точные решения	106
§ 16. Дозвуковые скорости. Теория Чаплыгина. Примеры	114
§ 17. Дозвуковые скорости. Метод Христиановича	130
§ 18. Приближённый метод Христиановича для решения плоских безвихревых задач. Сверхзвуковые скорости	146
§ 19. Переход через скорость звука. Предельные линии. Примеры точных решений	156
§ 20. Классификация сверхзвуковых течений по Христиановичу . . .	165

§ 21. Построение «безударного» сопла Лавала. Истечение газа из отверстия, сопровождаемое переходом через скорость звука	174
§ 22. Численные методы решения плоских задач газовой динамики. Расчёт сверхзвукового обтекания кругового цилиндра	190
§ 23. Движение с очень большими сверхзвуковыми скоростями. Гиперзвуковые течения и обтекание тонких тел	206
§ 24. Случай реального газа, «Идеально-диссоциирующийся» газ	213

В. Установившиеся движения. Пространственная задача

§ 25. Движения с осевой симметрией	221
§ 26. Безвихревое осесимметрическое движение при $v > a$. Метод Франкля	225
§ 27. Осесимметрическое обтекание круглого конуса. Конические течения. Обтекание осесимметричных тел	229
§ 28. Пространственная задача. Линеаризация уравнений. Снаряд, движущийся под углом к оси симметрии	245
§ 29. Потенциал ускорения. Теорема Прандтля-Глауэрта. Крыло конечного размаха в сверхзвуковом потоке	262
§ 30. Сверхзвуковое обтекание тонкого крыла конечного размаха произвольной формы в плане. Концевой эффект и вихревая пелена	273
§ 31. Сверхзвуковые конические течения. Некоторые точные (нелинейные) решения	301
§ 32. Осесимметричное обтекание с отошедшей ударной волной	320

Г. Неустановившиеся движения

§ 33. Одномерные движения. Общие уравнения. Характеристики	325
§ 34. Сильные разрывы в одномерной нестационарной задаче	329
§ 35. Случай постоянной энтропии. Движение поршня в неограниченной трубе. Точные решения. Наличие отражающей стенки	331
§ 36. Возникновение и перемещение сильного разрыва	341
§ 37. Односторонний взрыв. Плоский, цилиндрический и сферический взрыв без противодействия. Сферический взрыв с противодействием	344

Глава вторая. Движение вязкой жидкости (Н. Е. Коцин)¹⁾ 369

А. Основные уравнения движения вязкой жидкости

§ 1. Понятие вязкой жидкости	369
§ 2. Тензор скоростей деформации	373
§ 3. Тензор напряжений	377
§ 4. Уравнения движения вязкой жидкости	385
§ 5. Различные формы уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости	388

¹⁾ § 10, § 19, § 20, часть § 34, § 35 и § 36 написаны И. А. Кибелем.

§ 6.	Начальные и граничные условия	397
§ 7.	Диссипация энергии	400
§ 8.	Обобщение уравнений Гельмгольца	403
§ 9.	Закон подобия. Число Рейнольдса	406
§ 10.	Уравнение притока тепла для вязкой сжимаемой жидкости	415
Б. Точные решения уравнений движения вязкой жидкости		
§ 11.	Одномерное течение между двумя параллельными плоскими стенками	420
§ 12.	Течение Пуазейля	427
§ 13.	Общий случай стационарного одномерного течения	432
§ 14.	Нестационарное одномерное течение	437
§ 15.	Стационарное течение жидкости между двумя цилиндрами	447
§ 16.	Диффузия вихря	450
§ 17.	Течение в диффузоре	460
§ 18.	Решение Гамеля и его обобщения	475
§ 19.	Одномерное движение вязкой сжимаемой жидкости	481
§ 20.	Задача об обтекании полубесконечной пластинки несжимаемой жидкостью	485
В. Приближённые решения уравнений движения вязкой жидкости в случае малых чисел Рейнольдса		
§ 21.	Плоское течение между двумя пластинками	498
§ 22.	Медленное вращение сферы	502
§ 23.	Медленное движение сферы	504
§ 24.	Парадокс Стокса	511
§ 25.	Уточнённое решение задачи о движении сферы	516
§ 26.	Движение цилиндра	528
§ 27.	Гидродинамическая теория смазки	534
Г. Приближённые решения уравнений движения вязкой жидкости в случае больших чисел Рейнольдса		
§ 28.	Общая характеристика течений при больших числах Рейнольдса. Вывод основных уравнений теории пограничного слоя	542
§ 29.	Вывод Мизеса. Уравнение Мизеса	549
§ 30.	Интегральное соотношение Кармана и его обобщения	556
§ 31.	Уравнения теории пограничного слоя для сжимаемой жидкости	566
§ 32.	Пограничный слой в несжимаемой жидкости вдоль плоской пластинки	569
§ 33.	Пограничный слой в диффузоре. Ламинарная струя	578
§ 34.	Приближённые методы теории пограничного слоя. Отрыв слоя. Метод Кочина—Лойцянского	588
§ 35.	Пограничный слой в сжимаемой жидкости. Обтекание пластинки. Метод Дородницына	608
§ 36.	Сжимаемая жидкость. Пограничный слой для произвольного профиля	627
§ 37.	Основные уравнения теории исчезающей вязкости	632
§ 38.	Реакция потока на тело	641
§ 39.	Обтекание цилиндра	644
§ 40.	Обтекание плоской пластинки	652

Глава третья. Элементы теории турбулентности (И. А. Ки- бель)	658
А. Турбулентность и неустойчивость	
§ 1. Введение	658
§ 2. Устойчивость движения между двумя коаксиальными цилиндрами	659
§ 3. Устойчивость течения между пластинками и устойчивость в по- граничном слое	666
Б. Развитая турбулентность	
§ 4. Сглаживание	686
§ 5. Основные уравнения Рейнольдса	691
§ 6. Характеристики турбулентности	698
В. Добавочные напряжения и средние значения гидродинамических элементов	
§ 7. Путь перемешивания и метод подобия	706
§ 8. Примеры	709
Литература	718
Именной указатель	721
Предметный указатель	724
