

Н.Е.КОЧИН, И.А.КИБЕЛЬ, Н.В.РОЗЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГИДРОМЕХАНИКА

ЧАСТЬ I



Н. Е. КОЧИН, И. А. КИБЕЛЬ, Н. В. РОЗЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГИДРОМЕХАНИКА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
И. А. КИБЕЛЯ

— ЧАСТЬ ПЕРВАЯ —

ИЗДАНИЕ ШЕСТОЕ,
ИСПРАВЛЕННОЕ
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 шестому изданию	8
Глава первая. Кинематика жидкой среды (<i>Н. В. Розе</i>)	9
А. Деформация жидкой частицы	
§ 1. Формулы Коши—Гельмгольца	9
§ 2. Чистая деформация	12
§ 3. Эллипсоид деформации	13
§ 4. Кубическое расширение	15
§ 5. Упражнения	16
Б. Уравнение неразрывности	
§ 6. Переменные Лагранжа	16
§ 7. Переменные Эйлера	18
§ 8. Переход от переменных Лагранжа к переменным Эйлера и обратно	18
§ 9. Поле скоростей	19
§ 10. Уравнение неразрывности в переменных Лагранжа	22
§ 11. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера	24
§ 12. Другой метод вывода уравнения неразрывности	25
§ 13. Уравнение неразрывности в цилиндрических, сферических и криволинейных координатах	26
§ 14. Упражнения	29
В. Кинематическая характеристика безвихревого и вихревого движений	
§ 15. Введение	31
§ 16. Потенциал скорости	31
§ 17. Свойства безвихревого движения в односвязном объеме	33
§ 18. Безвихревое движение в многосвязном объеме	36
§ 19. Вихревое поле и его свойства	38
§ 20. Упражнения	40
Глава вторая. Основные уравнения динамики идеальной жидкости (<i>Н. В. Розе</i>)	44
§ 1. Силы массовые и поверхностные	44
§ 2. Общее уравнение движения	45
§ 3. Гидродинамическое давление в идеальной жидкости	46
§ 4. Общие уравнения движения идеальной жидкости	47
§ 5. Уравнения движения в форме Эйлера	48
§ 6. Векторные формы уравнений движения	53
§ 7. Уравнения движения в форме Ламба	54
§ 8. Уравнения движения в форме Лагранжа	57
§ 9. Общая постановка задач гидродинамики	58

§ 10.	Случай несжимаемой жидкости	59
§ 11.	Случай сжимаемой жидкости. Баротропность и бароклинность. Уравнение притока энергии	60
§ 12.	Начальные и граничные условия	64
§ 13.	Применение закона количеств движения и закона моментов количеств движения	65
§ 14.	Уравнение энергии	72
§ 15.	Упражнения	75
Глава третья. Гидростатика (<i>Н. В. Розе</i>)		83
А. Гидростатическое давление		
§ 1.	Уравнения равновесия	83
§ 2.	Условие для сил	84
§ 3.	Барометрическая формула	85
§ 4.	Условия на поверхности раздела	87
§ 5.	Общие формулы для определения давления на твердую поверхность	88
§ 6.	Давление тяжелой несжимаемой жидкости	88
§ 7.	Давление на плоскую стенку	90
§ 8.	Закон Архимеда	91
§ 9.	Давление на криволинейную стенку	92
§ 10.	Упражнения	94
Б. Равновесие плавающих тел		
§ 11.	Условия равновесия плавающего тела	96
§ 12.	Поверхность сечений	97
§ 13.	Поверхность центров	98
§ 14.	Радиусы кривизны главных нормальных сечений поверхности центров	99
§ 15.	Устойчивость равновесия	102
§ 16.	Упражнения	104
Глава четвертая. Простейшие случаи движения идеальной жидкости (<i>Н. В. Розе</i>)		110
А. Интегралы Бернулли и Коши		
§ 1.	Установившееся движение	110
§ 2.	Безвихревое движение	113
§ 3.	Установившееся безвихревое движение	116
§ 4.	Ограничения, налагаемые на скорость	117
§ 5.	Формула Торичелли	118
§ 6.	Истечение газов	118
§ 7.	Действие мгновенных сил	119
§ 8.	Кинетическая энергия безвихревого движения	121
§ 9.	Теорема В. Томсона	122
§ 10.	Упражнения	124
Б. Плоское безвихревое движение		
§ 11.	Введение	129
§ 12.	Функция тока	130
§ 13.	Связь функции тока с потенциалом скорости	131
§ 14.	Комплексная скорость и комплексный потенциал	133
§ 15.	Связь плоской гидродинамической задачи с теорией функций комплексного переменного	134
§ 16.	Примеры комплексного потенциала	134
§ 17.	Источники и стоки	136
§ 18.	Дублеты	138

§ 19.	Вихревые точки	139
§ 20.	Вихреисточники	140
§ 21.	Вычеты комплексной скорости, циркуляция и поток скорости	141
§ 22.	Упражнения	142
Глава пятая. Вихревые движения идеальной жидкости (Н. Е. Кочин) 144		
А. Основные уравнения теории вихрей и теоремы Гельмгольца о сохранении вихрей		
§ 1.	Введение	144
§ 2.	Теорема Томсона	147
§ 3.	Теорема Лагранжа	151
§ 4.	Теоремы Гельмгольца	152
§ 5.	Сохраняемость векторных линий	154
§ 6.	Уравнения Фридмана, Уравнения Гельмгольца	160
§ 7.	Теоремы Гельмгольца	161
§ 8.	Образование вихрей. Теорема В. Бьеркнеса	162
§ 9.	Примеры образования вихрей	166
§ 10.	Упражнения	174
Б. Определение поля скоростей по заданному полю вихрей и полю расхождения скорости		
§ 11.	Вычисление вектора скорости по вихрю и расхождению скорости для бесконечного пространства	176
§ 12.	Случай одной вихревой нити	187
§ 13.	Прямолинейная вихревая нить	192
§ 14.	Две прямолинейные вихревые нити. Движение системы вихрей	193
§ 15.	Круговая вихревая нить	197
§ 16.	Вихревой слой	202
§ 17.	Упражнения	205
В. Вихревые цепочки Кáрмана		
§ 18.	Введение	207
§ 19.	Одна вихревая цепочка	208
§ 20.	Две вихревые цепочки	209
§ 21.	Об устойчивости вихревых цепочек Кáрмана	211
§ 22.	Схема Кáрмана движения тела в жидкости с образованием вихрей	225
§ 23.	Вычисление лобового сопротивления по Кáрману	229
§ 24.	Упражнения	236
Глава шестая. Плоская задача о движении тела в идеальной жидкости (Н. В. Розе) 237		
§ 1.	Предварительные замечания	237
§ 2.	Граничные условия. Задачи Дирихле и Неймана	238
§ 3.	Движение кругового цилиндра	243
§ 4.	Нестационарное течение, вызываемое движущимся круговым цилиндром	251
§ 5.	Общие выражения для гидродинамических реакций при установившемся течении. Формула Блазиуса — Чаплыгина	252
§ 6.	Эффективное вычисление гидродинамических реакций при установившемся течении. Формула Кутта — Жуковского	254
§ 7.	Применение метода конформного отображения	257
§ 8.	Реакции на контур	262
§ 9.	Парабола устойчивости	265
§ 10.	Обтекание эллиптического цилиндра	267

§ 11.	Обтекание плоской пластинки	272
§ 12.	Обтекание некоторых форм профилей цилиндров	274
§ 13.	Обтекание профилей Жуковского	280
§ 14.	Обтекание решетки	291
§ 15.	Тонкое крыло	297
§ 16.	Неустановившееся движение плоского контура	309
§ 17.	Обтекание с отрывом струй. Метод Кирхгоффа	321
§ 18.	Метод Жуковского — Митчеля. Истечение из отверстия. Удар струи в пластинку. Глиссирующая пластинка	329
§ 19.	Метод Леви-Чивита	343
§ 20.	Давление при обтекании со срывом струй и при обтекании с циркуляцией	352
§ 21.	Обтекание с кавитацией	354
Глава седьмая. Пространственная задача о движении тела в идеальной жидкости (Н. В. Розе)		359
§ 1.	Безвихревое движение. Движение шара	359
§ 2.	Обтекание эллипсоида	362
§ 3.	Функция тока для осесимметричного течения	366
§ 4.	Метод источников и стоков	370
§ 5.	Поперечное обтекание осесимметричных тел	374
§ 6.	Движение твердого тела в безграничной жидкости	375
§ 7.	Расчет гидродинамических реакций при движении тела	380
§ 8.	Примеры	387
§ 9.	Движение тела по инерции	396
Глава восьмая. Волновые движения идеальной жидкости (Н. Е. Кочин)		401
А. Основные уравнения теории волн		
§ 1.	Различные типы волн	401
§ 2.	Основные уравнения	402
§ 3.	Начальные условия	407
Б. Плоские волны		
§ 4.	Введение	409
§ 5.	Стоячие волны	409
§ 6.	Прогрессивные волны	414
§ 7.	Сведение прогрессивных волн к установившемуся движению	418
§ 8.	Групповая скорость	420
§ 9.	Общий случай плоской задачи	424
§ 10.	Профиль волны	431
§ 11.	Волны при конечной глубине жидкости	436
§ 12.	Волны на поверхности раздела двух жидкостей	439
§ 13.	Капиллярные волны	444
§ 14.	Волны конечной амплитуды	447
§ 15.	Трохоидальные волны Герстнера	448
§ 16.	Свойства трохoidalных волн	451
§ 17.	Энергия волн	455
§ 18.	Перенос энергии	459
§ 19.	Волновое сопротивление. Движение тела под свободной поверхностью	460
§ 20.	Волны в сжимаемой жидкости. Обтекание воздухом горного хребта	477
§ 21.	Упражнения	488

В. Трехмерные волны

§ 22. Общие формулы	489
§ 23. Корабельные волны	499
§ 24. Стоячие колебания тяжелой жидкости в сосуде	504
§ 25. Колебания жидкости в прямоугольном сосуде и в круговом цилиндре	507
§ 26. Упражнения	511

Г. Длинные волны

§ 27. Основные уравнения	512
§ 28. Длинные волны в каналах постоянной глубины	515
§ 29. Стоячие колебания в каналах переменной глубины	518
§ 30. Стоячие колебания в цилиндрическом сосуде малой глубины	521
§ 31. Вынужденные колебания в каналах постоянной глубины	522
§ 32. Статическая теория приливов	526
§ 33. Выводы статической теории приливов	530
§ 34. Каналовая теория приливов	534
§ 35. Волны во вращающейся атмосферной оболочке	539
§ 36. Центры действия атмосферы	546
§ 37. Длинные волны конечной амплитуды. Волны на мелкой воде. Разрушение плотины	553
§ 38. Обтекание препятствия тяжелой сжимаемой жидкостью. Длинные волны Бора	561
§ 39. Упражнения	570
Литература	571
Именной указатель	576
Предметный указатель	578
