

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ГЛАВА VI

#### МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

- § 11. Спектральные разложения стационарных процессов и однородных полей . . . . . 7  
11.1. Спектральное разложение стационарных процессов (7). 11.2. Спектральное разложение однородных полей (20). 11.3. Частные производные однородных полей. Дивергенция и вихрь векторного поля (25).
- § 12. Изотропные случайные поля . . . . . 32  
12.1. Корреляционные функции и спектры скалярных изотропных полей (32). 12.2. Корреляционные функции и спектры векторных изотропных полей (37). 12.3. Соленоидальные и потенциальные изотропные векторные поля (49). 12.4. Одноточечные и двухточечные старшие моменты изотропных полей (56). 12.5. Трехточечные моменты изотропных полей (70).
- § 13. Локально однородные и локально изотропные случайные поля . . . . . 74  
13.1. Процессы со стационарными приращениями (74). 13.2. Локально однородные поля (86). 13.3. Локально изотропные поля (90).

### ГЛАВА VII

#### ИЗОТРОПНАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

- § 14. Уравнения для корреляционных и спектральных функций изотропной турбулентности . . . . . 103  
14.1. Определение изотропной турбулентности и возможности ее воспроизведения на опыте (103). 14.2. Уравнения для корреляционных функций поля скорости (106). 14.3. Уравнения для спектральных функций поля скорости (111). 14.4. Корреляционные и спектральные функции, содержащие давление (117). 14.5. Корреляционные и спектральные функции, содержащие температуру (122).
- § 15. Следствия из уравнений для корреляционных и спектральных функций. Заключительный период вырождения турбулентности . . . . . 127  
15.1. Уравнения баланса энергии, баланса вихря и баланса интенсивности пульсаций температуры (127). 15.2. Интегралы Лой-

цянского и Корсина (131). 15.3. Заключительный период вырождения изотропной турбулентности (137). 15.4. Экспериментальные данные о заключительном периоде вырождения. Вырождение однородной турбулентности (145). 15.5. Асимптотическое поведение корреляционного и спектрального тензоров однородной турбулентности в области больших масштабов (малых волновых чисел) (151). 15.6. Влияние сингулярности спектра на заключительный период вырождения турбулентности (157).

## § 16. Гипотезы об автомодельности . . . . . 161

16.1. Гипотеза Кармана об автомодельности корреляционных функций поля скорости (161). 16.2. Ослабленные формы гипотезы Кармана (164). 16.3. Спектральная формулировка гипотез об автомодельности (168). 16.4. Экспериментальная проверка гипотез об автомодельности (171). 16.5. Гипотезы Колмогорова об автомодельности мелкомасштабных компонент турбулентности при больших числах Рейнольдса (179). 16.6. Условия осуществления колмогоровской автомодельности в турбулентности за решеткой (185). 16.7. Гипотеза о квазиравновесии. Положение с автомодельностью пульсаций температуры (190).

## § 17. Гипотезы о спектральном переносе энергии . . . . . 193

17.1. Приближенные формулы для спектрального переноса энергии (193). 17.2. Применение гипотез о переносе энергии к исследованию формы спектра в равновесном интервале (204). 17.3. Применение гипотез о переносе энергии к вырождающейся турбулентности за решеткой (215). 17.4. Автомодельные решения приближенных уравнений для спектра (217).

## § 18. Гипотеза Миллионщикова и ее применение к исследованию полей давления и ускорения . . . . . 222

18.1. Гипотеза Миллионщикова о связи четвертых и вторых моментов и эмпирические данные о распределениях вероятностей поля скорости (222). 18.2. Вычисление корреляционных и спектральных функций, содержащих давление (228). 18.3. Вычисление статистических характеристик поля ускорения (233).

## § 19. Уравнения для старших моментов и проблема замыкания . . 238

19.1. Уравнения для третьих моментов гидродинамических полей (238). 19.2. Замыкание уравнений для моментов с помощью гипотезы об обращении в нуль моментов высокого порядка (244). 19.3. Замыкание уравнений для вторых и третьих моментов с помощью гипотезы Миллионщикова (248). 19.4. Замыкание уравнений для моментов, содержащих температуру, с помощью гипотезы Миллионщикова (260). 19.5. Пространственно-временные корреляционные функции. Модель стационарной изотропной турбулентности (265). 19.6. Использование рядов теории возмущений и метода диаграмм (269).

## § 20. Турбулентность в сжимаемой жидкости . . . . . 287

20.1. Инварианты изотропной турбулентности в сжимаемой жидкости (287). 20.2. Линейная теория; заключительный период вырождения сжимаемой турбулентности (291). 20.3. Квадратичные эффекты; порождение звука турбулентностью (300).

## ЛОКАЛЬНО ИЗОТРОПНАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

- § 21. Общие представления о локальной структуре турбулентности при больших числах Рейнольдса . . . . . 309
- 21.1. Качественная схема развитой турбулентности (309). 21.2. Определение локально изотропной турбулентности (313). 21.3. Гипотезы подобия Колмогорова (317). 21.4. Локальная структура поля скорости (322). 21.5. Статистические характеристики полей ускорения, вихря скорости и давления (338). 21.6. Локальное строение поля температуры при больших числах Рейнольдса и Пекле (345). 21.7. Локальные характеристики турбулентности при наличии архимедовых сил и при химических реакциях. Учет влияния термической стратификации (355).
- § 22. Гидродинамическая теория локальной структуры развитой турбулентности . . . . . 362
- 22.1. Уравнения для структурных и спектральных функций полей скорости и температуры (362). 22.2. Замыкание динамических уравнений (370). 22.3. Поведение спектра турбулентности в области очень больших волновых чисел (388). 22.4. Поведение спектра температуры в области больших волновых чисел (399).
- § 23. Экспериментальные данные о локальной структуре развитой турбулентности . . . . . 413
- 23.1. Реальные возможности измерений; использование гипотезы «замороженной турбулентности» (413). 23.2. Проверка локальной изотропии поля скорости (417). 23.3. Проверка второй гипотезы подобия Колмогорова для поля скорости (421). 23.4. Проверка первой гипотезы подобия Колмогорова для поля скорости (440). 23.5. Экспериментальные данные о локальной структуре поля температуры и других скалярных гидродинамических полей (446). 23.6. Данные о спектрах турбулентных пульсаций в атмосфере за низкочастотной границей инерционного интервала (459).
- § 24. Диффузия в поле локально изотропной турбулентности . . . 467
- 24.1. Диффузия в поле изотропной турбулентности. Статистические характеристики движений одной жидкой частицы (467). 24.2. Статистические характеристики движения пары жидких частиц (474). 24.3. Относительная диффузия и «закон четырех третей» Ричардсона (488). 24.4. Гипотезы о распределении вероятностей для локальных характеристик диффузии (501). 24.5. Растяжение материальных линий и поверхностей в турбулентном потоке (513).
- § 25. Уточнение представлений о локальной структуре турбулентности, связанное с учетом флуктуаций диссипации энергии . . 517
- 25.1. Общие соображения и модельные примеры (517). 25.2. Уточненные гипотезы подобия (521). 25.3. Статистические характеристики поля диссипации (525). 25.4. Уточненная форма статистических характеристик мелкомасштабной турбулентности (542). 25.5. Более общая форма уточненных гипотез подобия (544).

## ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И ВОЛНЫ

- § 26. Распространение электромагнитных и звуковых волн в турбулентной среде . . . . . 546
- 26.1. Распространение электромагнитных волн в турбулентной атмосфере (546). 26.2. Распространение звуковых волн в турбулентной атмосфере (559). 26.3. Рассеяние электромагнитных и звуковых волн на турбулентных неоднородностях атмосферы (564). 26.4. Флюктуации амплитуды и фазы электромагнитных и звуковых волн в турбулентной атмосфере (574). 26.5. Нелинейные поправки к флюктуациям амплитуды волн (590).
- § 27. Мерцание звезд . . . . . 593
- 27.1. Описание флюктуаций амплитуды и фазы света звезд при учете вертикальной неоднородности атмосферы (593). 27.2. Осредняющее действие объектива телескопа и мерцание изображений звезд и планет (599). 27.3. Временные спектры флюктуаций яркости изображений звезд в телескопах (604). 27.4. Хроматическое мерцание звезд (609).

## Г Л А В А X

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

- § 28. Уравнения для характеристического функционала . . . . . 613
- 28.1. Уравнения для пространственного характеристического функционала поля скорости (613). 28.2. Спектральная форма уравнений для пространственного характеристического функционала (620). 28.3. Уравнения для пространственно-временного характеристического функционала (628). 28.4. Уравнения для характеристического функционала при наличии внешних сил (631).
- § 29. Методы решения уравнений для характеристического функционала . . . . . 641
- 29.1. Использование функциональных степенных рядов (641). 29.2. Нулевое приближение по числу Рейнольдса (650). 29.3. Разложение по степеням числа Рейнольдса (657). 29.4. Разложение Эдвардса (663). 29.5. Использование континуальных интегралов (668).
- Библиография . . . . . 679
- Именной указатель . . . . . 709