

Синергетика

От прошлого
к будущему



№ 79

Серия основана
в 2002 г.

Председатель редколлегии
профессор
Г. Г. Малинецкий

А. В. Колесниченко

КОНТИНУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРИРОДНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ СРЕД

**Проблемы
термодинамического
конструирования**



URSS

А. В. Колесниченко

**КОНТИНУАЛЬНЫЕ
МОДЕЛИ
ПРИРОДНЫХ
И КОСМИЧЕСКИХ
СРЕД**

**Проблемы термодинамического
конструирования**

Предисловие

доктора физико-математических наук, профессора
Г. Г. Малинецкого



URSS

МОСКВА

Колесниченко Александр Владимирович

Континуальные модели природных и космических сред: Проблемы термодинамического конструирования / Предисл. Г. Г. Малинецкого.

М.: ЛЕНАНД, 2017. — 400 с. (Синергетика: от прошлого к будущему. № 79.)

Монография посвящена разработке континуальных полуэмпирических моделей ламинарных и турбулентных течений в многокомпонентных смесях реагирующих газов, в электропроводных и гетерогенных средах — моделей, лежащих в основе постановок и численных расчетов широкого класса актуальных задач, связанных с образованием, структурой и эволюцией различных геофизических объектов. Ее целью является термодинамическое конструирование природных и космических сред с усложненными физико-химическими характеристиками, при описании которых следует учитывать сжимаемость потока, переменность теплофизических свойств, наличие процессов тепло- и массопереноса, химических реакций, фазовых переходов и излучения, а также воздействие гравитационных и электромагнитных сил. На основе методов неравновесной термодинамики разработан феноменологический подход к выводу замыкающих соотношений для ламинарных и турбулентных потоков и сил, описывающих процессы тепло- и массопереноса и химическую кинетику в многокомпонентном континууме. Проблема возникновения и эволюции когерентных вихревых образований в турбулентных течениях рассматривается, исходя из анализа соотношения порядка и хаоса в открытых диссипативных системах с синергетических позиций стохастической нелинейной термодинамики необратимых процессов.

Изложенный материал представляет интерес для научных работников, аспирантов и студентов старших курсов физико-математических и других естественно-научных и инженерных специальностей.

Формат 60×90/16. Печ. л. 25. Зак. № А/Л-347.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».

117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, 11А, стр. 11.

ISBN 978-5-9710-3550-3

© ЛЕНАНД, 2016

20135 ID 216844



9 785971 035503



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

Оглавление

От редакции.....	6
Вечные проблемы и новые решения (Г. Г. Малинецкий).....	8
Предисловие	21
ГЛАВА 1. Основы термодинамического конструирования моделей ламинарного движения многокомпонентных сплошных сред.....	29
Введение.....	29
1. Законы сохранения и уравнения балансов	32
2. Второе начало термодинамики и уравнение баланса энтропии.....	44
3. Определяющие уравнения для потоков диффузии, тепла и тензора вязких напряжений	53
Литература.....	70
ГЛАВА 2. Термодинамическое конструирование моделей турбулентного движения многокомпонентных сплошных сред.....	73
Введение.....	73
1. Осреднённые гидродинамические уравнения многокомпонентной смеси.....	74
2. Вывод замыкающих соотношений для осреднённых турбулентных течений смеси.....	99
3. Моделирования коэффициентов турбулентного переноса. Масштаб турбулентности	124
Литература.....	143
ГЛАВА 3. Дифференциальные модели замыкания для турбулентных течений реагирующих газовых смесей	146
Введение.....	146
1. Гидродинамические уравнения масштаба среднего движения для турбулентной реагирующей среды.....	148
2. Неравновесная аррениусова кинетика в турбулентном потоке	153
3. Модельные уравнения переноса для вторых корреляционных моментов	163

Оглавление

4. Локально равновесное приближение в моделях химической турбулентности.....	178
Литература.....	183
ГЛАВА 4. Термодинамическое конструирование модели МГД-турбулентности электропроводящей газовой среды.....	186
Введение.....	186
1. Гидродинамические уравнения сжимаемой плазмы	187
2. Осреднённые уравнения турбулентного движения в одножидкостном МГД-приближении	199
3. Вывод методами неравновесной термодинамики замыкающих соотношений для турбулентных потоков в электропроводящей среде	213
Литература.....	228
ГЛАВА 5. Конструирование на основе расширенной необратимой термодинамики замыкающих дифференциальных уравнений для турбулентных потоков	230
Введение.....	230
1. Вывод методами классической необратимой термодинамики градиентных соотношений для тензора Рейнольдса и турбулентного потока тепла.....	235
2. Дифференциальные модели замыкания, полученные в рамках расширенной необратимой термодинамики.....	245
Литература.....	254
ГЛАВА 6. Синергетический подход к конструированию модели структурированной турбулентности	257
Введение.....	257
1. Феноменологическое конструирование модели стационарно-неравновесной турбулентности	261
2. Термодинамический вывод уравнений Фоккера–Планка–Колмогорова	270
3. Примеры уравнений ФПК, описывающих эволюцию пульсирующих характеристик турбулентного хаоса	289
Литература.....	297

Оглавление

ГЛАВА 7. Термодинамика многофазной химически активной среды. Законы межфазной диффузии и фильтрационного движения	299
Введение	299
1. Производство энтропии и конститутивные соотношения для гетерогенной среды	302
2. Термодинамический вывод обобщённых соотношений Стефана–Маквелла для многофазной диффузии	315
3. Законы фильтрационного движения для пористых сред, насыщенных многофазной жидкостью	322
Литература	329
ГЛАВА 8. Дробное уравнение Фоккера–Планка для фрактального турбулентного хаоса со степенной памятью	331
Введение	331
1. Моделирование структурированной турбулентности методами стохастической термодинамики	336
2. Принцип причинности для немарковских процессов в подсистеме турбулентного хаоса	346
3. Уравнение ФПК для описания эволюционных процессов во фрактальном времени	350
Литература	356
ГЛАВА 9. Информационно-термодинамическая концепция формирования процессов самоорганизации в открытых системах под воздействием внешней среды	359
Введение	359
1. Некоторые базовые элементы формализма статистики Гиббса	361
2. Информационные физические процессы в открытых системах	372
3. Термодинамика информационных процессов в открытых средах. Принцип Ле-Шателье–Брауна	376
Литература	387
Заключение	390