

Рецензенты:

д-р. физ.-мат. наук, профессор А.И. Григорьев  
(Ярославский государственный университет);

д-р. физ.-мат. наук, профессор А.А. Черепанов  
(Пермский государственный университет)

**Саранин В. А.**

Устойчивость равновесия, зарядка, конвекция и взаимодействие жидких масс в электрических полях. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009. – 332 с.

Монография посвящена рассмотрению достаточно широкого спектра задач электрогидродинамики и электрофизики. Основное внимание уделено задачам устойчивости равновесия заряженных жидкостей, находящихся в электрическом поле (плоская поверхность, капля, струя), электроконвекции, а также некоторым проблемам атмосферного электричества (в том числе проблеме шаровой молнии). В большинстве решаемых задач теоретические выводы сравниваются с экспериментом либо рассматриваются соответствующие прикладные задачи (кипение, кавитация, конвекция). Наравне с изложением известных и классических результатов в монографии излагаются новые результаты, полученные автором.

Для специалистов в области гидродинамики, атмосферного электричества и смежных областях, преподавателей вузов, аспирантов и студентов старших курсов.

**ISBN 978-5-93972-769-3**

© НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009

© В. А. Саранин, 2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>7</b>
Список литературы.....	13
<b>Глава 1. УСТОЙЧИВОСТЬ РАВНОВЕСИЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА</b>	
<b>ЖИДКОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ .....</b>	<b>18</b>
1.1. Постановка задачи. Основные уравнения и граничные условия .....	18
1.2. Устойчивость равновесия границы раздела в нормальном поле .....	23
1.2.1. Монотонная неустойчивость.....	24
1.2.2. Некоторые экспериментальные результаты .....	26
1.2.3. Колебательная неустойчивость.....	30
1.3. Устойчивость равновесия границы раздела в касательном поле .....	36
1.3.1. Монотонная неустойчивость.....	38
1.3.2. Колебательная неустойчивость.....	39
1.4. О режимах возникновения статического рельефа на границе	
раздела жидкостей в электрическом поле.....	44
1.5. Параметрическая неустойчивость и стабилизация равновесия	
границы раздела жидкостей в электрическом поле .....	48
1.6. К теории кризиса кипения жидкостей в электрическом поле.....	59
1.7. Устойчивость равновесия жидкой струи в электрическом поле .....	68
Список литературы.....	76
<b>Глава 2. ВЕТВЛЕНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ РАВНОВЕСНЫХ ФОРМ</b>	
<b>КАПЕЛЬ И ПУЗЫРЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ.....</b>	<b>81</b>
2.1. Диэлектрическая капля в однородном внешнем поле .....	81
2.2. О форме диэлектрических капель во внешнем электрическом поле ..	84
2.3. Ветвление равновесных форм наэлектризованных капель .....	89

2.4. Об усилении электрического поля атмосферы каплями воды .....	97
2.5. Ветвление равновесных форм наэлектризованных пузырей .....	100
2.6. К теории кавитационного механизма электрического пробоя.....	105
Список литературы.....	112
<b>Глава 3. ЗАРЯДКА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАПЕЛЬ ВОДЫ</b>	
<b>В АТМОСФЕРЕ .....</b>	<b>116</b>
3.1. Механизмы зарядки капель. Общие положения.....	116
3.2. Зарядка проводящей капли в непроводящей среде.....	122
3.3. Зарядка капель при испарении в режиме пленочного кипения .....	129
3.4. Зарядка капли при испарении в конвективно-диффузионном режиме .....	131
3.5. Зарядка и левитация капель при нестационарном падении в атмосфере .....	136
3.6. Левитация капель и устойчивость их равновесных форм .....	140
3.7. Некоторые эффекты электростатического взаимодействия капель ..	143
3.7.1. Вывод соотношений для расчета напряженности поля и силы взаимодействия.....	144
3.7.2. Результаты расчетов напряженности поля и силы.....	147
3.7.3. Искровой пробой воздушного промежутка между шарами.....	151
3.7.4. Эффекты взаимодействия заряженных капель.....	154
3.8. Моделирование капиллярных автоколебаний в системах с электрическим разрядом.....	166
3.9. Сводка автомодельных решений задачи о взаимодействии заряжен- ных проводящих шаров.....	177
Список литературы.....	182
<b>Глава 4. ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШАРОВОЙ</b>	
<b>МОЛНИИ .....</b>	<b>187</b>
4.1. О моделях шаровой молнии .....	187
4.2. Модель шаровой молнии с пузырьковым ядром.....	192
4.3. Гидродинамика и теплообмен растущего горячего пузыря (ШМ).....	195

4.4. К теории электротеплового взрыва, производимого молнией.....	199
4.5. О заряде шаровой молнии .....	215
4.6. Взрывной релаксационный процесс .....	218
Список литературы.....	222
<b>Глава 5. КОНВЕКТИВНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ РАВНОВЕСИЯ И КОНВЕКЦИЯ СЛАБОПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ. ....</b>	<b>226</b>
5.1. Исходные положения электрогидродинамики и конвективной устойчивости.....	226
5.1.1. Обсуждение постановок задач .....	226
5.1.2. Механизмы проводимости и зарядообразования .....	230
5.1.3. Условия равновесия и принцип монотонности возмущений....	234
5.1.4. Безындукционное приближение ЭГД .....	240
5.1.5. Вывод уравнений электроконвекции для омической модели проводимости .....	244
5.2. Устойчивость равновесия вертикального слоя слабопроводящей жидкости в электрическом поле .....	246
5.3. Устойчивость равновесия горизонтального слоя слабопроводящей жидкости в электрическом поле .....	258
5.4. Нелинейные аспекты возникновения электроконвекции в плоском горизонтальном слое неоднородно нагретой жидкости .....	266
5.5. Конвекция жидкости, обусловленная поверхностными электрическими силами .....	277
Список литературы.....	288
<b>Глава 6. УСТОЙЧИВОСТЬ РАВНОВЕСИЯ И КОНВЕКЦИЯ ПРОВОДЯЩИХ ЖИДКОСТЕЙ С УЧЕТОМ ТЕРМОДИФфуЗИОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ .....</b>	<b>294</b>
6.1. Уравнения гидродинамики с учетом термодиффузионных электрических эффектов.....	294

6.2. Стационарное распределение поля и заряда в термоэлектрической ячейке.....	298
6.3. Влияние термоэлектрического поля на конвективную устойчивость равновесия жидкости .....	303
6.4. Влияние термоэлектрического поля на характер установления режима стационарной конвекции и конвективный теплопоток .....	309
6.5. Влияние электрического поля двойного слоя на конвективную устойчивость равновесия жидкости .....	314
6.6. О движении жидкости, обусловленном взаимодействием термоэлектрического поля и электрического поля двойного слоя.....	318
6.7. Термоэлектрогидродинамическое движение жидкости в плоском канале.....	321
6.8. Термомангнитогидродинамическое движение жидкости между коаксиальными цилиндрами .....	324
Список литературы.....	329