

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	10
Глава 1. Введение	12
1.1. Явления трения и контактного взаимодействия	12
1.2. История механики контактного взаимодействия и физики трения	14
1.3. Структура книги	19
Глава 2. Качественное описание контактного взаимодействия — нормальный контакт без адгезии	20
2.1. Краткий обзор механических свойств материалов	21
2.2. Простые контактные задачи	24
2.3. Качественные методы оценки контактов с трехмерными упругими телами	27
Глава 3. Качественное описание контактов с адгезией	36
3.1. Физическая природа сил адгезии	37
3.2. Сила адгезии между телами с искривленными поверхностями	41
3.3. Качественная оценка силы адгезии между упругими телами	42
3.4. Влияние шероховатости поверхности на адгезию	44
3.5. Клейкая лента	45
3.6. Дополнительная информация о силах Ван-дер-Ваальса и поверхностной энергии	46
Глава 4. Капиллярные силы	51
4.1. Поверхностное натяжение и краевой угол смачивания	52
4.2. Гистерезис угла смачивания	55
4.3. Давление под искривленной поверхностью	55
4.4. Капиллярные мостики	56
4.5. Капиллярная сила между абсолютно твердой плоскостью и абсолютно твердым шаром	57
4.6. Жидкости на шероховатых поверхностях	57
4.7. Капиллярные силы и трибология	59

Глава 5. Строгое рассмотрение нормального контакта без адгезии — теория Герца	66
5.1. Деформация упругого полупространства под влиянием поверхностных сил	67
5.2. Теория контактного взаимодействия Герца	69
5.3. Контакт упругих тел с искривленной поверхностью	71
5.4. Контакт между абсолютно твердым коническим индентором и упругим полупространством	73
5.5. Внутренние напряжения в герцевском контакте	74
Глава 6. Строгое рассмотрение нормального контакта с адгезией	81
6.1. Теория Джонсона, Кендалла и Робертса (JKR)	82
Глава 7. Контакт между шероховатыми поверхностями	90
7.1. Модель Гринвуда и Вильямсона	91
7.2. Пластическая деформация микрошероховатостей	96
7.3. Электрические контакты	97
7.4. Тепловые контакты	100
7.5. Механическая жесткость контактов	101
7.6. Уплотнения	101
7.7. Шероховатость и адгезия	102
Глава 8. Касательная контактная задача	112
8.1. Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной касательной силы	113
8.2. Деформация упругого полупространства под действием распределенных касательных усилий	114
8.3. Касательная контактная задача без проскальзывания	116
8.4. Касательная контактная задача с учетом микропроскальзывания	117
8.5. Отсутствие микропроскальзывания при касательном нагружении контакта с абсолютно твердым цилиндрическим индентором	120
Глава 9. Контактное взаимодействие упругих тел при качении	124
9.1. Качественное описание контактирования упругих тел при качении	125
9.2. Распределение напряжений в контакте качения	127
Глава 10. Закон трения Кулона	137
10.1. Введение	137
10.2. Трение покоя и трение скольжения	138
10.3. Угол трения	139

10.4. Зависимость коэффициента трения от продолжительности контакта	140
10.5. Зависимость коэффициента трения от нормальной силы.	142
10.6. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения.	142
10.7. Зависимость коэффициента трения от шероховатости поверхности.	143
10.8. Представления Кулона о физической природе сил сухого трения	144
10.9. Теория Бюдена и Тейбора	146
10.10. Зависимость коэффициента трения от температуры	148
Глава 11. Модель сухого трения Прандтля–Томлинсона	158
11.1. Введение.	158
11.2. Основные свойства модели Прандтля–Томлинсона	160
11.3. Упругая неустойчивость	164
11.4. Сверхнизкое трение твердых тел	167
11.5. Концепции микро- и наномоторов	168
Глава 12. Фрикционные автоколебания	176
12.1. Неустойчивость, обусловленная уменьшением силы трения со скоростью скольжения	177
12.2. Неустойчивость в системе с распределенной упругостью	180
12.3. Критическое затухание и оптимальное подавление скрипа	182
12.4. Активное подавление скрипа	183
12.5. Прочностные аспекты при фрикционных автоколебаниях	186
12.6. Зависимость условий устойчивости от жесткости системы	187
12.7. Динамическое заклинивание в самотормозящихся системах.	191
Глава 13. Тепловые процессы в контактах	197
13.1. Введение.	198
13.2. Температурные всплески в микроконтакте	198
13.3. Термомеханическая неустойчивость	200
Глава 14. Трибологические системы со смазкой	204
14.1. Течение между двумя параллельными пластинами.	205
14.2. Гидродинамическая теория смазки.	206
14.3. «Вязкая адгезия».	210
14.4. Реология смазочных материалов	212
14.5. Граничная смазка	214
14.6. Эластогидродинамическая смазка	215
14.7. Твердые смазки.	218

Глава 15. Вязко-упругие свойства эластомеров	225
15.1. Введение	225
15.2. Релаксация напряжения в эластомерах	227
15.3. Комплексный, зависящий от частоты модуль сдвига	228
15.4. Свойства комплексного модуля сдвига	230
15.5. Диссипация энергии в вязко-упругом материале	231
15.6. Измерение комплексного модуля сдвига	232
15.7. Реологические модели эластомеров	232
15.8. Простая реологическая модель для резины («стандартная модель»)	235
15.9. Влияние температуры на реологические свойства	237
15.10. Приведенная зависимость модуля сдвига от частоты	238
15.11. Ряды Прони	239
Глава 16. Трение и механика контактного взаимодействия эластомеров	247
16.1. Трение между эластомером и абсолютно твердой шероховатой поверхностью	248
16.2. Сопротивление качению	253
16.3. Адгезионный контакт с эластомерами	255
Глава 17. Изнашивание	262
17.1. Введение	262
17.2. Абразивное изнашивание	263
17.3. Адгезионное изнашивание	266
17.4. Условия для трения с минимальным износом	269
17.5. Износ как перенос материала из зоны трения	270
17.6. Износ эластомеров	272
Глава 18. Влияние ультразвуковых колебаний на трение	275
18.1. Влияние ультразвука на силу трения с макроскопической точки зрения	276
18.2. Влияние ультразвука на силу трения с микроскопической точки зрения	280
18.3. Экспериментальные исследования силы трения покоя как функции амплитуды колебаний	283
18.4. Экспериментальные исследования трения скольжения как функции амплитуды колебания	285
Глава 19. Методы численного моделирования в физике трения	294
19.1. Краткий обзор методов численного моделирования контактных задач и трения	295
19.2. Редукция трехмерных контактных задач к одномерным	299
19.3. Контактное взаимодействие в макроскопической трибологической системе	300

19.4. Применение метода редукции размерности к многоконтактным задачам	304
19.5. Применение метода редукции размерности к контактам с вязко-упругими телами	308
19.6. Адгезия в методе редукции размерности	309
19.7. Отображение напряжений в методе редукции размерности	310
19.8. Алгоритм применения метода редукции размерности	311
19.9. Учет смазки, кавитации и пластической деформации в методе редукции размерности	312
Глава 20. Динамика землетрясений и физика трения	317
20.1. Введение	318
20.2. Сейсмический момент и магнитуда землетрясения	319
20.3. Законы трения для горных пород	321
20.4. Устойчивость скольжения в случае трения, зависящего от скорости и внутренней переменной состояния	324
20.5. Зарождение землетрясений и постсейсмическое скольжение	327
20.6. Форшоки и афтершоки	330
20.7. Механика блочных сред и структура разломных зон	331
20.8. Возможно ли предсказание землетрясений?	334
Приложение	338
Список литературы	342
Список использованных иллюстраций	346
Предметный указатель	347