

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Введение	10
Глава 1. Принципы построения и тенденции развития современных систем дальней космической связи	13
1.1. Радиосистемы дальней космической связи России	13
1.1.1. Поколения отечественных радиосистем дальней космической связи	14
1.1.2. Система передачи командно-программной информации	15
1.1.3. Система передачи телеметрической и научной информации	16
1.1.4. Система траекторных измерений	17
1.1.5. Наземная сеть слежения и бортовые радиокomплексы	19
1.2. Радиосистемы дальней космической связи США	23
1.2.1. Наземная сеть слежения и наземные радиокomплексы	23
1.2.2. Бортовой радиокomплекс	27
1.3. Радиосистемы дальней космической связи Европейского космического агентства	32
1.4. Радиосистемы дальней космической связи Японии	35
1.5. Основные направления и тенденции развития систем дальней космической связи	38
1.5.1. Полососберегающие цифровые методы модуляции в системах дальней космической связи	38
1.5.2. Развитие архитектуры сети дальней космической связи	46
1.6. Заключение	59
Литература к главе 1	60
Глава 2. Современные и перспективные ЭРД для решения транспортных задач в околоземном и дальнем космосе	65
2.1. Современные и перспективные ЭРД	66
2.1.1. Состояние разработки и опыт применения электротермических двигателей	66
2.1.2. Холловские плазменные двигатели	69
2.1.3. Технический облик и основные рабочие характеристики ионных двигателей	79
2.1.4. Импульсные плазменные двигатели	90
2.1.5. Магнитоплазодинамические двигатели (МПДД)	92
2.1.6. Тенденции развития ЭРД в будущем	96

2.2. Использование ЭРД в зарубежных программах освоения дальнего космоса	99
2.2.1. КА Deep Space 1	99
2.2.2. КА SMART-1	103
2.2.3. КА Hayabusa (MUSES-C)	105
2.2.4. КА Dawn	107
2.2.5. КА BepiColombo	109
2.2.6. КА TSSM (Titan-Saturn System Mission)	113
Литература к главе 2	117
Глава 3. Основные факторы воздействия ЭРД на КА и его радиосистемы	120
3.1. Эффекты воздействия ЭРД	120
3.1.1. Эрозионное и загрязняющее воздействие	120
3.1.2. Силовое и тепловое воздействие	121
3.1.3. Излучение ЭРД в оптическом диапазоне	122
3.1.4. Излучение ЭРД в радиодиапазоне	122
3.1.5. Изменение электрического потенциала КА	126
3.1.6. Изменение состава и параметров окружающей КА среды	128
3.2. Влияние плазменных струй ЭРД на характеристики радиоканала связи с КА.	128
3.2.1. Амплитудные искажения при прохождении электромагнитных волн через плазменные струи ЭРД	131
3.2.2. Фазовые и частотные искажения при прохождении электромагнитных волн через плазменные струи ЭРД	134
3.2.3. Изменение эффективной поверхности рассеяния	137
3.2.4. Влияние плазменных струй ЭРД на характеристики бортовых антенн	139
3.3. Прогнозные характеристики плазменных струй ЭРД	146
3.3.1. Общие проблемы исследования и моделирования струй ЭРД	146
3.3.2. Метод исследования	146
3.3.3. Характеристики плазменных струй СПД	147
3.3.4. Характеристики плазменных струй ДАС	151
3.3.5. Характеристики плазменных струй ионных двигателей	152
3.3.6. Свойства плазменной струи связи двигателей	153
3.4. Заключение	156
Литература к главе 3	158
Глава 4. Современное состояние экспериментальных исследований радиофизических свойств и эффектов электродинамического воздействия электроракетных двигателей	161
4.1. Моделирующие стенды для исследования радиофизических характеристик ЭРД в наземных условиях	162
4.1.1. Экспериментальная база	162
4.1.2. Классификация измерений в БЭВК	163
4.1.3. Радиопоглощающие материалы	164
4.1.4. Характеристики и примеры технической реализации БЭВК	165
4.1.5. Определение безэховости БЭВК	166

4.2. Экспериментальное исследование характеристик апертурных отражателей при наличии плазменных образований	167
4.2.1. Методика измерений	167
4.2.2. Зондовые измерения концентрации электронов в апертуре УО	170
4.2.3. Радиофизические измерения	171
4.3. Эффективная поверхность рассеяния плазменной струи ЭРД	174
4.3.1. Методика измерений	174
4.3.2. Экспериментальное измерение ЭПР и моностатической ДОР плазменной струи модели ЭРД	175
4.4. Результаты исследования собственного излучения ЭРД	178
4.4.1. Аппаратурный комплекс на базе БЭВК для исследования собственного излучения ЭРД	178
4.4.2. Результаты исследования собственного излучения СПД	182
4.4.3. Исследование собственного излучения ИДПТ	187
4.4.4. Исследование собственного излучения ВЧИД	190
4.4.5. Исследование собственного излучения СВЧИД	195
4.5. Оценка возможностей измерения собственного излучения ЭРД в металлических вакуумных камерах	199
4.5.1. Оборудование измерительного комплекса	200
4.5.2. Борьба с переотражениями от стенок металлической вакуумной камеры	201
4.5.3. Результаты оценок направленных свойств излучения ЭРД	203
4.6. Заключение	205
Литература к главе 4	207
Глава 5. Методы и результаты экспериментальных исследований спектрально-временных характеристик электромагнитного излучения электрических ракетных двигателей в наземных условиях	210
5.1. Аппаратно-программный комплекс для определения характеристик электромагнитного излучения ЭРД	211
5.1.1. Архитектура и базовые принципы построения аппаратно-программного комплекса	211
5.1.2. Алгоритмы управления измерительными приборами и обменом данными	214
5.1.3. Методы измерения и калибровки	215
5.1.4. Особенности измерения анализатором спектра характеристик узкополосных случайных процессов	223
5.2. Результаты измерения характеристик излучения ЭРД в спектральной области	226
5.2.1. Спектральные характеристики излучения ЭРД СПД-70	227
5.2.2. Спектральные характеристики излучения ЭРД СПД-100-1	232
5.2.3. Спектральные характеристики излучения ЭРД СПД-100-2	233
5.2.4. Спектральные характеристики излучения ЭРД СПД-100-3	239
5.2.5. Спектральные характеристики излучения ЭРД СПД-140-1	244
5.2.6. Спектральные характеристики излучения ЭРД СПД-140-2	249
5.2.7. Спектральные характеристики излучения ЭРД АИПД-50	251
5.3. Результаты измерения характеристик излучения ЭРД во временной области	254
5.3.1. Характеристики излучения ЭРД СПД-70 во временной области	254
5.3.2. Характеристики излучения ЭРД СПД-100-1 во временной области	261
5.3.3. Характеристики излучения ЭРД СПД-100-2 во временной области	264

5.3.4. Характеристики излучения ЭРД СПД-100-3 во временной области	274
5.3.5. Характеристики излучения ЭРД СПД-140-2 во временной области	281
5.4. Заключение	284
Литература к главе 5	285
Глава 6. Математические модели и характеристики электромагнитного излучения ЭРД	288
6.1. Математическое описание электромагнитного излучения ЭРД в частотной области	289
6.1.1. Характеристики эквивалентных тепловых шумов на входе приемной системы	289
6.1.2. Характеристики шумов на входе приемной системы, обусловленных радиоизлучением внешних источников	291
6.1.3. Взаимосвязь параметров эквивалентного белого гауссова шума на входе приемного тракта с характеристиками шумового излучения ЭРД	293
6.1.4. Анализ влияния собственного электромагнитного излучения ЭРД на шумовые характеристики систем космической связи	297
6.2. Математическое описание электромагнитного излучения ЭРД во временной области	303
6.2.1. Математические модели и законы распределения амплитуд случайных импульсных помех	306
6.2.2. Законы распределения интервала следования импульсов	328
6.2.3. Законы распределения длительности импульсов	331
6.3. Анализ результатов экспериментальных измерений	331
6.4. Компьютерное моделирование случайных импульсных помех	334
6.5. Заключение	341
Литература к главе 6	341
Глава 7. Аналитические и имитационные модели для анализа влияния электромагнитного излучения ЭРД на показатели помехоустойчивости радиосистем космической связи	346
7.1. Аналитические модели и методы анализа помехоустойчивости типовых радиолиний космической связи в условиях воздействия случайных импульсных помех	346
7.1.1. Оценка помехоустойчивости систем передачи информации в условиях воздействия случайных импульсных помех: основные имеющиеся результаты	347
7.1.2. Помехоустойчивость цифровых систем передачи информации в условиях воздействия импульсных помех: обобщение аналитической модели Миддлтона	348
7.2. Имитационное моделирование функционирования информационного канала командной радиолинии в условиях воздействия нетеплового излучения ЭРД	356
7.2.1. Принципы имитационного моделирования радиолиний космической связи в условиях комбинированного воздействия аддитивного белого гауссова шума и нетеплового излучения ЭРД	357
7.2.2. Имитационная модель информационного канала радиолинии в условиях воздействия нетеплового излучения ЭРД	357
7.2.3. Анализ помехоустойчивости информационного канала радиолинии в условиях воздействия АБГШ и нетеплового излучения ЭРД	364
7.3. Анализ воздействия нетеплового излучения ЭРД на помехоустойчивость каналов символической синхронизации и передачи информации	367
7.3.1. Математические модели следящих систем синхронизации	368
7.3.2. Математические модели систем фазовой синхронизации	376

7.3.3. Математические модели систем символьной синхронизации для исследования воздействия нетеплового излучения ЭРД на канал символьной синхронизации	377
7.3.4. Имитационные модели для исследования характеристик каналов символьной синхронизации	380
7.3.5. Сравнительный анализ помехоустойчивости систем символьной синхронизации при воздействии нетеплового излучения ЭРД	380
7.4. Имитационное моделирование радиолинии космической связи с учетом одновременного воздействия нетеплового излучения ЭРД и АБГШ на канал передачи информации и канал символьной синхронизации.	385
7.4.1. Имитационная модель радиолинии системы космической связи с учетом одновременного воздействия нетеплового излучения ЭРД и АБГШ на канал передачи информации и канал символьной синхронизации	387
7.4.2. Анализ помехоустойчивости радиолинии системы космической связи с учетом одновременного воздействия нетеплового излучения ЭРД и АБГШ на канал передачи информации и канал символьной синхронизации	391
7.5. Имитационное моделирование радиолинии космической связи с учетом одновременного воздействия нетеплового излучения ЭРД и АБГШ на канал передачи информации и каналы символьной и фазовой синхронизации	393
7.5.1. Имитационная модель радиолинии системы космической связи с учетом одновременного воздействия нетеплового излучения ЭРД и АБГШ на канал передачи информации и каналы символьной и фазовой синхронизации	393
7.5.2. Анализ помехоустойчивости радиолинии системы космической связи с учетом одновременного воздействия нетеплового излучения ЭРД и АБГШ на канал передачи информации и каналы символьной и фазовой синхронизации	394
7.5.3. Анализ помехоустойчивости радиолинии системы космической связи с квадратурным компенсатором импульсных помех	398
7.6. Заключение	401
Литература к главе 7	402
Глава 8. Принципы учета влияния ЭРД в задачах электромагнитной совместимости (ЭМС)	405
8.1. ЭРД в задачах электромагнитной совместимости.	405
8.1.1. Основные положения и определения	405
8.1.2. Иерархия РЭС и принципы анализа их ЭМС	406
8.1.3. Критерии ЭМС	407
8.1.4. Процедура расчета ЭМС при наличии ЭРД	408
8.1.5. Стандарты ЭМС	410
8.2. Перспективы развития стендовой базы в интересах задач ЭМС ЭРД	412
8.2.1. Использование стационарных безэховых камер для задач ЭМС ЭРД	413
8.2.2. Особенности конструкций мобильных БЭК	413
8.2.3. Дополнительное оборудование БЭК	415
8.2.4. Радиопоглощающие покрытия современных БЭК	418
8.2.5. Пример технической реализации мобильной БЭК	420
8.3. Заключение	426
Литература к главе 8	426
Список сокращений	428