

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	8
Глава 1. Обзор и классификация современных дирижаблей.....	11
1.1. История дирижаблестроения	12
1.2. Классификация дирижаблей	14
1.2.1. Классификация по конструкции	16
1.2.2. Классификация по форме оболочки.....	18
1.2.3. Классификация по несущему газу.....	22
1.2.4. Классификация по способу создания подъемной силы	22
1.3. Схемы расположения органов управления дирижаблей	23
1.3.1. Схема с одним двигателем с изменяемым вектором тяги.....	24
1.3.2. Классическая пилонная схема расположения исполнительных элементов.....	25
1.3.3. Схема с двигателями с изменяемым в двух направлениях вектором тяги.....	26
1.3.4. Схемы с несколькими парами исполнительных механизмов.....	27
1.3.5. Схема с дополнительными двигателями в хвостовой части.....	28
1.4. Оперение дирижабля.....	28
1.5. Сферы применения дирижаблей.....	29
1.6. Современное состояние дирижаблестроения.....	31
1.6.1. Современные многофункциональные дирижабли.....	31
1.6.2. Проекты транспортных гибридных дирижаблей.....	45
1.6.3. Проекты стратосферных дирижаблей.....	57
1.7. Перспективы использования дирижаблей в робототехнике	70
1.8. Режимы полета и задачи управления дирижаблями	80
Глава 2. Математические модели дирижаблей	83
2.1. Кинематика дирижабля.....	83
2.2. Динамика дирижабля	87
2.2.1. Уравнения динамики перемещения центра масс тела	87
2.2.2. Уравнения динамики вращательного движения тела	89
2.2.3. Представление правых частей уравнений динамики дирижабля	91
2.2.4. Динамика приводов исполнительных механизмов	97
2.3. Матричное представление уравнений математической модели	98
2.4. Аэродинамика дирижабля	101

2.4.1. Особенности аэродинамики дирижабля	101
2.4.2. Механика сплошных сред	106
2.4.3. Расчет коэффициента лобового сопротивления дирижабля по эмпирическим формулам.....	119
2.4.4. Аэродинамика стабилизаторов и рулей управления дирижабля	121
2.5. Построение математической модели дирижабля сигарообразной формы	134
2.5.1. Расчет массо-инерционных характеристик	135
2.5.2. Аэродинамические коэффициенты дирижабля.....	138
2.5.3. Аэродинамические расчеты оценки влияния рулей управления	145
2.6. Построение математической модели для дирижабля линзообразной формы.....	150
2.6.1. Расчет массо-инерционных характеристик	150
2.6.2. Расчет аэродинамических коэффициентов дирижабля.....	153
2.6.3. Учет влияния рулей управления на аэродинамику дирижабля	155
2.7. Сравнение результатов численных исследований аэродинамических характеристик дирижаблей сигарообразной и линзообразной форм	159
2.8. Исследование математических моделей дирижабля	161
2.8.1. Линеаризация уравнений дирижабля	161
2.8.2. Линеаризация уравнений дирижабля сигарообразной формы, движущегося вдоль прямой линии	173
2.8.3. Уравнения дирижабля линзообразной формы, движущегося вдоль прямой линии	180
2.8.4. Исследование свойств дирижабля по его математической модели.....	186
2.9. Особенности механики дирижабля как твердого тела с учетом малых деформаций	186
Глава 3. Управление дирижаблями	189
3.1. Методы проектирования систем управления дирижаблями	189
3.3. Формирование траекторий движения	201
3.4. Структурно-алгоритмическая реализация автопилота	207
3.5. Базовые алгоритмы функционирования автопилотов.....	212
3.5.1. Позиционное управление	212

3.5.2. Траекторное управление.....	216
3.5.3. Позиционно-траекторное управление.....	221
3.6. Движение в среде с препятствиями.....	225
3.7. Групповое управление	230
3.8. Согласованное управление.....	232
3.9. Обобщенная функциональная схема бортовой системы управления дирижаблями.....	235
Глава 4. Процедуры оценивания и адаптации систем управления дирижаблями.....	238
4.1. Обзор линейных методов оценивания для задач управления дирижаблями.....	239
4.1.1. Критерии качества оценивания.....	240
4.1.2. Классификация методов оценивания и их применение для задач управления дирижаблями.....	242
4.1.3. Наблюдаемость и общая процедура построения наблюдателя .	243
4.1.4. Линейный наблюдатель Калмана	246
4.1.5. Редуцированные наблюдатели Луенбергера	250
4.1.6. Оптимальные линейные наблюдатели	252
4.1.7. Оценивание методом наименьших квадратов.....	254
4.1.8. Гарантированный подход к оцениванию	259
4.2. Алгоритмы оценивания в нелинейных системах управления дирижаблями в условиях неопределенности	260
4.2.1. Нелинейный наблюдатель Луенбергера	260
4.2.2. Рекуррентный наблюдатель производных	266
4.2.3. Оценивание параметрических возмущений в системах управления дирижаблями	273
4.3. Адаптация алгоритмов управления дирижаблем	277
4.3.1. Адаптация на основе оценок возмущений с разделением регулятора и наблюдателя	277
4.3.2. Адаптация на основе оценок возмущений при включении наблюдателя в контур регулятора	281
4.4. Синтез робастных алгоритмов управления дирижаблями	289
4.4.1. Построение робастных систем управления дирижаблями без ограничений на линейные и угловые скорости.....	289
4.4.2. Построение робастных систем управления дирижаблями при ограничениях на линейные и угловые скорости.....	292

Глава 5. Планирование траекторий движения роботов–дирижаблей	299
5.1. Постановка задачи.....	299
5.2. Структура планировщика перемещений.....	301
5.3. Глобальное планирование траектории движения.....	304
5.3.1. Обзор методов глобального планирования	304
5.3.2. Обзор методов поиска возможных дискретных траекторий	305
5.3.3. Глобальное планирование траекторий движения РВК	310
5.4. Методы визуального планирования и обхода препятствий	312
5.5. Локальный планировщик перемещений	316
5.5.1. Общее описание работы нейросетевого локального планировщика на основе сверточных нейронных сетей.....	316
5.5.2. Математическое описание сверточного нейросетевого планировщика	318
5.5.3. Выбор архитектуры локального нейросетевого планировщика.....	320
5.5.4. Обучение локального нейросетевого планировщика.....	322
5.5.5. Инициализация весов.....	327
5.6. Комплексование локальной и глобальной траекторий движения	328
5.7. Моделирование планировщика перемещений	328
5.7.1. Генерация обучающей выборки	329
5.7.2. Обучение нейросетевого планировщика	331
5.7.3. Результаты моделирования	333
Глава 6. Программные средства моделирования движений роботизированного воздухоплавательного комплекса	336
6.1. Роль имитационного моделирования в процессе конструирования систем управления дирижабля	336
6.2. Структура программного комплекса моделирования движений дирижабля	338
6.3. Модуль формирования настроек эксперимента.....	340
6.4. Модуль численного моделирования	345
6.4.1. Модель дирижабля	345
6.4.2. Модель среды.....	351
6.4.3. Модель системы управления.....	354
6.5. Модуль накопления истории изменения переменных	354
6.6. Модуль построения графиков изменения переменных.....	355
6.7. Модуль анализа результатов моделирования	358

6.8. Интерфейс пользователя.....	364
6.9. Модуль построения трехмерной анимации полета	367
6.9.1. Построение трехмерной анимации полета с использованием набора инструментов MATLAB Simulink 3D Animation	368
6.9.2. Построение трехмерной анимации полета с использованием авиасимулятора FlightGear	369
6.9.3. Построение трехмерной анимации полета с использованием пакета 3d-моделирования 3ds Max	372
Библиографический список	374