

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Основные понятия и определения	9
1.1. Математические модели динамических неопределенных объектов	9
1.2. Конструкции алгоритмов параметрической оптимизации	14
1.2.1. Основная конструкция алгоритмов параметрической оптимизации (15). 1.2.2. Принцип минимума в задаче конструирования алгоритмов оптимизации (21).	
1.3. Постановка задачи о робастном управлении	27
Глава 2. Адаптивные и робастно-адаптивные наблюдатели	34
2.1. Постановка задачи	34
2.2. Общие условия минимума функционала качества и основная конструкция алгоритмов адаптации	38
2.3. Модифицированное уравнение Винера–Хопфа в задачах построения наблюдателей нестационарных процессов	41
2.4. Наблюдатель «минимальной сложности»	49
2.5. <i>d</i> -робастный линейный оценщик	52
Глава 3. Робастное управление линейными неопределенными системами	58
3.1. Постановка задачи	58
3.2. Робастное управление линейными нестационарными системами	60
3.3. Дифференциальные игры в задачах конструирования робастного управления линейными системами	64
3.4. Робастная инвариантность неопределенных линейных систем	75
3.5. Множество возможных робастных управлений линейным объектом	78
3.5.1. Нахождение интервала робастного управления при заданных области начальных условий и параметрах регулятора (81).	
3.5.2. Нахождение параметров регулятора при заданной области начальных условий и времени окончания переходного процесса (82).	
3.5.3. Нахождение области начальных условий при заданных параметрах регулятора и времени окончания переходного процесса (84).	
3.6. Модель объекта пониженного порядка	85
3.7. Линейно-квадратичная задача при неполной информации о состоянии объекта	88
3.8. Робастное управление стохастическим нестационарным объектом с неполной информацией о состоянии	93
3.9. Задача <i>d</i> -робастного сближения с нестационарным объектом	97
3.10. Управление выводом и сопровождением по нестационарной траектории	101
Глава 4. Робастное управление нелинейными неопределенными объектами	105
4.1. Постановка задачи	105

4.2. Необходимые условия существования стабилизирующего управления	109
4.3. Переходный процесс нелинейной системы в задаче стабилизации. . .	118
4.4. Условия существования терминального робастного управления . . .	122
4.5. Робастное управление билинейным объектом	126
4.5.1. Необходимые условия существования стабилизирующего управления (128). 4.5.2. Робастное терминальное управление неопределенным билинейным объектом (133).	
4.6. Дополнительный регулятор с параметрической настройкой для нелинейного неопределенного объекта.	136
Глава 5. Отдельные примеры моделирования робастных и робастно-адаптивных систем	139
5.1. Управление морским судном	139
5.1.1. Математическая модель грузового судна типа «Cargo» (139).	
5.1.2. Управление при полной информации о параметрах и состоянии судна (144). 5.1.3. Робастное управление детерминированным объектом с неизвестными параметрами (144). 5.1.4. Робастное управление стохастическим объектом с неизвестными параметрами (149).	
5.2. Управление летательного объекта по крену	162
5.2.1. Постановка задачи (162). 5.2.2. Оптимальное управление объектом с полной информацией о его состоянии (166).	
5.2.3. Робастное управление объектом с полной информацией о состоянии летательного объекта (166). 5.2.4. Наблюдатель Люенбергера (169). 5.2.5. Фильтр Калмана–Бюси (169).	
5.2.6. Алгоритмы оптимизации, использующие наблюдатель Люенбергера (171). 5.2.7. Алгоритмы оптимизации, использующие фильтр Калмана–Бюси (173).	
5.3. Управление боковым движением самолета	175
5.3.1. Постановка задачи (175). 5.3.2. Управление объектом при полной информации о его параметрах и состоянии (180). 5.3.3. Робастное управление детерминированным объектом с неизвестными параметрами (181). 5.3.4. Робастное управление стохастическим объектом с неизвестными параметрами (184).	
5.4. Управление выводом и сопровождением объекта по нестационарной траектории	188
5.4.1. Результаты математического моделирования (196).	
5.5. Примеры нахождения существования робастного управления для нелинейных объектов	203
5.6. Пример нахождения существования робастного управления для билинейного объекта	205
Список литературы	208

Введение

Непрерывное расширение применения систем автоматического управления есть результат, отражающий достижения науки и бурного развития различных технических средств. Практика и появляющиеся возможности технической реализации непрерывно «генерируют» новые или/и модифицируют старые постановки задач анализа и синтеза систем управления. Требования же к системам, качеству их функционирования, надежности, способности работать в условиях неполной априорной и текущей информации постоянно растут. При этом главной идеей, определяющей успех разработки системы управления, была и остается идея оптимальности.

Основным методом синтеза оптимальных систем является метод аналитического конструирования. Термин «аналитическое конструирование», подразумевающий синтез оптимальных систем управления, основанный на минимизации функционала качества, был введен советским ученым Александром Михайловичем Летовым (1911–1974). Метод А. М. Летова разрабатывался вначале на основе применения классического вариационного исчисления. Однако в настоящее время термином «аналитическое конструирование» можно объединить все методы синтеза систем как детерминированных, так и стохастических с полной информацией о параметрах, состоянии и возмущениях, т. е. все методы, позволяющие применять аналитические методы для исследования разнообразных задач оптимального управления и оценивания. Этот метод, основы которого изложены в [1, 2, 3], разработанный как для детерминированных, так и для стохастических систем, позволяет на стадии проектирования синтезировать условия (параметры и управления), при которых система будет выполнять поставленную задачу наилучшим образом с позиции заданного функционала качества, другими словами, позволяют синтезировать оптимальную систему.

В большинстве методов аналитического конструирования оптимальных систем, разработанных до сих пор, рассматриваются задачи во временной области с использованием понятия состояния и теории матриц. В общих чертах основной подход к проблеме выглядит следующим образом:

- 1) определяются динамические характеристики объекта в форме дифференциальных уравнений или уравнений в конечных разностях;
- 2) определяются множества допустимых траекторий системы и управлений (ограничения на координаты состояния, управляющие воздействия, задаваемые в виде равенств или неравенств);
- 3) задаются цели управления;
4. задается функция потерь или функционал качества.

Задачей оптимального управления объектом с полной информацией по отношению к множеству целей, функционалу качества,