

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯНКИ КУПАЛЫ»

В. Е. ХАРТОВСКИЙ

УПРАВЛЕНИЕ
ЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ
НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПА:
КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ
И РЕАЛИЗАЦИЯ
ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ

МОНОГРАФИЯ

Гродно
ГрГУ им. Янки Купалы
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	8
ПРЕДИСЛОВИЕ	10
Глава 1. КРАТКИЙ ОБЗОР СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ С ПОСЛЕДЕЙСТВИЕМ	16
1.1. Введение	16
1.2. Линейные автономные уравнения с последей- ствием	23
1.3. Задачи управляемости в конечномерных про- странствах	30
1.4. Задачи управляемости в бесконечномерных про- странствах	33
1.5. Задачи синтеза регуляторов и наблюдателей . .	40
Глава 2. УПРАВЛЯЕМОСТЬ И НАБЛЮДАЕ- МОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ЗАПАЗДЫВА- ЮЩЕГО ТИПА	50
2.1. Каноническое разложение решений систем с по- следействием	50
2.2. Восстановление текущего состояния системы . .	57
2.2.1. Постановка задачи	57

2.2.2.	Состояния, совместимые с нулевым выходом, и критерий полной наблюдаемости по прошлому выходу	61
2.2.3.	Граничная задача для восстановления текущих состояний	72
2.2.4.	Непрерывный оператор восстановления текущего состояния	77
2.3.	Задача полной 0-управляемости	89
2.3.1.	Основные определения	89
2.3.2.	Класс полностью 0-управляемых начальных функций	91
2.3.3.	Вычисление успокаивающих управлений	94

Глава 3. ДЕСКРИПТОРНАЯ ЛИНЕЙНАЯ СИСТЕМА С ДИСКРЕТНЫМ ВРЕМЕНЕМ 98

3.1.	Существование решения	98
3.1.1.	Введение	98
3.1.2.	Постановка начальной задачи и её свойства	101
3.1.3.	Базис подпространства G	110
3.1.4.	Приложение к задаче 0-управляемости	122
3.2.	Структурные свойства	130
3.2.1.	Критерий существования нетривиального решения начальной задачи	130
3.2.2.	Собственные значения матрицы S	143

Глава 4. ЗАДАЧА 0-УПРАВЛЯЕМОСТИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ 157

4.1.	Критерий 0-управляемости линейных систем запаздывающего типа	157
4.1.1.	Введение	157
4.1.2.	Системы с одним запаздыванием	159
4.1.3.	Системы с многими соизмеримыми запаздываниями	167

4.2. Системы нейтрального типа с дифференцируемым решением	179
4.2.1. Основные определения	179
4.2.2. Вспомогательные утверждения	184
4.2.3. Полная 0-управляемость и финальная наблюдаемость	198
4.2.4. Критерий 0-управляемости	206
4.3. Системы нейтрального типа с непрерывным решением	212
4.3.1. Определения и вспомогательные утверждения	212
4.3.2. Полная 0-управляемость	219
4.3.3. Критерий 0-управляемости	224

Глава 5. СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПА **228**

5.1. Вспомогательные результаты и сведения	228
5.1.1. Редукция к системе запаздывающего типа	228
5.1.2. Множество специальных операторов $J^{r \times n}$ и множество функций $C^{r \times n}(p, \lambda)$	252
5.1.3. Свойства регуляторов гибридной структуры	262
5.2. Синтез регуляторов для линейных систем запаздывающего типа со скалярным входом	277
5.2.1. Введение. Предварительные сведения	277
5.2.2. Задача спектральной приводимости	281
5.2.3. Полная 0-управляемость регулятором типа обратной связи по состоянию	284
5.3. Задача приведения к конечному спектру линейных систем нейтрального типа	295
5.3.1. Введение. Постановка задачи	295
5.3.2. Критерий спектральной приводимости	300

5.3.3.	Критерий слабой спектральной приводимости	313
5.3.4.	Пример	316
5.4.	Управление спектром линейных систем нейтрального типа	321
5.4.1.	Модальная управляемость в классе интегральных регуляторов	321
5.4.2.	Модальная управляемость в классе дифференциально-разностных регуляторов	346
5.5.	Синтез регуляторов успокоения решения линейных систем нейтрального типа	358
5.5.1.	Постановка задач	358
5.5.2.	Случай полностью 0-управляемой системы	360
5.5.3.	Случай 0-управляемой системы	366
5.5.4.	Пример синтеза регулятора	369

Глава 6. СИНТЕЗ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПА 375

6.1.	Синтез наблюдателей на основе решения задач модальной управляемости	375
6.1.1.	Введение	375
6.1.2.	Синтез наблюдателя в виде системы нейтрального типа	378
6.1.3.	Синтез наблюдателя в виде алгебро-дифференциальной системы с запаздыванием	381
6.1.4.	Обсуждение результатов и примеры . . .	395
6.2.	Финитные наблюдатели	402
6.2.1.	Определение и существование финитного наблюдателя	402
6.2.2.	Синтез финитного наблюдателя	405

6.2.3.	Реализация наблюдателя. Пример	422
6.2.4.	Решения системы, совместимые с нулевым выходом	429
6.3.	Оценка решения асимптотически наблюдаемых систем	432
6.3.1.	Асимптотически наблюдаемые системы .	432
6.3.2.	Системы запаздывающего типа со скаляр- ным выходом	436
6.3.3.	Процедура формирования асимпто- тической оценки для системы нейтрально- го типа	442
6.3.4.	Достаточные условия реализации проце- дуры	453

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	461
---------------------------------	------------