

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

На правах рукописи

Дорофеев Юрий Иванович



УДК 681.5.013

**РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ В СЕТЯХ ПОСТАВОК
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СПРОСА
И ТРАНСПОРТНЫХ ЗАПАЗДЫВАНИЙ**

Специальность 05.13.07 — автоматизация процессов управления

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук


Ідентифікатор за
змістом з переліком
присвоєним
дисертації засвідчує.
В.О. Северин
спеціального
вченої ради Д64.050.07.



Научный консультант

Любчик Леонид Михайлович

доктор технических наук, профессор

 Северин В.П.

Харьков — 2016

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ	
СЕТЯМИ ПОСТАВОК В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	13
1.1. Сети поставок и их классификация	13
1.2. Графическое представление моделей сетей поставок.....	20
1.3. Задачи автоматизации управления сетями поставок	21
1.4. Обзор методов решения задач управления запасами в сетях поставок	24
1.5. Обоснование цели и задач исследований	36
РАЗДЕЛ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	
ЗАПАСАМИ В СЕТЯХ ПОСТАВОК	39
2.1. Обзор математических моделей сетей поставок	39
2.1.1. Динамические модели сетей поставок	41
2.1.2. Модели сетей поставок на основе жидкостных аналогий	43
2.1.3. Балансные уравнения сетей поставок	44
2.1.4. Мультиагентные модели сетей поставок	45
2.2. Построение математической модели процесса управления запасами в сети поставок	47
2.3. Описание факторов неопределенности модели	51
2.4. Методы синтеза ограниченного робастного управления линейными дискретными системами	53
2.4.1. Синтез ограниченного стабилизирующего управления на основе техники линейных матричных неравенств	54
2.4.2. Синтез робастного гарантирующего управления на основе техники линейных матричных неравенств	58
2.4.3. Использование параметризованной функции Ляпунова	61
2.4.4. Синтез робастного управления на основе дескрипторного подхода	64
2.5. Выводы по разделу	67

РАЗДЕЛ 3. СИНТЕЗ ПРОГНОЗИРУЮЩЕГО РОБАСТНОГО

УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В СЕТЯХ ПОСТАВОК	69
3.1. Синтез базовой стратегии прогнозирующего управления запасами	69
3.2. Приведение задачи к виду задач квадратичного программирования	73
3.3. Синтез прогнозирующего управления запасами с «мягкими» ограничениями	75
3.4. Моделирование системы прогнозирующего управления запасами	77
3.5. Выводы по разделу	89

РАЗДЕЛ 4. СИНТЕЗ ОГРАНИЧЕННОГО РОБАСТНОГО

ГАРАНТИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В СЕТЯХ ПОСТАВОК: ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЙ ПОДХОД	91
4.1. Выбор стратегии управления запасами в сетях поставок	92
4.2. Выбор показателя качества системы управления	93
4.3. Метод инвариантных эллипсоидов в задаче робастного управления запасами	97
4.4. Эллипсоидальная аппроксимация допустимых множеств	99
4.5. Синтез ограниченного робастного гарантирующего управления запасами на основе техники линейных матричных неравенств	101
4.6. Использование дискретного аналога производной вектора состояний в законе управления запасами.....	109
4.7. Решение задачи синтеза с использованием параметризованной функции Ляпунова	111
4.8. Решение задачи синтеза на основе дескрипторного подхода	121
4.9. Моделирование систем робастного управления запасами	133
4.10. Выводы по разделу	168

РАЗДЕЛ 5. СИНТЕЗ ОГРАНИЧЕННОГО РОБАСТНОГО

ГАРАНТИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В СЕТЯХ ПОСТАВОК: ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЙ ПОДХОД	172
5.1. Структура системы децентрализованного управления запасами	172
5.2. Постановка задачи синтеза децентрализованного робастного	

управления запасами в сетях поставок	175
5.3. Алгоритм вычисления граничных значений внешних возмущений	179
5.4. Синтез локальных регуляторов уровней запаса ресурсов	180
5.5. Анализ устойчивости децентрализованной системы управления запасами	184
5.6. Моделирование децентрализованной системы управления запасами	190
5.7. Выводы по разделу	202
РАЗДЕЛ 6. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАЗРЕШИМОСТИ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ОГРАНИЧЕННОГО РОБАСТНОГО ГАРАНТИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В СЕТЯХ ПОСТАВОК	
207	
6.1. Условия существования допустимого управления	208
6.2. Оценивание допустимой области в пространстве управлений	209
6.3. Вычисление весовых матриц показателя качества	211
6.4. Моделирование сети поставок по производству средств бытовой химии	214
6.5. Выводы по разделу	221
РАЗДЕЛ 7. РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В СИСТЕМЕ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	
223	
7.1. Особенности систем подачи и распределения воды	223
7.2. Построение математической модели процесса управления запасами воды в системе подачи и распределения воды	227
7.3. Синтез ограниченного гарантирующего управления режимами работы насосных станций в системе подачи и распределения воды	235
7.4. Моделирование процессов управления в системе подачи и распределения воды	244
7.5. Выводы по разделу	255
ВЫВОДЫ	256
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	260
ПРИЛОЖЕНИЕ. МАТЕРИАЛЫ ПО ВНЕДРЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ	280