

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Луцька Наталія Миколаївна
Ладанюк Анатолій Петрович

**ОПТИМАЛЬНІ ТА РОБАСТНІ
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ
ОБ'ЄКТАМИ**

Монографія

Київ
Видавництво Ліра-К
2015

ББК 65.304.25

УДК664

Л82

Рецензенти:

Жученко А.І. – д.т.н., проф. Національний технічний університет України «КПІ»,

Осадчий С.І. – д.т.н., проф. Кіровоградський Національний технічний університет

*Рекомендовано Вченою Радою
Національного університету харчових технологій.
Протокол № 5 від 03.11.2015р.*

Луцька Н. М. Ладанюк А. П.

Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: монографія — К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 288 с.

ISBN 978-617-7320-11-0

У монографії викладені сучасні підходи щодо динамічної оптимізації технологічних об'єктів. Окрім класичних методів, таких як варіаційне числення, принцип максимуму, аналітичне конструювання, розглянуті також методи мінімізації H_2 - та H_∞ -норм для систем з невизначеностями. В першому розділі висвітлено питання постановки задачі оптимального керування та розглянуті приклади постановки задачі оптимального та робастного керування для технологічних об'єктів. В другому розділі наведені підходи попереднього аналізу об'єкта та теоретичні основи для подальшого синтезу оптимальних систем. Третій та четвертий розділи присвячені синтезу оптимальних систем для детермінованих об'єктів відповідно з програмним регулятором та регулятором зі зворотнім зв'язком. В п'ятому розділі розглядається питання оцінки стану об'єкта та синтезу оптимального керування за оцінкою стану. В шостому розділі висвітлені методи робастної стійкості, стабілізації та якості для систем з невизначеностями. Всі теоретичні викладки доповнюються тематичними прикладами з наведеною програмою в середовищі Matlab.

Монографія стане корисною студентам, аспірантам та інженерам, що спеціалізуються в області автоматизованого керування технологічними процесами, а також інших спеціальностей, які пов'язані з розробкою систем оптимального керування.

ISBN 978-617-7320-11-0

© Луцька Н. М. Ладанюк А. П., 2015

© «Видавництво Ліра-К», 2015

З М І С Т

Вступ	5
1. Особливості постановки задачі оптимального керування технологічними об'єктами	10
1.1. Загальна постановка задачі оптимального керування технологічним об'єктом.....	10
1.2. Приклад постановки задачі оптимального керування процесом охолодження молока в резервуарному теплообміннику	19
1.3. Приклад постановки задачі оптимального керування пастеризацією молока в пастеризаційно-охолоджувальній установці	23
1.4. Приклад постановки задачі оптимального керування процесом теплообміну в нахиленій дифузійній установці цукрового виробництва.....	26
1.5. Приклад постановки задачі оптимального керування рівнями у багатокорпусній випарній установці цукрового виробництва	35
2. Аналіз об'єктів в просторі змінних стану	42
2.1. Математичні моделі та структурні схеми систем в просторі змінних стану	42
2.2. Спостережність та керованість багатовимірних систем	50
2.3. Матричні передатні функції	61
2.4. Канонічні форми математичних моделей в просторі змінних стану	70
2.5. Норми та оператори.....	78
3. Синтез оптимального програмного керування	88
3.1. Використання варіаційного числення для знаходження оптимального керування технологічними процесами	88
3.2. Знаходження оптимального керування за принципом максимуму Л.С. Понтрягіна	95

3.3. Псевдоспектральний метод в задачах оптимізації	111
3.4. Адаптивні системи оптимального програмного керування в реальних умовах експлуатації об'єкта автоматизації.....	124
4. Синтез детермінованого керування зі зворотнім зв'язком	127
4.1. Регулятори стабілізації	127
4.2. Розв'язування каналів керування для багатозв'язного об'єкта	131
4.3. Лінійно-квадратичний регулятор.....	140
4.4. Синтез модального керування.....	164
5. Оптимальні спостерігачі та керування за оцінкою змінних стану.....	175
5.1. Спостерігачі повного порядку.....	175
5.2. Спостерігачі пониженого порядку.....	184
5.3. LQG-задача.....	188
5.4. H_2 та H_∞ оптимізація.....	203
6. Синтез оптимального керування для систем з невизначеностями (робастні системи)	216
6.1. Невизначеності в об'єкті та системі керування.....	216
6.2. Дослідження робастної стійкості систем керування.....	221
6.3. Робастна стабілізація.....	237
6.4. H_2 та H_∞ робастні регулятори	248
Висновок.....	277
Література.....	278