

УДК 681.511.4(075)  
ББК 32.965.5я73  
Г27

Рецензенты:

*Г. Г. Ахмедзянов*, канд. техн. наук,  
доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС;

*Ю. П. Котелевский*, канд. техн. наук,  
директор ООО «НПФ «АВАНСТРОЙ»

**Гебель, Е. С.**

Г27 Специальные системы управления : учеб. пособие : в 2 ч. / Е. С. Гебель, А. А. Ибатуллин, М. С. Пешко ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019 – .

ISBN 978-5-8149-2766-8

Ч. 1 : Нелинейные системы управления. – 2019. – 116 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-2767-5

Учебное пособие посвящено вопросам исследования специальных систем управления. В первой части рассмотрены нелинейные системы автоматического управления, представлены наиболее часто встречающиеся на практике нелинейности, описаны как строгие, так и приближенные, удобные для использования в инженерной практике методы анализа устойчивости и качества регулирования таких систем.

Издание снабжено подробными пояснениями, выводами, вопросами для самопроверки, примерами с решением и практикумом по анализу нелинейных систем управления.

Предназначено для обучающихся по направлениям 27.03.04 «Управление в технических системах» и 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

УДК 681.511.4(075)  
ББК 32.965.5я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-2767-5 (ч. 1)  
ISBN 978-5-8149-2766-8

© ОмГТУ, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ .....	11
1.1. Типовые нелинейности .....	11
1.2. Математические модели типовых нелинейностей и их соединений .....	17
1.3. Типовые соединения нелинейных звеньев .....	19
1.4. Структурные преобразования нелинейных систем .....	26
1.5. Примеры нелинейных систем автоматического управления .....	31
Контрольные вопросы .....	35
Глава 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ .....	36
2.1. Особенности устойчивости нелинейных систем .....	37
2.2. Точные методы исследования динамических свойств нелинейных систем .....	40
2.2.1. Метод припасовывания .....	40
2.2.2. Метод фазовых траекторий .....	43
2.2.3. Метод изоклин .....	46
2.3. Анализ нелинейных систем с использованием методов А. М. Ляпунова и В. М. Попова .....	50
2.3.1. Теоремы А. М. Ляпунова об устойчивости движения по первому приближению .....	50
2.3.2. Прямой метод исследования устойчивости нелинейных систем .....	53
2.3.3. Абсолютная устойчивость нелинейной системы .....	57
2.4. Приближенные методы исследования динамических свойств нелинейных систем .....	62
2.4.1. Метод гармонической линеаризации .....	62
2.4.2. Амплитуда и частота автоколебаний .....	74

2.4.3. Оценка устойчивости автоколебаний в нелинейной системе .....	78
Контрольные вопросы. ....	85
<b>Глава 3. ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ» .....</b>	<b>86</b>
Работа № 1. Статические характеристики нелинейных звеньев систем автоматического управления .....	86
Работа № 2. Влияние нелинейности звеньев на качество системы управления .....	89
Работа № 3. Коррекция нелинейных автоматических систем .....	93
Работа № 4. Исследование метода вибрационной линеаризации .....	97
Работа № 5. Исследование фазовых траекторий релейной системы .....	100
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>104</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>105</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ .....</b>	<b>107</b>