

А. В. ЕФАНОВ,
В. А. ЯРОШ

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Учебник



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
МОСКВА
КРАСНОДАР
2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
1.1. Сущность проблемы	4
1.2. Основные принципы регулирования (управления)	6
1.3. Классификация и основные виды автоматического управления	10
1.4. Основные законы регулирования	12
Контрольные вопросы	13
2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ САР	14
2.1. Введение в математическое описание линейных САР	14
2.2. Линеаризация	14
2.3. Преобразования Лапласа	16
2.4. Линейные дифференциальные уравнения	18
2.5. Единичные функции и временные характеристики	20
2.6. Частотные характеристики	25
2.7. Типовые динамические звенья и их характеристики	26
2.8. Правила преобразования структурных схем	32
2.9. Правила построения ЛАФЧХ	39
Контрольные вопросы	41
3. ВВЕДЕНИЕ В УСТОЙЧИВОСТЬ САУ	42
3.1. Основные понятия и определения	42
3.2. Постановка задачи. Необходимые и достаточные условия устойчивости (по А. М. Ляпунову)	43
3.3. Алгебраические критерии устойчивости	48
3.4. Частотные критерии устойчивости	49
3.5. Выделение областей устойчивости. Метод D-разбиения	56
3.5.1. D-разбиение плоскости одного параметра	56
3.5.2. D-разбиение плоскости двух параметров	57
Контрольные вопросы	58
4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ	59
4.1. Введение в оценку качества регулирования и методы его улучшения	59
4.2. Оценка качества регулирования в установившемся режиме. Методика определения ошибок	59

4.3. Оценка качества переходного процесса.....	62
4.3.1. Показатели оценки качества переходной характеристики	62
4.3.2. Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях ...	64
4.3.3. Свойства вещественных частотных характеристик и соответствующих им переходных процессов	66
4.3.4. Метод трапеций	69
4.3.5. Интегральные критерии оценки качества переходных процессов.....	70
4.3.6. Постановка задачи стабилизации и коррекции САР и ее физическая реализация	73
4.3.7. Виды корректирующих устройств.....	74
4.3.8. Введение в закон регулирования сигналов по производной и интегралу от ошибки	78
4.3.9. Компенсация внешних воздействий. Условия инвариантности.....	82
4.3.10. Синтез САУ	84
Контрольные вопросы.....	88
5. НЕЛИНЕЙНЫЕ САР. ЭЛЕМЕНТЫ С СУЩЕСТВЕННО НЕЛИНЕЙНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.....	90
5.1. Постановка задачи исследования нелинейных САР	90
5.2. Метод фазовой плоскости.....	93
5.2.1 Метод фазовой плоскости.....	93
5.2.2. Консервативная система второго порядка	95
5.2.3. Система с сухим трением	96
5.2.4. Система с отрицательной восстанавливающей силой.....	98
5.2.5. Система с вязким трением	99
5.2.6. Автоколебательная система. Метод точечных преобразований.....	101
5.3. Системы с переменной структурой (СПС)	103
5.4. Приближенное исследование автоколебаний методом гармонического баланса	106
5.5. Устойчивость нелинейных систем. Критерий В. М. Попова.....	108
Контрольные вопросы.....	110
6. ИМПУЛЬСНЫЕ И ЦИФРОВЫЕ САР.....	112
6.1. Введение в импульсные и цифровые САР. Модуляция непрерывного сигнала	112
6.2. Структуры и математические модели импульсных модуляторов (законы модуляции)	114
6.2.1. Законы модуляции.....	114

6.2.2. АИ-модулятор	115
6.2.3. ЧИ-модулятор	116
6.2.4. ШИ-модулятор	118
6.2.5. Классификация систем управления с импульсной модуляцией	120
6.3. Исследование устойчивости качества импульсных и цифровых систем	120
6.3.1. Исследование устойчивости качества импульсных и цифровых систем	120
6.3.2. Структурная схема, дискретное преобразование Лапласа и передаточная функция системы с АИМ	121
6.3.3. Дискретное преобразование Лапласа	121
6.3.4. Вопросы исследования импульсных САУ	124
6.3.5. Условие эквивалентности АИ-системы и ее непрерывного аналога	125
Контрольные вопросы	125
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»	127
Введение	127
7.1. Требования к курсовой работе	127
7.1.1. Требования к содержанию	127
7.1.2. Подготовка к защите курсовой работы	129
7.2. Техническое задание	129
7.3. Функциональная схема САУ	130
7.4. Выбор элементов САУ	132
7.4.1. Выбор двигателя	132
7.4.2. Выбор генератора	132
7.4.3. Выбор тахогенератора	135
7.5. Передаточные функции элементов САУ и их параметры	135
7.5.1. Вывод передаточной функции ДПТ	135
7.5.2. Вывод передаточной функции генератора	138
7.5.3. Определение передаточной функции тахогенератора	139
7.6. Статический расчет	140
7.7. Определение устойчивости исходной системы	141
7.7.1. Построение структурной схемы исходной системы	141

7.7.2. Построение логарифмических частотных характеристик исходной системы	141
7.7.3. Определение запасов устойчивости по модулю и фазе.....	142
7.8. Построение желаемой ЛАЧХ САУ	142
7.9. Построение ЛЧХ корректирующего устройства и расчет его параметров	144
7.10. Анализ устойчивости внутреннего контура и его замыкание	148
7.11. Построение ЛЧХ скорректированной системы и ее анализ	149
7.12. Построение переходного процесса замкнутой системы по управляющему воздействию методом трапеций.....	150
7.13. Анализ качества САУ на ЭВМ	151
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	152