

# Содержание

|   |           |
|---|-----------|
| Предисловие к 10-му изданию .....   | 13        |
| <b>ГЛАВА 1</b>  |           |
| <b>УПРАВЛЕНИЕ, РЕГУЛИРОВАНИЕ,</b>   |           |
| <b>ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....</b>  | <b>15</b> |
| 1.1. Управление и управляющие системы .....   | 15        |
| 1.1.1. Аналоговое, двоичное и цифровое управление .....   | 16        |
| 1.1.2. Комбинаторные системы управления и последовательное<br>программное управление.....                 | 18        |
| 1.1.3. Управление с программируемыми связями и система<br>программного управления от ЗУ .....             | 20        |
| 1.2. Регулирование, регулирующие системы .....  | 21        |
| 1.3. Ведение производственного процесса .....   | 22        |
| <b>ГЛАВА 2</b>  |           |
| <b>ОСНОВЫ ТЕХНИКИ УПРАВЛЕНИЯ .....</b>  | <b>24</b> |
| 2.1. Механические управляющие системы .....   | 24        |
| 2.1.1. Общие сведения .....   | 24        |
| 2.1.2. Регулируемые передаточные механизмы .....  | 26        |
| 2.1.2.1. Ступенчатые передачи .....   | 26        |
| 2.1.2.2. Бесступенчатые передачи .....  | 27        |
| 2.1.3. Передачи неравномерного действия .....   | 31        |
| 2.1.4. Передача с прерывистым движением .....   | 34        |
| 2.2. Электрические системы управления.....  | 35        |
| 2.2.1. Конструкционные элементы электрических систем управления,<br>действующих на основе контактов ..... | 36        |
| 2.2.2. Графическое представление электрических систем управления<br>на основе контактов .....             | 55        |
| 2.2.3. Принципиальные схемы коммутации электрических<br>систем управления с помощью контактов .....       | 56        |
| 2.2.4. Автоматическое программное управление.....   | 60        |
| 2.2.4.1. Диаграмма пути и диаграмма состояния.....  | 61        |
| 2.2.4.2. Функциональные схемы для автоматических систем<br>программного управления.....                   | 63        |
| 2.2.5. Электронные конструкционные элементы .....   | 68        |
| 2.2.6. Электрические исполнительные органы .....  | 74        |
| 2.2.6.1. Электромагниты и муфты .....   | 74        |
| 2.2.6.2. Трехфазные двигатели с питанием от сети<br>(двигатели переменного тока) .....                    | 75        |
| 2.2.6.3. Приводы трехфазного тока с электронным переключением .....                                       | 85        |
| 2.2.6.4. Приводы постоянного тока.....  | 91        |
| 2.2.6.5. Приводы с шаговыми электродвигателями .....  | 96        |
| 2.3. Пневматические системы управления .....  | 97        |
| 2.3.1. Общие сведения о пневматике .....  | 98        |
| 2.3.2. Конструктивное исполнение пневматической установки .....   | 99        |
| 2.3.3. Генерация сжатого воздуха.....   | 102       |
| 2.3.3.1. Компрессоры .....  | 102       |
| 2.3.3.2. Распределение сжатого воздуха.....   | 106       |

|  |     |
|--|-----|
| 2.3.3.3. Подготовка сжатого воздуха .....                          | 109 |
| 2.3.4. Приводные элементы .....                                    | 110 |
| 2.3.4.1. Пневматические двигатели .....                            | 111 |
| 2.3.4.2. Приводы вращательного и поворотного типа .....            | 115 |
| 2.3.4.3. Пневматические цилиндры .....                             | 115 |
| 2.3.4.4. Характеристические показатели цилиндров .....             | 120 |
| 2.3.5. Вентили и основные системы управления .....                 | 124 |
| 2.3.5.1. Графическое изображение вентиля .....                     | 124 |
| 2.3.5.2. Распределители .....                                      | 128 |
| 2.3.5.3. Регуляторы расхода .....                                  | 131 |
| 2.3.5.4. Запорные клапаны .....                                    | 133 |
| 2.3.5.5. Регуляторы давления и блокирующие вентили .....           | 136 |
| 2.3.6. Топология переключательной схемы .....                      | 137 |
| 2.3.7. Функциональные диаграммы .....                              | 140 |
| 2.3.7.1. Диаграмма пути перемещений .....                          | 142 |
| 2.3.7.2. Диаграмма состояния .....                                 | 143 |
| 2.3.8. Техника пропорционального регулирования .....               | 147 |
| 2.3.8.1. Пропорциональные регуляторы давления .....                | 147 |
| 2.3.8.2. Пропорциональные распределители .....                     | 148 |
| 2.3.9. Примеры пневматических систем управления .....              | 151 |
| 2.3.10. Электропневматические системы управления .....             | 155 |
| 2.3.11. Гидропневматические системы управления .....               | 161 |
| 2.4. Гидравлические системы управления .....                       | 165 |
| 2.4.1. Общие сведения .....  | 165 |
| 2.4.2. Физические аспекты .....                                    | 165 |
| 2.4.2.1. Гидростатика .....  | 165 |
| 2.4.2.2. Гидродинамика .....                                       | 168 |
| 2.4.3. Гидравлические жидкости .....                               | 169 |
| 2.4.4. Структура гидравлических систем управления .....            | 173 |
| 2.4.5. Гидравлические насосы .....                                 | 174 |
| 2.4.6. Гидроаккумуляторы .....                                     | 177 |
| 2.4.7. Приводные механизмы .....                                   | 180 |
| 2.4.8. Гидроаппараты .....   | 184 |
| 2.4.8.1. Регуляторы давления .....                                 | 185 |
| 2.4.8.2. Распределители .....                                      | 190 |
| 2.4.8.3. Запорные клапаны .....                                    | 192 |
| 2.4.8.4. Регуляторы расхода .....                                  | 193 |
| 2.4.8.5. Конструктивные исполнения аппаратов .....                 | 197 |
| 2.4.8.6. Статические вентили .....                                 | 199 |
| 2.4.8.7. Вентильная техника пропорционального регулирования .....  | 200 |
| 2.4.8.8. Сервоклапаны .....  | 208 |
| 2.4.9. Примеры гидравлических систем управления .....              | 211 |
| 2.5. Двоичные и цифровые системы управления .....                  | 214 |
| 2.5.1. Двоичный код .....  | 214 |
| 2.5.2. Двоично-десятичные коды .....                               | 216 |
| 2.5.3. Двоичные логические связи .....                             | 217 |
| 2.5.4. Алгебра переключательных схем .....                         | 222 |
| 2.5.5. Комбинаторные системы управления .....                      | 224 |
| 2.5.6. Упражнения по теме «комбинаторные системы управления» ..... | 227 |
| 2.5.7. Автоматизированные системы управления процессом .....       | 233 |
| 2.5.8. Цифровые запоминающие устройства .....                      | 243 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.6. Опасности и меры защиты при работе с электрическими установками .....               | 250 |
| 2.7. Электромагнитная совместимость .....  | 253 |
| 2.8. Системы программного управления от ЗУ (SPS) .....                                   | 256 |
| 2.8.1. Структура и принцип действия .....  | 256 |
| 2.8.2. Программирование .....  | 261 |
| 2.8.2.1. Языки программирования .....  | 261 |
| 2.8.2.2. Разработка программы .....  | 263 |
| 2.8.3. Основные функции .....  | 269 |
| 2.8.3.1. Двоичные логические функции .....   | 269 |
| 2.8.3.2. Функции памяти SR/RS .....  | 273 |
| 2.8.3.3. Анализ фронтов .....  | 275 |
| 2.8.4. Функции времени .....   | 277 |
| 2.8.5. Функции счета .....   | 279 |
| 2.8.6. Цифровые операции .....   | 280 |
| 2.8.7. Системы автоматического программного управления .....                             | 285 |
| 2.8.7.1. Структурирование и представление .....  | 285 |
| 2.8.7.2. Пример программного управления последовательностью<br>выполнения операций ..... | 288 |
| 2.8.7.3. Программирование на уровне цепочки шагов .....                                  | 292 |
| 2.8.7.4. Сигналы рабочих режимов .....   | 295 |
| 2.8.7.5. Функциональный модуль для рабочих режимов .....                                 | 297 |
| 2.8.7.6. Функциональный модуль последовательности<br>выполнения шаговых операций .....   | 298 |
| 2.8.7.7. Функциональный модуль для вывода команд .....                                   | 299 |
| 2.8.8. Обработка аналоговых данных .....   | 300 |
| 2.8.9. Программирование со структурированным текстом (ST) .....                          | 301 |
| 2.8.9.1. Цифровое регулирование .....  | 301 |
| 2.8.9.2. Двухпозиционный регулятор .....   | 303 |
| 2.8.9.3. Пропорционально-интегрально-дифференциальный<br>регулирующий модуль .....       | 306 |
| 2.8.10. Контроль и управление производственными процессами .....                         | 308 |
| 2.8.11. Ускоренные процессы счета .....  | 310 |

### ГЛАВА 3

|  |     |
|--|-----|
| <b>ТЕХНИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАТЧИКОВ</b> .....  | 312 |
| 3.1. Аналоговые сенсоры .....  | 312 |
| 3.1.1. Датчики перемещения, угла поворота, расстояния и толщины .....              | 312 |
| 3.1.2. Датчики скорости .....  | 321 |
| 3.1.3. Тензометрические датчики, датчики силы,<br>крутящего момента и сжатия ..... | 322 |
| 3.1.4. Датчики ускорения .....   | 326 |
| 3.1.5. Термодатчики .....  | 326 |
| 3.2. Двоичные сенсоры .....  | 329 |
| 3.3. Цифровые сенсоры .....  | 331 |
| 3.3.1. Инкрементные путевые датчики .....  | 332 |
| 3.3.2. Кодовые масштабы и преобразователи угла поворота в код .....                | 334 |

### ГЛАВА 4

|  |     |
|--|-----|
| <b>ТЕХНИКА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ</b> .....             | 338 |
| 4.1. Основные понятия .....                                    | 338 |
| 4.2. Режимы регулирования .....                                | 340 |
| 4.3. Элементы контура регулирования .....                      | 342 |
| 4.3.1. Пропорциональное звено без запаздывания (П-звено) ..... | 342 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.3.2. Пропорциональное звено с запаздыванием 1-го порядка (звено $PT_1$ ).....                           | 344 |
| 4.3.3. Пропорциональное звено с запаздыванием 2-го порядка (звено $PT_2$ )<br>и колебательное звено ..... | 346 |
| 4.3.4. Интегрирующее звено (И-звено) .....  | 349 |
| 4.3.5. Дифференцирующее звено (Д-звено) .....   | 350 |
| 4.3.6. Звено с запаздыванием ( $T_t$ -звено) .....  | 351 |
| 4.3.7. Взаимодействие нескольких элементов контура<br>автоматического регулирования.....                  | 353 |
| 4.4. Регуляторы и контуры регулирования .....   | 355 |
| 4.4.1. Переключающие регуляторы .....   | 355 |
| 4.4.2. Аналоговые регуляторы .....  | 356 |
| 4.4.3. Цифровые (программные) регуляторы.....   | 360 |
| 4.4.3.1. Аналого-цифровое преобразование и дискретизация сигналов .....                                   | 360 |
| 4.4.3.2. Алгоритм регулирования .....   | 362 |
| 4.4.4. Регулирование пропорциональных объектов .....  | 365 |
| 4.4.5. Регулирование интегральных объектов.....   | 367 |
| 4.4.6. Настройка регулятора.....  | 369 |
| 4.5. Позиционное регулирование в станках с ЧПУ .....  | 371 |
| 4.5.1. Каскадное регулирование.....   | 371 |
| 4.5.2. Предварительное задание скорости .....   | 373 |
| 4.5.3. Аналоговый и цифровой контуры регулирования чисел оборотов.....                                    | 374 |

## ГЛАВА 5

### ТЕХНИКА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ (ЧПУ) .....

|  |     |
|--|-----|
| 5.1. Станки и производственные системы с ЧПУ .....             | 376 |
| 5.1.1. Инструменты и зажимные приспособления.....              | 378 |
| 5.1.1.1. Револьверные головки.....                             | 378 |
| 5.1.1.2. Инструментальные магазины .....                       | 379 |
| 5.1.1.3. Кодирование инструмента .....                         | 381 |
| 5.1.1.4. Предварительная настройка инструмента .....           | 382 |
| 5.1.1.5. Зажимные механизмы.....                               | 383 |
| 5.1.2. Гибкие производственные системы.....                    | 384 |
| 5.2. Числовое программное управление.....                      | 388 |
| 5.2.1. Введение и обзор .....                                  | 388 |
| 5.2.2. Интерполяция .....                                      | 390 |
| 5.2.3. Компенсация погрешностей .....                          | 392 |
| 5.2.4. Управление движениями и проектирование траектории ..... | 393 |
| 5.2.5. Типовая концепция и преобразование координат.....       | 395 |
| 5.2.6. Связь .....   | 397 |
| 5.2.7. Системы координат и направления движений .....          | 398 |
| 5.2.8. Опорные точки, нулевые точки .....                      | 400 |
| 5.2.8.1. Нулевые точки .....                                   | 401 |
| 5.2.8.2. Опорные точки.....                                    | 401 |
| 5.2.9. Органы управление и режимы работы .....                 | 403 |

## ГЛАВА 6

### РОБОТОТЕХНИКА.....

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 6.1. Классификация роботов .....     | 408 |
| 6.2. Особенности кинематики.....     | 409 |
| 6.3. Приводы для роботов .....       | 413 |
| 6.4. Захваты.....                    | 415 |
| 6.5. Программирование роботов .....  | 416 |
| 6.5.1. Способы программирования..... | 416 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.5.2. Системы координат .....                                  | 421 |
| 6.6. Управление роботами .....                                  | 424 |
| 6.6.1. Генерация движений .....                                 | 424 |
| 6.6.2. Положения осей .....                                     | 425 |
| 6.6.3. Интерполяция .....                                       | 426 |
| 6.6.4. Срезание углов и качание .....                           | 427 |
| 6.6.5. Сенсоры для робототехнических систем .....               | 429 |
| 6.7. Защитные меры .....  | 433 |
| <b>ГЛАВА 7</b>  |     |
| <b>МОНТАЖ И ДЕМОНТАЖ</b> .....                                  | 435 |
| 7.1. Общие сведения .....                                       | 435 |
| 7.2. Движение материалов .....                                  | 439 |
| 7.2.1. Хранение .....   | 439 |
| 7.2.2. Использование промежуточных накопителей .....            | 441 |
| 7.2.3. Бункеровка деталей .....                                 | 442 |
| 7.2.4. Магазиновая загрузка деталей .....                       | 443 |
| 7.2.5. Транспортные системы .....                               | 445 |
| 7.3. Способы соединения в процессе монтажа .....                | 449 |
| 7.3.1. Крепление винтами .....                                  | 449 |
| 7.3.2. Стыкование методом пластической деформации .....         | 450 |
| 7.3.3. Склеивание и заделка уплотнением (герметизация) .....    | 451 |
| 7.3.4. Сварка и пайка .....                                     | 453 |
| 7.3.5. Сборка совмещением .....                                 | 455 |
| 7.3.6. Запрессовка .....  | 456 |
| 7.4. Монтажные площадки .....                                   | 457 |
| 7.4.1. Ручной монтаж .....                                      | 457 |
| 7.4.2. Автоматизированный монтаж .....                          | 458 |
| 7.5. Организация процесса монтажа .....                         | 460 |
| 7.5.1. Топология .....  | 460 |
| 7.5.2. Последовательное выполнение монтажных операций .....     | 460 |
| <b>ГЛАВА 8</b>  |     |
| <b>МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА</b> .....                                | 463 |
| 8.1. Качество как объект управления .....                       | 463 |
| 8.1.1. Признаки качества .....                                  | 464 |
| 8.1.2. Дефекты .....  | 465 |
| 8.2. Цели менеджмента качества .....                            | 466 |
| 8.3. Всеобщий менеджмент качества (TQM) .....                   | 467 |
| 8.4. Круговая и пирамидальная модели управления качеством ..... | 468 |
| 8.5. Структура и элементы системы управления качеством .....    | 469 |
| 8.5.1. Организация структуры системы управления качеством ..... | 469 |
| 8.5.2. Составление планов и графиков .....                      | 470 |
| 8.5.3. Стандарты ДИН ИСО 9000:2000 .....                        | 470 |
| 8.5.4. Сертификация .....                                       | 473 |
| 8.6. Статистический контроль качества .....                     | 474 |
| 8.6.1. Анализ процесса .....                                    | 474 |
| 8.6.2. Карточки текущего контроля качества .....                | 477 |
| 8.6.3. Функциональная пригодность машин и процессов .....       | 478 |
| <b>ГЛАВА 9</b>  |     |
| <b>СОДЕРЖАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ИСПРАВНОСТИ</b> .....              | 480 |
| 9.1. Определение понятий .....                                  | 480 |
| 9.2. Уход и техническое обслуживание .....                      | 485 |

|  |     |
|--|-----|
| 9.3. Инспекционный контроль.....   | 492 |
| 9.4. Приведение оборудования в исправность .....                               | 495 |
| 9.5. Пробный пуск.....   | 496 |
| 9.6. Поиск ошибок, сбоев и неисправностей.....                                 | 500 |
| 9.7. Ремонтные работы.....   | 500 |
| <b>ГЛАВА 10</b>  |     |
| <b>БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ</b> .....   | 503 |
| 10.1. Задачи менеджмента .....   | 503 |
| 10.2. Управление процессом .....   | 504 |
| 10.3. Управление информацией о продукции.....                                  | 506 |
| 10.4. Методы создания технологических цепочек .....                            | 508 |
| 10.5. Проектный менеджмент .....   | 511 |
| 10.6. Информационный менеджмент .....  | 513 |
| 10.7. Инструменты планирования .....   | 515 |
| 10.8. Модерация .....  | 523 |
| 10.9. Презентация.....   | 524 |
| 10.9.1. Содержание и визуальное представление.....                             | 524 |
| 10.9.2. Презентационная графика с использованием PowerPoint .....              | 526 |
| <b>ГЛАВА 11</b>  |     |
| <b>ОРГАНИЗАЦИЯ И ОХРАНА ТРУДА</b> .....  | 528 |
| 11.1. Человек как главная ценность.....  | 528 |
| 11.2. Организация рабочего места.....  | 529 |
| 11.3. Рабочие нагрузки.....  | 534 |
| 11.3.1. Нагрузки в зависимости от вида деятельности .....                      | 534 |
| 11.3.2. Нагрузки в зависимости от организации труда.....                       | 536 |
| 11.4. Европейские нормы эксплуатации машин и оборудования .....                | 539 |
| 11.4.1. Меры безопасности и охрана здоровья на производстве .....              | 541 |
| 11.4.2. Маркировка и руководство по эксплуатации .....                         | 543 |
| 11.5. Европейские нормы безопасности .....                                     | 544 |
| <b>ГЛАВА 12</b>  |     |
| <b>ИНФОРМАТИКА И ТЕХНИКА СВЯЗИ</b> .....                                       | 546 |
| 12.1. Компьютерная техника .....   | 546 |
| 12.1.1. Конструктивное исполнение ПК .....                                     | 546 |
| 12.1.2. Объектно-ориентированное программное обеспечение.....                  | 550 |
| 12.1.3. Управление с помощью ПК.....   | 554 |
| 12.2. Техника связи .....  | 560 |
| 12.2.1. ISDN — интегральная цифровая сеть связи.....                           | 561 |
| 12.2.2. Локальная связь .....  | 565 |
| 12.2.3. Интернет и Интранет .....  | 567 |
| 12.2.4. Локальные вычислительные сети (ЛВС).....                               | 571 |
| 12.2.4.1. Локальная сеть Ethernet .....  | 573 |
| 12.2.4.2. Сети ATM.....  | 574 |
| 12.2.5. Магистральные системы.....   | 575 |
| 12.2.5.1. Шина CAN .....   | 575 |
| 12.2.5.2. Шины PROFIBUS, PROFIBUS-DP.....                                      | 577 |
| 12.2.5.3. Сопряжение между исполнительными органами<br>и датчиками (AS-I)..... | 578 |
| 12.2.5.4. Interbus-S .....   | 580 |
| 12.2.6. Последовательный интерфейс (V.24).....                                 | 581 |
| <b>ПАМЯТКА ПО ОХРАНЕ ТРУДА</b> .....   | 583 |