

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**І. В. Ельперін, О. М. Пупена,  
В. М. Сідлецький, С. М. Швед**

# **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ**

**Підручник**

*Видання друге, виправлене*



Київ 2017

ББК 65.304.25:32.965Я73  
УДК 664  
А 18

*Копіювання, сканування, запис на електронні носії  
і тому подібне будь-якої частини посібника без  
дозволу видавництва заборонено*

**Рецензенти:**

**О.П. Губарєв** – д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»);

**С.А. Шворов** – д-р техн. наук, проф. (Національний університет біоресурсів і природокористування України);

**П.Л. Шиян** – д-р техн. наук, проф. (Національний університет харчових технологій).

*Рекомендовано Вченою радою  
Національного університету харчових технологій  
як підручник для студентів. Протокол № 4 від 13.11.2014 р.*

А 18 **Автоматизація виробничих процесів: підручник /**  
І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. —  
Вид. 2-ге, виправлене — К.: Вид. Ліра-К, 2017. — 378 с.  
ISBN 978-966-2609-81-3

Висвітлено загальні питання автоматизації виробничих процесів, описано автоматичний контроль технологічних параметрів, автоматизовані системи регулювання, технічні засоби автоматизації, основи проектування автоматизованих систем.

Розглянуто основи автоматизації виробництва із застосуванням мікропроцесорних промислових контролерів і принципи побудови комп'ютерно-інтегрованих систем управління з використанням автоматизованих робочих місць оператора-технолога.

Для студентів вищих навчальних закладів освіти I–IV рівнів акредитації, які спеціалізуються в галузі автоматизації виробництва, а також для студентів – технологів, енергетиків, механіків та інших, які повинні мати знання для роботи в умовах комп'ютерно-інтегрованого автоматизованого виробництва і вмінні сформулювати вимоги до впровадження нових і модернізації існуючих систем автоматизації.

Може бути використаний також науково-технічними працівниками різних галузей промисловості.

ББК 65.304.25:32.965Я73  
УДК 664

© І.В. Ельперін, О.М. Пупена,  
В.М. Сідлецький, С.М. Швед., 2015  
© «Видавництво Ліра-К», 2015

ISBN 978-966-2609-81-3



## Список скорочень

- АЛП** – Арифметично-логічний пристрій
- АР** – Автоматичний регулятор
- АРМ** – Автоматизоване робоче місце
- АСР** – Автоматична система регулювання
- АСУ** – Автоматизована система управління
- АСУВ** – Автоматизована система управління виробництвом
- АСУП** – Автоматизована система управління підприємством
- АСУТП** – Автоматизована система управління технологічними процесами
  
- АТК** – Автоматизований технологічний комплекс
- АЦП** – Аналогово-цифровий перетворювач
- ВМ** – Виконавчий механізм
- ДСП** – Державна система приладів
- ДЦП** – Дискретно-цифровий перетворювач
- ЕОМ** – Електронно-обчислювальна машина
- ЗВІ** – Засоби відображення інформації
- ЗП** – Запам'ятовуючий пристрій
- ІАСУ** – Інтегрована автоматизована система управління
- КТЗ** – Комплекс технічних засобів
- ЛМІ** – Людино-машинний інтерфейс
- МП** – Мікропроцесор
- МПС** – Мікропроцесорна система
- ОЗП** – Оперативний запам'ятовуючий пристрій
- ПЕОМ** – Персональна електронно- обчислювальна машина
- ПЗП** – Постійний запам'ятовуючий пристрій
- ППЗП** – Перепрограмований постійний запам'ятовуючий пристрій
- РО** – Регулюючий орган

- PCY** – Розподілені системи управління
- CAP** – Система автоматичного регулювання
- CAU** – Система автоматичного управління
- TEPC** – Терморушійна сила
- TK** – Технологічний комплекс
- TOY** – Технологічний об'єкт управління
- ЦАП** – Цифро-аналоговий перетворювач
- ЦДП** – Цифро-дискретний перетворювач
- П** – Пропорційний регулятор



## З М І С Т

Вступ.....	9
<b>Розділ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....</b>	<b>13</b>
1.1. Основні поняття і визначення .....	13
1.2. Принципи побудови сучасних систем автоматизації.....	15
1.3. Види забезпечень сучасних систем автоматизації .....	19
1.4. Інтегровані автоматизовані системи управління.....	21
Контрольні запитання та завдання.....	26
<b>Розділ 2. АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ.....</b>	<b>27</b>
2.1. Основи метрології .....	27
2.2. Засоби вимірювання .....	33
2.3. Державна система приладів та засобів автоматизації .....	38
2.4. Методи та засоби вимірювання тиску .....	40
2.4.1. Загальні положення .....	40
2.4.2. Рідинні прилади вимірювання тиску .....	42
2.4.3. Деформаційні манометри.....	44
2.4.4. Електричні манометри .....	47
2.5. Методи та засоби вимірювання температури .....	50
2.5.1. Загальні положення .....	50
2.5.2. Термометри розширення.....	51
2.5.3. Термоелектричні термометри.....	56
2.5.4. Термоперетворювачі опору .....	59
2.5.5. Пірометри випромінювання .....	62
2.6. Методи та засоби вимірювання кількості та витрати.....	65
2.6.1. Загальні положення .....	65
2.6.2. Лічильники.....	66
2.6.3. Витратоміри змінного перепаду тиску .....	68

2.6.4. Витратоміри постійного перепаду тиску .....	72
2.6.5. Витратоміри змінного рівня (щілинні витратоміри) .....	75
2.6.6. Електромагнітні витратоміри .....	78
2.6.7. Витратоміри Кориюліса .....	79
2.6.8. Вихрові витратоміри .....	81
2.6.9. Ультразвукові витратоміри .....	83
2.6.10. Теплові витратоміри .....	86
2.6.11. Автоматичні терези, дозатори, лічильники готової продукції .....	87
2.7. Методи та прилади вимірювання рівня .....	89
2.7.1. Загальні положення .....	89
2.7.2. Поплавкові рівнеміри .....	89
2.7.3. Гідростатичні рівнеміри .....	93
2.7.4. Ємнісні рівнеміри та сигналізатори рівня .....	95
2.7.5. Кондуктометричні сигналізатори рівня .....	96
2.7.6. Ультразвукові рівнеміри .....	97
2.7.7. Радарні (мікрохвильові) рівнеміри .....	99
2.7.8. Вібраційні сигналізатори рівня .....	100
2.8. Визначення властивостей та складу рідин і газів .....	101
2.8.1. Загальні положення .....	101
2.8.2. Прилади для вимірювання густини .....	101
2.8.3. Прилади для вимірювання вологості .....	105
2.8.4. Прилади для вимірювання величини рН рідин .....	112
2.8.5. Кондуктивніметричні концентратоміри .....	115
2.8.6. Автоматичні рефрактометри .....	117
2.8.7. Автоматичні поляриметри .....	121
2.8.8. Автоматичні віскозиметри .....	122
2.8.9. Автоматичні газоаналізатори .....	125
2.8.10. Вимірювання каламутності .....	129
2.9. Безконтактні датчики положення .....	130
2.9.1. Загальні положення .....	130
2.9.2. Оптичні датчики положення .....	131
2.9.3. Індуктивні датчики положення .....	134
2.9.4. Ємнісні датчики положення .....	136
Контрольні запитання та завдання .....	138
<b>Розділ 3. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ .....</b>	<b>140</b>
3.1. Загальні положення .....	140
3.2. Основні принципи регулювання .....	144
3.3. Стабілізувальне, програмне та слідкувальне регулювання .....	147
3.4. Стійкість і якість процесів регулювання .....	149
3.5. Основні властивості об'єктів регулювання .....	153
3.6. Автоматичні регулятори .....	156
Контрольні запитання та завдання .....	163

<b>Розділ 4. ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ І РЕГУЛЮЮЧІ ОРГАНИ</b> .....	164
4.1. Виконавчі механізми.....	164
4.2. Регулюючі органи.....	171
4.3. Перетворювачі частоти.....	174
Контрольні запитання та завдання.....	176
<b>Розділ 5. МІКРОПРОЦЕСОРНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ</b> .....	177
5.1. Основи мікропроцесорної техніки.....	177
5.1.1. Історія розвитку.....	177
5.1.2. Структура мікропроцесорної системи.....	180
5.1.3. Способи подання інформації для МПС.....	184
5.2. Основні напрями розвитку мікропроцесорних засобів автоматизації.....	189
5.3. Напрями розвитку мікропроцесорних засобів промислової автоматизації.....	199
Контрольні запитання та завдання.....	204
<b>Розділ 6. ПРОМИСЛОВІ МІКРОПРОЦЕСОРНІ КОНТРОЛЕРИ</b> .....	205
6.1. Основні принципи побудови мікропроцесорних контролерів.....	205
6.1.1. Структура мікропроцесорних контролерів.....	205
6.1.2. Огляд промислових мікропроцесорних контролерів.....	210
6.1.3. Вибір і конфігурування ПЛК.....	214
6.2. Розроблення програми користувача для ПЛК.....	216
6.2.1. Змінні ПЛК та їхні типи.....	216
6.2.2. Робочий цикл виконання програми користувача.....	224
6.2.3. Розроблення програми користувача ПЛК.....	227
6.2.3.1. Програмування алгоритмів логіко-командного управління.....	229
6.2.3.2. Програма користувача на мові Ladder Diagram.....	231
6.2.3.3. Мова структурованого тексту (Structured Text).....	238
6.2.3.4. Програмування на мові Grafset.....	241
6.2.3.5. Програмування з використання мови функціональних блоків FBD.....	244
6.2.3.6. Програмування систем автоматичного регулювання.....	247
Контрольні запитання та завдання.....	250
<b>Розділ 7. ЛЮДИНО-МАШИННИЙ ІНТЕРФЕЙС АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ОПЕРАТОРА-ТЕХНОЛОГА</b> .....	251
7.1. Загальні положення.....	251

7.2. Засоби розроблення автоматизованих робочих місць .....	256
7.3. Функціональні можливості середовищ виконання SCADA/HMI .....	258
7.3.1. Перелік функцій SCADA/HMI .....	258
7.3.2. Загальний вигляд графічного ЛМІ.....	259
7.3.3. Способи та елементи відображення стану процесу .....	263
7.3.4. Способи та елементи введення (зміни значення змінних).....	270
7.3.5. Тривоги та події.....	274
7.3.6. Реєстрація та відображення даних у вигляді трендів .....	280
7.3.7. Формування звітів .....	285
7.3.8. Управління рецептами .....	287
7.3.9. Планувальники .....	288
7.3.10. Система розмежування доступу.....	289
7.3.11. Мережні архітектури.....	290
7.3.12. Інтеграція з іншими рівнями управління .....	295
7.4. Основні принципи розроблення АРМ оператора на базі SCADA/HMI .....	297
Контрольні запитання та завдання .....	301
<b>Розділ 8. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ     АВТОМАТИЗАЦІЇ.....</b>	<b>304</b>
8.1. Загальні положення.....	304
8.2. Призначення схем автоматизації та загальні принципи їх виконання.....	305
8.3. Виконання схем автоматизації.....	310
8.3.1. Графічне зображення технологічного устаткування та комунікацій на схемі автоматизації.....	310
8.3.2. Графічне зображення технічних засобів автоматизації .....	313
8.4. Розміщення зображень приладів та засобів автоматизації на схемі автоматизації .....	323
8.5. Позиційні позначення на схемах автоматизації .....	326
8.6. Вимоги до оформлення та приклади виконання схем автоматизації технологічних процесів .....	327
8.7. Приклади оформлення контурів контролю і управління на схемах автоматизації.....	333
8.8. Приклад розроблення схеми автоматизації технологічних процесів та формування вимог до АРМу оператора .....	364
Контрольні запитання та завдання .....	375
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>376</b>