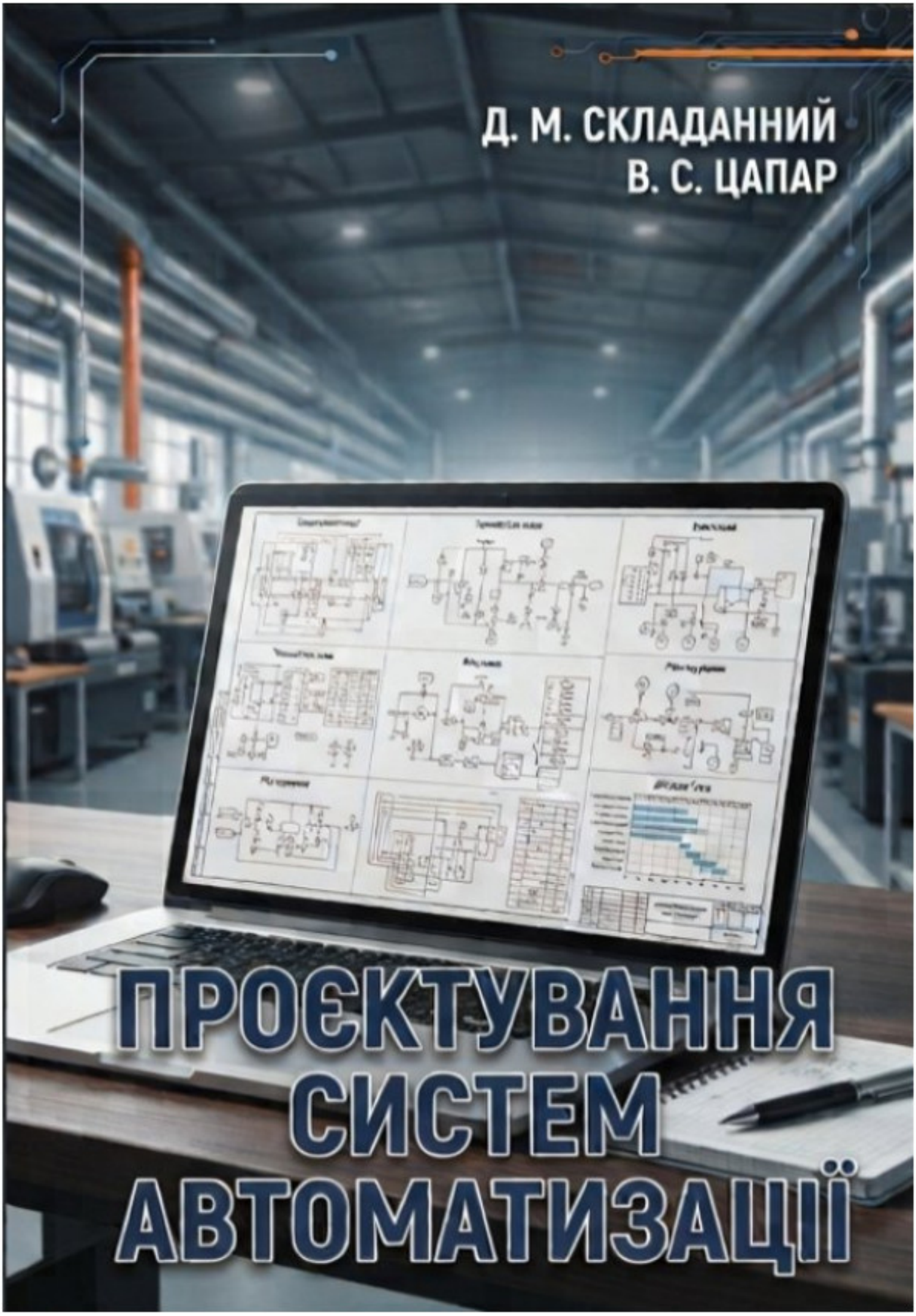
Д. М. СКЛАДАННИЙ
В. С. ЦАПАР



ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Д. М. Складанний, В. С. Цапар

Проєктування систем автоматизації

Підручник

*Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як підручник для здобувачів освіти, які навчаються за спеціальністю
«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робото-
техніка»*

Одеса
Книжкова друкарня «ТАКИБУК»
2026

УДК 681.58 : 744.4
П78

Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(*протокол № 11 від 05.10.2026 р.*)

Рецензенти

А. І. Купін, д-р. техн. наук, проф.,
Криворізький національний університет

С. Я. Смітюх, канд. техн. наук, доц.,
Національний університет харчових технологій

Відповідальний редактор

А. П. Коротинський. д-р. філос., ст. викладач,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Складанний Д. М., Цапар В. С.

П78 Проєктування систем автоматизації: підручник / Д.М. Складанний, В. С. Цапар. – Одеса: «ТАКИБУК», 2026. – 250 с, іл.

ISBN 978-617-9020-06-3

Цей підручник розроблено на основі нормативно-правових актів з проєктування систем автоматизації та суміжних сферах, що є актуальними в Україні на час написання. Наведено аналіз сучасної нормативної бази та етапи проєктних робіт, розглянуто робочі креслення систем автоматизації, що входять до основного комплекту, наведено способи проєктування пунктів керування, виконання електричних та трубних проводок систем автоматизації. Окремі розділи присвячено проєктуванню комп'ютерно-інтегрованих систем автоматизованого керування. Оглянуто текстову документацію типового проєкту системи автоматизації, а також стадій монтажу, пуску і налагодження таких систем.

Для здобувачів освіти, які навчаються за спеціальністю «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», фахівців спеціальності, а також усіх зацікавлених у набутті компетентностей з проєктування автоматизованих систем.

УДК 681.58 : 744.4

ISBN 978-617-9020-06-3

© Д. М. Складанний, В. С. Цапар

© КПІ ім. Ігоря Сікорського (ФАПІЕ), 2026

Зміст

Скорочення та умовні позначення **7**
Передмова **8**
Вступ **10**
Розділ 1. Організаційні засади проєктування систем автоматизації **12**
1.1. Життєвий цикл системи автоматизації 12
1.2. Класифікація систем автоматизації у контексті задач проєктування 13
1.3. Нормативна база проєктування системи автоматизації 15
1.4. Дійові особи та послідовність виконання проєкту системи автоматизації 17
1.5. Техніко-економічне обґрунтування 19
1.6. Структура та зміст технічного завдання проєктування системи автоматизації 20
1.7. Структура та зміст проєкту системи автоматизації 22
Практична робота 1.1. Вивчення нормативної бази проєктування систем автоматизації 25
Контрольні запитання та завдання до розділу 1 27
Розділ 2. Основні документи проєкту систем автоматизації **29**
2.1. Основний комплект робочих креслень проєкту систем автоматизації 29
2.2. Схеми автоматизації 34
2.3. Структура систем автоматизації. Структурні схеми автоматизації 42
2.4. Креслення загальних видів нетипових засобів автоматизації 46
Практична робота 2.1. Аналіз схеми автоматизації 47
Практична робота 2.2. Розроблення структурної схеми автоматизації 50
Контрольні запитання та завдання до розділу 2 55
Розділ 3. Принципові схеми в проєкті систем автоматизації **57**
3.1. Загальні відомості про принципові схеми автоматизації 57
3.2. Виконання принципових електричних схем 58
3.3. Умовні графічні позначення на принципових електричних схемах 60
3.4. Позиційні позначення на принципових електричних схемах 62
3.5. Відомості про принципові схеми електроживлення 65
3.6. Принципові електричні схеми сигналізації 67
3.7. Особливості розроблення принципових пневматичних схем 69
3.8. Виконання принципових пневматичних схем 72
3.9. Умовні графічні позначення на принципових пневматичних схемах 73
3.10. Позиційні позначення на принципових пневматичних схемах 75

3.9. Умовні графічні позначення на принципових пневматичних схемах ... 73
3.10. Позиційні позначення на принципових пневматичних схемах ... 75
Практична робота 3.1. Позначення засобів автоматизації на принципових електричних схемах ... 78
Практична робота 3.2. Аналіз принципової електричної схеми технологічної сигналізації ... 79
Контрольні запитання та завдання до розділу 3 ... 82
Розділ 4. Проєктування пунктів керування систем автоматизації ... 84
4.1. Ієрархія пунктів керування ... 84
4.2. Щитові конструкції у пунктах керування ... 85
4.3. Вибір типу та місць розташування щитових конструкцій ... 89
4.4. Розташування приладів і апаратури на щитах та пультах ... 90
4.5. Розроблення креслень загального виду щитів і пультів ... 94
4.6. Написи на щитових конструкціях. Таблиця написів ... 97
4.7. Специфікації щитової конструкції ... 101
4.8. Мнемосхеми у пунктах керування ... 103
4.9. Правила і принципи побудови мнемосхем ... 106
4.10. Виконання мнемосхем ... 109
4.11. Рекомендації з проєктування і розміщення робочих місць операторів ... 111
Практична робота 4.1. Розроблення специфікації щитової конструкції ... 114
Практична робота 4.2. Розроблення креслення виду спереду та таблиці написів щитової конструкції ... 118
Контрольні запитання та завдання до розділу 4 ... 121
Розділ 5. Проєктування ліній зв'язку систем автоматизації ... 123
5.1. Загальні відомості про лінії зв'язку ... 123
5.2. Основні вимоги до електричних проводок. Вибір проводів та кабелів ... 125
5.3. Основні вимоги до трубних проводок ... 127
5.4. Особливості застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку ... 129
5.5. Виконання схем з'єднань електричних проводок ... 131
5.6. Виконання таблиць з'єднань електричних проводок ... 133
5.7. Схеми з'єднань зовнішніх проводок ... 137
5.8. Таблиці з'єднань зовнішніх проводок систем автоматизації ... 142
5.9. Схеми і таблиці підключень зовнішніх проводок систем автоматизації ... 145

Практична робота 5.1. Розроблення схеми з'єднань технічного засобу автоматизації 147
Практична робота 5.2. Розроблення таблиці з'єднань технічного засобу автоматизації 152
Практична робота 5.3. Розроблення схеми з'єднань зовнішніх проводок систем автоматизації 154
Практична робота 5.4. Розроблення таблиці з'єднань зовнішніх проводок систем автоматизації 159
Контрольні запитання та завдання до розділу 5 161
Розділ 6. Особливості проєктування комп'ютерно-інтегрованих систем автоматизації 164
6.1. Ієрархічна модель сучасного промислового підприємства 164
6.2. Польовий рівень комп'ютерно-інтегрованих систем автоматизації 166
6.3. Функціональний вузол та функціональна група програмно-технічних засобів 167
6.4. Вхідні і вихідні сигнали програмно-технічного комплексу. Перелік вхідних та вихідних сигналів 168
6.5. Види програмованих логічних контролерів. Рекомендації з обрання контролера 171
6.6. Модулі програмованих логічних контролерів 174
6.7. Автоматизовані робочі місця 176
6.8. Відомості про сервери у системах автоматизації 178
6.9. Програмне забезпечення елементів програмно-технічного комплексу 179
6.10. Елементи інформаційного забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем керування 182
Практична робота 6.1. Розроблення переліку вхідних та вихідних сигналів програмно-технічного комплексу 183
Контрольні запитання та завдання до розділу 6 188
Розділ 7. Основи проєктування промислових мереж передавання даних 191
7.1. Функціональне призначення промислових мереж 191
7.2. Топологія промислових мереж та організація взаємодії пристроїв у них 192
7.3. Поняття стандарт інтерфейсу, протокол та технологія передавання даних 195

7.4. Стандарти інтерфейсів та протоколи передавання даних на польовому рівні 196
7.5. Стандарти інтерфейсу EIA/TIA-485 та протокол Modbus 201
Контрольні запитання та завдання до розділу 7 206
Розділ 8. Текстові матеріали проєкту систем автоматизації 208
8.1. Пояснювальна записка 208
8.2. Опис виконуваних задач 209
8.3. Специфікація обладнання і будівельної продукції 210
8.4. Кошторисна документація проєкту систем автоматизації 213
8.5. Інші текстові документи проєкту 214
Контрольні запитання та завдання до розділу 8 215
Розділ 9. Основи монтажу систем автоматизації 216
9.1. Організація монтажних робіт систем автоматизації 216
9.2. Правила монтажу деяких технічних засобів автоматизації 217
9.3. Відомості про типові монтажні креслення 221
9.4. Організація пусконалагоджувальних робіт систем автоматизації 222
Контрольні запитання та завдання до розділу 9 222
Список бібліографічних посилань 224
Додатки 228
Додаток А. Запитання і завдання до практичної роботи 1.1 228
Додаток Б. Форми основних написів основного комплекту робочих креслень систем автоматизації 231
Додаток В. Деякі умовні графічні позначення на принципових електричних схемах 232
Додаток Г. Деякі умовні графічні позначення на принципових пневматичних схемах 234
Додаток Д. Завдання до практичної роботи 3.1 237
Додаток Е. Відомості про ступені захисту, забезпечувані корпусами обладнання (коди IP) 238
Додаток Ж. Відомості про маркування проводів і кабелів 240
Додаток И. Завдання до практичних робіт 5.1 та 5.2 243
Предметний покажчик 244
Список рекомендованої літератури 248

Скорочення та умовні позначення

CAD – *Computer-Aided Design* – система комп'ютерного проєктування;
EN – *European Norm* – європейський стандарт;
ERP – *Enterprise Resource Planning* – планування ресурсів підприємства;
HMI – *Human-Machine Interface* – людино-машинний інтерфейс;
IEC – *International Electrotechnical Commission* – міжнародна електротехнічна комісія;
ISO – *International Organization for Standardization* – міжнародна організація зі стандартизації;
GPIO – *General Purpose Input/Output* – порти введення / виведення загального призначення;
MOM – *Manufacturing Operations Management* – управління виробничими операціями;
PLM – *Product Lifecycle Management* – управління життєвим циклом продукту;
RTOS – *Real-Time Operation System* – операційна система реального часу;
АРМ – автоматизоване робоче місце;
АСК – автоматизована система керування;
ВОЛЗ – волоконно-оптична лінія зв'язку;
ДБН – державні будівельні норми;
ДПК – диспетчерський пункт керування;
ДСТУ – державний стандарт України;
КВПА – контрольно-вимірювальні прилади і автоматика;
КНУ – кошторисні норми України;
ЛПК – локальний пункт керування;
ОПК – операторський пункт керування;
ПВХ – полівінілхлорид (матеріал для виготовлення електричних ізоляторів);
ПЗ – програмне забезпечення;
ПЛК – програмований логічний контролер;
ПНП – пульт з похилою приладовою приставкою;
ППЗ – прикладне програмне забезпечення;
ПТК – програмно-технічний комплекс;
ПУЕ – правила улаштування електроустановок;
САПР – система автоматизованого проєктування;
ТЕО – техніко-економічне обґрунтування;
ТЗ – технічне завдання;
ТП – технологічний процес;
УГП – умовне графічне позначення;
ЩМ – щит малогабаритний;
ЩПК – щит панельний з каркасом;
ЩШ – щит шафовий.

Передмова

Сучасний етап розвитку індустрії характеризується безпрецедентною швидкістю цифрової трансформації. Автоматизація сьогодні перестала бути лише засобом полегшення людської праці або стабілізації технологічних параметрів. Вона перетворилася на «нервову систему» виробництва, у якій інтеграція технічних засобів, алгоритмів і даних визначає життєздатність цілих галузей економіки.

Проєктування систем автоматизації – це водночас точна інженерна дисципліна і мистецтво створення складних функціональних структур, здатних функціонувати в умовах невизначеності та ризиків. Сучасний проєктувальник – це не просто фахівець, який обирає контролер або розробляє схему з'єднань, а й архітектор цифрового простору, який поєднує рівень польових пристроїв із хмарними сервісами та інтелектуальними системами підтримки прийняття рішень.

Водночас основою професійної майстерності залишається культура технічної документації. Розуміння національних і міжнародних стандартів у царині автоматизації, які регламентують робочу документацію проєкту, схеми автоматизації та, особливо, принципи структурування об'єктів, є тією універсальною мовою, яка дозволяє порозумітися інженерам з різних країн світу. Цей підручник має на меті навчити майбутнього фахівця не лише тому, що необхідно спроєктувати, а й як виконати це правильно, відповідно до сучасних вимог і кращих інженерних практик.

Матеріал підручника викладено відповідно до логіки життєвого циклу створення системи автоматизації – від ідеї формування технічного завдання і аж до розробки повного комплекту робочої документації та впровадження інформаційно-програмного забезпечення. На практичних прикладах розглядається побудова структурних, принципових та інших схем, а також інших проєктних документів, що є критично важливим для формування навичок реального інженерного проєктування.

Для кого створена ця книга? Підручник призначений для здобувачів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Він також буде корисним аспірантам, молодим дослідникам, які працюють над завданнями розроблення систем керування та інженерам-практикам, які прагнуть актуалізувати та систематизувати свої знання і ознайомитися з новими національними та міжнародними стандартами.

Автори сподіваються, що цей підручник стане не лише джерелом теоретичної інформації, а і практичним посібником, який допоможе перетворити задуми і теоретичні моделі на працюючі автоматизовані системи. Світ автоматизації не терпить статичності. Кожний проєкт – це крок у майбутнє, і ми запрошуємо зробити цей крок разом із нами.

Автори підручника висловлюють подяку:

- один одному за плідну співпрацю;
- викладачам кафедри технічних та програмних засобів автоматизації КПІ ім. Ігоря Сікорського за допомогу та підтримку під час підготовки видання;
- рецензенту підручника, завідувачу кафедри комп'ютерних систем та мереж Криворізького національного університету, професору Андрію Купіну за цінні зауваження та рекомендації, висловлені під час рецензування;
- рецензенту підручника, завідувачу кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління Національного університету харчових технологій, доценту Ярославу Смітюху за рекомендації та зауваження, що сприяли покращенню змісту підручника;
- відповідальному редактору підручника, доценту кафедри технічних та програмних засобів автоматизації КПІ ім. Ігоря Сікорського Антону Коротинському за уважне редагування та виправлення неточностей;
- читачам цього підручника за інтерес до результатів нашої праці.

Вступ

Сучасний етап розвитку світової промисловості характеризується стрімкою трансформацією, яку прийнято називати четвертою промисловою революцією. У центрі цих змін перебуває не просто автоматизація праці, а глибока інтеграція цифрових технологій у всі аспекти виробничого процесу. У цьому контексті проєктування систем автоматизації перестає бути суто технічним завданням, що зводиться до вибору контролерів або розроблення схем з'єднань. Воно перетворюється на складний творчо-інженерний процес створення комплексних засобів, де апаратне забезпечення, програмні алгоритми та людський фактор поєднуються в єдину ефективну структуру.

Підручник «Проєктування систем автоматизації» покликаний стати навігатором для майбутніх фахівців у світі сучасних стандартів, технічних рішень та методології створення систем керування. Головна мета видання – не лише дати знання про компоненти автоматизації, а й сформувати цілісне бачення повного життєвого циклу системи – від першої ідеї та техніко-економічного обґрунтування до фінального акту пусконалагоджувальних робіт.

Сьогодні інженер-проєктувальник працює в умовах високої невизначеності та стрімкої зміни технологій. Те, що вчора вважалося інноваційним, сьогодні стає галузевим стандартом. Саме тому в основу підручника покладено принцип фундаментальності, поєднаний із практичною спрямованістю. У процесі підготовки цього видання автори спиралися на сучасну міжнародну та національну нормативну базу, що є критично важливим для інтеграції вітчизняних розробок у світовий технологічний простір.

Проєктування – це завжди пошук компромісу між технічною досконалістю та економічною доцільністю. Тому потенційно увагу приділено організаційним засадам, ієрархії пунктів керування та ергономіці робочих місць операторів. Адже навіть найбільш інтелектуальна система буде неефективною, якщо вона незручна для людини або занадто дорога в обслуговуванні.

Матеріал підручника структуровано таким чином, щоб послідовно провести здобувача освіти через усі етапи професійної діяльності інженера. Перші розділи присвячені так званим «правилам гри»: класифікації систем, етапам їх створення та нормативним вимогам до технічного завдання. Без розуміння цих засад неможливо створити юридично та технічно коректний проєкт. Розділи 2 та 3 занурюють здобувачів у світ мови інженерів – схем. У них детально розглядаються специфіка розроблення схем автоматизації, принципових електричних та пневматичних схем, а також умовних графіч-

них позначень на них. Це базова підготовка, яка дає змогу перетворити концептуальну ідею на чітку інструкцію для монтажників та експлуатаційного персоналу. У розділі 4 розкриваються питання проєктування щитових конструкцій і пунктів керування. Розглядаються не лише апаратні засоби, а й питання людино-машинної взаємодії, зокрема принципи побудови мнемосхем, що є ключовим елементом сучасних диспетчерських пунктів.

Сучасна автоматизація неможлива без передачі даних. Розділи 5 та 7 присвячені лініям зв'язку – від традиційних кабельних трас до волоконно-оптичних технологій та промислових мереж. Розуміння топології мереж та протоколів взаємодії пристроїв є обов'язковою компетенцією для роботи в парадигмі Industry 4.0. Розділ 6 фокусується на ієрархічній структурі сучасного підприємства, виборі програмованих логічних контролерів та програмно-технічних комплексів. У ньому розглядаються питання вибору апаратних модулів та програмного забезпечення, що забезпечують гнучкість і масштабованість систем. Завершують видання розділи, присвячені текстовим матеріалам проєктів та основам монтажу і налагодження. Це важливий етап, де теоретичний проєкт зустрічається з реальністю будівельного майданчика.

Підручник містить значну кількість практичних робіт, які дозволяють закріпити отримані знання. Інженерна освіта, на думку авторів, має бути практичною – лише власноруч розроблена специфікація або схема з'єднань забезпечує глибоке розуміння професії.

Проєктування – це шлях постійного навчання. Навіть досвідчені фахівці знайдуть для себе корисні відомості щодо нових стандартів маркування, ступенів захисту обладнання чи особливості застосування сучасних інтерфейсів передачі даних. Автори сподіваються, що цей підручник стане не лише навчальним матеріалом, а справжньою настільною книгою, яка допоможе створювати надійні, ефективні та безпечні системи автоматизації, що сприятимуть прогресу нашої країни та світу.