

О.М. Безвесільна, Г.С. Тимчик



**НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-
ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«ДНІПРОВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ГОРЯСКОРСЬКОГО»

О.М. Безвесільна, Г.С. Тимчик

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-
ІНТЕГРОВАНІХ ТЕХНОЛОГІЙ
(ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ
СИСТЕМИ В АУТІ)

Надруковано

КІІ ім. Леоні Сторського
2018

Рецензенти: проф. *Коваліков В.П.* (завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету); д.т.н., проф. *Маслов В.П.* (завідувач відділом фізико-технологічних основ сенсорного матеріалознавства Інституту фізики напівпровідників ім. В.С. Лашкарьова НАН України); д.т.н., проф. *Коломієць Л.В.* (завідувач кафедри акредитації, якості та споживчої політики Одеської державної академії технічного регулювання та якості)

Безвесільна О.М., Тимчик Г.С.

Б39 Наукові дослідження в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій: Підручник. – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 592 с.: іл.
ISBN 978-617-7288-92-2

У підручнику викладено основні фундаментальні теоретичні положення з питань мехатронних інформаційно-вимірних систем (ІВС), вимірних перетворювачів, керуючих пристроїв, сучасних апаратних та програмних засобів в мехатронних ІВС, сучасних методів керування мехатронними ІВС, цифрових відео зображень в мехатронних ІВС

Розглянуто основні напрямки застосування сучасних мехатронних ІВС

Підручник призначений для магістрантів, студентів спеціальностей з приладобудування і автоматизації вищих навчальних закладів, а також для фахівців науково-дослідницьких і проектно-конструкторських організацій приладобудівного профілю

Обсяг 592 стор., 240 цд., 46 табл., об'ємом 174 назв.

УДК 621.317

© О.М. Безвесільна, 2018
© Г.С. Тимчик, 2018

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ	9
ПЕРЕДМОВА	11
РОЗДІЛ 1. ВСТУП	13
1.1. Сфера застосування. Актуальність підручника	13
1.2. Історія розвитку мехатронних інформаційно-вимірних систем (ІВС)	15
1.3. Контрольні питання до розділу 1	21
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАТРОННИХ ІВС	22
2.1. Основні положення та визначення мехатронних ІВС	22
2.2. Структура і принципи побудови мехатронних ІВС	26
2.3. Контрольні питання до розділу 2	30
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАТРОННИХ ІВС	31
3.1. Загальна класифікація роботів	31
3.2. Класифікація промислових роботів	34
3.3. Робототехнічні комплекси	38
3.4. Мехатронні ІВС у медицині	46
3.5. Периферійні пристрої комп'ютерів як мехатронні об'єкти	55
3.6. Мехатронні ІВС у побуті	57
3.7. Транспортні мехатронні ІВС	57
3.7.1. Мехатронні ІВС на автотранспорті	57
3.7.2. Мехатронні ІВС на рейковому транспорті	68
3.7.3. Мехатронні ІВС в легких транспортних засобах	74
3.7.4. Мехатронні ІВС на водному транспорті	77
3.7.4. Мехатронні ІВС в авіації	79
3.7.5. Мехатронні ІВС транспортування і складування на виробництві	81
3.8. Транспортні роботи спеціального призначення	83
3.9. Технологічні машини-гексаподи	96
3.9.1. Введення в паралельні механізми	96

3.9.2. Машини-гексаподи у машинобудуванні ..	102
3.10. Контрольні питання до розділу 3	107
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИ ПОБУДОВИ МЕХАТРОННИХ ІВС	110
4.1. Основи конструювання мехатронних ІВС	110
4.2. Метод виключення проміжних перетворювачів та інтерфейсів	120
4.3. Метод об'єднання елементів мехатронного модуля.....	127
4.4. Метод перенесення функціонального навантаження на інтелектуальні пристрої	131
4.5. Контрольні питання до розділу 4	135
РОЗДІЛ 5. ПЕРЕТВОРЮВАЧІ РУХУ В МЕХАТРОННИХ ІВС	136
5.1. Систематика мехатронних модулів.....	136
5.2. Перетворювачі руху	137
5.2.1. Рейкові передачі	138
5.2.2. Планетарні передачі	138
5.2.3. Хвильові зубчасті передачі.....	139
5.2.4. Передача гвинт-гайка кочення	140
5.2.5. Передача гвинт-гайка ковзання.....	141
5.2.6. Диференціальна та інтегральна передачі гвинт-гайка	142
5.2.7. Передачі з гнучким зв'язком.....	143
5.3. Направляючі	144
5.3.1. Направляючі з тертям ковзання	145
5.3.2. Направляючі з тертям кочення.....	146
5.4. Гальмівні пристрої і механізми для вибірки люфтів	148
5.4.1. Механічні гальмівні пристрої.....	149
5.4.2. Електромагнітні гальмівні пристрої.....	151
5.4.3. Механізми для вибірки люфтів.....	152
5.5. Контрольні питання до розділу 5	155
РОЗДІЛ 6. ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ МЕХАТРОННИХ ІВС	157
6.1. Датчики положення	157
6.2. Датчики швидкості	162

6.3. Датчики технологічних параметрів.....	166
6.4. Контрольні питання до розділу 6.....	171

РОЗДІЛ 7. ВИКОНАВЧІ ПРИСТРОЇ МЕХАТРОННИХ ІВС	172
7.1. Електродвигуни мехатронних модулів	172
7.2. Силові перетворювачі.....	176
7.3. Контрольні питання до розділу 7.....	182
РОЗДІЛ 8. КЕРУЮЧІ ПРИСТРОЇ МЕХАТРОННИХ ІВС	183
8.1. Мікропроцесорні системи керування.....	183
8.1.1. Універсальні мікропроцесори	184
8.1.2. Мікроконтролери.....	193
8.1.3. Цифрові сигнальні процесори.....	194
8.2. Інтеграція мехатронних модулів.....	196
8.2.1. Модулі руху	196
8.2.2. Мехатронні модулі руху	199
8.2.3. Інтелектуальні мехатронні модулі	202
8.3. Мікромехатронні пристрої	211
8.4. Контрольні питання до розділу 8.....	219
РОЗДІЛ 9. СУЧАСНІ АПАРАТНІ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ В МЕХАТРОННИХ ІВС	221
9.1. Особливості побудови цифрових вимірювальних систем.....	221
9.2. Комутаційні пристрої.....	221
9.3. Нормалізація сигналів.....	227
9.4. Сучасні апаратні та програмні засоби збору і обробки сигналів.....	235
9.5. Цифрові інтерфейси введення вимірювальної інформації.....	237
9.6. Пристрої та інтерфейси введення відеозображень, що містять вимірювальну інформацію	242
9.7. Пристрої реєстрації цифрової вимірювальної інформації.....	250
9.8. Відеосистема цифрової ЕОМ як пристрій відображення вимірювальної інформації	260
9.8.1. Загальні відомості.....	260
9.8.2. Організація роботи з відеобуфером	263

9.8.3. Формування зображення символів на екрані монітору	265
9.8.4. Растровий монітор.....	267
9.8.5. Кодування кольорів та система координат екрану	269
9.9. Контрольні питання до розділу 9	272
РОЗДІЛ 10. СУЧАСНІ МЕТОДИ КЕРУВАННЯ МЕХАТРОННИМИ ІВС	273
10.1. Постановки задачі керування мехатронними ІВС	273
10.2. Ієрархія керування в мехатронних ІВС.....	277
10.3. Системи керування виконавчого, тактичного і стратегічного рівнів	281
10.3.1. Системи керування виконавчого рівня	281
10.3.2. Системи керування тактичного рівня.....	283
10.3.3. Системи керування стратегічного рівня.....	286
10.4. Інтелектуальні методи керування.....	287
10.4.1. Метод нечіткої логіки	288
10.4.2. Метод нейронних мереж. Генетичні алгоритми синтезу нейронних мереж.....	302
10.4.3. Гібридні нейронні мережі.....	312
10.5. Контрольні питання до розділу 10	317
РОЗДІЛ 11. ЦИФРОВІ ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯ В МЕХАТРОННИХ ІВС.....	319
11.1. Формування та обробка цифрових відеозображень.....	319
11.2. Засоби формування цифрових відеозображень.....	325
11.3. Послідовність перетворення відеоінформації в процесі вимірювань механічних величин.....	332
11.4. Похибки вимірювань механічних величин.....	338
11.4.1. Класифікація похибок	338
11.4.2. Похибки, що виникають в пристроях формування відеозображень.....	340
11.4.3. Визначення ймовірнісних характеристик шуму на основі співвідношення сигнал-шум	343

11.4.4. Похибки, що виникають при перетворенні відеозображень в цифрову форму	346
11.4.5. Викривлення форми відеоенгналу	349
11.5. Заходи по зменшенню і компенсації похибок вимірювань механічних величин.....	352
11.6. Розрахунок похибок при проектуванні засобів вимірювань механічних величин.....	354
11.7. Контрольні питання до розділу 11	356

РОЗДІЛ 12. МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

12.1. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 1. Дослідження засобів моделювання мехатронних ІВС на цифрових ЕОМ.....	358
12.2. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 2. Вивчення статистичних характеристик цифрових генераторів мехатронних ІВС	375
12.3. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 3. Ідентифікація динамічних характеристик мехатронних ІВС по методу взаємної кореляційної функції	395
12.4. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 4. Дослідження методів адаптивної ідентифікації мехатронних ІВС.....	404
12.5. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 5. Дослідження впливу параметрів збурень на роботу датчика мехатронної ІВС	417
12.6. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 6. Вивчення роботи відеосистеми мехатронної ІВС у текстовому режимі.....	423
12.7. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 7. Вивчення роботи відеосистеми мехатронної ІВС у графічному режимі	428
12.8. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) №8. Вивчення роботи знакогенератора відеосистеми мехатронної ІВС у текстовому режимі	434
12.9. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) №9. Вивчення роботи знакогенератора відеосистеми	

мехатронної ІВС у графічному режимі	439
12.10. Приклади програм для практичних занять	442
12.11. Контрольні питання до розділу 12	459
РОЗДІЛ 13. МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	464
13.1. Лабораторна робота № 1. Дослідження методів введення та зберігання двовимірної інформації про механічні величини мехатронної ІВС	465
13.2. Лабораторна робота № 2. Дослідження методів етичення двовимірної інформації про механічні величини мехатронної ІВС	478
13.3. Лабораторна робота № 3. Дослідження методів фільтрації шумів у двовимірній інформації про механічні величини мехатронної ІВС	488
13.4. Лабораторна робота № 4. Дослідження методів пошуку та виділення контурів об'єктів вимірювань у цифрових масивах двовимірної інформації мехатронної ІВС	499
13.5. Приклади програм для лабораторних робіт	507
13.6. Контрольні питання до розділу 13	518
РОЗДІЛ 14. ЗАДАЧІ З ДИСЦИПЛІНИ	520
РОЗДІЛ 15. МОДУЛЬНІ КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ	536
15.1. Дослідження характеристик оптико-електронного датчика мехатронної ІВС	537
15.2. Дослідження характеристик п'єзоелектричного датчика мехатронної ІВС	551
РОЗДІЛ 16. ПЕРЕЛІК ПРОГРАМНИХ ЗАПИТАНЬ	571
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК ТЕРМІНІВ	575
ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА	578
ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА	589

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

CISC	– Complicated Instruction Set Computer
DSP	– Digital Signal Processor
GPS	– Global Positioning System
RISC	– Reduced Instruction Set Computer
АЛП	– арифметико-логічний пристрій
АЦП	– аналого-цифровий перетворювач
БПЛА	– безпілотний дистанційно-пілотований літальний апарат
БР	– буферний регістр
БРЗП	– блок регістрів загального призначення
ВД	– вентильний двигун
ГВС	– гнучкі автоматизовані виробничі системи
ГНМ	– гібридна нейронна мережа
ДП	– датчика положення
ДЕЕ	– джерела електричної енергії
ДПЛА	– дистанційно пілотований літальний апарат
ЕМС	– електромеханічна система
ЕРП	– електрорушійний пристрій
ЕРС	– електрорушійна сила
І	– інвертор
ІВС	– інформаційно-вимірювальна система
ІММ	– інтелектуальний мехатронний модуль
ІСМ	– інтелектуальних силових модулів
КВ	– керований випрямляч
КВП	– керований вентильний перетворювач
КІ	– керований інвертор
КП	– керуючий пристрій
ККД	– коефіцієнт корисної дії
КВМ	– координатно-вимірювальна машина
ЛАД	– лінійний асинхронний двигун
ЛТЗ	– легкий транспортний засіб
ЛАЧХ	– логарифмічна амплітудно-частотна характеристика
ММР	– мехатронний модуль руху
МС	– мехатронна система
МЕМС	– мікроелектромеханічна система
МК	– мікроконтролери
МП	– мікропроцесор



Безвесільна Олена Миколаївна

**Заслужений діяч науки і техніки України,
оцтор технічних наук, професор кафедри
приладобудування**

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Наукові інтереси:

**технічні засоби автоматизації,
системи автоматичного керування
прилади та методи вимірювання
механічних величин; комп'ютеризовані
інформаційні системи.**



Тимчик Григорій Семенович

**декан приладобудівного факультету,
доктор технічних наук,**

**професор кафедри
виробництва приладів**

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Наукові інтереси:

**лазерні методи
інформаційно-вимірювальних систем
для контролю технічного стану
і параметрів динамічних систем
і об'єктів.**