О.М. БЕЗВЕСІЛЬНА
Ю.О. ПОДЧАШИНСЬКИЙ
Г.С. ТИМЧИК

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

О.М. Безвесільна, Ю.О. Подчашинський, Г.С. Тимчик

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Підручник

Затверджено Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів приладобудівних
спеціальностей вищих навчальних закладів

ЖДТУ
2011

УДК 621.317
Б39

Гриф надано Міністерством освіти і науки України (лист від 09 листопада 2010 р. № 1/11–103/3)

Рецензенти: академік Національної академії наук України д.ф.-м.н. *Старостенко В.І.* (директор Інституту геофізики НАНУ); д.т.н., проф. *Квасніков В.П.* (завідувач кафедри Національного авіаційного університету); д.т.н., проф. *Самойлов В.Д.* (головний науковий співробітник Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. П.Е.Пухова НАНУ)

Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О., Тимчик Г.С.
Б39 Наукові дослідження в галузі вимірювання механічних величин. Інформаційно-комп'ютерні системи та технології: Підручник. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – 876 с.: іл.
ISBN 978-966-683-272-9

У підручнику викладено основні фундаментальні теоретичні положення з питань теорії інформації, перетворюючих, відлікових, та реєструючих пристроїв приладів, наведено методику та приклади розрахунків цих пристроїв, відповідні навчальні програми для цифрових ЕОМ. Досліджено можливості практичного застосування і нові напрямки у галузі розробки і удосконалення перетворюючих, відлікових та реєструючих пристроїв приладів.

Розглянуто основні напрямки застосування сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій для формування, реєстрації та обробки двовимірної інформації про механічні величини.

Підручник призначений для магістрантів, студентів приладобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також для фахівців науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій приладобудівного профілю.

УДК 621.317

© О.М. Безвесільна, 2011
© Ю.О. Подчашинський, 2011
© Г. С. Тимчик, 2011

ISBN 978-966-683-272-9

ЗМІСТ

стор.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ 15
ПЕРЕДМОВА 17
РОЗДІЛ 1. ВСТУП 19
1.1. Сфера застосування. Актуальність підручника 19
1.2. Фактори, що визначають особливу роль ППП як елементів засобів вимірювання 21
1.3. Зв'язок ППП і різних галузей науки та техніки 22
1.4. Найважливіші наукові результати, досягнуті в галузі ППП 22
1.5. Нові завдання в галузі ППП 23
1.6. Місце ППП (вимірювального перетворювача) у складі сучасних засобів вимірювання 24
1.7. Види перетворень, що виконуються в приладах 25
1.8. Сигнали вимірювальної інформації 25
1.9. Види операцій, що виконуються з сигналами вимірювальної інформації 25
1.10. Основні питання аналізу та синтезу приладів 26
1.11. Контрольні питання до розділу 1 26

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ ІНФОРМАЦІЇ 27
2.1. Основні визначення 27
2.2. Основні властивості ентропії 29
2.3. Умовна ентропія 33
2.4. Кількість інформації 35
2.5. Одиниці кількості інформації 37
2.6. Інформаційні характеристики 40
2.7. Приклади практичного застосування деяких положень теорії інформації 46
2.8. Частинна інформація про систему 48
2.9. Ентропія та інформація для систем з безперервною множиною станів 54
2.10. Задачі кодування повідомлень. Код Шеннона-Фено 63

2.11. Передача інформації із спотвореннями. Пропускна здатність каналу із завадами 71
2.12. Контрольні питання до розділу 2 78

РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕТВОРЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ПРИЛАДІВ 79
3.1. Загальні положення та визначення 79
3.2. Основні вимоги, що ставляться до ППП 81
3.3. Класифікація ППП 83
3.4. Загальні рівняння ППП та їх основні характеристики 84
3.5. Загальні положення про похибки ППП 88
3.6. Контрольні питання до розділу 3 89

РОЗДІЛ 4. ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ (ПП) 91
4.1. Область застосування ПП 91
4.2. Основні елементи конструкції ПП 91
4.3. Параметри, що характеризують ПП 95
4.4. Нові типи ПП 98
4.5. Конструкції ПП 100
4.6. Схеми ввімкнення ПП 105
4.7. Рівняння статичної характеристики ПП 107
4.8. Похибки через нелінійність статичної характеристики ПП 110
4.9. Методи зменшення похибок нелінійності навантажених ПП 111
4.10. Розрахунок лінійних ПП 113
4.11. Функціональні ПП 118
4.12. Способи коригування ПП 128
4.13. Контрольні питання до розділу 4 133

РОЗДІЛ 5. ТЕНЗОМЕТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ (ТП) 135
5.1. Загальна характеристика ТП 135
5.2. Дротяні ТП 136

5.3. Ненаклеювані (вільні) ТП 138
5.4. Фольгові ТП 139
5.5. Плівкові ТП 141
5.6. Напівпровідникові ТП 141
5.7. Основні техніко-метрологічні характеристики ТП 145
5.8. Розрахунок ТП 152
5.9. Способи ввімкнення ТП 155
5.10. Розміщення ТП на об'єкті 156
5.11. Приклад розрахунку ТП 157
5.12. Контрольні питання до розділу 5 158

РОЗДІЛ 6. ПЕРЕТВОРЮВАЧІ КОНТАКТНОГО ОПОРУ (ПКО) 159
6.1. Загальна характеристика ПКО 159
6.2. Приклад практичного застосування ПКО 163
6.3. Контрольні питання до розділу 6 164

РОЗДІЛ 7. ЄМНІСНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ (ЄП) 165
7.1. Загальна характеристика ЄП 165
7.2. Основні конструктивні різновиди ЄП 166
7.3. Основні схеми ввімкнення ЄП 169
7.4. Приклад розрахунку ЄП 174
7.5. Приклад практичного застосування ЄП як приладу для вимірювання прискорення 175
7.6. Контрольні питання до розділу 7 176

РОЗДІЛ 8. ІНДУКТИВНІ ТА ТРАНСФОРМАТОРНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ 177
8.1. Застосування індуктивних і трансформаторних перетворювачів 177
8.2. Переваги ІП і ТрП 177
8.3. Недоліки й проблеми в галузі ІП і ТрП 178
8.4. Індуктивні перетворювачі 179
8.4.1. Загальна характеристика ІП 179

13.2. Тягове зусилля електромагніту 306
13.3. Розрахунок електромагніту постійного струму ..312
13.4. Перехідні процеси і швидкодія електромагніту постійного струму 316
13.5. Контактні перетворювачі 320
13.6. Поляризоване реле та віброперетворювачі 324
13.7. Магнітокеровані контакти 327
13.8. Електромагніти змінного струму 329
13.9. Контрольні питання до розділу 13 333

РОЗДІЛ 14. ОПТИКО-ЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ 334
14.1. Основні властивості оптичних випромінювань ..334
14.1.1. Принцип дії ОП 334
14.1.2. Конструкція ОП 334
14.1.3. Закони поширення оптичних випромінювань 335
14.2. Джерела оптичних випромінювань 338
14.2.1. Коротка характеристика основних джерел оптичних випромінювань 338
14.2.2. Лампи розжарювання 338
14.2.3. Газорозрядні джерела світла 338
14.2.4. Електролюмінесцентний конденсатор 338
14.2.5. Інжекційні світлодіоди 339
14.2.6. Оптичні квантові генератори (лазери) 340
14.3. Приймачі оптичних випромінювань 341
14.3.1. Коротка характеристика приймачів оптичних випромінювань (теплових і фотоелектричних) 341
14.3.2. Теплові приймачі. Основні різновиди. Принципи дії 342
14.3.3. Фотоелектричні приймачі (ФП). Основні характеристики ФП 343
14.3.4. Основні різновиди ФП 344
14.4. Оптрони. Конструкція. Використання. Принцип дії. Переваги та недоліки. Режим роботи оптрона 358

14.5. Вимірювальні кола оптичних перетворювачів 361
14.5.1. Одноканальне вимірювальне коло 361
14.5.2. Двоканальне або диференціальне вимірювальне коло 362
14.5.3. Основні елементи розрахунку оптичних перетворювачів 364
14.6. Приклади практичного застосування оптичних перетворювачів 365
14.6.1. Оптоелектричні прилади для вимірювання лінійних розмірів 365
14.6.2. Оптоелектричні прилади для вимірювання кутових розмірів 366
14.6.3. Оптоелектричні растрові перетворювачі ...372
14.7. Контрольні питання до розділу 14 378

РОЗДІЛ 15. ВІДЛІКОВІ ПРИСТРОЇ ПРИЛАДІВ 379
15.1. Елементи відлікових пристроїв. Основні визначення 379
15.2. Елементи розрахунку стрілочного покажчика 385
15.3. Світловий промінь як покажчик 390
15.4. Розрахунок рівномірної та нерівномірної шкал ..397
15.5. Похибки відліку 400
15.6. Шкальний (штриховий) відлік за допомогою ноніусів 408
15.6.1. Поздовжні ноніуси 409
15.6.2. Координатні ноніуси 411
15.6.3. Спіральні ноніуси 412
15.6.4. Кругові ноніуси 414
15.7. Цифровий відлік за допомогою механічних пристроїв 414
15.7.1. Багатоциферблатні пристрої з роздільним відліком за покажчиками 414
15.7.2. Одноциферблатні пристрої з безпосереднім сумарним відліком і з трьома видами механізмів: мальтійським хрестом, дисковим, роликовим 415

15.8. Цифровий відлік за допомогою електричних пристроїв 418
15.9. Контрольні питання до розділу 15 419

РОЗДІЛ 16. РЕЄСТРУЮЧІ ПРИСТРОЇ ПРИЛАДІВ 420
16.1. Основні визначення та позначення 420
16.2. Класифікація реєструючих пристроїв 423
16.3. Форми процесу реєстрації 424
16.4. Методи перетворення вимірюваних величин у реєструючих пристроях 426
16.5. Технологічний процес реєстрації 429
16.5.1. Методи реєстрації нанесенням шару речовини 430
16.5.2. Методи реєстрації зняттям шару речовини ... 431
16.5.3. Методи реєстрації зміною стану речовини носія 432
16.6. Похибки реєструючих приладів 435
16.7. Порівняння методів реєстрації 437
16.8. Способи запису 439
16.8.1. РП з механічним способом запису 444
16.8.2. РП з електричним способом запису 459
16.8.3. РП із струминним способом запису 469
16.8.4. РП із записом світловим променем 471
16.8.5. РП із записом електронним променем 474
16.8.6. РП з термопластичним записом 476
16.8.7. РП із записом радіоактивним випромінюванням 477
16.8.8. РП з магнітним і магнітографічним записом .. 477
16.9. Приводні механізми носіїв 479
16.10. Контрольні питання до розділу 16 488

РОЗДІЛ 17. ЦИФРОВІ ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯ ЯК НОСІЙ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО МЕХАНІЧНІ ВЕЛИЧИНИ 489
17.1. Вимірювання механічних величин на основі формування та обробки цифрових відеозображень 489

17.2. Засоби формування цифрових відеозображень ... 495
17.3. Послідовність перетворення відеоінформації в процесі вимірювань механічних величин 502
17.4. Похибки вимірювань механічних величин 508
17.4.1. Класифікація похибок 508
17.4.2. Похибки, що виникають в пристроях формування відеозображень 510
17.4.3. Визначення ймовірнісних характеристик шуму на основі співвідношення сигнал-шум 513
17.4.4. Похибки, що виникають при перетворенні відеозображень в цифрову форму 516
17.4.5. Викривлення форми відеосигналу 519
17.5. Заходи по зменшенню і компенсації похибок вимірювань механічних величин 522
17.6. Розрахунок похибок при проектуванні засобів вимірювань механічних величин 524
17.7. Контрольні питання до розділу 17 526

РОЗДІЛ 18. РЕЄСТРАЦІЯ ТА АРХІВАЦІЯ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ, ЩО МІСТЯТЬ ВИМІРЮВАЛЬНУ ІНФОРМАЦІЮ ПРО МЕХАНІЧНІ ВЕЛИЧИНИ 527
18.1. Постановка задачі стиснення відеозображень, що містять вимірювальну інформацію 527
18.2. Інформаційний аналіз цифрових даних відеозображення 528
18.3. Оцінка викривлень вимірювальної інформації на відеозображеннях, відновлених після стиснення 533
18.4. Методи стиснення відеозображень на основі кодування з перетворенням 540
18.5. Фрактальні методи стиснення відеозображень ... 548
18.6. Контрольні питання до розділу 18 553

РОЗДІЛ 19. ПРИСТРОЇ ТА ІНТЕРФЕЙСИ ВЕДЕННЯ, РЕЄСТРАЦІЇ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ЦИФРОВИХ ЕОМ 554
19.1. Особливості побудови цифрових вимірювальних систем 554
19.2. Комутаційні пристрої 554
19.3. Нормалізація сигналів 560
19.4. Сучасні апаратні та програмні засоби збору і обробки сигналів 568
19.5. Цифрові інтерфейси введення вимірювальної інформації 570
19.6. Пристрої та інтерфейси введення відеозображень, що містять вимірювальну інформацію 575
19.7. Пристрої реєстрації цифрової вимірювальної інформації 583
19.8. Відеосистема цифрової ЕОМ як пристрій відображення вимірювальної інформації 593
19.8.1. Загальні відомості 593
19.8.2. Організація роботи з відеобуфером 596
19.8.3. Формування зображення символів на екрані монітору 598
19.8.4. Растровий монітор 600
19.8.5. Кодування кольорів та система координат екрану 602
19.9. Контрольні питання до розділу 19 605

РОЗДІЛ 20. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АЛГОРИТМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ, ЩО МІСТЯТЬ ВИМІРЮВАЛЬНУ ІНФОРМАЦІЮ (КУРСОВА РОБОТА) 606
20.1. Загальні положення курсового проектування 606
20.2. Пакет прикладних програм Matlab – Image Processing Toolbox як засіб моделювання методів обробки цифрових відеозображень, що містять вимірювальну інформацію 606
20.3. Оформлення курсової роботи 608
20.4. Контрольні питання до розділу 20 613

РОЗДІЛ 21. МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ 614
21.1. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 1. Дослідження засобів моделювання об'єктів управління та систем автоматичного управління на цифрових ЕОМ 615
21.2. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 2. Вивчення статистичних характеристик цифрових генераторів шуму 632
21.3. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 3. Ідентифікація динамічних характеристик об'єктів управління по методу взаємної кореляційної функції 652
21.4. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 4. Дослідження методів адаптивної ідентифікації 661
21.5. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 5. Дослідження впливу параметрів збурень на роботу гравіметра 674
21.6. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 6. Вивчення роботи відеосистеми персонального комп'ютера в текстовому режимі 680
21.7. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) № 7. Вивчення роботи відеосистеми персонального комп'ютера в графічному режимі 685
21.8. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) №8. Вивчення роботи знакогенератора відеосистеми персонального комп'ютера в текстовому режимі 691
21.9. Практичне заняття (комп'ютерний практикум) №9. Вивчення роботи знакогенератора відеосистеми персонального комп'ютера в графічному режимі 696

21.10. Приклади програм для практичних занять 699
21.11. Контрольні питання до розділу 21.....716

РОЗДІЛ 22. МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБОТ 721
22.1. Виконання лабораторного практикуму.....721
22.2. Лабораторна робота № 1. Дослідження методів введення та зберігання двовимірної інформації про механічні величини в цифровій ЕОМ.....722
22.3. Лабораторна робота № 2. Дослідження методів стиснення двовимірної інформації про механічні величини в цифровій ЕОМ.....735
22.4. Лабораторна робота № 3. Дослідження методів фільтрації шумів у двовимірній інформації про механічні величини.....746
22.5. Лабораторна робота № 4. Дослідження методів пошуку та виділення контурів об'єктів вимірювань у цифрових масивах двовимірної інформації.....757
22.6. Приклади програм для лабораторних робот.....766
22.7. Контрольні питання до розділу 22.....777

РОЗДІЛ 23. ЗАДАЧІ З ДИСЦИПЛІНИ 779

РОЗДІЛ 24. МОДУЛЬНІ КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ.....795
24.1. Дослідження характеристик оптичного акселерометра.....796
24.2. Дослідження характеристик п'єзоелектричних перетворювачів.....810

РОЗДІЛ 25. ПЕРЕЛІК ПРОГРАМНИХ ЗАПИТАНЬ 830

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК ТЕРМІНІВ.....834
ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА 838
ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА.....845
ДОДАТОК.....850

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

АКФ – автокореляційна функція
АЦП – аналого-цифровий перетворювач
БПП – багатообертовий потенціометричний перетворювач
ВКФ – взаємна кореляційна функція
ВРП – відліково-реєструючий пристрій
ГВЧ – генератор випадкових чисел
ГПП – гідравлічний і пневматичний перетворювач
ГМ – годинниковий механізм
ДКП – дискретно косинусне перетворення
ЕП – електромагнітний перетворювач
ЄП – ємнісний перетворювач
ЗП – запам'ятовуючий пристрій
ЗШПФ – зворотне швидке перетворення Фур'є
ІП – індуктивний перетворювач
КМ – кредитний модуль
ЛАЧХ – логарифмічна амплітудно-частотна характеристика
ЛПП – лінійний потенціометричний перетворювач
МЕ – магнітоелектричний перетворювач
МП – механотронний перетворювач
НПМД – нуль - послідовність максимальної довжини
ОА – оптичний акселерометр
ОП – оптико-електричний перетворювач
ОУ – об'єкт управління
ПА – п'єзоелектричний акселерометр

ПВП – первинного вимірювального перетворювача

ПеП – п'єзоелектричний перетворювач

ПЗ – практичне заняття

ПЗЗ – прилад із зарядовим зв'язком

ПКО – перетворювач контактного опору

ПМД – послідовності максимальної довжини

ПП – п'єзоелектричний перетворювач

ПП – потенціометричний перетворювач

ППП – перетворюючий пристрій приладів

РП – реєструючий пристрій

САК – система автоматичного керування

САУ – система автоматизованого управління

СМЗ – система машинного зору

СТЗ – система технічного зору

ТП – тензометричний перетворювач

ТрП – трансформаторний перетворювач

ФВЧ – фільтр високих частот

ФД – феродинамічний перетворювач

ФНЧ – фільтр низьких частот

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ШПФ – процедура швидкого перетворення Фур'є

ШПФ – швидке перетворення Фур'є

ПЕРЕДМОВА

Актуальність підручника.

Забезпечення інформаційної безпеки України є надзвичайно актуальною проблемою сучасності.

При забезпеченні інформаційної безпеки особливе місце відводиться науковим дослідженням у галузі вимірювання механічних величин, подальшому ефективному розвитку та удосконаленню інформаційно – комп'ютерних приладових систем та технологій.

Оскільки будь – який процес вимірювання за допомогою приладу або приладової вимірювальної системи пов'язаний з вирішенням задач перетворенням інформації, оптимізації та ідентифікації об'єктів, то для приладобудівних спеціальностей технічних закладів освіти надзвичайно важливо та актуально висвітлення основних питань з теорії інформації; питань перетворень, обробки, зберігання інформації; питань формалізації, моделювання, ідентифікації об'єктів управління та систем автоматичного управління. Нажаль, у відомих підручниках [1-54 та інших] висвітлення таких питань відсутнє.

Це обумовлює необхідність та актуальність підручника, "Наукові дослідження у галузі вимірювання механічних величин. Інформаційно – комп'ютерні системи та технології" для підготовки магістрантів напряму "Приладобудування".

Підручник підготовлено у відповідності з навчальними планами кафедри приладобудування НТУУ "КПІ" та кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій ЖДТУ.

Підручник включає 25 розділів; практичні заняття, що містять комп'ютерні практикуми з основних перелічених вище задач; лабораторні роботи; модульні контрольні роботи; надає опис та програмне забезпечення робіт, що реалізуються на ЕОМ, а також контрольні питання і задачі, за якими студенти можуть здійснювати самостійну роботу та виконувати домашні контрольні завдання.

Мета підручника викласти основні фундаментальні відомості з теорії інформації, перетворюючих, відлікових та реєструючих пристроїв приладів, інформаційно – комп'ютерних систем та технологій, питань оптимізації та ідентифікації параметрів об'єктів.

Для цього у підручнику вирішено наступні **задачі**: представлено основні положення теорії інформації, висвітлено принцип дії,

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев А.А. Автоматические показывающие самопишущие и регулирующие прибори. – Л.: Машиностроение, 1973. – 286 с.
2. Боднер В.А., Алферов А.В. Измерительные приборы. – М.: Машиностроение, 1986. – 223 с.
3. Бутусов И.В. Измерительные информационные системы. – М.: Недра, 1970. – 204 с.
4. Гаврилов А.Н. Приборостроение и средства автоматики: Справочник, т. II, кн. I. – М.: Машиностроение, 1964. – С.481-500.
5. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. – М.: Радио и связь, 1991. – 279 с.
6. Колмогоров. Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987. – 303 с.
7. Кузьмин И.В., Кедрус В.А. Основы теории информации и кодирования. – К.: Вища шк., 1986. – 237 с.
8. Матвеев В.И. Отсчетные устройства приборов и систем. – М.: Машиностроение, 1984. – 143 с.
9. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы. – К.: Вища шк., 1986. – 503 с.
10. Орнатский П.П. Детали и механизмы приборов: Справочник. – К.: Техника, 1978. – 367 с.
11. Первицкий Ю.Д. Расчет и конструирование точных механизмов. – Л.: Машиностроение; 1976. – 456 с.
12. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
13. Подлуцкий Р.В., Травников Е.И. Справочник по технике магнитной записи. – К.: Тэхника, 1981. – 317 с.
14. Темников Ф.Е. Автоматические регистрирующие приборы. – М.: Машиностроение, 1969. – 382 с.
15. ГОСТ 5365-83. Приборы электроизмерительные: Циферблаты и шкалы. – 9 с.

16. ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения. – 52 с.
17. ГОСТ 8.401-80. Классы точности средств измерений. – 12 с.
18. Григорьев В.Л. Видеосистемы ПК фирмы IBM. – М.: Радио и связь, 1993.
19. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 816 с.
20. Нортон П. Персональный компьютер фирмы IBM и операционная система MS DOS. – М.: Радио и связь, 1991.
21. Нортон П. Программно-аппаратная организация IBM PC. – М.: Радио и связь, 1991.
22. Нортон П. Справочное руководство по MS DOS. – М.: Радио и связь, 1992.
23. Пресс Ф.П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
24. Скэнлон Л. Персональные ЭВМ IBM PC XT. Программирование на языке ассемблера. – М.: Радио и связь, 1989.
25. Шарыгин М.Е. Сканеры и цифровые камеры. – СПб.: BHV – Санкт-Петербург, 2000. – 384 с.
26. Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: технология, методы, применение. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 300 с.
27. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1983. – 295 с.
28. Бутаков Е.А., Островский В.И., Фадеев И.Л. Обработка изображений на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
29. Горелик С.Л., Кац Б.М., Киврин В.И. Телевизионные измерительные системы. – М.: Связь, 1980. – 168 с.
30. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И. и др. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. – Новосибирск, Издательство НГТУ, 2000. – 168 с.

31. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 488 с.
32. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. Matlab. Обработка сигналов и изображений. Спеціальный справочник. – СПб.: Питер, 2002.
33. Ерганжиев Н.А. Цветное телевидение в измерительной технике. – М.: Связь, 1980. – 104 с.
34. Зубарев Ю.Б., Глориозов Г.Л. Передача изображений. – М.: Радио и связь, 1989. – 332 с.
35. Ингенблек В. Все о мультимедиа. – К.: BHV, 1996. – 352 с.
36. Катыс Г.П. Обработка визуальной информации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
37. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 792 с.
38. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений . – М.: ЭКОМ, 1997. – 336 с.
39. Яншин В.В. Анализ и обработка изображений: принципы и алгоритмы. – М.: Машиностроение, 1995. – 112 с.
40. Ярославский Л.П. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии: Введение в цифровую оптику. – М.: Радио и связь, 1987. – 296 с.
41. Борн Г. Форматы данных: Пер. с нем. – К.:BHV, 1995.– 668с.
42. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. – М.: Издательство МГУ, 2002.
43. Кричевский Р.Е. Сжатие и поиск информации. – М.: Радио и связь, 1989. – 168 с.
44. Методы передачи изображений. Сокращение избыточности: Пер. с англ. / Под ред. У.К. Прэтта. – М.: Радио и связь, 1983. – 264 с.
45. Мюррей Д., Ван Райпер У. Энциклопедия форматов графических файлов: Пер. с англ. – К.: BHV, 1997. – 672 с.
46. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. – М.: Триумф, 2003. – 320 с.

47. Цифровое кодирование телевизионных изображений / И.И. Цуккерман, Б.М. Кац, Д.С. Лебедев и др.; Под ред. И.И. Цуккермана. – М.: Радио и связь, 1981. – 240 с.
48. Цымбал В.П. Теория информации и кодирование. – К.: Выща школа, 1992. – 263 с.
49. Чернега В.С. Сжатие информации в компьютерных сетях: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.К. Маригодова. – Севастополь: СевГТУ, 1997. – 214 с.
50. Чэн Ш.-К. Принципы кодирования систем визуальной информации. – М.: Мир, 1994. – 408 с.
51. Шульгин В.И. Основы теории передачи информации. Часть 1. Экономное кодирование: Учебное пособие. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет "Харьковский авиационный институт", 2003.
52. Безвесільна О.М. Вимірювання прискорень. Підручник. – К.: Либідь, 2000. – 264 с.
53. Безвесільна О.М., Таланчук П.М. Перетворюючі пристрої приладів: Підручник. – К.: ІСДО, 1994. – 544 с.
54. Безвесільна О.М., Таланчук П.М. Відлікові та реєструючи пристрої приладів: Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 172 с.
55. Безвесільна О.М., Загавура Ф.Я. Витратометрія: Навчальний посібник. – К.: Либідь, 1997. – 176 с.
56. Безвесільна О.М., Кашперський В.С. Вимірювання мас та ваги: Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 170 с.
57. Безвесільна О.М., Загавура Ф.Я САПР в дипломному та курсовому проектуванні. – К.: Либідь, 2000. – 352 с
58. Безвесільна О.М. Вимірювання гравітаційних прискорень: Підручник. – Житомир: ЖДТУ, 2003. – 263 с.
59. Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О. Технологічні вимірювання та прилади. Перетворюючі пристрої приладів та комп'ютеризованих систем: Підручник. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 560 с.
60. Ажогін В.В., Згуровський М.З. Моделювання на цифрових, аналогових і гібрідних ЕОМ / Під ред. В.І. Костюка. - К.: Вища школа, 1983.

61. Кузьмин П.К., Маничев В.Б. САПР: Кн.5 "Автоматизация функционального проектирования". – М.: Высшая школа, 1986.
62. Башарин А.В., Постников Ю.В. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.
63. Шматок С.О. Формалізація, моделювання та ідентифікація об'єктів управління / Навчальний посібник. – К.: НМК ВО, 1992.
64. Стеблецов В.Г., Ельцова Е.С., Солянин А.В. Использование персональных ЭВМ в исследовании динамики нелинейных следящих приводов: Учебное пособие. – М.: Издательство МАИ, 1992.
65. Болонкин В.Е., Чинаев П.И. Анализ и синтез систем автоматического управления на ЭВМ. Алгоритмы и программы. – М.: Радио и связь, 1986.
66. Голенко Д. И. Моделирование и статистический анализ псевдослучайных чисел на ЭВМ. – М.: Наука, 1975, – 228 с.
67. Соболь И. М. Метод Монте-Карло. – М.: Наука, 1978, – 64 с.
68. Мелса Дж. Л., Джонс Ст.К. Программы в помощь изучающим теорию линейных систем. – М.: Машиностроение, 1981. – 200 с.
69. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. – М.: Энергия, 1979. – 240 с.
70. Бессонов А.А., Загашвили Ю.В., Маркелов А.С. Методы и средства идентификации динамических объектов. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.
71. Григорьев В.Л. Видеосистемы ПК фирмы IBM. – М.: Радио и связь, 1993.
72. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 816 с.
73. Нортон П. Персональный компьютер фирмы IBM и операционная система MS DOS. – М.: Радио и связь, 1991.
74. Нортон П. Программно-аппаратная организация IBM PC. – М.: Радио и связь, 1991.

75. Нортон П. Справочное руководство по MS DOS. – М.: Радио и связь, 1992.
76. Пресс Ф.П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
77. Скэнлон Л. Персональные ЭВМ IBM PC XT. Программирование на языке ассемблера. – М.: Радио и связь, 1989.
78. Шарыгин М.Е. Сканеры и цифровые камеры. – СПб.: BHV – Санкт-Петербург, 2000. – 384 с.
79. Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: технология, методы, применение. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 300 с.
80. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1983. – 295 с.
81. Бутаков Е.А., Островский В.И., Фадеев И.Л. Обработка изображений на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
82. Горелик С.Л., Кац Б.М., Киврин В.И. Телевизионные измерительные системы. – М.: Связь, 1980. – 168 с.
83. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И. и др. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. – Новосибирск, Издательство НГТУ, 2000. – 168 с.
84. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 488 с.
85. Ингенблек В. Все о мультимедиа. – К.: BHV, 1996. – 352 с.
86. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 792 с.
87. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений . – М.: ЭКОМ, 1997. – 336 с.
88. Яншин В.В. Анализ и обработка изображений: принципы и алгоритмы. – М.: Машиностроение, 1995. – 112 с.
89. Безвесільна О.М., Таланчук П.М. Перетворюючі пристрої приладів. – К.: Либідь, 1994. – 448 с.
90. Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О. Інформаційні комп'ютерні системи і технології. Наукові дослідження в

галузі вимірювання механічних величин: Підручник. – Житомир: Видавництво ЖДТУ, 2007. – 320 с.
91. Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О. Перетворюючі пристрої та прилади комп'ютерних систем: Підручник. – Житомир: Видавництво ЖДТУ, 2007. – 320 с.
92. Безвесільна О.М. Елементи і пристрої автоматики та систем управління. Перетворюючі пристрої та прилади комп'ютерних систем: Підручник. – Житомир: Видавництво ЖДТУ, 2008. – 700 с.
93. Безвесільна О.М., Киричук Ю.В., Подчашинський Ю.О. Методи оптимізації цільової функції та ідентифікації характеристик прецизійних навігаційних систем: Монографія. – Житомир: Видавництво ЖДТУ, 2010. – 201 с.
94. Безвесільна О.М., Киричук Ю.В., Ткаченко С.С. Системи керування навігаційних систем рухомих об'єктів: Монографія. – Житомир: Видавництво ЖДТУ, 2010. – 174 с.
95. Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Вайнтрауб М.А., Клочко Т.Р. Чутники електромагнітного випромінювання для біотехнічних досліджень:Підручник. – К.: МП Леся, 2004. – 64 с.
96. Тимчик Г.С., Сокуренко В.М., Чиж І.Г. Око людини та офтальмологічні прилади Навчальний посібник. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – 264 с.
97. Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Клочко Т.Р. Оптичні вимірювання для механічної обробки деталей: Монографія. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – 332 с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

98. Агейкин Д.И., Костина Е.И., Кузнецова Н.И. Датчики контроля и регулирования. -- М.: Машиностроение, 1965. – 928 с.
99. Асс Б.А., Жукова Н.М., Антипов Е.Ф. Детали и узлы авиационных приборов и их расчет. – М.: Машиностроение, 1966. – 415 с
100. Бабаева Н.Ф. и др. Расчет и проектирование элементов гироскопических устройств. – Л.: Машиностроение, 1967. – 477 с.
101. Базжин Ю.М., Цивин А.А., Моторыгина Т.А. Мостовые монолитные полупроводниковые тензорезисторные структуры. Приборы и методы измерения механических величин. – М.: ЦНИИТЭИ приборостроения. Серия ТС. Вып. 1, 1974. – 35 с.
102. Бахмутский В.Ф., Гореликов Н.И., Кузин Ю.Н. Оптоэлектроника в измерительной технике. – М.: Машиностроение, 1979. – 280 с.
103. Белевцев А.Т. Потенциометры. – М.: Машиностроение, 1969. – 328 с.
104. Берлин Г.С. Электронные приборы с механически управляемыми электродами. – М.: Энергия, 1971. – 160 с.
105. Берлин Г.С., Коклюшев Б.П. Высокочувствительные механотронные акселерометры // Измерит, техника. – 1973. – № 5. – С. 39 – 42.
106. Берлин Г.С., Розентул С.А. Механотронные преобразователи и их применение. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.
107. Виноградов Ю.Д., Машистов В.М., Розентул С.А. Электронные измерительные системы для контроля малых перемещений. – М.: Машиностроение, 1976. – 142 с.
108. Высоцкий А.В., Горенштейн Б.Я., Розентул С.А. Комплекс электронных средств для измерения линейных размеров в машиностроении // Измерит, техника. – 1976.–№ 11. – С. 16 – 18.

109. Волосов С.С., Педь Е.С. Приборы для автоматического контроля в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1975. – 335 с.
110. Гаврилов А.Н., ред. Приборостроение и средства автоматики. Справочник. Т. 2, кн. 1. – М.: Машиностроение, 1964. – 569 с.
111. Гаврилов А.Н., ред. Приборостроение и средства автоматики. Справочник. Т. 2, кн. 2. – М.: Машиностроение, 1964. – 369 с.
112. Гальперин М.С. Самолет АН-24. Техническое описание. Книга VI. – М.: Машиностроение, 1970. – 200 с.
113. Гитис Э.И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 195 с.
114. Гончарский С.А. Механически управляемые электронные лампы.–М.: Госэнергоиздат, 1957. – 142 с.
115. Горенштейн И.А., Шульман И.А., Сафарян А.С. Инерциальная навигация. – М.: Сов. радио, 1962. – 248 с.
116. Джагупов Р.Г., Ерофеев А:А. Пьезоэлектрические элементы в приборостроении и автоматике. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
117. Дорофеев А.Л. и др. Индукционная толщинометрия. – М.: Энергия, 1978. – 189 с.
118. Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю. Проблемы развития информационной вычислительной техники. – Уфа, 1979. – 52 с. (Препринт. Башк. филиал АН СССР).
119. Заседателев С.М., Беликов Л.В. и др. О проектировании датчиков давления с интегральными тензопреобразователями // Приборы и системы управления. – 1971. – №11. – С. 45 – 48.
120. Захарин М.И., Безвесильная Е.Н. Преобразующие устройства приборов. Учеб. пособие. – К.: КПИ, 1980. – 20 с.
121. Курочкин А.П. Состояние и перспектива развития средств измерений линейных и угловых размеров в отрасли // Измерит. техника. – 1976. – № 2. – С. 19 – 21.

122. Майоров С.В. Фотоэлектронные и термоэлектронные приборы и их применение. – М.: Машиностроение, 1973. – 160 с.
123. Малов В.В. Пьезоэлектрические датчики / /Измерение, контроль, автоматизация. – 1975. – № 1 (3). – С. 14 – 27.
124. Мартюшов К.И., Тихонов А.И., Зайцев Ю.В. Прецизионные проволочные резисторы. – М.: Энергия, 1979. – 192 с.
125. Метрология. Термины и определения. ГОСТ 16263-70. – М.: 1970. – 16 с.
126. Миллман Я. Импульсные и цифровые устройства. – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 255 с.
127. Мироненко А.В. Фотоэлектрические измерительные системы. – М.: Энергия, 1967. – 160 с.
128. Новицкий П.В., ред. Электрические измерения неэлектрических величин. – Л.: Энергия, 1975. – 575 с.
129. Носов Ю.Р. Оптоэдектроника, физические основы, приборы и устройства.–М.: Машиностроение, 1978.–48с.
130. Осадчий Е.П. Проектирование датчиков для измерения механических величин. – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с.
131. Островский Л.А. Основы общей теории электроизмерительных устройств. – Л.: Энергия, 1971. – 544 с.
132. Павлов А.В., Черников А.И. Приемники излучения автоматических оптико-электронных приборов. – М.: Энергия, 1972. – 240 с.
133. Пельпор Д.М., ред. Гироскопические системы. Часть 3. – М.: Высш. шк., 1972. – 470 с.
134. Пиотровский Л.М. Электрические машины. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 504 с.
135. Подлесный Н.И., Рубанов В.Г. Элементы систем автоматического управления и контроля. – К.:Выща шк., 1982. – 477 с.
136. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи. –К.: Выща шк., 1981. – 296 с.
137. Полищук Е.С., Саламаха В.А. и др. О повышении точности и стабильности платиновых термометров сопротивле-

ния. В кн. Новые исследования в термометрии. – Львов: Вищ. шк., 1974. – С. 41 – 45.
138. Преображенский А.А., Шамрай Б.В. Электромагнитные устройства информационно-измерительной техники. – М.: Высш. школа, 1982. – 264 с..
139. Пульер Д.С., ред. Гироскопические системы приборов. – М.: Высш. шк., 1972. – 471 с.
140. Преснухин Л.Н., ред. Фотоэлектрические преобразователи информации. – М.: Машиностроение, 1974. – 376 с.
141. Ренский А.Б., Баранов Д.С., Макаров Р.А. Тензометрирование строительных конструкций и материалов. – М.: Стройиздат, 1977. – 239 с.
142. Свечников С.В. Элементы оптоэлектроники. – М.; Сов. радио, 1971. – 272 с.
143. Срибнер Л.А. Точность индуктивных преобразователей перемещений. – М.: Машиностроение, 1975. – 104 с.
144. Ступель Ф.А. Индуктивные и индукционные преобразователи механических величин. – Харьков: Изд-во ХГУ, 1968. – 102 с.
145. Таланчук П.М. Машинный синтез систем коррекции измерительных преобразователей. – К.: Вьпца шк., 1985. – 68 с.
146. Тищенко О.Ф., Киселев Л.Т., Коваленко А.Н. и др. Элементы приборных устройств. Т.1. – М.: Высш. шк., 1982. – 304 с.
147. Тищенко О.Ф., Киселев Л.Т., Коваленко А.Н. и др. Элементы приборных устройств. Т. 2. – М.: Высш. шк., 1982. – 263 с.
148. Трофимов А.И. Пьезоэлектрические преобразователи статических нагрузок. –М.: Машиностроение, 1979. – 94 с.
149. Туричин А.М., Новицкий П.В., Левшина Е.С. и др. Электрические измерения неэлектрических величин, – Л.: Энергия, 1975. – 576 с.
150. Федотов А.В. Расчет и проектирование индуктивных измерительных устройств. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.

151. Харкевич А.А. Теория преобразователей. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1948. – 188 с.
152. Харкевич А.А. Избранные труды. – М.: Наука, 1973. – 400 с.
153. Хомерики О.К. Гальваномагнитные элементы и устройства автоматики и вычислительной техники. – М.: Энергия, 1975. – 176 с.
154. Четвертков Н.И,, Коросько Н.М. Потенциометры. – М.: Сов. радио, 1978. – 64 с.
155. Чумаков Н.М., ред. Расчет исполнительных корректирующих преобразовательных элементов автоматических систем. – К.: Тэхника, 1971. – 352 с.
156. Чумаков Н.М., ред. Расчет измерительных и усилительных элементов автоматических систем. – К.: Тэхника, 1977. – 356 с.
157. Beckers I.H. Elektrisches Messen mechanicher Broben // "VDI – Z" 118. – n17, 18. – 1976. – P. 863 – 872.
158. Фесик С.П. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев: Будивельник. 1970. – 548 с.
159. Раевский Н.П. Измерение линейных ускорений. – М.: Наука, 1973. – 350 с.
160. Руденко В.С., Сенько В.И., Трифонюк В.В., Юдин Е.Е. Промышленная электроника. – К.:Техніка, 1979. – 503 с.

Навчальне видання

БЕЗВЕСІЛЬНА **Олена Миколаївна**
ПОДЧАШИНСЬКИЙ **Юрій Олександрович**
ТИМЧИК **Григорій Семенович**

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Підручник

Редактор	*Б.Б. Самотокін*
Комп'ютерний набір та верстка	*Ю.В. Киричук*
Макетування	*В.В. Кондратенко*

Підп. до друку 18.11.10. Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Папір офс.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 50,92.
Наклад 300 пр. Зам. № 44.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єкта видавничої справи
Серія ЖТ № 08 від 26.03.2004

Редакційно-видавничий відділ
Житомирського державного технологічного університету
вул. Черняховського, 103, м. Житомир, 10005