

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**Ю. В. Шабатура**

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИМІРЮВАННЯ  
НА ОСНОВІ ПРЕДСТАВЛЕННЯ  
ЗНАЧЕНЬ ВИМІРЮВАНИХ ВЕЛИЧИН  
ЧАСОВИМИ ІНТЕРВАЛАМИ**

**Монографія**

ВНТУ Вінниця  
2010

УДК 681.317.39

ББК 30.10

Ш 12

Рецензенти:

**Ю. В. Куц**, доктор технічних наук, професор

**Р. Н. Квєтний**, доктор технічних наук, професор

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 11 від 01.07.2009 р.)

### **Шабатура, Ю. В.**

Ш 12    Технологія вимірювання на основі представлення значень вимірюваних величин часовими інтервалами : монографія / Ю. В. Шабатура. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 324 с.

ISBN 978-966-641-333-1

У монографії розроблені і науково обґрунтовані основні теоретичні засади і практичні аспекти застосування нової технології вимірювання фізичних величин на основі їх представлень часовими інтервалами, які формуються у вигляді тривалості імпульсних процесів, що визначається на фіксованих амплітудних рівнях. Розроблені нові принципи побудови вимірювальних каналів, методи та засоби проведення вимірювальних перетворень, які дозволяють здійснювати інженерне проектування вимірювальних систем на засадах запропонованої технології вимірювання.

Розрахована на науковців та фахівців з інформаційно-вимірювальної техніки. Буде корисною для студентів та аспірантів відповідних спеціальностей.

**УДК 681.317.39**

**ББК 30.10**

**ISBN 978-966-641-333-1**

© Ю. Шабатура, 2009

## ЗМІСТ

Список умовних скорочень та позначень .....	7
Передмова .....	8
Вступ .....	10
<b>1. Сучасний стан і основні тенденції у розвитку методів та засобів вимірювань у технічних пристроях і системах .....</b>	<b>14</b>
1.1. Основні принципи і підходи в побудові інформаційно-вимірювальних системи, як основних засобів вимірювальної техніки сьогодення .....	14
1.2. Сигнали, як носії вимірювальної інформації. Аналіз і систематизація їх форм .....	2
1.3. Властивості часу як об'єкта вимірювання .....	30
1.4. Часові інтервали і їх використання в процедурах вимірювального перетворення .....	34
1.5. Системний аналіз технічного та метрологічного забезпечення вимірювань часу та часових інтервалів .....	39
<b>Висновки .....</b>	<b>472</b>
<b>2. Теоретичні засади побудови вимірювальних каналів на основі застосування представлення вимірювальної інформації часовими інтервалами.....</b>	<b>49</b>
2.1. Особливості представлення вимірювальної інформації часовими інтервалами в інформаційно-вимірювальних системах .....	49
2.2. Концептуальні положення методології створення вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальних систем з часовим представленням інформації .....	52
2.3. Структурні і математичні основи побудови вимірювальних каналів з часовим представленням інформації на основі класичних вимірювальних схем.....	55
2.3.1. Імпульсні тестові сигнали та особливості їх використання в розроблених вимірювальних процедурах.....	59
2.3.2. Вимірювальний канал на основі потенціометричної вимірювальної схеми з резистивним сенсором.....	72
2.3.3. Вимірювальний канал на основі мостових вимірювальних схем з резистивними сенсорами .....	87
2.3.4. Вимірювальний канал на основі мостових вимірювальних схем з використанням імпульсних сигналів струму.....	97
2.3.5. Застосування прямокутних імпульсних тестових сигналів у вимірювальних каналах з додатковим інтегрувальним перетворенням та їх математичне моделювання .....	102

2.3.6. Підвищення чутливості вимірювальних схем за рахунок додаткового інтегрувального перетворення при використанні інших форм імпульсних тестових сигналів.....	115
2.3.7. Математичне моделювання вимірювальних перетворень у вимірювальних каналах з додатковим інтегрувальним перетворенням при використанні інших форм імпульсних тестових сигналів .....	115
2.4. Принципи побудови інваріантних вимірювальних каналів з часовим представленням вимірювальної інформації.....	131
<b>Висновки</b> .....	142
<b>3. Нові методи і засоби вимірювальних перетворень для побудови вимірювальних пристроїв і систем з часовим представленням вимірювальної інформації.....</b>	<b>145</b>
3.1. Вимірювальні перетворювачі значень фізичних величин у часові інтервали. Аналіз структур та класифікації.....	145
3.2. Індуктивно-резонансний вимірювальний перетворювач для вимірювальних каналів ІВС з часовим представленням інформації .....	156
3.2.1. Структурний та схемотехнічний синтез індуктивно-резонансного вимірювального перетворювача.....	159
3.2.2. Математичне моделювання індуктивно-резонансного вимірювального перетворювача .....	161
3.2.3. Комп'ютерне моделювання роботи вимірювального перетворювача ..	163
3.2.4. Застосування індуктивно-резонансних вимірювальних перетворювачів у вимірювальних каналах ІВС для визначення товщини діелектричного покриття .....	165
3.3. Вимірювальний перетворювач для побудови вимірювальних каналів визначення характеристик обертальних рухів.....	170
3.3.1. Математична модель вимірювального перетворювача .....	172
3.3.2. Перспективні конструктивні та схемотехнічні вдосконалення перетворювача.....	177
<b>Висновки</b> .....	<b>186</b>
<b>4. Математичне, метрологічне і критеріальне забезпечення вимірювальних систем, з часовим представленням вимірювальної інформації.....</b>	<b>188</b>
4.1. Математичне забезпечення синтезу і аналізу ІВС з часовим представленням інформації.....	188
4.2. Інформаційна модель вимірювального каналу ІВС з часовим представленням інформації.....	194

4.3. Математичний аналіз динамічних властивостей вимірювальних каналів ІВС з часовим представленням інформації.....	203
4.4. Метрологічна декомпозиція вимірювальних каналів ІВС з часовим представленням інформації .....	211
4.5. Загальний аналіз похибок, які виникають в ІВС з часовим представленням інформації.....	214
4.6. Методичні та інструментальні похибки вимірювань. Статистичний аналіз похибок .....	217
4.7. Невизначеність у поданні результатів вимірювальних перетворень з часовим представленням інформації .....	228
4.7.1. Вибір і формування алгоритму оцінювання невизначеності .....	229
4.8. Критеріальний аналіз ефективності ІВС з часовим представленням інформації .....	231
<b>Висновки</b> .....	239
<b>5. Приклади розробок інформаційно-вимірювальних систем та вирішення інших задач науки і техніки в яких використовується часове представлення інформації</b> .....	242
5.1. Волоконно-оптична ІВС з часовим представленням вимірювальної інформації .....	242
5.1.1. Структурні особливості розробленої волоконно-оптичної ІВС .....	242
5.1.2. Математичне моделювання функціонування ІВС.....	245
5.2. ІВС для контролю за рівнем активності водія транспортного засобу .....	251
5.3. Інтервально-частотна ІВС для адаптивної оптимальної корекції стану серцево-судинної системи людини .....	258
5.4. Голосова ІВС для пасажирських вагонів залізничного транспорту .....	260
5.4.1. Інформаційні аспекти функціонування системи .....	261
5.4.2. Математичне моделювання метрологічних характеристик вимірювального каналу .....	264
5.5. Застосування вимірювань з часовим представленням вимірювальної інформації в Інтернет-технологіях .....	267
5.5.1. Математичні моделі функціонування системи EUREKA ...	270
5.5.2. ІВС для моніторингу динамічних характеристик сегментів мережі Internet .....	271
5.6. Кодування і вибір функцій управління з використанням часу в якості опорного інформаційного каналу .....	274
<b>Висновки</b> .....	278

<b>Післямова</b> .....	280
Додаток А. Алгоритм виконання процедури оцінки і подання невизначеності результату вимірювань з часовим представленням вимірювальної інформації.....	284
Додаток Б. Інтегрована в Internet інформаційна система EUREKA.....	287
Б.1. Функціональна та програмна структури системи.....	287
Б.2. Інтерфейс системи та методика роботи в ній.....	290
Б.3. Математичні моделі оцінки ефективності отриманих рішень.....	296
Додаток В. Програмна реалізація та експериментальні результати застосування ІВС для моніторингу сегментів Internet.....	297
<b>Література</b> .....	303

## Список умовних скорочень та позначень

IBC – інформаційно-вимірювальна система

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ЧЦП – часо-цифровий перетворювач

ВК – вимірювальний канал

ВС – вимірювальна схема

TDC – Time-Digital Converter (часо-цифровий перетворювач)

ISO – International Standardization Organization (Міжнародна організація стандартизації)

ІТС – імпульсний тестовий сигнал

ВП&ЧПІ – вимірювальний перетворювач з часовим представленням інформації

ЧПІ – часова тривалість імпульсів

ВФВ – вимірювана фізична величина

$t$  – скалярна величина, числове значення якої визначає момент, або тривалість часового інтервалу

$F_i(P_i(t))$  – функція перетворення значення фізичної величини  $P_i(t)$  в значення тривалості часового інтервалу  $T_i(t)$

$L$  – рівень амплітуди імпульсного сигналу на якому визначається його часова тривалість

$U_{\max}$  – значення амплітуди напруги імпульсного сигналу

$\Delta t$  – часова тривалість на  $L$ -рівні імпульсного сигналу

$S_m = \frac{\partial \Delta t}{\partial U_m}$  – чутливість вимірювального перетворення з часовим представленням інформації

$S_R = \frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial R_f}$  – чутливість вимірювального перетворення в резистивній вимірювальній схемі

$\alpha$  – коефіцієнт амплітуди для визначення  $L$ -рівня

$\Delta t_{\Sigma}$  – сумарна тривалість компонент складного імпульсного сигналу

$S_R = \frac{\partial \Delta t_{\Sigma}}{\partial R_f}$  – чутливість вимірювального перетворення в резистивній вимірювальній схемі з додатковим інтегрувальним перетворенням

$s$  – змінна Лапласа

$\operatorname{erfc}\left(\frac{a}{2} s\right)$  – функція додаткової похибки

## ПЕРЕДМОВА

Ідея написати монографію, яка стала б логічним продовженням з одночасним поглибленням і розширенням напрямів закладених в попередній монографії «Основи теорії і практики інтервальних вимірювань», яка вийшла з друку у 2003 році, настійливо турбувала і вимагала свого втілення вже протягом досить тривалого часу...

Щойно закінчив попереднє речення і знову здивувався, наскільки ж ми «прив'язані» до часу. Практично будь-яка дія і навіть думка завжди так-чи інакше співвідносяться, залежать від нього і в кінці-кінців оцінюються через час. Він є обов'язковим атрибутом усіх накопичених людством знань і способів їх вираження

Так що ж воно є таке – час? У чому його суть?

Оцінюючи з позицій сучасного рівня розвитку науки змушений констатувати, що за всю багатовікову історію розвитку людської цивілізації поняття часу практично не зазнало змін, а розуміння його суті так і залишається для нас незбагненою загадкою, якою вона була і для мільярдів наших попередників.

Світ у якому ми існуємо є проявом чотиривимірною континуума. І якщо відносно трьох просторових координат ми опанували технології, які дають свободу будь-яких дій, то відносно четвертого виміру ми залишаємось так само безпорадними як і всі наші попередники. Сьогодні можна лише з повною впевненістю констатувати, що нам невідомо жодного об'єкта, явища або взаємодії, які існували б поза часом. І тому, ось ця нерозривність доступного нам простору і недоступного часу підштовхує до думки про можливість гіпотетичного управління останнім, або принаймні його використання в нових технологіях.

Спробі пояснити, яким чином можна застосувати час, що виражається у формі різних часових інтервалів у новій технології проведення вимірювань фізичних величин і присвячена ця монографія.

Для зацікавлених читачів, які мають бажання більше дізнатися про природу часу і його філософське осмислення можу порекомендувати ознайомитися з матеріалами заснованого в 1966 році доктором Дж. Т. Фрезером Міжнародного Товариства з Вивчення Часу (ISST) (<http://www.studyoftime.org>), а також з інформацією, яка представлена в Інтернеті у Web-Інституті Дослідження Природи Часу, що заснований Російським міждисциплінарним семінаром з темпорології в Московському державному університеті ім. М. В. Ломоносова. (<http://www.chronos.msu.ru/rindex.html>)



Монографія адресована науковцям, інженерам, аспірантам та студентам, наукові пошуки і робота яких пов'язана з вимірювальною технікою і які прагнуть освоювати нові технології в цьому напрямку. Крім того, з надією сподіваюсь, що ідеї і розробки цієї праці викличуть у читачів бажання долучитися до наукових пошуків, які дозволять розширити горизонти розуміння природи часу, створити нові технології і технічні системи, які будуть використовувати унікальні властивості і прояви часу.

Автор висловлює подяку всім науковцям, співпраця з якими позитивно впливала на розвиток роботи і в першу чергу доценту кафедри метрології та промислової автоматики ВНТУ Валерію Марушаку, який впродовж довгих років завжди знаходив час для спілкування по проблематиці роботи, а його поради сприяли виникненню і розвитку нових корисних ідей.

Окрему глибоку подяку автор адресує шановним рецензентам – доктору технічних наук, професору, завідувачу кафедри Інформаційно-вимірювальних систем Національного авіаційного університету Куцу Ю. В., та доктору технічних наук, професору, завідувачу кафедри Автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки Вінницького національного технічного університету Кветному Р. Н., цінні поради та зауваження яких сприяли покращенню монографії.

Відгуки про цю роботу, зауваження і побажання прохання надсилати на адресу видавництва ВНТУ:, КІВЦ, к. 114 ГНК, Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця. 21021.

## ВСТУП

Поступальний і достатньо динамічний розвиток усіх сфер діяльності людей сьогодні нерозривно пов'язаний із зростанням вимог до методів та засобів вимірювань. Незважаючи на стрімке поширення застосування у вимірювальних пристроях високопродуктивної мікропроцесорної та комп'ютерної техніки, в наш час спостерігається певне відставання в функціональних та метрологічних можливостях сучасних засобів вимірювальної техніки по відношенню до тих вимог, які висуваються до неї з боку потреб виробництва, науки, культури, та інших видів діяльності людей. У першу чергу це стосується, з одного боку – потреб збільшення роздільної здатності, зменшення впливу завад на результати вимірювань, з іншого боку – вимог зменшення енергоспоживання вимірювальною технікою. Таке становище породжує важливу проблему, яка полягає в необхідності забезпечення у комплексі збільшення роздільної здатності вимірювань, підвищення їх стійкості до дії завад та покращення енергетичних характеристик засобів вимірювання. Враховуючи загальні тенденції розвитку науки і техніки, потрібно відзначити, що вирішення цієї проблеми є вкрай актуальним для сьогодення.

Сучасні засоби вимірювальної техніки створюються переважно у вигляді потужних багатоканальних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС). В розробку теорії і практики побудови ІВС вагомий вклад внесли вчені США, Англії, Франції, Росії, Німеччини, Японії та інших країн світу [1–27]. В Україні інтенсивний розвиток в цьому напрямку був започаткований П. П. Орнатським. Сьогодні він ефективно продовжується завдяки працям багатьох відомих українських вчених. Розвиток ІВС на сучасному етапі відбувається в основному за рахунок більш повного використання потенціалу методів цифрової обробки інформації за допомогою комп'ютерної та мікропроцесорної техніки, а також за рахунок збільшених можливостей їх апаратного та програмного забезпечення. Однак, суттєво покращити функціональні та метрологічні характеристик ІВС може лише застосування нових методів вимірювань, нових принципів структурного синтезу ІВС, нових способів організації вимірювальних каналів та побудови первинних вимірювальних перетворювачів. Серед базових цілей покращення функціональних та метрологічних характеристик ІВС можна виділити такі: підвищення точності вимірювань, збільшення чутливості до вимірюваних величин і нечутливості до дії завад, зменшення енергоспоживання і забезпечення

уніфікованості структури ІВС з можливістю легкої зміни роду вимірюваних величин та діапазонів вимірювань. Крім того, в останні роки з'явився ряд нових вимірювальних задач, пов'язаних із розвитком комп'ютерних мереж і необхідністю якісного і кількісного оцінювання їх статичних і динамічних параметрів та інших характеристик. Для вирішення останніх задач теж виникає потреба в розвитку теорії і практики створення відповідних ІВС.

Таким чином, для вирішення відзначеної проблеми необхідно розв'язати комплекс задач, пов'язаних з розробкою теоретичних засад та практичних положень для побудови ІВС з часовим представленням вимірювальної інформації, які відрізняються підвищеною точністю вимірювань, високою чутливістю до вимірюваних величин, забезпечують інваріантність до дії завад, мають менше енергоспоживання та уніфіковану структуру. Потенційні можливості для розв'язання вказаної проблеми і комплексу пов'язаних з нею задач надає запропонована і розвинута в теоретичному і прикладному аспектах в монографії концепція застосування часових інтервалів в якості універсальної вимірювальної величини при виконанні процедур вимірювання значень інших фізичних величин. Впровадження цієї концепції виконано на основі розвитку теорії та методів створення вимірювальних каналів, функціонування яких базується на використанні часового представлення вимірювальної інформації у формі часових інтервалів, з відповідним технічним, програмним та метрологічним забезпеченням, нових методів та засобів здійснення вимірювальних перетворень значень фізичних величин у вимірювальні сигнали з інформативною ознакою, яка виражається у їх часовій тривалості.

Наведена аргументація підтверджує своєчасність та актуальність вирішення поставленої науково-практичної проблеми.

В основному матеріалі монографії розглянуто розробку теоретичних засад технології вимірювання на основі представлення значень фізичних величин часовими інтервалами. Практичне застосування цієї технології приводить до підвищення роздільної здатності і завадостійкості вимірювань та зменшення енергоспоживання в ІВС у комплексі за рахунок побудови їх вимірювальних каналів на основі часового представлення значень вимірюваних величин і переходу до імпульсного режиму роботи.

Основним об'єктом дослідження в роботі є процеси отримання вимірювальної інформації про значення фізичних величин шляхом їх перетворення в часові інтервали.

У монографії проведено аналіз і систематизацію представлень виміральної інформації в ІВС та обґрунтовано доцільність представлення значень вимірюваних фізичних величин часовими інтервалами на основі чого розроблені теоретичні засади технології вимірювань у якій часові інтервали використовуються як основна форма представлення виміральної інформації, що дозволяє будувати уніфіковані засоби вимірювань, які працюють в імпульсному режимі з підвищеною точністю вимірювань, зниженим енергоспоживанням та збільшеною завадостійкістю.

Розроблені нові принципи створення вимірвальних каналів, які базуються на застосуванні нових способів та пристроїв здійснення вимірвальних перетворень, або на основі використання класичних вимірвальних схем з резистивними сенсорами, робота яких організовується за новими принципами з використанням імпульсних тестових сигналів (ІТС).

У роботі запропоновано методологію та математичні моделі для аналітичного визначення нового виду вимірвальних перетворень при використанні основних видів форм ІТС. Отримані моделі і методики є базовими для розробки вимірвальних каналів з використанням ІТС.

Розроблено математичні моделі вимірвальних перетворень та функцій чутливості для вимірвальних каналів побудованих на основі потенціометричних вимірвальних схем при застосуванні типових форм ІТС, та на основі мостових вимірвальних схем при застосуванні типових форм ІТС напруги та струму, що дозволяє виконувати інженерне проектування нових вимірвальних каналів, в тому числі і нечутливих до втрат у лініях зв'язку.

Запропоновано структуру, математичне та метрологічне забезпечення вимірвального каналу з додатковим інтегрувальним перетворенням на основі потенціометричної та мостових вимірвальних схем, що, завдяки застосуванню прямокутних ІТС, дає технологічні переваги і підвищує чутливість при застосуванні інших ІТС.

Розроблено принципи побудови інваріантних вимірвальних каналів з часовим представленням вимірвальної інформації, що дозволяють створювати вимірвальні канали, які будуть нечутливими до дії завод.

Запропоновано нові методи та засоби вимірвальних перетворень для застосування у вимірвальних каналах ІВС з часовим представленням вимірвальної інформації.

Сформовано математичний тезаурус розробленого вимірювального процесу, проведено аналіз похибок та розроблено методику оцінювання невизначеності результатів вимірювань з часовим представленням інформації.

Розроблено концептуальні, теоретичні та практичні засади створення ряду спеціалізованих ІВС та вирішення інших задач науки і техніки які базуються на часовому представленні вимірювальної інформації.

Для вирішення поставлених завдань в роботі були використані:

- теорія вимірювань, теорія розмірностей фізичних величин, теорія похибок вимірювань, теорія сигналів, теорія ІВС для обґрунтування можливостей і переваг створення ІВС у яких вимірювані фізичні величини представляються часовими інтервалами;

- методи теорії функцій та функціонального аналізу, математичний аналіз, теорія множин, інтегральне числення, теорія інваріантності систем, теорія лінійного і нелінійного програмування, теорія електричних кіл, теорія автоматичного управління, електроніка, нечіткий аналіз, теорія теплових процесів, для розробки теоретичних засад і практичних положень зі створення нових методів вимірювальних перетворень, нових видів вимірювальних перетворювачів, нових структур вимірювальних каналів та нових ІВС.

Перед викладенням основного матеріалу зазначу, що практична цінність розроблених концепцій, теоретичних засад, методів і математичних моделей підтверджується створеними на їх основі новими методиками і алгоритмами вимірювань, побудованими вимірювальними пристроями та ІВС підвищеної точності і завадостійкості, зі зменшеним енергоспоживанням, розробленим методичним та математичним забезпеченням для повноцінного інженерного проектування і розрахунку вимірювальних каналів, які працюють на нових засадах.

# 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ У ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЯХ І СИСТЕМАХ

## 1.1. Основні принципи і підходи в побудові інформаційно-вимірювальних системи, як основних засобів вимірювальної техніки сьогодення

Динаміка розвитку науки і техніки на початку XXI століття перевершує всі сподівання. Однак, при більш детальному погляді на цей процес і його наслідки стає очевидною його надзвичайна нерівномірність. Певні галузі техніки і технологій, наприклад, мікроелектроніка, комп'ютерна техніка досягли небаченого розвитку як в якісних показниках, так і у відношенні своєї уніфікованості та універсальності застосування. А от інші, в тому числі вимірювальні прилади і інформаційно-вимірювальні системи, значно відстають у такому порівнянні. Разом з тим інтенсифікація промислового виробництва, зростання потреб комплексної автоматизації в різних сферах людської діяльності вимагають нагального вирішення завдань, пов'язаних із створенням і впровадженням засобів інформаційно-вимірювальної техніки. Вказані завдання закономірно виникають через необхідність сприйняття технічними засобами інформації про стан навколишнього світу в цілому і досліджуваних та керованих об'єктів зокрема, а, оскільки таке сприйняття повинне бути адекватним дійсності, воно повинно виконуватися з дотриманням вимог метрології за допомогою спеціальних вимірювальних приладів та систем.

Як відомо [28], інформаційно-вимірювальна техніка (ІВТ) призначена для отримання дослідним шляхом кількісно визначеної інформації про різні об'єкти матеріального світу. Головним в ІВТ є процес вимірювання, який по суті є основним шляхом отримання кількісної інформації. Саме цим шляхом йшли наші пращури (історичні свідчення про застосування засобів вимірювань були знайдені у Вавилоні, Китаї, Індії, Єгипті, Сирії, Греції та інших країнах світу) [29], цим шляхом продовжуємо сьогодні йти і ми.

Освоювання нових технологічних процесів, створення новітніх технічних систем потребують засобів вимірювання та контролю величин, для яких раніше не були розроблені метрологічно атестовані засоби вимірювальної техніки. Таке збільшення кількості видів вимірюваних величин веде до необхідності вдосконалення існуючих засобів вимірювань і розробки нових. Крім того, у зв'язку з поширенням останнім часом комплексним підходом до отримання оцінки стану

матеріальних об'єктів, формуються нові вимоги до інформаційно-вимірювальної техніки, які пов'язані з отриманням і використанням результатів не окремих вимірювань, а потоків вимірювальної інформації. Причому, отримання всього об'єму вимірювальної інформації повинно виконуватися за обмежений час.

Таким чином, перед розробниками вимірювальної техніки виникла проблема створення нового класу засобів вимірювання – інформаційно-вимірювальних систем або вимірювально-інформаційних систем, які призначені для автоматичного збору, обробки, зберігання, передачі та представлення вимірювальної інформації з можливістю виконання логічних функцій контролю, діагностики та ідентифікації.

Отже, ІВС є узагальнювальним поняттям, яке виражає клас засобів інформаційно-вимірювальної техніки, що об'єднують системи вимірювання, контролю, діагностики та ідентифікації.

В ДСТУ 2681—94 [30] наведено таке визначення: ІВС – це сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів контролю, діагностування та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної та інших видів інформації. Зрозуміло, що поняття ІВС повинно задовольняти більш загальне поняття – система. У цьому відношенні, у відповідності з положеннями теорії систем, під ІВС слід розуміти множину взаємопов'язаних елементів, які представляють цілісне утворення. При подальшому розгляді ІВС з цих позицій їх можна характеризувати структурами, які визначатимуться сукупностями елементів, зв'язків між ними, глибиною порядку елементів і т. д.; функціонуванням, як порядком процесів, сукупністю реакцій системи на умови зовнішнього та внутрішнього середовищ; розвитком у часі, що супроводжується незворотними змінами внаслідок старіння, процесами навчання, адаптації і т. д. У відповідності до вище мовленого ІВС потрібно розглядати насамперед з точки зору структурної організації та алгоритмів її функціонування.

Для кращого розуміння сучасного етапу і перспектив майбутнього розвитку ІВС доцільно коротко оглянути історію зародження і становлення цього виду інформаційно-вимірювальної техніки.

Вперше концепцію ІВС, як нового класу засобів інформаційно-вимірювальної техніки, було сформульовано на початку 60-х років минулого століття такими відомими вченими, як К. Б. Карандєєв, М. П. Цапенко, В. И. Рабинович, П. В. Новіцький та іншими [4, 5, 8]. Вже тоді в основі концепції ІВС лежала ідея системної організації скоординованої автоматичної роботи засобів отримання, обробки і переда-

чі вимірювальної інформації. Саме в ті часи були створені ІВС першого покоління. Їхньою основною особливістю можна вважати централізацію циклічного отримання вимірювальної інформації та її першочергову обробку за допомогою спеціалізованих обчислювальних пристроїв, які були виконані на основі дискретних напівпровідникових елементів.

В 70-х роках починають набувати поширення ІВС другого покоління. Для них стає характерним адресний збір вимірювальної інформації з її подальшою обробкою на ЕОМ, які часто вже входили до складу таких систем. Проте ще значною залишається частка ІВС, у яких обробка вимірювальної інформації здійснюється за допомогою спеціалізованих обчислювальних пристроїв, але які вже будуються на основі використання мікросхем малого та середнього ступеня інтеграції. Вперше для ІВС другого покоління почали застосовувати принципи уніфікації та агрегування. Завдяки застосуванню стандартних цифрових інтерфейсів та уніфікованих функціонально завершених промислових блоків, які були сумісними між собою за інформаційними, метрологічними, енергетичними та конструктивними характеристиками, з'явилися якісно нові властивості в проектуванні, виготовленні та експлуатації ІВС. Використання мікропроцесорів, та мікроконтролерів дозволило значно покращити більшість характеристик ІВС, їх почали застосовувати практично у всіх випадках, де виникала необхідність виконання масових вимірювальних операцій. Сферою застосування ІВС стають фізичні, хімічні, біологічні дослідження, практична медицина, експериментальні дослідження в геофізиці, океанографії, метеорології, системи управління та життєзабезпечення космічних комплексів. Детальний опис та аналіз таких систем представлений в [3–8].

З середини вісімдесятих років минулого століття зароджується і починає активно розвиватися третє покоління ІВС [8–10, 14, 18]. До характерних ознак цих систем можна віднести перерозподіл засобів цифрової обробки сигналів по всіх рівнях та окремих блоках ІВС, використання системних вимірювальних перетворювачів. В ІВС третього покоління застосовується гнучка структура, яка, завдяки засобам програмної конфігурації, може адаптуватися під конкретні потреби. Використання потужних цифрових сигнальних процесорів дозволяє ІВС третього покоління працювати в режимі реального часу з об'єднанням процедур вимірювання і обробки інформації.

В наші дні продовжується розвиток третього покоління ІВС. Сьогодні для нього є характерним обов'язкове оснащення всіх функціональних пристроїв систем простими інтерфейсами, які дозволяють



підключати до них персональні комп'ютери. Обчислювальні засоби, які функціонують в складі ІВС, забезпечують повну автоматизацію процедур з моменту початку вимірювань сигналів, що надходять в вимірювальні канали від сенсорів фізичних величин і до моменту прийняття рішення про достовірність результатів вимірювань.

У підсумку, крім вищезазначених ознак, для ІВС третього покоління є характерним зростання їх загальної інтелектуалізації. Відтепер їм притаманні мережеві властивості, завдяки яким керувати вимірювальними експериментами та отримувати їх результати можна на віддалі в тисячі кілометрів. Реальністю стають розподілені ІВС, у яких окремі частини є географічно віддаленими і водночас з'єднаними в єдину систему завдяки комп'ютерній мережі.

Аналіз великої кількості ІВС дозволяє запропонувати узагальнену структурну схему ІВС третього покоління, яка представлена на рис. 1.1. На узагальненій структурній схемі ІВС третього покоління представляється як відкритий системний конгломерат об'єднаних множин різноманітних технічних, алгоритмічних, програмних та інших пристроїв, методів та засобів, сумісне функціонування яких забезпечує виконання задач, що стоять перед ІВС. Формально це означає, що ІВС можна представити модельною структурою  $\hat{W}$ , для якої існує опис  $\xi$ , такий, що множина  $\{\Psi(\hat{W}, \xi)\}$  є достатньою для повного системного опису ІВС в рамках вибраної модельної структури.

Враховуючи ту обставину, що об'єкт досліджень не може існувати ізольовано від зовнішнього середовища, ІВС повинна отримувати первинну вимірювальну інформацію не тільки про значення параметрів самого об'єкта, але і про значення параметрів навколишнього середовища. Для цього в складі ІВС обов'язково передбачається множина сенсорів  $\{S\}$ , які повинні безпосередньо взаємодіяти з самим об'єктом і зовнішнім середовищем.

В загальному випадку в множині сенсорів можна виділити локальні сенсори  $S_l$ , які постійно розміщені в певних точках простору, рухомі локальні сенсори  $S_m$ , сенсори скануючого типу  $S_s$ , інтегральні та системні сенсори  $S_i$ , здатні одночасно сприймати площинні або просторові розподіли значень досліджуваних величин. Для забезпечення гнучкості конфігурації множини сенсорів, їх переключень, вибору, управління режимами живлення і т. д. передбачені спеціальні інтерфейсні пристрої, які через стандартизовані вхідні інтерфейси забезпечують зв'язок та управління сенсорами через системну шину ІВС.

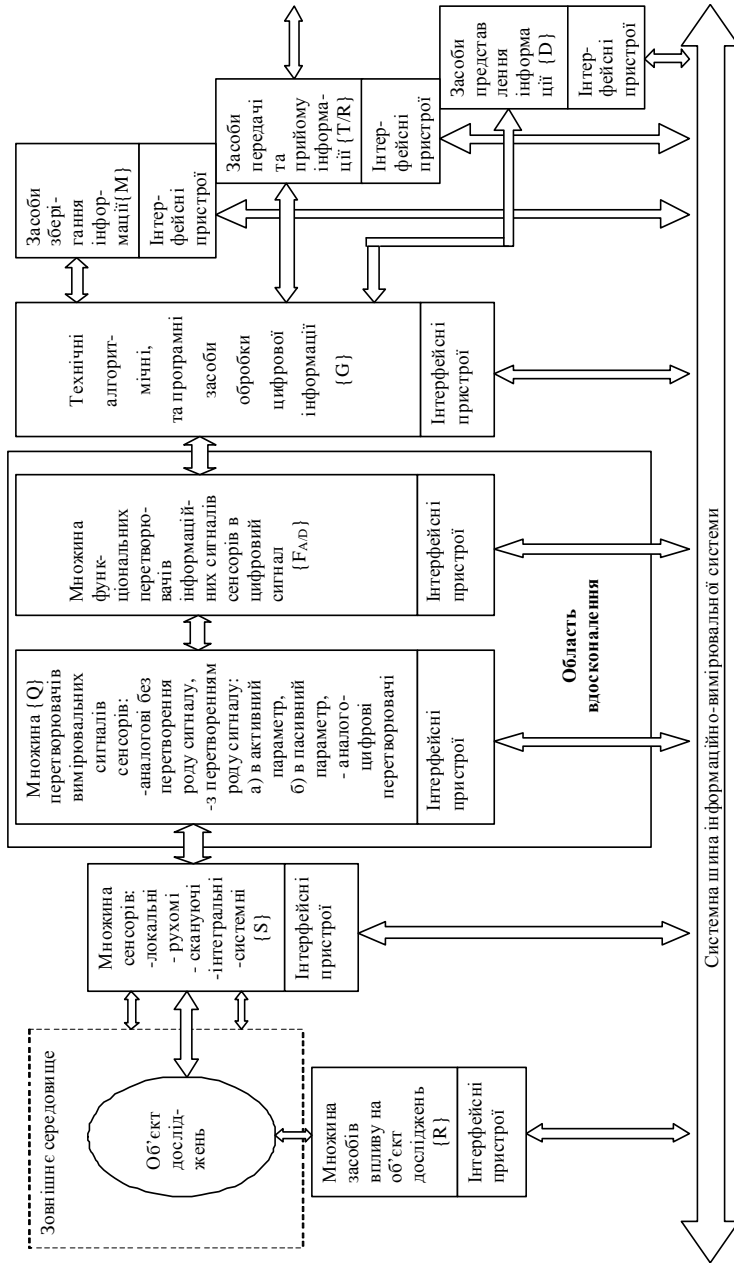


Рис. 1.1. Узагальнена структурна схема ІВС третього покоління

Зокрема, через ці пристрої здійснюється прийом командних сигналів і передача інформації про стан сенсорів.

Для здійснення вимірювального експерименту в структурі системи передбачена множина засобів впливу  $\{R\}$  на об'єкт дослідження, які повинні формувати сигнали впливу з метою створення відповідних умов для проведення експерименту, а також для зрівноважування величин, які діють на входи сенсорів, тобто, для здійснення компенсуючого зворотного зв'язку. Множина засобів впливу на об'єкт дослідження також оснащена спеціальними інтерфейсними пристроями, які забезпечують зв'язок та управління ними через системну шину.

Множину перетворювачів вимірювальних сигналів сенсорів  $\{Q\}$  доцільно розділити на два види: аналогові та аналого-цифрові. Аналогові перетворювачі можуть виконувати перетворення вихідних сигналів сенсорів без зміни їхньої фізичної природи (просте масштабування) або з зміною фізичної природи. В останньому випадку перетворення може відбуватися в напрямку створення сигналу активного параметра: струм, напруга, частота або в напрямку створення сигналу пасивного параметра: опір, ємність, індуктивність, взаємна індуктивність і т. д. Аналого-цифрові перетворювачі здійснюють пряме перетворення аналогових сигналів сенсорів в цифровий сигнал. Відмінності можуть полягати у виборі коду цифрового сигналу та у варіантах його представлення. Для зв'язку контролю та управління об'єктами розглянутої множини перетворювачів вони також оснащені інтерфейсними пристроями за аналогією з раніше розглянутими структурними елементами ІВС.

Простота, висока точність, стабільність та незначна вартість обробки інформації у цифровому вигляді зумовили загальну тенденцію перетворення вимірювальних сигналів у цифрову форму по можливості на найбільш ранніх стадіях вимірювального експерименту. Представлення і обробка вимірювальної інформації в цифровому вигляді сьогодні стали загальним стандартом [31]. Тому в складі ІВС обов'язковим є наявність множини функціональних перетворювачів інформаційних сигналів сенсорів в цифровий сигнал  $\{F_{AD}\}$ . Якщо інформаційні сигнали є безперервними функціями часу, то важливим для подальшої цифрової обробки є правильний перехід від безперервного часу до дискретного. Для здійснення даного переходу застосовується розкладання досліджуваних сигналів по системах базисних функцій [32–34]. Представлення вимірювального сигналу у вигляді впорядкованої множини коефіцієнтів, його розкладання у вибраній системі базисних функцій слугує досить зручною моделлю.

Основним питанням при виборі системи базисних функцій є адекватність отриманої моделі і самого сигналу.

Широкого розповсюдження набув базис функцій Котельникова [32], досить часто практикується розкладання сигналів в системі імпульсних базисних функцій, зокрема, в якості останніх застосовуються функції Уолша, Хаара, Радемахера [35]. Для аналізу однократних або рідко повторюваних сигналів доцільно застосовувати базис функцій Лагерра [33].

Ортогональні базисні функції  $f_k(t)$  мають таку властивість:

$$\int_l f_k(t)f_j(t)\rho(t)dt = \begin{cases} c, k = j; \\ 0, k \neq j, \end{cases} \quad (1.1)$$

де  $l$  – область, в якій зберігається ортогональність базисних функцій,  $\rho(t)$  – вагова функція. Вибраний базис вважається ортонормованим, якщо  $c = 1$ .

Елементи множини коефіцієнтів  $S_k$ , що представляють сигнал в базисі ортогональних функцій, визначаються з формули:

$$s_k = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)f_k(t)dt, \quad k = 0,1,2,3,\dots \quad (1.2)$$

Вимірювальні сигнали, представлені в цифровому вигляді, для подальшої обробки і використання потрапляють в середовище технічних, алгоритмічних та програмних засобів обробки цифрової інформації  $\{G\}$ . В ІВС задачі цифрової обробки інформації можна поділити на три класи: задачі початкової обробки інформації (визначення параметрів сигналів, фільтрація, корекція, накопичення даних і т. п.); задачі вторинної обробки інформації (виконання спектрального аналізу, ортогональні перетворення, ідентифікація і т. п.); задачі організації введення-виведення інформації, відображення та документування інформації, управління процесом вимірювань.

Своєрідне цифрове ядро ІВС, що утворене в розглянутому середовищі, є універсальним і має загальносистемне значення. Через інтерфейсні пристрої та спільну системну шину сюди сходиться оперативна інформація про стан всіх елементів системи і звідси ж здійснюється ефективне управління ними.

З метою більш повної структурної деталізації на узагальненій структурній схемі рис. 1.1 окремими блоками представлені множини засобів зберігання інформації  $\{M\}$ , множини засобів передачі та прийому інформації  $\{T/R\}$ , множини засобів представлення інформації  $\{D\}$ .

## Література

1. Орнатский П. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники / П. П. Орнатский. – 2-е изд. – К. : Вища школа, 1983. – 455 с.
2. Шрамков Е. Г. Электрические измерения / Средства и методы измерений // Е. Г. Шрамков. – М. : Высш. школа, 1972. – 520 с.
3. Электрические измерения неэлектрических величин / А. М. Туричин, П. В. Новицкий, Е. С. Левшина и др. ; под общ. ред. П. В. Новицкого – 5-е изд. – Л. : Энергия, 1975. – 576 с.
4. Карандеев К. Б. Измерительные информационные системы и автоматика / К. Б. Карандеев // Вестник АН СССР. – 1961. – № 10. – С. 15–18.
5. Новицкий П. В. Основы информационной теории измерительных устройств / П. В. Новицкий – Л. : Энергия, 1968. – 248 с.
6. Катус Г. П. Информационные системы исследовательских аппаратов / Г. П. Катус. – М. : Энергия, 1971. – 272 с.
7. Алиев Т. М. Информационно-измерительные системы количественного учета нефти и нефтепродуктов / Т. М. Алиев, А. А. Тер-Хачатуров. – М. : Недра, 1976. – 160 с.
8. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы / М. П. Цапенко. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 439 с.
9. Новоселов О. Н. Основы теории и расчета информационно-измерительных систем / О. Н. Новоселов, А. Ф. Фомин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1991. – 336 с.
10. Основи метрології та вимірювальної техніки / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін. ; за ред. Б. Стадника. – Львів : Львівська політехніка. – 2005. – Т. 2. – 656 с.
11. Алиев Т. М. , Измерительная техника / Т. М. Алиев, А. А. Тер-Хачатуров. – М. : Высшая школа, 1991. – 384 с.
12. Кветный Р. Н. Математическое моделирование в задачах проектирования средств автоматизации и информационно-измерительной техники / Р. Н. Кветный. – К. : УМК ВО, 1989. – 112 с.
13. Кветный Р. Н. Вероятностное моделирование измерительных информационных систем / Р. Н. Кветный. – К. : УМК ВО, 1990. – 64 с.
14. Чернявский Е. А. Измерительно-вычислительные устройства и комплексы / Е. А. Чернявский, В. В. Недосекин, Д. Д. Алексеев. – Л. : Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.

15. Асадов Х. Г. Синтез одного подкласса ИИС по принципу уменьшения размерности / Х. Г. Асадов // Измерительная техника. – 2001. – № 3. – С. 14–16.
16. Шляндин В. М. Цифровые измерительные устройства / В. М. Шляндин. – М. : Высш. шк., 1981. – 335 с.
17. Таланчук П. М. Основы теории и проектирования измерительных приборов / П. М. Таланчук, В. Т. Руденко. – К. : Выща шк., 1989. – 454 с.
18. Цапенко М. П. Интеллектуальные функции измерительных информационных систем / М. П. Цапенко // Приборы и системы управления. – 1992. – № 2. – С. 16–19.
19. Солопченко Г. Н. Метрологические свойства измерительных информационных систем: учебное пособие / Г. Н. Солопченко. – Л. : Изд. ЛПИ, 1985. – 80 с.
20. Брагин О. О. Метрологічне забезпечення вимірювальних інформаційних систем: Проблеми теорії та створення технічних засобів / О. О. Брагин, А. Л. Семенюк, Є. Т. Удовиченко // Український метрологічний журнал. – 1995. – № 1. – С. 61–64.
21. ГОСТ 8. 438-81 Системы информационно-измерительные. Поверка. Общие положения. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.
22. Сборник руководящих документов. Метрологическое обеспечение информационно-измерительных систем. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 246 с.
23. Беленький А. Я. Определение метрологических характеристик программ вычислений ИИС / А. Я. Беленький, А. М. Кричивец, А. Л. Семенюк // Измерительная техника. – 1989. – № 11. – С. 6–8.
24. Харт Х. Введение в измерительную технику / Х. Харт ; пер. с нем. под ред. М. М. Гельмана. – М. : Мир, 1999. – 391 с.
25. Пинчевский А. Д. Измерительные информационные системы четвертого поколения: особенности и проблемы метрологического обеспечения / А. Д. Пинчевский // Измерительная техника. – 1991. – № 8. – С. 3–4.
26. Соковых А. В. Построение информационных систем с использованием новых технологий корпорации Digital / А. В. Соковых // Приборы и системы управления. – 1995. – № 1. – С. 10–15.
27. Недосекин Д. Д. Информационные технологии интеллектуализации измерительных процессов / Д. Д. Недосекин, С. В. Прокопчина, Е. А. Чернявский. – С.–Пб. : Энергоатомиздат, 1995. – 267 с.
28. Шишкин И. Ф. Теоретическая метрология / И. Ф. Шишкин. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 492 с.

29. Кудрявцев П. С. Курс истории физики / П. С. Кудрявцев. – М. : Просвещение, 1982. – 448 с.
30. Метрологія. Терміни та визначення: ДСТУ 2681-94. – К. : Держстандарт України, 1994. – 68 с.
31. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Голд; пер. с англ. – М. : Мир, 1978. – 848 с.
32. Крошьер Р. Е. Интерполяция и децимация цифровых сигналов / Р. Е. Крошьер, Р. Л. Рабинер. // ТИИЭР. – 1981. – Т. 69, № 3. – С. 14–49.
33. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / И. С. Гоноровский. – М. : Сов. радио, 1977. – 607 с.
34. Френкс Л. Теория сигналов / Л. Френкс ; пер. с англ. – М. : Сов. радио, 1980. – 344 с.
35. Харкевич А. А. Борьба с помехами / А. А. Харкевич. – М. : Физматгиз, 1963. – 276 с.
36. Андриянов А. В. Цифровая обработка информации в измерительных приборах и системах / А. В. Андриянов, И. И. Шпак. – Мн. : Выш. шк. , 1987. – 176 с.
37. Михайлов Е. В. Помехозащищенность информационно-измерительных систем / Е. В. Михайлов. – М. : Энергия, 1975. – 104 с.
38. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах / В. С. Гутников. – Л. : Энергия, Ленингр. отд-ние, 1980. – 248 с.
39. Мартяшин А. И. Преобразователи электрических параметров для систем контроля и измерений / А. И. Мартяшин, Э. К. Шахов, В. М. Шляндин. — М. : Энергия. 1976. – 392с.
40. Гитис Э. И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств / Э. И. Гитис. – М. : Энергия, 1975. – 448 с.
41. Пухов Г. Е. Разрядно-аналоговые вычислительные системы / Г. Е. Пухов, В. Ф. Евдокимов, М. В. Синьков. – М. : Сов. радио, 1978. – 255 с.
42. Пухов Г. Е. Вычислительные устройства на таймерных скаляторах / Г. Е. Пухов, В. Ф. Бардаченко, Ю. В. Королев. – К. : Техника, 1991. – 216 с.
43. Бардаченко В. Ф. Принципы групповой обработки данных на таймерных скаляторах, реализующие метод систолической накачки / В. Ф. Бардаченко // Докл. АН УССР. Сер. А. – 1984. – № 6. – С. 71–73.

44. Пухов Г. Е. Вычислительные устройства на скаляторах / Г. Е. Пухов, В. Ф. Бардаченко, Ю. В. Королев. – К. : Тэхніка, 1983. – 145 с.
45. Бардаченко В. Ф. Методы повышения производительности микропроцессорных систем с помощью таймерных разрядно-аналоговых процессоров / В. Ф. Бардаченко, И. И. Митасов, О. И. Фомин // Техника средств связи. Сер. ВТСС. – 1984. – Вып. 2. – С. 10–16.
46. Бардаченко В. Ф. Метод синтезу таймерних обчислювальних засобів / В. Ф. Бардаченко, В. М. Кичак // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. – № 2. – С. 41–47.
47. Бардаченко В. Ф. Основи теорії таймерних обчислювально-вимірювальних пристроїв : моногр. / В. Ф. Бардаченко, В. М. Кичак – Вінниця : ВНТУ, 2003. – 79 с.
48. Свечников С. В. Квазиимпульсно-потенциальные оптоэлектронные элементы и устройства логико-временного типа / С. В. Свечников, В. П. Кожемяко, Л. П. Тимченко. – К. : Наукова думка, 1987. – 256 с.
49. Кожемяко В. П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды / В. П. Кожемяко – Тбилиси : Мецниереба, 1984. – 360 с.
50. Натрошвили О. Г. Многофункциональные оптоэлектронные модули вычислительных структур / О. Г. Натрошвили, В. П. Кожемяко, Д. О. Саникидзе ; под ред. И. В. Кузьмина. – Тбилиси : Мецниереба, 1986. – 320 с.
51. Реверсивные счетчики на многофункциональных оптоэлектронных модулях / В. П. Кожемяко, А. В. Грабчак, Т. В. Головань, О. Б. Филиппович // Электроника и методы гибридных вычислений. – К. : Наук. думка, 1978. – С. 61–64
52. Шабатура Ю. В. , Лысогор В. Н. Контрольно-измерительные системы на основе новых принципов определения длительности импульсов различной природы / Ю. В. Шабатура, В. Н. Лысогор // Современная контрольно-испытательная техника промышленных изделий и их сертификация. Первая научн. практ. конф. Киев, 12–16 мая, 1997. – Т. 1. – С. 57–60.
53. Шабатура Ю. В. Основи теорії і практики інтервальних вимірювань : моногр. / Ю. В. Шабатура. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 167 с.
54. Шполянський В. А. Хронометрія / В. А. Шполянський. – М. : Машиностроение, 1974. – 656 с.
55. Чернов Л. С. Физика времени / Л. С. Чернов. – М. : Знание. 1983. – 176 с.



56. Козырев Н. А. Причинная или несимметричная механика в линейном приближении / Н. А. Козырев. – Пулково : Академия наук СССР. Главная обсерватория. 1958. – 90 с.
57. Козырев Н. А. Проявление космических факторов на Земле / Н. А. Козырев. – М. : Наука, 1980, – 184 с.
58. Завельский Ф. С. Время и его измерение / Ф. С. Завельский. – М. : Наука, 1987. – 256 с.
59. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення: ДСТУ 36510-97 – К. : Держстандарт України 1997. – 9 с.
60. Державний первинний еталон одиниці часу і частоти / О. С. Клейман, В. П. Оголюк, Г. С. Сидоренко, В. С. та ін. // Український метрологічний журнал. – 1997, вып. 3. – С. 18–23.
61. Государственные эталоны России : Каталог / Под общей редакцией В. Н. Крутикова. – М. : Андреевский флаг, 2000. – 184 с.
62. Захаров І. П. Відтворення одиниць електричних величин : навч. посібник / І. П. Захаров, Ю. Ф. Павленко. – Харків : ХНУРЕ, 2004. – 176 с.
63. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. – М. : Наука, 1987. – 432 с.
64. Сена Л. А. Единицы физических величин и их размерности : учебно-справочное руководство / Л. А. Сена. – М. : Наука, 1988. – 432 с.
65. Измерения физических величин. МИ 2091-90. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 17 с.
66. Бриджмен П. В. Анализ размерностей / П. В. Бриджмен. – М. : ГТТИ, 1934. – 237 с.
67. Шабатура Ю. В. Метод вимірювання протяжності імпульсних процесів та аналіз його математичних основ / Ю. В. Шабатура, М. Б. Тригуб, Ю. В. Бугайов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – № 1. – С. 95–102.
68. Шабатура Ю. В. Волоконно-оптична ІВС на основі інтервальних вимірювань / Ю. В. Шабатура // PHOTONICS-ODS 2002. Міжн. наук. техн. конф. – Вінниця, 23-25 квіт., 2002. – С. 109.
69. Патент 54286 Україна, МПК<sup>7</sup> H04B10/00 Волоконно-оптична система інтервальних вимірювань фізичних величин / Ю. В. Шабатура. – № 2002075732 ; заявл. 11. 07. 2002 ; опубл. 17. 02. 2003. Бюл. № 2. – 4 с.

70. Шабатура Ю. В. Спосіб метрологічно зваженого перетворення тривалості оптичного імпульсу в послідовність оптичних імпульсів. (Повністю оптичний АЦП) / Ю. В. Шабатура // Вісник ВПІ. – 1999. – № 4 – С. 9–13.
71. Поджаренко В. О. Вимірювальні перетворювачі з замкнутою структурою для інформаційно-вимірювальних систем / В. О. Поджаренко, Ю. В. Шабатура // Метрологія та вимірювальна техніка. Четверта міжн. наук. техн. конф. – Харків, 12–14 жовт. 2004. – Т. 2, – С. 283–285.
72. Патент 5783 Україна, МПК<sup>7</sup> G01R27/00. Вимірювальний перетворювач фізичних величин в інтервал часу / Ю. В. Шабатура. – № 20040807006 ; заявл. 21. 08. 2004 ; опубл. 15. 03. 2005, Бюл. № 3.
73. Патент 5086 Україна, МПК<sup>7</sup> G01B9/02. Вимірювальний перетворювач з часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура. – № 20040705274 ; заявл. 01. 07. 2004 ; опубл. 15. 02. 2005, Бюл. № 2.
74. Патент 7264 Україна, МПК<sup>7</sup> G01N27/72. Індуктивно-резонансний вимірювальний перетворювач з часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура. – № 20041109337 ; заявл. 15. 11. 2004 ; опубл. 15. 06. 2005, Бюл. № 6.
75. Шабатура Ю. В. Індуктивно-резонансний вимірювальний перетворювач ІВС з часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура // Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація»: Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 88. – Донецьк : ДонНТУ, 2005. – С. 156–163.
76. Патент 7263 Україна, МПК<sup>7</sup> G01R27/00. Рециркуляційний вимірювальний перетворювач з резистивним сенсором та часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура. – № 20041109336 ; заявл. 15. 11. 2004 ; опубл. 15. 06. 2005, Бюл. № 6.
77. Патент 7262 Україна, МПК<sup>7</sup> G01R27/22. Ємнісний вимірювальний перетворювач з замкнутою структурою та часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура. – № 20041109331 ; заявл. 15. 11. 2004 ; опубл. 15. 06. 2005, Бюл. № 6.
78. Некоторые аспекты применения многопараметрической обработки сигналов в информационных системах / Ю. В. Шабатура, А. П. Григорьев — Винница, 1989, – 6 с. – Деп., в УкрНИИНТИ № 1957-Ук89.
79. Измерения в электронике : справочник / В. А. Кузнецов, В. А. Долгов и др. ; под ред. Кузнецова В. А. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 512 с.

80. Денбновецкий С. В. Современное состояние и перспективы развития методов и средств цифровых измерений временных интервалов / С. В. Денбновецкий, А. Н. Шкуро, С. М. Коношкин // Приборы и системы управления. – 1977. – № 9. – С. 26–28.
81. Данилевич В. В. Временные измерения в физическом эксперименте / В. В. Данилевич, А. Ф. Чернявский. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 104 с.
82. Богородицкий А. А. Нониусные аналого-цифровые преобразователи / А. А. Богородицкий, А. Г. Рыжевский. – М. : Энергия, 1975. – 120 с.
83. Карпов Н. Р. Нониусный измеритель временных интервалов / Н. Р. Карпов // Измерительная техника. – 1980. – № 9. – С. 44–46.
84. Гулякин В. А. Преобразователь время-цифра для систем импульсной оптической дальнометрии / В. А. Гулякин, В. В. Данилевич, Е. В. Новиков // ПТЭ. – 1983. – № 2. – С. 238–243.
85. Генераторы импульсов с разрешением 20 пс / Ю. Чу, П. Фиргюсон // Электроника. – 1977. № 23. – С. 25–34.
86. TDCs. Time-to-Digital Converters. – Режим доступа: <http://www.acam.de>.
87. Основи метрології та вимірювальної техніки / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін. ; за ред. Б. Стадника. – Львів : Львівська політехніка. – 2005. – Т. 2. – 656 с.
88. Алиев Т. М. , Измерительная техника / Т. М. Алиев, А. А. Тер-Хачатуров. – М. : Высшая школа, 1991. – 384 с.
89. Шабатура Ю. В. Дослідження часового представлення вимірювальної інформації в інформаційно-вимірювальних системах / Ю. В. Шабатура // Современные методы кодирования в электронных системах. Вторая междуна. науч. конф. 26–27 окт. 2004 г. – Сумы, – С. 24–25.
90. Y. Shabatura. IMS synthesis based on using fiber-optic sensors / Y. Shabatura, O. Elizarova // III International Conference on Optoelectronic Information Technologies «Photonics – ODS 2005». Vinnytsia, VNTU. 27–28 April, 2005, – P. 137–138.
91. Y. Shabatura. Opto-electrical sensor for measuring transformation of parameters of rotary motion / Y. Shabatura, K. Ovchinnikov // III International Conference on Optoelectronic Information Technologies «Photonics – ODS 2005». Ukraine, Vinnytsia, VNTU. 27–28 April, 2005, – P. 210–211.

92. Y. Shabatura. Research of mathematical model of the optical sensor for liquid environments measurement refraction factor / Y. Shabatura, O. Havrilyuk // III International Conference on Optoelectronic Information Technologies «Photonics – ODS 2005». Ukraine, Vinnytsia, VNTU. 27–28 April, 2005, – P. 211–212.
93. Шабатура Ю. В. Структурний метод синтезу вимірювальних перетворювачів з часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування : перша міжн. наук. техн. конф., 2–5 черв. 2005 р. – Вінниця, С. 130–131.
94. Шабатура Ю. В. Розробка систем вимірювання параметрів зовнішнього середовища, які побудовані на біохімічній основі і методів обробки вимірювальної інформації / Ю. В. Шабатура, В. Н. Лисогор, Л. С. Кривенко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. –1998. – № 2. – С. 144–149.
95. Поджаренко В. О. Дослідження метрологічних характеристик вимірювального каналу для магнітогідродинамічної технології очищення води / В. О. Поджаренко, Ю. В. Шабатура, А. М. Грицюк // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Автоматика, вимірювання та керування. – 2007. – № 574. – С. 39–43.
96. Шабатура Ю. В. Использование нетрадиционных методов синтеза систем управления с заданным качеством для технологических процессов / Ю. В. Шабатура // Контроль и управление в технических системах: 3-я междуна. науч. техн. конф. 18–21 сент. 1995 г. – Винница, – С. 65–66.
97. Шабатура Ю. В. Екобезпека. Сенсори. Діагностика. Системи автоматичного контролю / Ю. В. Шабатура, В. М. Лисогор // КУТС-97: Четверта міжнар. наук. тех. конф. 21–23 жовтн. 1997 р. – Т. 3. – Вінниця, – С. 231–238.
98. Лисогор В. М. Оптичні методи рефрактометрії в контролі продуктів цукрового виробництва / В. М. Лисогор, Ю. В. Шабатура, Ю. В. Бугайов // Вісник ВПІ. – 1998. – № 3. – С. 73–77.
99. Патент 43615 Україна, МПК<sup>7</sup> В60Л28/06. Пристрій для контролю за рівнем активності водія в керуванні механічним транспортним засобом // Шабатура Ю. В., Григор'єв О. П. — № 2001042404 ; заявл. 10. 04. 2001 ; опубл. 17. 12. 2001, Бюл. № 1.
100. Шабатура Ю. В. Оптико-електронний прилад для безперервного вимірювання вологості зерна в потоці / Ю. В. Шабатура, Ю. О. Дмитрієв, О. І. Гаврилюк // PHOTONICS-ODS 2002 : Міжн. наук. техн. конф. 23–25 квіт. 2002 р. – Вінниця, – С. 91.

101. Шабатура Ю. В. Виртуальная медицина на основе интернет-технологий / Ю. В. Шабатура, А. П. Григорьев // Интернет. Освіта Наука. 2002. : Третя міжн. конф. Вінниця, 8–12 жовт. 2002 р. – Т. 1. – С. 236–239.
102. Шабатура Ю. В. Разработка семантического интерфейса для интернет-приложений / Ю. В. Шабатура, С. М. Возний // Интернет. Освіта Наука. 2002. Третя міжн. конф. – Вінниця, 8-12 жовт. 2002 р. Т. 1. – С. 318–320.
103. Патент 53005 Україна, МПК<sup>7</sup> G 01G 9/00. Спосіб вимірювання ваги вантажу / Ю. В. Шабатура, Свирида В. І. – № 2002010721; заявл. 29. 01. 2002 ; опубл. 15. 01. 2003, Бюл № 1.
104. Шабатура Ю. В. Інтервально-частотна система адаптивної оптимальної корекції стану серцево-судинної системи людини / Ю. В. Шабатура // Контроль і управління в складних системах : зьома міжн. наук. техн. конф. 8–11 жовт. 2003 р. – Вінниця, – С. 127.
105. Лисогор В. М. Математичні закономірності деяких числових рядів і їх застосування в теорії і практиці інтервальних вимірювань / В. М. Лисогор, Ю. В. Шабатура, О. П. Григор'єв // Проблеми гармонії, симетрії і золотого перетину в природі, науці та мистецтві: Зб. Наук. праць ВДАУ. – Вінниця, 2003. – С. 335–339.
106. Шабатура Ю. В. Волоконно-оптична система збору та передачі інформації / Ю. В. Шабатура, Ю. В. Бугайов // Контроль і управління в складних системах : зьома міжн. наук. техн. конф. 8–11 жовт. 2003 р. – Вінниця, – С. 79.
107. Шабатура Ю. В. Система мультимедійної інтерактивної діагностики стану людини / Ю. В. Шабатура, Р. В. Борденюк // Контроль і управління в складних системах : зьома міжн. наук. техн. конф. 8–11 жовт. 2003 р. – Вінниця, – С. 139.
108. Шабатура Ю. В. Інтервально-частотна система адаптивної оптимальної корекції стану серцево-судинної системи людини / Ю. В. Шабатура // Вісник ВПІ. – 2003. – № 6. – С. 65–72.
109. Шабатура Ю. В. Оптико-електронний перетворювач для контролю вологості зерна / Ю. В. Шабатура, О. І. Гаврилюк, Ю. О. Дмитрієв // Контроль і управління в складних системах. : зьома міжн. наук. техн. конф. 8–11 жовт. 2003 р. – Вінниця, – С. 49–52.
110. Шабатура Ю. В. Інформаційна система розрахунку компенсаторів похибок вимірювальних перетворювачів / Ю. В. Шабатура, Ю. В. Бугайов // Информационные технологи в XXI веке. Первый молодежный научн. практ. форум. Днепропетровск, 23–24 апр. 2003 г. – С. 53–54.

111. Шабатура Ю. В. Система інформаційно-діагностичної підтримки персоналу по обслуговуванню радіотехнічного обладнання / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // Політ : четверта міжн. наук. техн. конф. 15–16 квіт. – 2004 р. – Київ, – С. 51.
112. Шабатура Ю. В. Програмный комплекс для дистанционного обучения студентов радиотехнических специальностей / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах, А. В. Швец // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : восьмой междуна. молодежный форум. 13–15 апр. 2004 г. – Харьков, – С. 176.
113. Васюра А. С. Дослідження та оптимізація просторово-часових параметрів магнітогідродинамічної системи очищення води / А. С. Васюра, Ю. В. Шабатура // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2002. – № 2(4). – С. 185–193.
114. Y. Shabatura. Portioned system of unceasing checking a quality of drinking water / Y. Shabatura., A. Havrylyuk. // International Conference. Internet-education-science-2004 (IES-2004). Volume 2. VNTU. September 28 – Oktober 16. 2004, — P. 428–432.
115. Y. Shabatura. Researching conditions of the optimum performance for interactive remote training system Voyager SS1 / Y. Shabatura, I. Shtelmakh // International Conference. Internet-education-science-2004 (IES-2004). Volume 1. VNTU. September 28 – oktober 16. 2004, – P. 236–240.
116. Y. Shabatura. The using of the internet technologies with the interval controlling for the intensification of the processes solution of the creative tasks for the inventor character / Y. Shabatura, A. Sofina. // International Conference. Internet-education-science-2004 (IES-2004). Volume 1. VNTU. September 28 – oktober 16. 2004, – P. 339–343.
117. Шабатура Ю. В. Інформаційно-вимірювальна волоконно-оптична система інтервального типу з кільцевою структурою / Ю. В. Шабатура // Науковий журнал. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2004. – № 6(76). – С. 124–130.
118. Шабатура Ю. В. Система інформаційно-діагностичної підтримки персоналу по обслуговуванню радіотехнічного обладнання / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // Наукове видання. Наука і мо-лодь : Зб. наук. праць. – К. : НАУ, 2004, – С. 111–114.
119. Шабатура Ю. В. Кодування і вибір функцій управління з використанням поточного часу в якості опорного каналу / Ю. В. Шабатура, Ю. О. Дмитрієв, В. П. Бараболя // Современные методы кодирования в электронных системах. Вторая междуна. науч. конф. 26–27 окт. 2004 г. – Сумы, – С. 26–27.

120. Шабатура Ю. В. Розподілена інформаційна система підтримки колективного пошуку оптимальних рішень / Ю. В. Шабатура // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2004. – № 1. – С. 12–16.
121. Патент 5077 Україна МПК<sup>7</sup> G01N21/43. Оптико-електронна система вимірювання оптичної густини рідин / Дмитрієв Ю. О., Гаврилюк О. І., Шабатура Ю. В. – № 2002086938 ; заявл. 23. 08. 2002; опубл. 15. 02. 2005. Бюл. № 2. – 2 с.
122. Шабатура Ю. В. Використання часового представлення виміральної інформації в інтелектуальних інформаційно-вимірвальних системах / Ю. В. Шабатура, О. П. Григор'єв // Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій : Міжн. наук. конф. : зб. наук. праць. – Євпаторія, 2005. – Том 4, – С. 169–172.
123. Шабатура Ю. В. Інтервальне управління в інформаційних технологіях для реалізації алгоритмізованих методів колективного дистанційного пошуку технічних рішень / Ю. В. Шабатура, О. П. Григор'єв // Інформаційні технології в наук. дослідженнях і навчальному процесі : міжн. наук. прак. конф. 21–23 лист. 2005 р. – Луганськ, – С. 184–191.
124. Шабатура Ю. В. Голосова інформаційно-вимірвальна система з інтервально-часовим управлінням для пасажирських вагонів залізничного транспорту / Ю. В. Шабатура, В. Ю. Овчинников, В. Ю. Марущак // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – № 2(6). – С. 54–61.
125. Шабатура Ю. В. Структурно-математичні основи синтезу інформаційно-вимірвальних систем з часовим поданням інформації / Ю. В. Шабатура // Вимірвальна техніка та метрологія. – 2006. – № 66. – С. 164–173.
126. Шабатура Ю. В. Вимірвальний канал для визначення характеристик обертальних рухів з часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура // Автоматика – 2006. ; міжн. конф. з автоматичного управління. 25–28 вер. 2006 р. – Вінниця, – С. 163.
127. Шабатура Ю. В. Нова технологія магнітогідродинамічного очищення води та інформаційно-вимірвальна система для контролю його роботи / Ю. В. Шабатура, А. М. Грицюк // Вісник ВПІ. – 2006. – № 5. – С. 14 – 17.
128. Шабатура Ю. В. Інформаційна система моніторингу динаміки характеристик мережі INTERNET / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // Системні технології : зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2006. – Випуск 6(47). – С. 252–261.

129. Поджаренко В. О. Узагальнені теоретичні та практичні аспекти синтезу ІВС з часовим представленням інформації / В. О. Поджаренко, Ю. В. Шабатура // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – Т1, № 2. – С. 204 – 208.
130. Шабатура Ю. В. Перетворення інформації у вимірюваннях з часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура // Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації : перша міжн. наук. практ. конф. 15–17 трав. 2007 р. – Вінниця, – С. 129–130.
131. Шабатура Ю. В. Принципи формування вимірювальної інформації з застосуванням тестових імпульсних сигналів / Ю. В. Шабатура // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування : третя міжн. наук. техн. конф. 31 трав. – 2 черв. 2007 р. – Вінниця, – С. 57–58.
132. Шабатура Ю. В. Застосування нового виду вимірювального перетворення у термальних витратомірах газу / Ю. В. Шабатура, О. В. Зелена // Вимірювання витрати та кількості газу. П'ята наук. техн. конф. Івано-Франківськ, 23-25 жовт. 2007 р. – С. 45.
133. Шабатура Ю. В. Вимірювальний канал товщини діелектричних покриттів металевих поверхонь з підвищеною точністю вимірювання / Ю. В. Шабатура, К. В. Овчинников // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування : третя міжн. наук. техн. конф. 31 трав. – 2 черв. 2007 р. – Вінниця, – С. 59–60.
134. Шабатура Ю. В. Інтегрована інформаційно-вимірювальна система для контролю та управління магнітогідродинамічною системою очищення води / Ю. В. Шабатура, А. М. Грицюк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – 2007. Т. 2. – Випуск 57, – С. 172–177.
135. Патент 24959 Україна, МПК<sup>7</sup> G01R31/34 Автоматизована система для випробовування асинхронних електродвигунів / Поджаренко В. О. , Присяжнюк В. В. , Шабатура Ю. В. – № 200701149 ; заявл. 05. 02. 2007; опубл. 25. 07. 2007. Бюл. № 11.
136. Шабатура Ю. В. Ефективна експлуатація обчислювально-інформаційних систем в умовах низької пропускну здатності комунікаційних каналів / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Т. 2, – 2007. Випуск 57. – С. 178–182.
137. Шабатура Ю. В. Інформаційно-вимірювальна система з часовим представленням інформації на основі волоконно-оптичних датчиків [Електронний ресурс] / Ю. В. Шабатура, О. В. Зелена // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Випуск 1 (2008). – Режим доступу до журн. : [www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2008-1/uk.html](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2008-1/uk.html)



138. Шабатура Ю. В. Нові методи отримування вимірювальної інформації в імпульсних інформаційно-вимірювальних системах / Ю. В. Шабатура // IV м. н. т. к «Photonics – ODS-2008». – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – С. 134–135.
139. Шабатура Ю. В. Вимірювальні канали на основі нових принципів перетворення вимірювальної інформації [Електронний ресурс] / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах, М. Ю. Шабатура // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Випуск 1 (2008). – Режим доступу до журн. : [www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2008-4/2008-4.htm](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2008-4/2008-4.htm)
140. Шабатура Ю. В. Нові методи та засоби перетворення форм вимірювальної інформації / Ю. В. Шабатура, Ю. В. Бугайов // П м. н. п. к. «Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації» : тези доповідей. – ВНТУ, м. – Вінниця, – 2009. – С. 170–171.
141. Shabatura Y. Mathematical modeling of measuring channels with time representation of the measuring information and nonlinear transformation of the form of a signal / Y. Shabatura, Y. Bugaev. // Nonlinear Analysis and Applications 2009: Materials of the international scientific conference (02-04 th 2009, Kyiv) – Kyiv: NTUU «KPI», 2009. – P. 70.
142. Шабатура Ю. В. Модернізація вимірювальних систем шляхом застосування перетворення з часовим представленням вимірювальної інформації / Ю. В. Шабатура, К. В. Овчинников // Перспективи розвитку озброєння і військової техніки сухопутних військ. П Всеукраїнська н. т. к. : збірник тез доповідей. – Львів, 2009. – С. 215
143. Пиатровский Я. Теория измерений для инженеров: пер. с польск. / Я. Пиатровский. – М. : Мир, 1989. – 296 с.
144. Лейтман М. Б. Нормирующие измерительные преобразователи электрических сигналов / М. Б. Лейтман. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.
145. Автоматизация проектирования устройств измерительной техники / Ю. М. Туз, А. И. Заборный, Б. Н. Белоусов, и др. – К. : Выща шк. , 1998. – 288 с.
146. Спектор С. А. Электрические измерения физических величин / С. А. Спектор. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 320 с.
147. Скрипник Ю. А. Повышение точности измерительных устройств / Ю. А. Скрипник. – К. : Техника, 1976. – 264 с.
148. Электрические измерения неэлектрических величин : учебник для вузов / Под ред. П. В. Новицкого – Л. : Энергия, – 1975. – 576 с.

149. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю / Є. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко, Г. Б. Сердюк. – Вінниця : Велес, 2001. - 219 с.
150. Передельский Г. И. Мостовые цепи с импульсным питанием / Г. И. Передельский. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
151. Кончаловский В. Ю. Электрические измерительные преобразователи / В. Ю. Кончаловский, Я. А. Купершмидт, Р. Л. Сыропятова, Р. Р. Харченко; под ред. Р. Р. Харченко. – М. : Энергия, 1967. – 408 с.
152. Кондрашов С. І. Методи підвищення точності систем тестових випробовувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах : монографія. / С. І. Кондрашов. – Харків: НТУ «ХП», 2004. – 224 с.
153. Луцик Я. Т. Енциклопедія термометрії / Я. Т. Луцик, Л. К. Буняк, Ю. К. Рудавський, Б. І. Стадник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 428 с.
154. Грановский В. А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В. А. Грановский, Т. Н. Сирая. – М. : Энергоатомиздат, 1999. – 288 с.
155. Кауфман М. Практическое руководство по расчетам в электронике. Том 1 / М. Кауфман, А. Сидман. – М. : Энергоатомиздат 1993. – 268 с.
156. Бандак М. І. Електроніка в вимірюваннях: навч. посібник / М. І. Бандак, Ю. В. Шабатура, О. Г. Ігнатенко. - :– Вінниця ВДТУ, 2001. – с. 167.
157. Сиберт У. М. Цепи, сигналы, системы / У. М. : Сиберт. – М. : Мир, 1988. – 336 с.
158. Современная математика для инженеров / Под ред. Э. Ф. Беккенбаха. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1959. – 500 с.
159. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1970. – 720 с.
160. Зельдович Я. Б. Элементы прикладной математики / Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис. – М. : Наука, 1967. – 648 с.
161. Гроп Д. Методы идентификации систем / Д. Гроп. – М. : Мир, 1979. – 302 с.
162. Назаров Н. Г. Измерения: планирование и обработка результатов / Назаров Н. Г. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 86 с.
163. Дьяконов В. П. Математическая система MAPLE V R3/R4/R5 / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН. – 1998. – 400 с.

164. Солодов А. В. Теория информации и ее применение к задачам автоматического контроля и управления / А. В. Солодов. — М. : Наука, 1976. — 375 с.
165. Василенко Г. И. Теория восстановления сигналов. От редукции к идеальному прибору в физике и технике / Г. И. Василенко. — М. : Сов. радио, 1979. — 272 с.
166. Петров Б. И. О реализуемости условий инвариантности / Б. И. Петров. // Теория инвариантности и ее применение в автоматических устройствах / — К., 1958. — 59 с.
167. Азерман М. А. Теория автоматического регулирования / М. А. Азерман. — М. : Наука, 1966. — 452 с.
168. Принцип инвариантности в измерительной технике / Б. И. Петров, В. А. Викторов, Б. В. Лункин, А. С. Совлуков. — М. : Наука, 1976, — 102 с.
169. Воловик Г. С. Основы теории инвариантных измерений / Г. С. Воловик. — Севастополь : Севпол, 1995. — 160 с.
170. Новицкий П. В. Динамика погрешностей средств измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф, В. С. Лабунец. — Л. : Энергоатомиздат, 1990. 192 с.
171. Грановский В. А. Динамические измерения : Основы метрологического обеспечения / В. А. Грановский. — Л. : Энергоатомиздат, 1984. — 224 с.
172. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок / Дж. Тейлор. — М. : Мир, 1985. — 272 с.
173. Шабатура Ю. В. Дослідження вимірювальних перетворювачів товщини діелектричного покриття металевих поверхонь з часовим представленням інформації / Ю. В. Шабатура, К. В. Овчинников // Вісник національного університету «Львівська політехніка». — 2006. — № 551. — С. 63–70.
174. Патент 9702 Україна, МПК<sup>7</sup> 7G01D1/00. Вимірювальний перетворювач для визначення кількості обертів, кутової швидкості та кутового прискорення / Шабатура Ю. В., Овчинников К. В. — № 200502298 ; заявл. 14. 03. 2005 ; опубл. 17. 10. 05, Бюл. № 10.
175. Тарбеев Ю. В. Современное состояние метрологического обеспечения и сертификация датчиков / Ю. В. Тарбеев, В. А. Слаев // Измерительная техника. — 1993. — № 11. — С. 3-9.
176. Давачі. Довідник / За ред. З. Ю. Готри, О. І. Чайковського. — Львів : Каменярь, 1995. — 312 с.

177. Поджаренко В. О. Інформаційно-структурні принципи вдосконалення засобів вимірювальної техніки / В. О. Поджаренко, Ю. В. Шабатура // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – Т. 1 (68), Ч. 1, № 4. – С. 147–151.
178. Гольденберг Л. М. Импульсные и цифровые устройства / Л. М. Гольденберг. – М. : Радио и связь, 1973. – 496 с.
179. Жилин М. С. Измерительный генератор временных интервалов / М. С. Жилин, Л. С. Субботин // ПТЭ. – 1981. № 2 – С. 257–261.
180. Мелешко Е. А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике / Е. А. Мелешко. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.
181. Шабатура Ю. В. Електроніка та мікросхемотехніка. Частина 2. Електронні пристрої систем автоматики : навчальний посібник / Ю. В. Шабатура, М. І. Бандак, В. В. Присяжнюк. – Вінниця. ВДТУ, 1998. – 144 с.
182. Кукуш В. Д. Электрорадиоизмерения / В. Д. Кукуш. – М. : Радио и связь, 1985. – 368 с.
183. Храмов А. В. Первинні вимірювальні перетворювачі / А. В. Храмов. – К. : Вища шк., 1998. – 527 с.
184. Вуйцік В. Аналогова мікросхемотехніка вимірювальних та сенсорних пристроїв / В. Вуйцік, Р. Голяка, В. Каліта, І. Лопатинський, О. Невмержицька. – Львів : Видавн. «Львівська політехніка», 1999. – 364 с.
185. Патент 26546 Україна МПК<sup>7</sup> G01B5/00. Спосіб вимірювання товщини діелектричних покриттів на металевих поверхнях / Шабатура Ю. В. , Овчинников К. В. – № 200705608 ; заявл. 21. 05. 2007; опубл. 25. 09. 2007, Бюл. № 15.
186. Сиберт У. М. Цепи, сигналы, системы / У. М. : Сиберт. – М. : Мир, 1988. – 336 с.
187. Кауфман М. Практическое руководство по расчетам в электронике. Том 2 / М. Кауфман, А. Сидман. — М. : Энергоатомиздат, 1993. – 288 с.
188. Гутников В. С. Частотно-временные преобразователи в схемах измерений физических величин / В. С. Гутников, В. В. Лопатин // Приборы и системы управления . – 1989. – № 9. – С. 15–17.
189. Шабатура Ю. В. Комп'ютерне моделювання електронних систем: навчальний посібник / Ю. В. Шабатура, В. В. Присяжнюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – с. 142.
190. Карцев Е. А. Состояние и тенденции развития датчиков физических величин / Е. А. Карцев // Измерительная техника. – 1991. - № 12. — С. 8-10.

191. Осадчий Е. П. Современные направления совершенствования датчиковой аппаратуры / Е. П. Осадчий // Приборы и системы управления. - 1989. - № 7. - С. 16-17.
192. Подлепецкий Б. И. Состояние разработок датчиков в Европе / Б. И. Подлепецкий // Измерительная техника. - 1991. - № 5. - С. 65-70.
193. Патент 15900 Україна МПК<sup>7</sup> G01P 1/00. Диференційний вимірювальний перетворювач характеристик обертальних рухів / Шабатура Ю. В., Овчинников К. В. - № 200601124; заявл. 06. 02. 2006 ; опубл. 17. 07. 06, Бюл. № 7. - 4 с.
194. Шабатура Ю. В. Синтез вимірювальних каналів ІВС з часовим представленням інформації для визначення характеристик обертальних рухів / Ю. В. Шабатура, А. В. Поджаренко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. - 2007. - № 1(8). - С. 225-230.
195. Поджаренко В. О. Експериментально-теоретичний метод визначення моменту інерції тіл обертання / В. О. Поджаренко, Ю. В. Шабатура, А. В. Поджаренко // Вісник Хмельницького національного університету. - 2007. - Т1, № 3. - С. 157-161.
196. Алиев Т. М. Итерационные методы повышения точности измерений / Т. М. Алиев, А. А. Тер-Хачатуров, А. М. Шекиханов. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 168 с.
197. Патент 12039 Україна, МПК<sup>7</sup> G01P1/00, B02C 7/00. Вимірювальний перетворювач характеристик обертальних рухів з цифровим виходом / Шабатура Ю. В., Овчинников К. В. № 200504236 ; заявл. 02.03.2005 ; опубл. 16. 01. 06, Бюл. № 1.
198. Шабатура Ю. В. Моделювання вимірювального перетворювача для визначення характеристик обертальних рухів / Шабатура Ю. В., К. В. Овчинников // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. - 2005. - № 2(10). - С. 181-186.
199. Шабатура Ю. В. Синтез багатофункціонального вимірювального перетворювача для визначення характеристик обертальних рухів / Ю. В. Шабатура, К. В. Овчинников // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування. Перша міжн. наук. техн. конф. - Вінниця, 2-5 черв. 2005 р. - С. 130-131.
200. Шабатура Ю. В. Синтез математичної моделі вимірювального перетворювача для визначення характеристик обертальних рухів / Ю. В. Шабатура, К. В. Овчинников // Контроль і управління в складних системах. Восьма міжн. конф. - Вінниця, 24-27 жовт. 2005р. - С. 54.

201. Поджаренко В. О. Математичні моделі як засоби аналізу та синтезу інформаційно-вимірювальних систем інтервального типу / В. О. Поджаренко, Ю. В. Шабатура // Вісник технологічного університету Поділля. – 2004. – Т. 1, Ч. 1, № 2. – С. 159–162.
202. Земельман М. А. Метрологические основы технических измерений / М. А. Земельман. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 228 с.
203. Пинчевский А. Д. Измерительные информационные системы четвертого поколения: особенности и проблемы метрологического обеспечения / А. Д. Пинчевский // Измерительная техника. – 1991. – № 8. – С. 3–4.
204. Шишкин И. Ф. Теоретическая метрология / И. Ф. Шишкин. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 492 с.
205. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
206. Ягер Р. Нечеткие множества и теория возможностей / Р. Ягер. – М. : Мир, 1986. – 408 с.
207. Арутюнов П. А. Теория и применение алгоритмических измерений / П. А. Арутюнов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
208. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1980. – 418 с.
209. Дьяконов В. П. , MATLAB 5. 0/5. 3. Система символьной математики / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова. – М. : Нолидж. – 1999. – 640 с.
210. Хургин Я. И. Фinitные функции в физике и технике / Я. И. Хургин, В. П. Яковлев. – М. : Наука, 1971. – 408 с.
211. Кузьмин И. В. Оценка эффективности и оптимизации автоматических систем контроля и управления / И. В. Кузьмин. – М. : Сов. радио, 1971. – 294 с.
212. Акоф Р. Основы исследования операций / Р. Акоф, М. Сасиени. – М. : Мир, 1971. – 534 с.
213. Карпов Н. Р. Измеритель временных интервалов / Н. Р. Карпов, Ю. Д. Матюхин, Н. П. Поваренкин // Изв. Вузов СССР. Приборостроение. – 1980. № 7. – С. 9 – 12 .
214. Тарбеев Ю. В. Развитие работ по метрологической аттестации алгоритмов обработки данных при измерениях / Ю. В. Тарбеев, Т. Н. Сирая // Измерительная техника. – 1985. – № 3. – С. 12–17.
215. Коголовский М. Р. Перспективные технологии информационных систем / М. Р. Коголовский. – М. : ДМК Пресс ; – М. : Компания АйТи, 2003. – 288 с.

216. Абдуллаев А. А. Дискретные средства преобразования и сбора измерительной информации / А. А. Абдуллаев, И. А. Набиев, М. Ш. Гусейнов. – М. : Машиностроение, 1982. – 144 с.
217. Воробьев Е. А. Датчики-преобразователи информации: учеб. пособие / Е. А. Воробьев. – СПбГУАП. СПб. , 2001. – 65 с.
218. BIRM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1995 ISBN 92-67-10188-9, Second Edition.
219. Ціделко В. Д. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання: / В. Д. Ціделко, Н. А. Яремчук. : Вид-во Політехніка, – К. 2002. – 176 с. 173–174.
220. РМГ 29–99. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000. – 46 с.
221. Рабинович В. И. Информационные характеристики средств измерения и контроля / В. И. Рабинович, М. П. Цапенко. – М. : Энергия, 1968. – 96 с.
222. ДСТУ 2682-94. Метрологічне забезпечення. Основні положення. – К. : Держстандарт України, 1994. – 15 с.
223. Красюк Б. А. Световодные датчики / Б. А. Красюк, О. Г. Семенов, А. Г. Шереметьев. – М. : Машиностроение, 1996. – 256 с.
224. Об одной возможности контроля пространственной геометрии объектов при помощи световодов / Ю. В. Шабатура, А. П. Григорьев. – Деп. рукопись. Укр. НИИНТИ № 1958 – Ук. 89 бс.
225. Шабатура Ю. В. Оптические логические элементы реализующие функцию «И» / Ю. В. Шабатура // I Всесоюзная конференция по оптической обработке информации. – Ленинград, 1988. – С. 82.
226. Бугайов Ю. В. Математична модель та аналіз системи джерело оптичного випромінювання-оптичне волокно / Ю. В. Бугайов, С. М. Довгалець, Ю. В. Шабатура // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. — № 2. – С. 16-20.
227. Патент 57332 Україна, МПК<sup>7</sup> G01N21/43. Автоматичний рефрактометр / Бугайов Ю. В. , Шабатура Ю. В. – № 2002086938 ; заявл. 23. 082002; опубл. 16. 06. 2003. Бюл. № 6. – 2 с.
228. Окося Т. Волоконно-оптические датчики / Т. Окося, К. Окамото. – Л. : Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
229. Handbook of Fiber Optics: Theory and Applications – H. F. Wolf Ed. New York: Garland STPM Press, 1999. – 154 p.
230. Vinarub E. I. Optical fibers make low-cost and reliable sensors / E. I. Vinarub // Electronic Design. – 1993. – V. 31, № 7. – P. 188–195.

231. Verber S. M. The exiting promise of fiber-optical sensors / S. M. Verber // *Mech. Eng.* – 1998. – V. 106, N 5. – P 60–70.
232. Snyder A. W. *Optical Waveguid Theory* / A. W. Snyder, I. O. Love. – London–New–York: Chapman and Hall, 1983. – 754 p.
233. Шабатура Ю. В. Система автоматичного контролю за рівнем активності водія в управлінні автомобілем / Ю. В. Шабатура, В. Ю. Марушак, В. М. Свирида // КУСС – 2001. Шоста міжн. конф. Вінниця, 8–12 жовтн. – 2001. – С. 102–104.
234. Патент 2034724 РФ, МПК<sup>7</sup> В60К28/06. Устройство для предупреждения засыпания водителя во время движения / Шкрабак В. С. , Прокопенко Ю. Я. – № 4937275\11; заявл. 20. 05. 1991; опубл. 10. 05. 1995. Бюл. № 6. – 4 с.
235. Патент 2111133 РФ, МПК<sup>7</sup> В60К28/06. Устройство для предупреждения об опасности водителя механического транспортного средства при утрате им активности вследствие, например, засыпания / Подлазов Е. М. – № 94024580\28; заявл. 30. 06. 1994 ; опубл. 20. 05. 1998. Бюл. № 6.
236. Розробка методів і алгоритмів для виконання функцій дистанційної діагностики людського організму: Заключний звіт по Г\т. № 8125 / Вінницький державний технічний університет ; керівник Шабатура Ю. В. № держ. Реєстр. 0101V007206 від 15. 10. 2001 ; інв. № 0202U001968. – 32 с.
237. Вильям С. *Современные компьютерные сети.* / С. Вильям. – Изд. 2-е. – СПб.: Питер, 2003. – 354 с.
238. Шабатура Ю. В. Аналіз існуючих та розробка нового методу для класифікації повідомлень електронної пошти / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // *Нові технології. Науковий вісник інституту економіки та нових технологій ім. Ю. І. Кравченка.* – 2005. – № 1–2 (7–8). – С. 169–173.
239. Y. Shabatura. Applying of the optical-electronics neural networks for E-mail messages identification / Y. Shabatura, I. Shelmakh // III International Conference on Optoelectronic Information Technologies «Photonics – ODS 2005». Ukraine, Vinnytsia, VNTU. 27-28 April, 2005, – P. 52-53.
240. Шабатура Ю. В. Оптимізація інженерної творчості при підтримці інтелектуальної системи «Машина для винаходів» / Ю. В. Шабатура // *Методологічні проблеми інженерної діяльності: наук. теорет. конф.* 12–14 жовт. 1993 р. – Вінниця, – С. 102–103.



241. Шабатура Ю. В. Розпізнавання та фільтрація електронної кореспонденції з використанням нейронних мереж / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 1. – С. 64–69.
242. Шабатура Ю. В. Застосування інформаційних технологій в реалізації алгоритмізованих методів колективного дистанційного пошуку технічних рішень / Ю. В. Шабатура, О. П. Григор'єв // Информационные технологии в научных исследованиях и в учебном процессе. Спецвыпуск : сб. науч. трудов. – Алчевск : ДонГТУ, 2005. – С. 153–163.
243. Шабатура Ю. В. Оптимізація синтезу моделей електронних документів в мережі Internet та аналіз методів їх ідентифікації / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // Информационные технологии в научных исследованиях и в учебном процессе. Спецвыпуск : сб. науч. трудов. – Алчевск : ДонГТУ, 2005. – С. 164–177
244. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 17350 Україна. Комп'ютерна програма «Система EUREKA з ресурсом управління через виділення часових інтервалів / Шабатура Ю. В. , Томків В. В. Дата реєстрації 24. 07. 2006.
245. Патент 23908 Україна, МПК<sup>7</sup> F24F11/00 Комп'ютерна системи контролю і керування мікрокліматом робочого місця / Шабатура Ю. В. , Шабатура М. Ю. – № 200701205 ; заявл. 05. 02. 2007 ; Опубл. 11. 06. 2007, Бюл. № 8.
246. Шабатура Ю. В. Ідентифікація стану обчислювальної системи інтегрованої в комп'ютерні мережі з використанням нечіткої логіки / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. –Т1, № 2. – С. 63–66.
247. Шабатура Ю. В. Моделювання комплексної взаємодії показників ефективності обчислювальних систем інтегрованих в комп'ютерні мережі / Ю. В. Шабатура, І. М. Штельмах // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 14(129). – Донецьк, 2008. – С. 63–68.
248. Патент 34720 Україна, МПК<sup>7</sup> G06N1/00 Спосіб підвищення ефективності функціонування обчислювальних систем інтегрованих в комп'ютерні мережі / Шабатура Ю. В. , Штельмах І. М. – № 200801270 ; заявл. 01. 02. 2008 ; опубл. 26. 08. 2008, Бюл. № 16.

*Наукове видання*

**Шабатура Юрій Васильович**

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИМІРЮВАННЯ  
НА ОСНОВІ ПРЕДСТАВЛЕННЯ  
ЗНАЧЕНЬ ВИМІРЮВАНИХ ВЕЛИЧИН  
ЧАСОВИМИ ІНТЕРВАЛАМИ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено автором

Підписано до друку 12.01.2010 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 18,71.  
Наклад 100 прим. Зам № 2010-002.

Вінницький національний технічний університет,  
комп'ютерний інформаційно-видавничий центр,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-81-59.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.