



В. П. Бабак, В. С. Єременко, Ю. В. Куц,
М. В. Мислович, Л. М. Щербак

МОДЕЛІ ТА МІРИ У ВИМІРЮВАННЯХ

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ**

**МОДЕЛІ ТА МІРИ
У ВИМІРЮВАННЯХ**

*За редакцією чл.-кор. НАН України,
В.П. Бабака*

КИЇВ
НАУКОВА ДУМКА
2019

УДК 681.518.5:504.064.36

ББК 31.3

A741

Автори:

В.П. Бабак, В.С. Єременко, Ю.В. Куц, М.В. Мислович, Л.М. Щербак

Рецензенти:

В.Ф. Резцов, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.,
Інститут відновлювальної енергетики НАН України;
В.П. Малайчук, д-р техн. наук, проф.,
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

*Рекомендовано до друку вченою радою
Інституту технічної теплофізики НАН України 13.09.2018*

A741 Моделі та міри у вимірюваннях: Монографія / В.П. Бабак, В.С. Єременко, Ю.В. Куц, М.В. Мислович, Л.М. Щербак; за ред. чл.-кор. НАН України В.П. Бабака / – К.: Наукова думка, 2019. – 192 с.
ISBN 978-966-02-7967-4

В монографії розглянуті сучасні методи створення моделей та мір у вимірюваннях, фізичні та ймовірнісні міри, моделі, простори та базиси сигналів та полів, детерміновані та ймовірнісні моделі та міри кутових величин і приклади їх використання на колі та в фазових вимірюваннях, моделі і міри для діагностування в електроенергетиці, безеталонних вимірюваннях характеристик композитних матеріалів.

Для наукових співробітників, інженерів, а також викладачів, аспірантів і студентів вищих навчальних закладів, що займаються проблемами вимірювань, моніторингу та діагностики технічних об'єктів.

УДК 681.518.5:519.218

ББК 31.3

ISBN 978-966-02-7967-4

© В.П. Бабак, В.С. Єременко,
Ю.В. Куц, М.В. Мислович, Л.М. Щербак, 2019
© Наукова думка, 2019

Зміст

Передмова	5
Розділ 1. ПРОБЛЕМАТИКА ВИМІРЮВАНЬ	8
1.1. Загальні положення	8
1.2. Математична модель невизначеності вимірювання	14
1.3. Міри, їх властивості та використання у вимірюваннях	17
1.4. Концепція узгодження фізичних і ймовірнісних мір у вимірюваннях	26
1.5. Вимірювання як обернена задача теорії сигналів і систем	33
Розділ 2. МОДЕЛІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ ТА ПОЛІВ	40
2.1. Математичні моделі сигналів та їх класифікація	40
2.2. Сигнали та ортогональні базиси	49
2.3. Моделі випадкових сигналів	53
2.4. Моделі багатовимірних сигналів та полів	60
Розділ 3. МОДЕЛІ ТА МІРИ У ВИМІРЮВАННЯХ ВИПАДКОВИХ КУТОВИХ ВЕЛИЧИН	65
3.1. Моделі випадкових кутів у вимірюваннях	65
3.2. Детерміновані та ймовірнісні міри кутових величин	73
3.3. Числові характеристики випадкових кутів	82
3.4. Моделі та міри випадкових кутів у фазових вимірюваннях	92
Розділ 4. МОДЕЛІ ТА МІРИ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	102
4.1. Фізичні процеси формування діагностичних сигналів	102
4.2. Моделі формування навчаючих сукупностей (мір) для діагностування електроенергетичного обладнання	107
4.3. Побудова діагностичних просторів за результатами вимірювання інформаційних сигналів	112
4.4. Правила визначення технічного стану об'єктів електроенергетики	122

Розділ 5. ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ І МІР НА КОЛІ	128
5.1. Фазові системи ультразвукової луна-імпульсної товщинометрії	128
5.2. Багатошкальні фазові вимірювання на основі числових систем залишкових класів	137
5.3. Статистичне опрацювання даних в системах моніторингу параметрів довкілля на базі безпілотних авіаційних комплексів	150
Розділ 6. МОДЕЛІ І МІРИ ДЛЯ БЕЗЕТАЛОННИХ ВИМІРЮВАНЬ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ	156
6.1. Метод побудови віртуальних мір для інформаційних сигналів	156
6.2. Нейромеревеві технології у безеталонній дефектоскопії композитних матеріалів	168
Література	188