

## ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КІЛЬКІСНИХ ВИМІРЮВАНЬ

*В різних країнах світу та міжнародних метрологічних організаціях використовують поняття невизначеність. Фірми з виготовлення засобів вимірювання також переходять на їх нормування з використанням невизначеності, тому в цій статті проводиться дослідження з оцінювання невизначеності вимірювань.*

*In the miscellaneous states of a world and international entities will utilize concept of equivocation of measuring of results of quantitative measurings. The corporations on fabrication of facilities of measurings also pass to their rationing of petroleum products with usage of equivocation, therefore in the given paper the studies are carried out (conducted) according to equivocation of measuring of results of quantitative measurings.*

Ключові слова: невизначеність, вимірювання, метрологічні дослідження, статистичні вимірювання, похибки вимірювання.

Основою статистичних досліджень є виміри тобто метрологічні дослідження. В останні роки в теоретичній та практичній метрології виникають зміни, які пов'язані з введенням, в першу чергу, поняття «невизначеність» для оцінювання достовірності результатів вимірювань та засобів вимірювання. Поряд з цим при проведенні деяких метрологічних робіт зберігається використання поняття «похибка». Така подвійність оцінки результатів вимірювань зумовлює досить повільне впровадження невизначеності в метрологічну практику України. Об'єктами дослідження є метрологічні характеристики та методи їх визначення.

### Постановка завдання.

В останні роки в теоретичній та практичній метрології виникають зміни, які пов'язані з введенням, в першу чергу, поняття «невизначеність» для оцінювання достовірності результатів вимірювань та засобів вимірювання. Поряд з цим при проведенні деяких метрологічних робіт зберігається використання поняття «похибка». Така подвійність оцінки результатів вимірювань зумовлює досить повільне впровадження невизначеності в метрологічну практику України [1].

### Результати та їх обговорення.

Для кращого розуміння різниці в поняттях похибки та невизначеності проаналізуємо їх концепції. Для опису вимірювання в концепції похибки істинне значення вимірюваної величини вважається унікальним але практично невідомим. В концепції невизначеності вважається, що в наслідок належного визначення вимірюваної величини недостатньо певної кількості факторів (деталей). Тоді не існує єдиного значення величини, а існує сукупність істинних значень, адекватних визначенню величини, однак ця сукупність значень практично невідома. Поряд із зазначеним можна обходитись без поняття істинного значення величини шляхом використання поняття метрологічної сумісності результатів вимірювання для оцінки їх обгрунтованості [2–5].

Якщо невизначеність визначення вимірюваної величини нескінченно мала по відношенню до інших складових невизначеності вимірювання, тоді вимірювана величина може розглядатися як така, що має унікальне істинне значення.

Інколи для визначення поняття «умовного значення величини» використовують термін «умовне істинне значення величини», але використання цього терміну є небажаним. Умовне значення величини інколи є оцінкою істинного значення величини. В загальному сенсі умовне значення величини описується як значення, що асоціюється з достатньо малою прийнятною невизначеністю вимірювання, яка може бути близькою до нуля.

Виходячи із зазначеного термін «невизначеність вимірювання» можна трактувати як параметр, який характеризує розсіювання значень величини, що належать вимірюваній величині на основі використаної інформації.

Таким чином невизначеність вимірювання включає в себе складові, які викликані систематичними впливами. До них відносять:

- складові, які асоціюються з введеними на них поправками;
- складові, які пов'язані з передавальними вимірювальними еталонами значень величини;
- складові, пов'язані з невизначеністю визначення.

Інколи при оцінюванні систематичних впливів поправки не вводяться, а замість них враховують відповідні складові невизначеності. До таких складових можна віднести стандартну невизначеність вимірювання або встановлене їй кратне значення (півширина довірчого інтервалу з заданою ймовірністю).

Невизначеність вимірювання включає в себе багато складових. Деякі з них можуть оцінюватися невизначеністю вимірювання типу *A* виходячи з статистичного розподілу значень величини, які отримані в серії вимірювань, і можуть бути охарактеризовані стандартними відхиленнями. Інші складові можуть бути оцінені невизначеністю типу *B*, які також можуть характеризуватися стандартними відхиленнями що включають застосування функцій щільності ймовірностей, отриманими на основі експерименту або на іншій

інформації.

Вище перераховані види складових невизначеності жорстко не пов'язані з способами розрахунків, визначеними типом *A* або *B*. Таким чином кожен з цих видів невизначеності може містити складові невизначеності типу *A* та типу *B* [4–6].

Проаналізуємо особливості термінів визначення похибки вимірювання. Так «похибка вимірювання» це виміряне значення величини мінус опорне значення величини. Поняття похибки вимірювання може бути використане у випадку коли похибка є відомою (є єдине опорне значення величини або дано умовне значення величини), а також якщо похибка вимірювання є невідомою (вимірювана величина представлена унікальним істинним значенням або сукупністю істинних значень у мізерно малому діапазоні).

«Опорне значення величини» – значення величини, що використовується в якості основи для порівняння із значенням величини такого ж роду. Опорне значення величини може бути істинним значенням величини, яке є невідомим, або умовним значенням величини, яке є відомим. Це значення з відповідною невизначеністю вимірювання зазвичай вказують для матеріалу (сертифікованого опорного матеріалу), устаткування, опорної методики вимірювання та порівняння вимірювальних еталонів.

Таким чином поняття похибки в концепції невизначеності частково збережене, але отримало суттєву зміну. Похибка може бути визначена у тих випадках, коли є визначене значення величини, спираючись на яке можна обчислити похибку, а також коли опорне значення є умовним значенням величини. У випадку, якщо за опорну величину приймається істинне значення величини, тоді обчислити похибку неможливо.

В концепції невизначеності застосування похибки досить обмежене і може використовуватися тільки при проведенні спеціальних метрологічних робіт (при порівнянні вимірювальних еталонів, визначенні компетентності лабораторії тощо).

В загальному випадку при виконанні звичайних вимірювань, коли опорне значення величини є невідомим, для оцінки вимірюваної величини потрібно використовувати невизначеність. В основі розбіжностей двох концепцій метрології знаходяться різні філософські підходи до вимірювання. Вони полягають в різних тлумаченнях двох основних понять метрології, які стосуються істинного значення вимірюваної величини та результату вимірювання.

Адекватним представленням вимірюваної величини потрібно вважати не величину з унікальним (єдиним) числовим значенням, а величину, яка характеризується набором числових значень, що знаходяться в межах деякого інтервалу. Цей інтервал називають невизначеністю визначення вимірюваної величини і він визначає неповноту врахування деталей (факторів) при опису вимірюваної величини. Невизначеність відповідає вимогам адекватності істинного значення величини його визначенню.

Ціллю вимірювання в концепції невизначеності є визначення інтервалу обґрунтованих значень вимірюваної величини, який базується на припущенні, що при виконанні вимірювань не було припущено помилок.

Таким чином невизначеність визначення вимірюваної величини є мінімальною невизначеністю вимірювання. Цей інтервал, який називається вимірюваним значенням величини, може бути представлений одним з його значень.

Точність вимірювання в концепції невизначеності визначається розміру довірчого інтервалу з встановленою довірчою ймовірністю, яка приймається для вимірюваної величини. Збільшення або зменшення цього інтервалу відповідає різним численним значенням однієї й тієї вимірюваної величини.

*Приклад.* При вимірюванні розривного навантаження текстильної нитки отримано результат  $36 \pm 1$  сН. З точки зору концепції похибки значення 36 сН є результатом вимірювання, а значення  $\pm 1$  сН є похибкою. З точки зору концепції невизначеності отримані значення є невід'ємним інтервалом 35–37 сН, який задається для вимірюваної величини.

Оцінювання невизначеності – процес творчий. Усіх факторів, які спричиняють невизначеність вимірювання, врахувати практично неможливо. Тому що, коли вже враховані усі похибки приладів, поправки, впливи зовнішніх факторів і суб'єктивні впливи, невизначеності властивостей речовин, то невизначеності, наприклад, взаємодії молекул речовин, припущення щодо будови текстильного матеріалу, невизначеності, спричинені ще безліччю інших факторів, залишатимуться не врахованими.

Тому, творчість в оцінюванні невизначеності і полягає саме у визначенні межі, на якій вже варто зупинитись. Тобто потрібно не намагатись оцінити усі фактори, а лише необхідні і достатні, які суттєво впливають на результат випробовування (вимірювання).

Оцінювати невизначеність методів випробовування або результатів випробування (вимірювання) повинні фахівці, добре обізнані із об'єктом випробовування, методом (процедурою) випробовування і особливостями застосування засобів вимірювальної техніки (далі – ЗВТ) та інших засобів випробовування.

Окрім того, фахівець, який оцінює невизначеність повинен сумлінно виконувати оцінювання, не приховуючи тих аспектів невизначеності, які він не знає як врахувати.

**Основи забезпечення єдності вимірювання.** В 2003 Україна приєдналася до «Угоди про взаємне визнання національних еталонів і сертифікатів калібрування та вимірювання, що видаються національними метрологічними інститутами (CIPM MRA)», що зумовлює потребу у переході до нової системи забезпечення єдності вимірювання [1, 6].

Єдність вимірювань – стан вимірювань, за якого результати вимірювання виражають в узаконених

одинах вимірювання, а характеристики невизначеності (похибок) вимірювання відомі із заданою ймовірністю та не виходять за встановлені межі.

Єдина система забезпечення єдності вимірювання необхідна для забезпечення їхньої придатності до застосування та взаємозв'язання результатів вимірювання.

#### Принципи єдності вимірювання:

1. Результати вимірювань є випадковою величиною;

2. Задачі вимірювання:

- отримати значення вимірюваної величини;
- розрахувати характеристики точності результату вимірювання (невизначеність);
- оцінити характеристику достовірності отриманого результату (рівень довіри. Відповідний

термін в теорії похибок – довірча ймовірність).

3. Функція розподілу ймовірностей – є вичерпним описом випадкової величини;

4. Щільність розподілу ймовірностей визначають як похідну від функції розподілу випадкової величини, і вона є наочним поданням розподілу ймовірностей.

Результат вимірювання завжди відрізняється від істинного значення величини, через:

- недосконалість методу випробовування (вимірювання);
- недоліки ЗВТ;
- взаємодію ЗВТ із об'єктом випробовування;
- суб'єктивні помилки оператора;
- вплив випробувального середовища тощо.

#### Класифікація невизначеностей.

1. За способом оцінювання розрізняють:

- стандартну невизначеність,  $u$  – невизначеність результату вимірювання, оцінена за середньоквадратичним відхиленням.

а) стандартну невизначеність типу  $A$ ,  $u_A$  – невизначеність, яка зумовлена дисперсією результатів вимірювання і може бути оцінена статистичними методами.

б) стандартну невизначеність типу  $B$ ,  $u_B$  – невизначеність спричинена різноманітними впливовими факторами і може бути оцінена ймовірнісними методами.

- сумарну невизначеність – ймовірнісну суму стандартних невизначеностей .

- розширену невизначеність – інтервал навколо результату вимірювання, в межах якого ймовірно розташована більшість розподілу значень, які з достатнім обґрунтуванням можуть бути приписані вимірюваній величині.

2. За джерелом виникнення невизначеність буває: методична; інструментальна та суб'єктивна.

Причини і джерела методичної складової невизначеності результатів випробовування (вимірювання):

- неточності визначення умов випробувального середовища;
- неточності відтворення умов випробовування;
- недосконале врахування впливу зовнішніх факторів, неадекватне їх оцінювання;
- недосконале визначення об'єкту випробовування (вимірювання), його властивостей, неповна

ідентифікація вимірюваної величини;

- недосконала реалізація методики випробовування;
- будь-які припущення, нехтування, апроксимація;
- похибки характеристик ЗВТ;
- взаємодія ЗВТ із об'єктом випробовування (вимірювання);
- неточності перевірних коефіцієнтів, констант тощо;
- неточні значення величин, приписані робочим еталонам, стандартним зразкам;
- невідповідність фізичного об'єкта його математичній моделі (порогова невідповідність);
- не виключені систематичні похибки;
- похибки введених поправок.

*Примітка.* Теорія невизначеності передбачає усунення усі факторів, які можуть спричинити систематичну похибку результату до початку вимірювання або, якщо фізично усунути впливові фактори неможливо, їх усувають математично, за допомогою поправок, з обов'язковим врахування невизначеності введених поправок.

Причини і джерела інструментальної складової невизначеності результатів випробовування (вимірювання): основної похибки ЗВТ (похибка за нормальних умов експлуатації); додаткової похибки ЗВТ (внаслідок впливу зовнішніх факторів за межами нормальних областей значень); похибка, спричинена варіацією показів ЗВТ; похибка ЗВТ внаслідок тимчасової нестабільності.

Причини і джерела суб'єктивної складової невизначеності результатів випробовування (вимірювання): вплив оператора на ЗВТ та об'єкт випробовування (вимірювання); похибка зчитування даних зі шкали аналогового ЗВТ; похибка округлення отриманих значень величин; неточності реалізації процедур випробовування (вимірювання); порушення інструкції з експлуатації ЗВТ; помилки під час обробки діаграм, таблиць, побудови графіків; помилки під час пересилання (перенесення) даних.

**Оцінювання невизначеності**

Оцінюють невизначеність як методів випробовування (вимірювання), так і конкретних результатів вимірювання. Оцінка невизначеності, яка характеризує точність методу випробовування (вимірювання) називається апіорною, її визначають: під час розробки методики випробовування (вимірювання) з метою регламентування встановленого значення невизначеності в усіх, передбачених методикою, умовах випробовування; за відсутності методики або встановленого значення невизначеності – перед випробовуванням (вимірюванням), для оцінки найбільшої можливої невизначеності. Актуальною є автоматизація процесу визначення оцінок невизначеності вимірювання [4].

На підставі усієї наявної інформації про причини і джерела невизначеності обчислюють окремі невизначеності за типом В, сумарну стандартну невизначеність та розширену невизначеність. Основою апіорного оцінювання невизначеності є теорія ймовірності, яка дозволяє досліджувати і описувати закони розподілу випадкових величин.

Оцінка невизначеності для конкретних результатів вимірювання є апостеріорною, її визначають безпосередньо після випробовування (вимірювання), за конкретних умов, за визначеною методикою із застосуванням конкретних ЗВТ.

*Примітка.* Апіорно оцінена невизначеність – найбільша, за найгіршого збігу обставин випробовування, апостеріорна невизначеність результатів конкретного випробовування може бути на порядок меншою.

**Оцінювання невизначеності за типом А**

1. Якщо кількість дослідів  $n < 10$ ,  $u_A$  не оцінюють. Для  $10 \leq n < 20$  – якщо закон розподілу ймовірностей невідомий, для оцінювання  $u_A$  приймають рівномірний закон. Якщо  $n \geq 20$  – закон розподілу ймовірностей визначають апроксимацією експериментальних даних.

2. Для прямого вимірювання результат визначають як середнє арифметичне отриманих значень, тоді невизначеність за типом А обчислюють за формулою:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}}, \quad (1)$$

де  $x_i$  – отриманий результат вимірювання;  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  – середнє арифметичне результатів вимірювання;  $n$  – кількість проведених вимірювань.

3. Для опосередкованого вимірювання результат визначають за оцінками декількох величин, тоді невизначеність за типом А обчислюють для кожної вихідної величини:

- якщо значення величини розподілені за рівномірним законом, за формулою:

$$u_A = \frac{b}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

де  $b$  – півширина інтервалу (для несиметричного закону розподілу  $b = ((b+) + (-b)/2)$ );

- якщо значення величини розподілені за нормальним законом, невизначеність обчислюють як середньоквадратичне відхилення, за формулою:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (3)$$

У випадку коли дисперсія результатів врахована у невизначеності, то додатково похибку ЗВТ враховувати непотрібно – вона відображена у дисперсії.

**Оцінювання невизначеності за типом В**

1. Ґрунтуючись на рівнянні залежності вимірюваної величини від вихідних величин складають переліки: вимірюваних вихідних величин; не вимірюваних впливових вихідних величин; введених поправок на відомі систематичні похибки; коефіцієнтів і констант; додаткових похибок тощо.

2. Невизначеності усіх вхідних величин оцінюють інтервалами і перетворюють їх у середньоквадратичне відхилення, при цьому закон розподілу їхніх ймовірностей, якщо він невідомий, приймають рівномірним. Формула перерахування інтервальної оцінки у середньоквадратичне відхилення:

$$s = b/t, \quad (4)$$

де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення;  $b$  – на півширина інтервалу;  $t$  – значення функції Лапласа для нормального закону розподілу ймовірностей (або аналог значення функції Лапласа для іншого закону).

**Окремі випадки оцінювання невизначеності**

1 Невизначеність констант, коефіцієнтів та поправок для констант, коефіцієнтів, а також поправок інтервалами розсіювання є одиниця найменшого розряду їхніх числових значень. Тоді невизначеність обчислюють за формулою:

$$u_B = \frac{q}{2\sqrt{3}}, \quad (5)$$

де  $q$  – одиниця найменшого розряду числового значення.

2 Невизначеність зчитування показів з аналогової шкали приладу. Для оцінювання невизначеності зчитування показів з аналогової шкали приймають рівномірний закон розподілу:

$$u_B = \frac{\left(x + \frac{q}{4}\right) - \left(x - \frac{q}{4}\right)}{2\sqrt{3}} = \frac{q}{4\sqrt{3}}, \quad (6)$$

де  $x$  – виміряне значення величини;  $q$  – ціна поділки шкали приладу.

Якщо шкала нерівномірна, невизначеність оцінюють окремо для кожного діапазону, для якого визначена ціна поділки.

**Похибка округлення.** Невизначеність заокруглення залежить від кількості значущих цифр, які залишають.

**Правила заокруглення результату вимірювання.** Спершу округляють значення розширеної невизначеності результату випробовування (вимірювання). Залишають 1 або 2 значущі цифри, застосовуючи ряд: 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5...

Потім округляють числове значення результату вимірювання, при цьому одиниця найменшого розряду повинна відповідати розмірності невизначеності (похибки). Під час проміжних обчислень залишають на одну значущу цифру більше. Невизначеність округлення визначають аналогічно невизначеності констант, за формулою (5).

**Сумарна стандартна невизначеність.** Якщо величини, що входять у рівняння, мають різні одиниці вимірювання, то безпосередньо сумувати інтервальні оцінки невизначеності не можна, їх необхідно звести до безрозмірних величин – середньоквадратичних відхилень згідно із формулою (4), за однакових рівнів довіри  $P(\delta)$ .

Якщо закон розподілу невідомий, то під час перерахунку інтервальної оцінки в середньоквадратичне відхилення, приймають рівномірний закон, а під час перерахунку середньоквадратичного відхилення в інтервальну оцінку – нормальний закон. Тобто значення функції Лапласа  $t$  або його аналогу обирають таким, щоб забезпечити «запас» невизначеності. Якщо закон розподілу відомий, то коефіцієнт для перерахунку приймають згідно з цим законом.

1. Під час вимірювання показників якості текстильних матеріалів сумарну стандартну невизначеність типу  $A$  визначають за формулою для некорельованих величин:

$$u_{CA} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot u_A^2(x_i)}, \quad (7)$$

де  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – залежність вимірюваної величини від вхідних величин (рівняння вимірювання);

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$  – коефіцієнт впливу (ваговий коефіцієнт), який визначають як часткову похідну рівняння залежності

вимірюваної величини за однією з вихідних величин. Коефіцієнт впливу (ваговий коефіцієнт) відображає як зміна даної вхідної величини може впливати на результат вимірювання;  $u_A(x_i)$  – стандартна невизначеність за типом  $A$  вихідної величини.

2. Сумарну стандартну невизначеність типу  $B$  визначають за формулою:

$$u_{CB} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot u_B^2(x_i) + u_B^2(x_i)}, \quad (8)$$

де  $u_B(x_i)$  – стандартна невизначеність за типом  $B$  величин, що входять у рівняння залежності вимірюваної величини;  $u_B(z_i)$  – стандартна невизначеність за типом  $B$  величин, що не входять у рівняння залежності вимірюваної величини.

Якщо впливовий фактор не входить у рівняння залежності вимірюваної величини, його враховують у невизначеності, але без урахування коефіцієнту впливу (вагового коефіцієнту).

3. Тоді, сумарна стандартна невизначеність:

$$u_C = \sqrt{u_{CA}^2 + u_{CB}^2}, \quad (9)$$

**Розширена невизначеність.** Розширену невизначеність визначають за наступною формулою:

$$U = k \cdot u_C, \quad (10)$$

де  $k$  – коефіцієнт охоплення, який залежить від заданого рівня довіри  $P(\delta)$  і ефективного числа ступенів волі. Порядок визначення ефективного числа ступенів волі викладений у [7–9].

Для рівня довіри  $P(\delta) = 0,95$  за нормального закону розподілу ймовірностей коефіцієнт охоплення  $k = 1,96$ , за рівномірного закону розподілу –  $k = 1,65$ .

**Висновки**

1. Термін «невизначеність вимірювання» можна трактувати як параметр, який характеризує розсіювання значень. Невизначеність вимірювання включає в себе складові, які викликані систематичними впливами.

2. Оцінка невизначеності, яка характеризує точність методу випробовування (вимірювання) називається апіорною, її основою є теорія ймовірності, яка дозволяє досліджувати і описувати закони розподілу випадкових величин. Оцінка невизначеності для конкретних результатів вимірювання є апостеріорною, її визначають безпосередньо після випробовування (вимірювання), за конкретних умов, за визначеною методикою із застосуванням конкретних ЗВТ.

3. Апіорно оцінена невизначеність – найбільша, за найгіршого збігу обставин випробовування, апостеріорна невизначеність результатів конкретного випробовування може бути на порядок меншою.

4. Невизначеність визначення вимірюваної величини є мінімальною невизначеністю вимірювання. Цей інтервал, який називається вимірюваним значенням величини, може бути представлений одним з його значень.

**Література**

1. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України № 113/98-ВР від 11.02.1998» (зі змінами, внесеними згідно із Законом № 762-IV від 15.05.2003, в редакції Закону № 1765-IV від 15.06.2004). [Електронний ресурс]. – Режим доступу : zakon.rada.gov.ua/laws/show/113/98-вр.
2. Чалый В.П. Неопределенность и погрешность, их сходство, различие и употребление в разных метрологических процедурах / В.П. Чалый // Збірник наукових праць. Системи обробки інформації. – вип. 7(56). Невизначеність вимірювання: наукові, нормативні та прикладні аспекти, 2006. – С. 82–86.
3. Захаров И.П. Теория неопределенности в измерениях : [учеб. пособие] / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш. – Харьков, Консум, 2002–256 с.
4. Новиов В.В. Автоматизация процесса вычисления оценок неопределенности вычислений / В.В. Новиов, А.Н. Коцюба // Системи обробки інформації. – Харків, 2006. – Вип. 7 (56). – С. 59–61.
5. Мержиевська В.В. Оцінювання невизначеності вимірювання параметрів автомобільних двигунів під час стендового випробовування / В.В. Мержиевська // Системи обробки інформації. – Харків. – 2008.
6. Паракуда В.В. Еволюція вимог до метрології / В.В. Паракуда, Б.Д. Колпак, В.П. Чалый // Український метрологічний журнал. – 2005. – № 3. – С. 56–60.
7. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First edition. – ISO, Switzerland, 1993.
8. ДСТУ-Н РМГ 43:2006 Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений» (РМГ 43:2001, ИДТ).
9. Настанова з оцінювання невизначеності вимірювання результатів кількісних випробувань: Технічний звіт EUROLAB № 1/2006//Переклад з англ. та науково-технічне редагування: А. В. Абрамов; А. М. Коцюба, В. М. Новіков. – Київ, Євролаб-Україна, 2008. – 51 с.

Рецензент: д.т.н. Супрун Н.П.  
Надійшла 10.2.2012 р.

УДК 681.51

Я.М. НИКОЛАЙЧУК, Н.Г. ШИРМОВСЬКА  
Інститут мікропроцесорних систем енергетики НАН України

## БАЗИС ГАЛУА ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТАНІВ КВАЗІСТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Теоретико-числові бази є фундаментальними теоретичними основами систем числення та методів кодування даних. Базис породжується системами ортогональних функцій. Математичною основою теоретико-числових базисів є системи ортогональних функцій на деякому інтервалі зміни аргументу.*

*Theoretical and numerical bases are fundamental theoretical foundations of number systems and methods of data encryption. Basis generated by systems of orthogonal functions. Mathematical foundation of theoretical and numerical bases is a system of orthogonal functions on some interval change argument.*

Ключові слова: квазістаціонарні об'єкти, коди поля Галуа.

**Вступ**

Вибір базисної функції виконується залежно від системних характеристик різних каналів зв'язку та умов експлуатації комп'ютерних систем. В сучасних комп'ютерних та телекомунікаційних системах широко використовуються теоретико-числові бази на основі кусково-змінних дискретних функцій, які забезпечують значно простішу реалізацію цифрових генераторів, а також спрощують алгоритми цифрового приймання сигналів [1].