

18. Пат. 2026623 РФ, МПК А43D1/02 Прибор для трехкоординатного определения формы объекта/ Быстрова Н.Л., Карагезян Ю.А., Комиссаров А.Г., Гозман Л.М. (РФ). – № 4828492/12 Заявлено 28.05.90; Опубл. 20.01.95.

19. Пат. 2031617 РФ, МПК А43D1/02 Способ бесконтактного измерения стопы / Арисланова А.И., Комиссаров А.Г., Данилов Е.Н., Панкратов П.М. (РФ). – № 5021574/12 Заявлено 09.01.92; Опубл. 27.03.95.

20. Пат. 2034509 РФ, МПК А43D1/02 Способ бесконтактного измерения поверхности стопы / Комиссаров А.Г., Карагезян Ю.А., Сиротина И.О. (РФ). – № 4829044/12 Заявлено 25.05.90; Опубл. 10.05.95.

Надійшла 20.11.2009 р.

УДК 621.321

Л.В. ТРОЦИШИНА  
Хмельницький національний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЧАСТОТИ ЗА МЕТОДОМ КОІНЦИДЕНЦІЇ

*Розглянуті моделювання утворення вимірювальної шкали вимірювання частоти за методом коінцидентії. Проаналізовано утворення дробової та дробово-раціональної шкал вимірювання. Вперше вказано на особливості поведінки позначок та їх розподіл на відрізках шкали.*

*The considered questions of formation of measuring scale of measuring of frequency are after the method of coincidence. It is analysis formation of shot and shot-rationales scales of measuring. It is first indicated on the features of conduct of poacher and their distributing on the segments of scale.*

Ключові слова: моделювання, дробово-раціональна шкала, вимірювання частоти, метод коінцидентії, ефективність.

### Вступ

Вимірювання частоти є одним із основних видів вимірювань у засобах телекомунікацій, а також радіотехнічних системах різного призначення, де вимоги до точності та швидкодії вимірювання вказаного параметру визначають ефективність та надійність таких систем. Класичні методи цифрового вимірювання частоти не здатні одночасно підвищувати вказані параметри одночасно, тому єдиним можливим напрямком є використання теорії фазочастотних вимірювань та перетворень радіосигналів, яка однозначно довела, що метод коінцидентії забезпечує максимально можливі характеристики за вказаним критерієм. Та в роботах [1-8] питання вимірювання частоти за методом коінцидентії знайшли своє відображення, але частина питань залишилась недослідженими. Особливу увагу необхідно приділити детальному дослідженню не лише процесу утворення шкали вимірювального перетворення, а і аналізу порівняльних характеристик, які є визначальними для вірного розуміння всієї процедури вимірювань та використання їх результатів.

**Метою статті** є спроба показати в динаміці моделювання кількісних параметрів дробово-раціональної шкали, а також деякі нові особливості утворення та поведінки вимірювальної шкали для методу коінцидентії, з позицій вимірювання частоти із апіорі невідомим часом існування сигналів, які існують в реальних сучасних РТС і ТКС

### Основна частина

Не залежно від схеми вимірювання за методом коінцидентії, що представлено на рис. 1 та рис. 2 [1,2,5], рівняння вимірювальної шкали має вигляд

$$f_x = \frac{N_x}{N_{on}} f_{on},$$

де  $f_x, f_{on}$  – відповідно вимірювана та опорна частоти,

$N_x, N_{on}$  – відповідно число фазових циклів вимірюваної та опорної частот зафіксованих лічильниками між двома коінцидентіями (збігами).

Другою числовою характеристикою є час вимірювання, рівний проміжку часу (відстані) між двома коінцидентіями, який прийнято визначати за значенням опорної частоти

$$T_{ВИМ} = \frac{N_{on}}{f_{on}}.$$

В той же час такі важливі параметри, як кількість поділок на шкалі, особливо рівномірність їх розташування, рівномірність, густина, наявність відхилень від лінійної тощо, частково досліджено в [3, 9-11], але деталізація поведінки дробово-раціональної шкали не наводилась. Тому незалежно від схеми вимірювання (рис. 1 або рис. 2), доцільним є моделювання саме дробово-раціонального співвідношення  $N_x / N_{on}$ , яке і утворює поділки, і відповідно нормоване значення  $N_{on}$ , яке визначає час вимірювання.

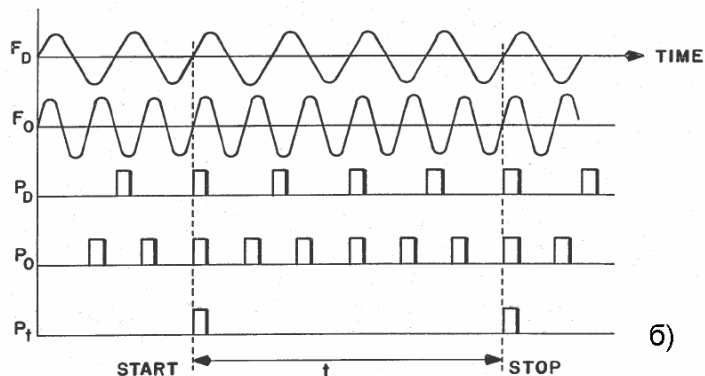
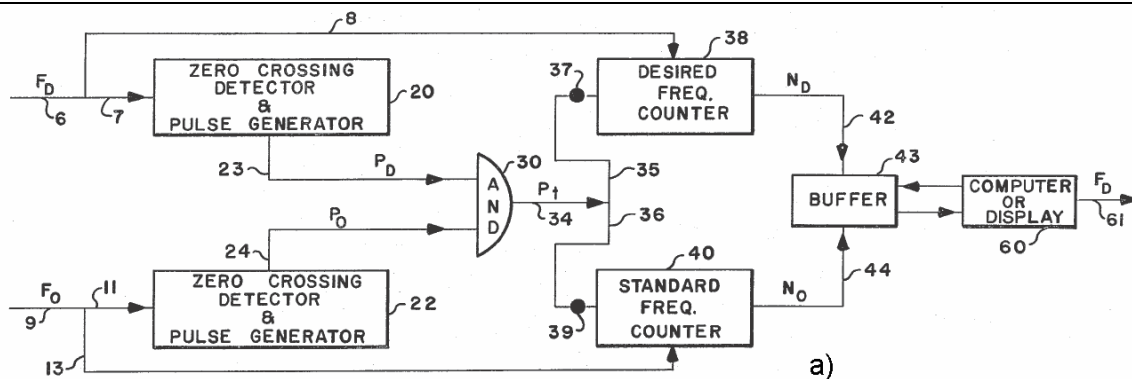


Рис. 1. Схема вимірювання за методом коінциденції 1975 року [1].

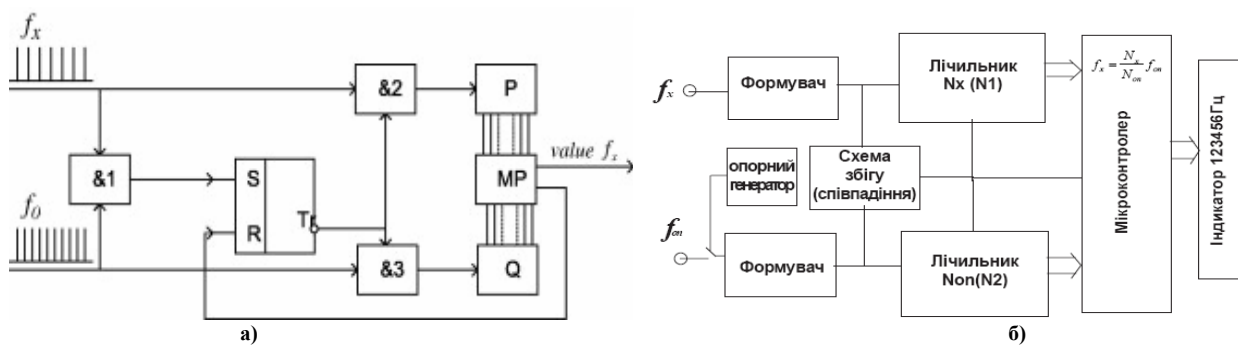


Рис. 2. Сучасні схеми вимірювання частоти за методом коінциденції: а [2] б [5].

Всі схеми досить подібні, але лише за схемою [8], отриманою на основі фазочастотного підходу в рамках фазочастотної теорії вимірювання та перетворення радіосигналів [4, 5, 8, 10], було побудовано та випробувано ряд частотомірів та вимірювальних перетворювачів, які дали унікальні результати [8, 10, 11], але особливості та деталі процесу процедури вимірювання залишались поза увагою і не публікувались. Тому наведені нижче результати не лише детально покажуть утворення вимірювальної шкали (так званої шкали відношень), а й перспективи застосування у РТС та ТКС, де вимоги до точності та швидкодії вимірювання є визначальними.

Спочатку розглянемо результати моделювання зміни розташування поділок та вимірювальної шкалі в нормованих одиницях, залежно від розрядності лічильників. Необхідно відзначити, що розгляду підлягають лише значення шкали, які утворюють правильні дроби  $N_x / N_{on} < 1$  (0...1.0); як себе вестиме вимірювальна шкала при чисельнику більшому за знаменник описано в [11]. Так на рис. 3, а-е відображено такі шкали при умові, що  $N_x, N_{on}$  змінюються від 3 до 10. Окремо потрібно відзначити, що довжина кожної поділки по вісі Y – нормоване значення часу вимірювання, тобто відображено принципову для нас характеристику – точність вимірювання за час вимірювання.

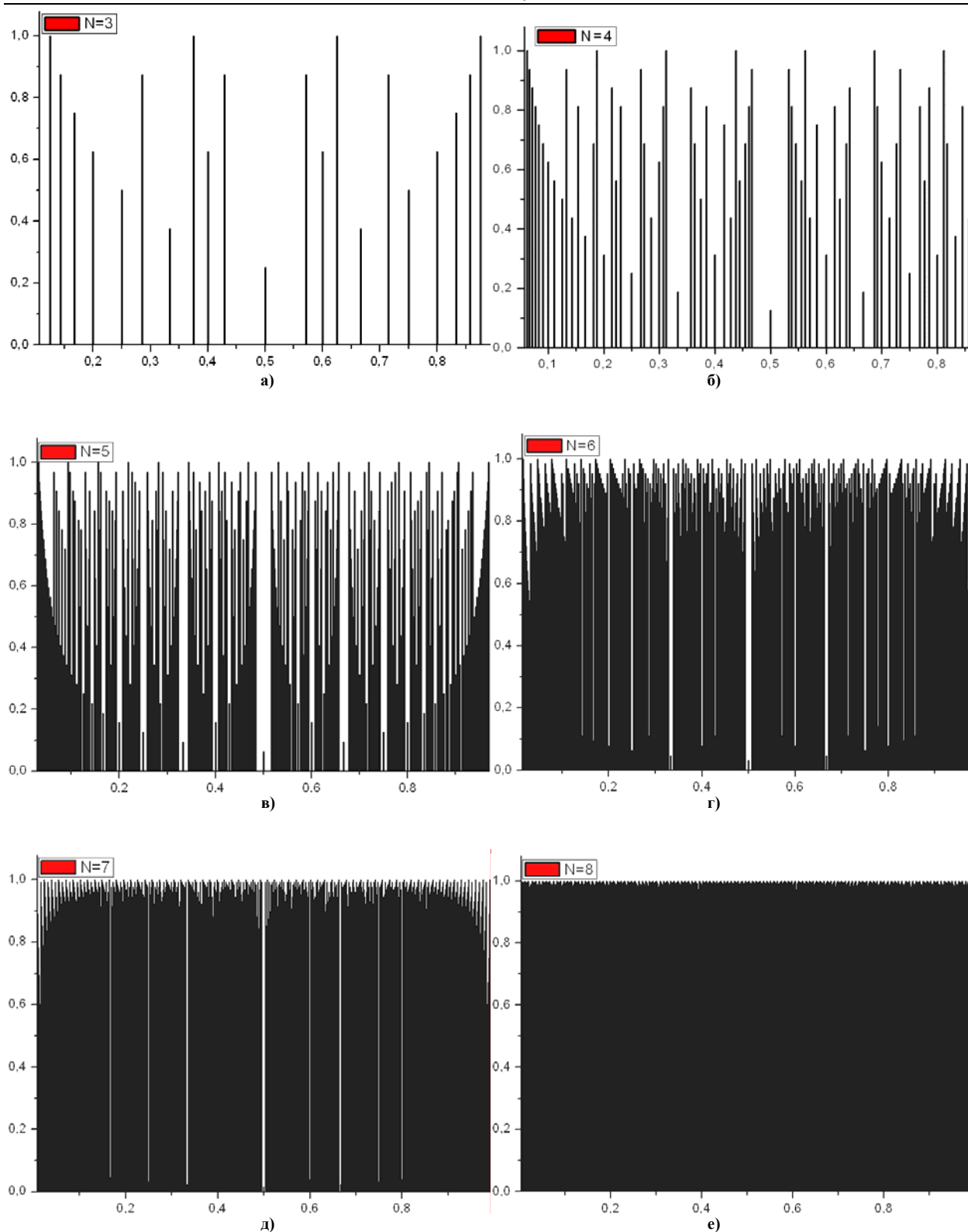


Рис. 3. Характеристики вимірювальної шкали при різних розрядності лічильників  $N_x, N_{on}$  (3-8)

Очевидним є ВАК, що при значеннях більше 6 поділки зливаються, тому було проведено масштабування з метою деталізації кількості та довжини поділок при значеннях  $N_x, N_{on}$  6, 7, та 8, які зображено на рис. 4 – рис. 6.

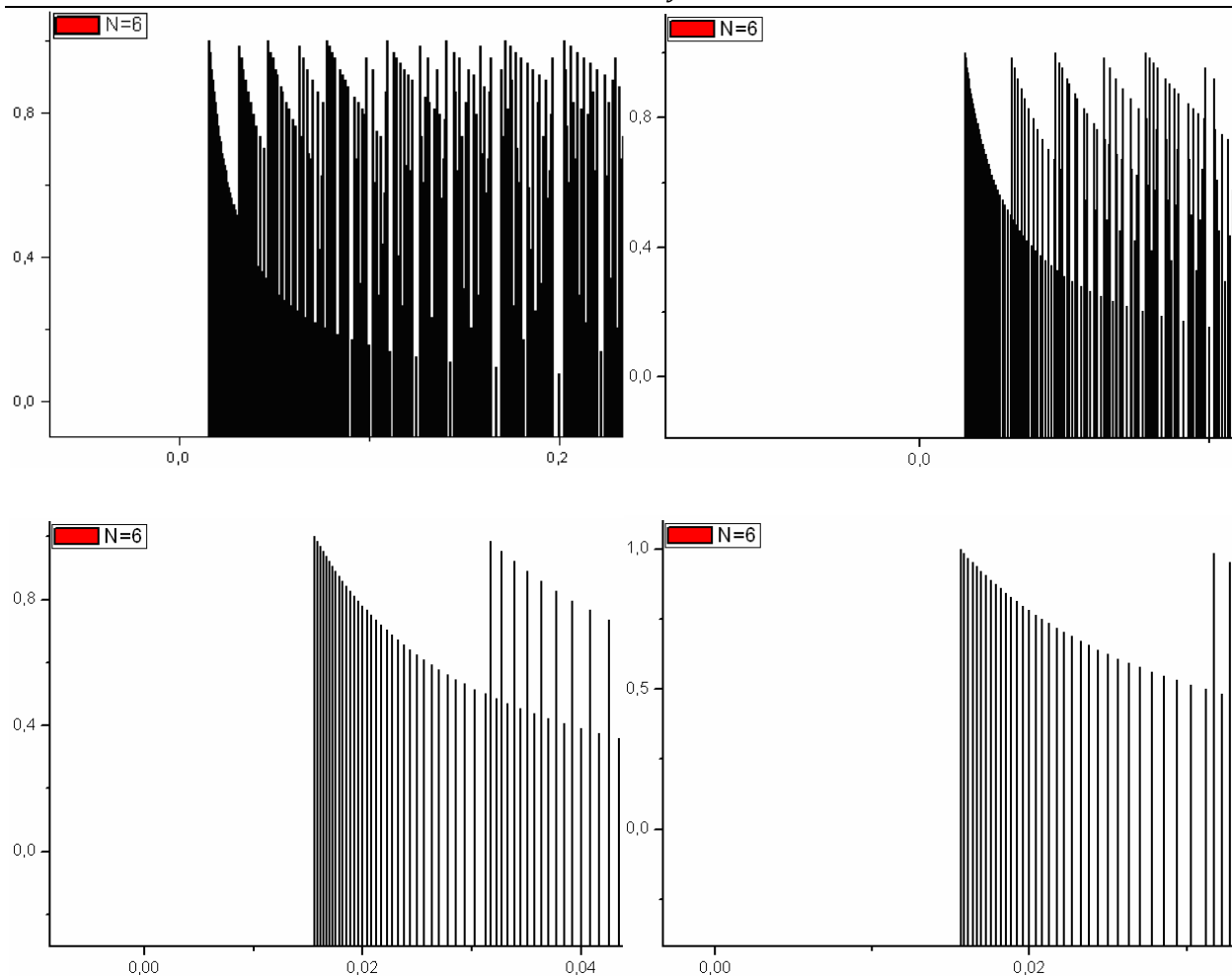


Рис. 4. Деталізація кількості та довжини поділок при значеннях  $N_x, N_{on} = 6$

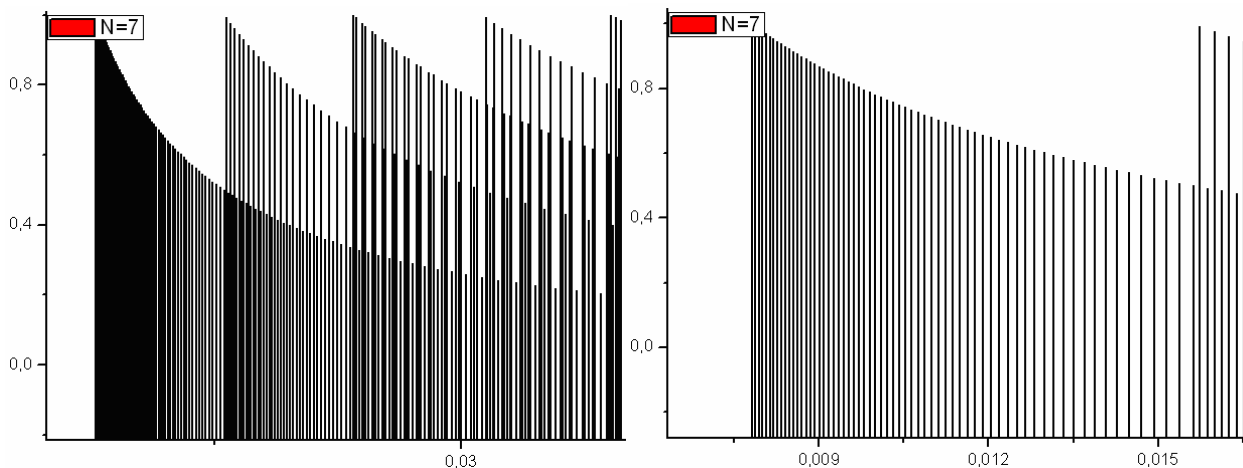


Рис. 5. Деталізація кількості та довжини поділок при значеннях  $N_x, N_{on} = 7$

Характерні гіперболічні залежності часу вимірювання викликані наявністю дробової залежності, а густина штрихів характеризує різке зростання роздільної здатності шкали відношень, що підтверджує фундаментальні положення теорії шкал. В той же час на рисунках спостерігається явна нерівномірність розташування кількості поділок у межах еквівалентної рівномірної двійкової шкали, тому доцільним є також питання дослідження розподілу кількості поділок в межах кожного з двійкових значень класичної шкали.

На рис. 7 показано результати моделювання залежності кількості поділок дробової шкали (відношень) в межах двійкової шкали, причому остання зображена і в абсолютних та відповідно нормованих значеннях саме двійкових значень шкали.

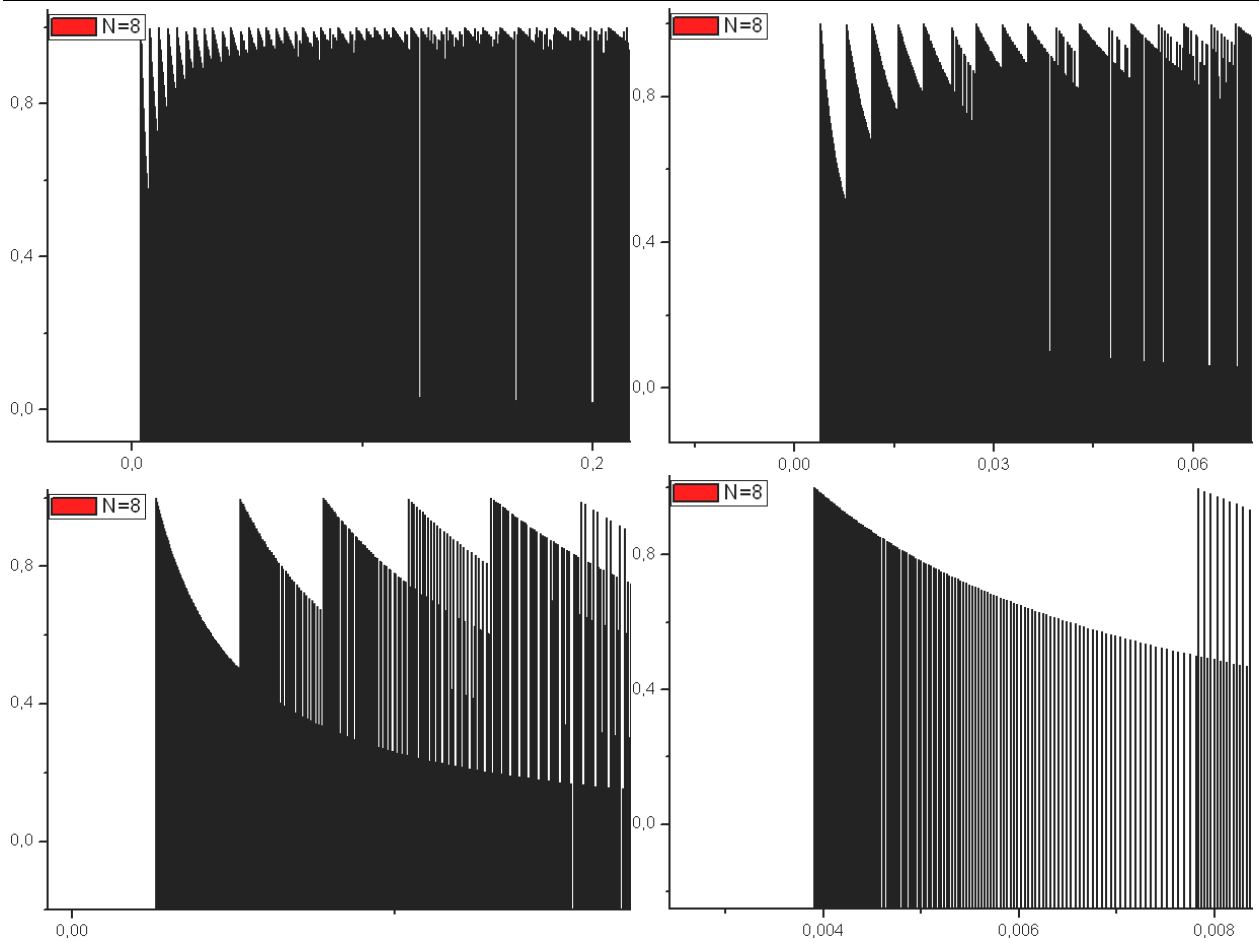


Рис. 6. Деталізація кількості та довжини поділок при значеннях  $N_x, N_{on} = 8$

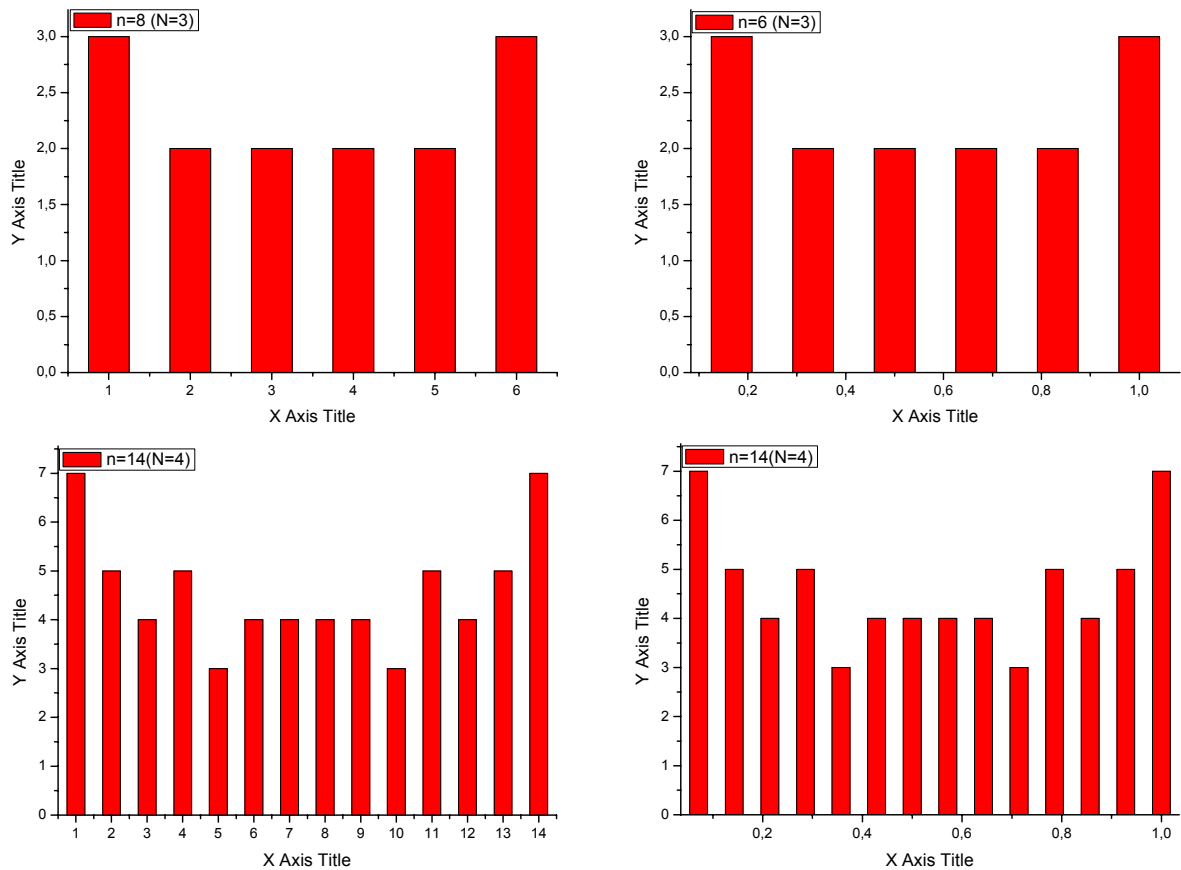


Рис. 7. Залежності кількості додаткових поділок шкали відношень в межах кожної із поділок двійкової шкали для різних співвідношень розрядності лічильників  $N_x, N_{on}$

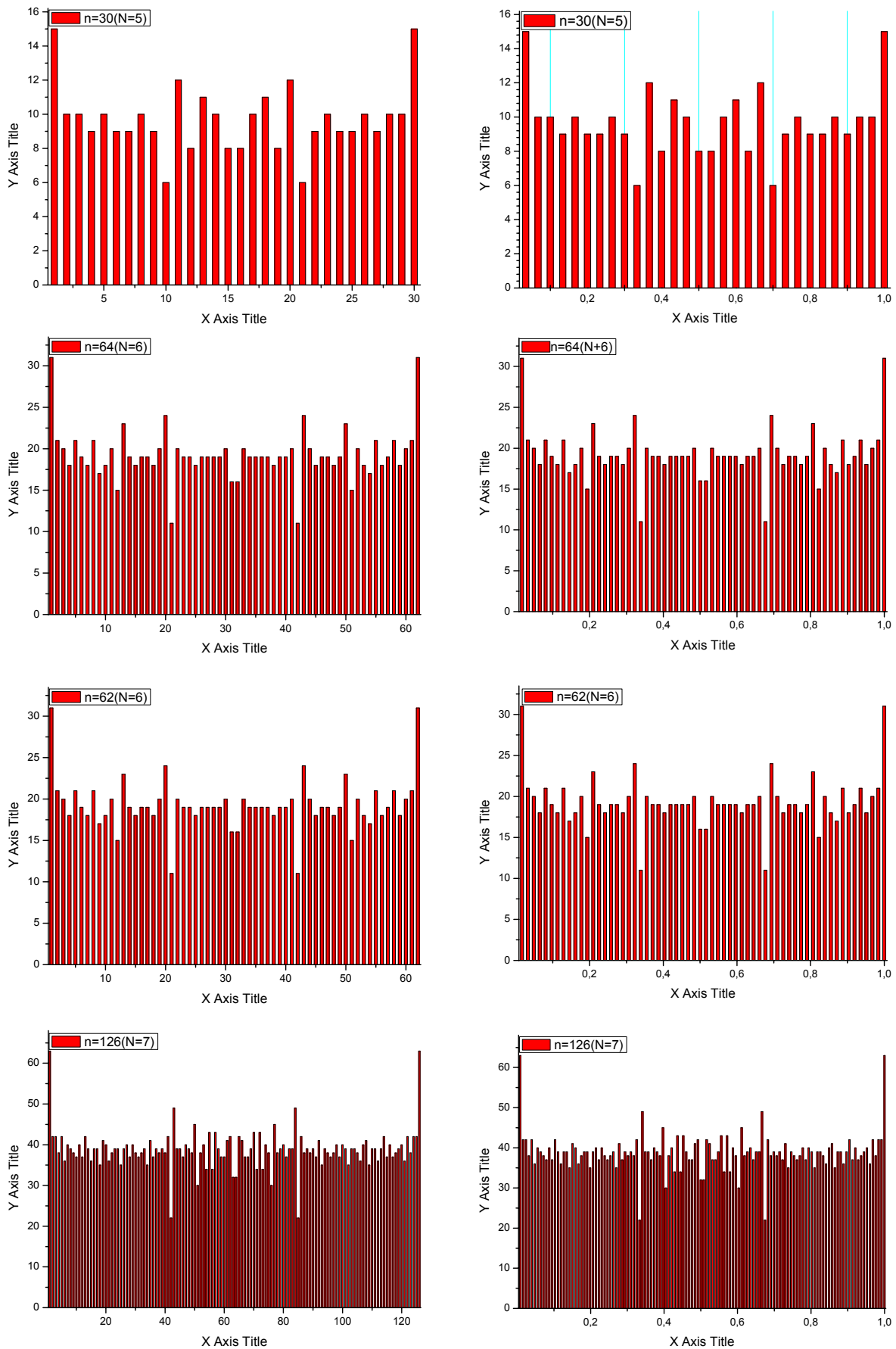


Рис. 7. Залежності кількості додаткових поділок шкали відношень в межах кожної із поділок двійкової шкали для різних співвідношень розрядності лічильників  $N_x, N_{on}$  (продовження)

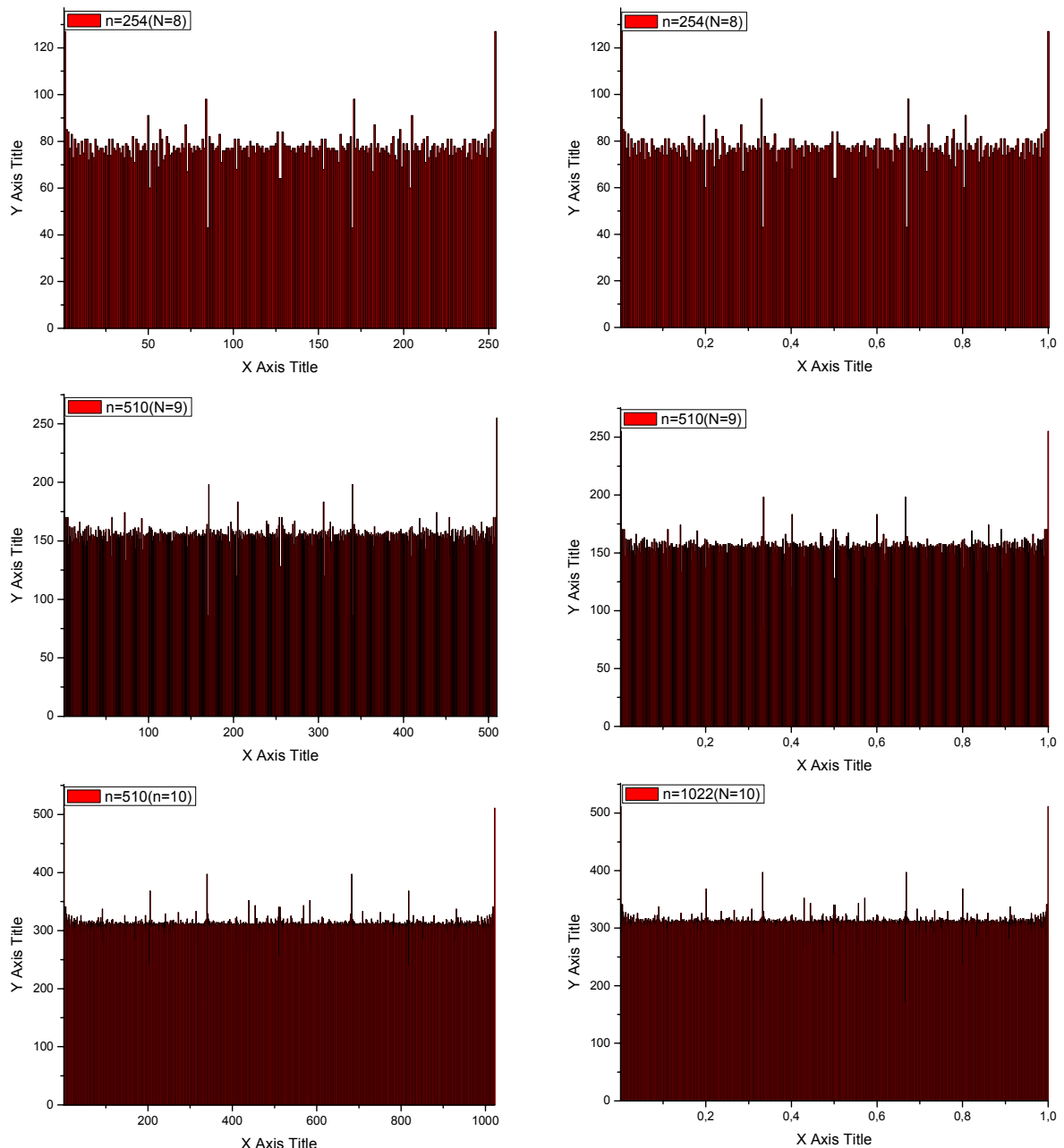


Рис. 7. Залежності кількості додаткових поділок шкали відношень в межах кожної із поділок двійкової шкали для різних співвідношень розрядності лічильників  $N_x, N_{on}$  (продовження)

Провівши простий аналіз, можливо зробити кількісні параметри дробово-раціональної шкали, які показують значне підвищення саме роздільної здатності такої шкали у порівнянні із класичною (двійковою), яке подвоюється при подвоєнні розрядності лічильника. В той же час, кількість поділок в межах всієї шкали розташована нерівномірно, найбільше їх на крайніх початкових та кінцевих поділках (4 з 8, 8 з 16, 16 з 32 і т.д), тобто, в межах  $[1 - \frac{1}{2^N}]$  міститься  $2^{N-1}$  додаткових поділок. В інших проміжках двійкової шкали кількість поділок змінна, але при збільшенні розрядності (більше 8) такі відхилення зменшуються і для розрахунків можуть бути апроксимовані як  $2^{N-2}$  поділок.

Таким чином, результати моделювання в повній мірі підтвердили теоретичні висновки про можливість одночасного підвищення і точності, і швидкодії вимірювань, також те, що єдиним методом, який забезпечує такий істотний вигравш (у десятки сотні разів) є лише метод коінциденції.

Очевидним стає той факт, що використання вказаних результатів саме для вимірювання частоти та її параметрів в сучасних комп'ютеризованих РТС і ТКС дозволить істотно покращити їх тактико-технічні характеристики, саме за критичним параметром.

## Висновки

1. Кількість поділок на вимірювальній шкалі вимірювань за методом коінциденції зростає за

рахунок появи додаткових поділок у проміжках класичної рівномірної двійкової шкали, в середньому пропорційно  $2^{N-2}$ .

2. Додаткові поділки у початковій частині вимірювальної шкали розташовуються значно густіше ( $2^{N-1}$ ), але нерівномірно по всій шкалі, причому із збільшенням розрядності ця нерівномірність густини зменшується.

3. В цілому точність вимірювання частоти в РТС і ТКС можливо покращити в рази, одночасно збільшивши швидкість отримання результатів таких вимірювань, лише за методом коінциденції.

### Література

1. Пат. США. № 3924183. J. C. Fletcher, Frequency measurement by coincidence detection with standard frequency. U. S. Patent 3, 924,183. 1975.
2. D. Hernández B., V. E. Tyrsa. Método para la medición de frecuencia usando aproximaciones racionales. Revista Mexicana de Física, 52 (4) 359-364. 2006.
3. L. Busrtseva, V. E. Tyrsa. Maedición de la frecuesnia según el método de las aproximaciones racionales. Electro 2002. Octubre 2002. ISSN 1405-2172. pp 441-446.
4. Троцишин І.В. Вимірювання та перетворення фазочастотних параметрів радіосигналів: – Хмельницький, ПП Ковальський В.В. – 2002. – 382с.
5. Троцишина Л.В. Вимірювання частоти за методом коінциденції/ Троцишина Л.В., Войтюк О.П., Троцишин І.В // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 2. – С. 198-203.
6. Троцишин І.В. Частота, кут фазового зсуву, повний фазовий зсув: – ілюзії та реальність // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 2. – С. 193-198.
7. Троцишин І.В. Теорія та практика фазочастотних вимірювань і перетворень радіосигналів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 2. – С. 7-22
8. Троцишина Л.В. Фазочастотный подход к измерению частоты радиосигналов и частотомер совпадений // “Молодь та сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій” “РТ-2006”. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів і вчених. – Севастополь, -С.93-97.
9. Троцишина Л.В. Особливості частоти як вимірюваної величини та класифікація методів вимірювання / Л.В. Троцишина, О.П. Войтюк, В.Р. Любчик, І.В. Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 2. С. 191-202.
10. Троцишин І.В. Ієрархія сучасних цифрових методів вимірювання частоти та методологія їх застосування у радіотехнічних та телекомунікаційних системах/ І.В. Троцишин, В.Т. Кондратов, Л.В. Троцишина // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 2. С. 226-233.
11. Троцишин І.В. Вимірювання частоти за методом коінциденції та особливості утворення шкали вимірювального перетворення І.В.Троцишин, О.П.Войтюк, Л.В. Троцишина // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 3. – Технічні науки. – С. 240-244.

Надійшла 10.11.2009 р.

УДК 004.41: 616.12-073.96/97

Я.В. ЛИТВИНЕНКО, С.А. ЛУПЕНКО

Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя

А.С. СВЕРСТЮК

Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського

## ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРОБКИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОННО ЗАРЕЄСТРОВАНИХ КАРДІОСИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ЦИКЛІЧНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВІДНОШЕНЬ

*В даній роботі розроблено програмний комплекс, що дає змогу проводити сумісну статистичну обробку синхронно зареєстрованих кардіосигналів та їх імітацію на основі моделі вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів. Запропоновано використовувати як діагностичні ознаки, коефіцієнти розкладу отриманих статистичних оцінок кардіосигналів в базисі тригонометричних функцій*

*The program system for statistic processing of synchronously registered cardiosignals and their imitation on basis of the vector model of rhythmically connected cyclic stochastic processes is analyzed in the paper. The coefficients of the analysis of the received statistic data of the cardiosignals in terms of trigonometric functions are suggested to be used as the diagnostic criteria.*

Ключові слова: синхронно зареєстровані кардіосигнали, програмний комплекс, статистична обробка, імітаційне моделювання.

**Вступ.** Ефективність функціонування сучасних кардіодіагностичних систем в значній мірі залежить від методів обробки, які закладаються в програмне забезпечення [1]. В свою чергу, методи базуються на