

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

---

На правах рукопису

ЛЕБЕДЄВ ОЛЕГ ГРИГОРОВИЧ

МЕТОДИ СИНТЕЗУ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ  
З ПОКРАЩЕНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

05.13.03 — Системи та процеси керування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків — 1997

881.5

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00751896 (-)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському державному університеті радіоелектроніки.

Науковий керівник: Доктор технічних наук, доцент  
**Стасев Юрій Володимирович.**

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, професор  
**Харченко Вячеслав Сергійович.**
2. Кандидат технічних наук, доцент  
**Качко Олена Григорівна.**

Провідна організація:

Науково-дослідницький інститут радіотехнічних вимірювань,  
м. Харків.

Захист дисертації відбудеться «29» травня 1997 р. о 15.00  
на засіданні спеціалізованої вченої ради К 02.25.06 у Харківському  
державному технічному університеті радіоелектроніки за адресою:  
310726, м. Харків, пр. Леніна, 14, Fax (0572) 40-91-13.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Автореферат розіслано «25» квітня 1997 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



**Е. О. ДЕДІКОВ**

ДВ 37. 404

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Створення і застосування систем керування технологічними процесами є одним з найбільш розвинутих напрямків практичного застосування сучасної електронно-обчислювальної техніки. В наш час створені і десятки років експлуатуються тисячі систем керування. В таких системах керування широке застосування знаходять дискретні сигнали, які забезпечують можливість адресної передачі та безконфліктний доступ до об'єктів керування. Використовуючи властивості дискретних сигналів, можна створити стійко працюючі, економічні, багатofункціональні системи керування космічними апаратами, атомними електростанціями і рядом інших важливих дорожочинних об'єктів. Високі вимоги, що ставляться до якості керування цими об'єктами, а також вимоги, пов'язані з імітостійкістю, аутентичністю об'єктів керування, перед'являють високі вимоги до використовуваних дискретних сигналів.

Забезпечити потрібну якість керування можливо при використанні сигналів з базою  $10^5 + 10^7$ . Однак синхронізація систем керування в цьому випадку потребує великих затрат часу, що знижує оперативність керування. Розв'язання цих протиріч можливе при використанні у системі керування сигналів з базою  $L = (10^2 + 10^4)$ , які повинні мати в комплексі покращені ансамблеві, кореляційні і структурні властивості. Але відомі на цей час сигнали не забезпечують у комплексі потрібні ансамблеві, кореляційні та структурні властивості.

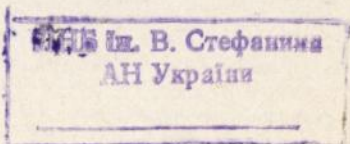
**Метою досліджень** є розробка методів синтезу ансамблів нелінійних сигналів з урахуванням зростаючих вимог, щодо захищеності та імітостійкості систем керування.

До цього часу була признана точка зору, що одним з можливих засобів вирішення проблеми захищеності і імітостійкості системи керування є побудова її на основі принципів функціонування систем з частотним надлишком.

Запропоновані до цього часу методи забезпечення захищеності і імітостійкості систем керування ґрунтуються на застосуванні лінійних рекурентних послідовностей, які мають обмежені ансамблеві та незадовільнені кореляційні і структурні характеристики і не забезпечують потрібні показники щодо захищеності та імітостійкості.

**Головні завдання роботи.** Відповідно до мети дисертаційної роботи сформульовано слідуочі завдання досліджень:

- розробити методи синтезу квазіортогональних, похідних квазіортогональних і сполучених систем сигналів із заданими кореляційними, ансамблевими і структурними властивостями;
- дослідити статистичні характеристики функцій кореляції синтезованих систем сигналів;



- розробити алгоритм реалізації великих ансамблів слабокорельованих систем сигналів в захищених від перешкод системах керування;
- оцінити захищеність від перешкод систем керування, імітостійкість систем керування при використанні синтезованих систем сигналів;
- за допомогою імітаційного модулювання на ЕОМ оцінити імовірнісно-часові характеристики систем керування.

**Методи досліджень.** В дисертаційній роботі для досягнення поставленої мети використовувався математичний апарат теорії імовірностей і математичної статистики, алгебраїчні методи синтезу та аналізу дискретних сигналів, методів загальної теорії зв'язку, функціонального аналізу, математичний апарат теорії полів Галуа.

**Наукова новизна.** Наукова новизна досліджень визначається вирішенням нового науково-технічного завдання, яке пов'язане з забезпеченням захищеності та імітостійкості систем керування на основі дискретних сигналів з покращеними властивостями:

- 1) розроблено метод синтезу дискретних сигналів, який враховує, на відміну від відомих, кореляційні, ансамблеві та структурні властивості сигналів;
- 2) сформовано та доведено необхідні і достатні умови синтезу сигналів з  $p$ -рівневою функцією кореляції;
- 3) розроблено методи синтезу похідних і сполучених систем сигналів, що дозволяють, на відміну від відомих методів, синтезувати сигнали з заданими у комплексі кореляційними, ансамблевими та структурними властивостями;
- 4) на основі теорії інформації і загальної теорії зв'язку сформульовано і доведено вимоги до реалізації у системі керування алгоритмів активного захисту від перешкод та імітозахисту, які забезпечують реальну можливість обґрунтування і реалізації захисту від перешкод, іміто- та криптозахисту систем керування на фізичному рівні;
- 5) досліджено і підтверджено результатами імітаційного моделювання можливості підвищення захищеності від перешкод та імітостійкості систем керування, які функціонують в умовах впливу потужних навмисних перешкод при використанні синтезованих систем сигналів.

**Нові наукові результати та основні положення які виносяться на захист:**

- а) розроблено метод синтезу квазіортогональних систем сигналів для захищених від перешкод систем керування:
  - сформульовано і доведено необхідні та достатні умови синтезу сигналів із заданими кореляційними властивостями, які враховують ансамблеві структурні властивості сигналів;
  - аналітичні вирази, що зв'язують ансамблеві, кореляційні та структурні властивості квазіортогональних систем сигналів;

б) розроблено методи синтезу похідних і складових систем сигналів:

— теорема та аналітичні вирази, які зв'язують кореляційні властивості задаючих сигналів і похідних квазіортогональних систем сигналів;

— сформульовано та доведено теорема, які визначають вимоги до сегментів, що утворюють сполучені сигнали;

в) математичні залежності для оцінки захищеності і імітостійкості, що дозволяють з єдиних позицій оцінити характеристики систем керування при використанні складних сигналів;

г) результати досліджень кореляційних ансамблевих та структурних властивостей синтезованих систем дискретних сигналів і сформульовано на їх основі пропозиції та рекомендації з питань підвищення захищеності і імітостійкості систем керування.

**Практична значимість.** Робота тісно пов'язана з заданими та держдоговірними НДР.

Практична значимість проведених досліджень полягає:

— у розробці і узагальненні методів синтезу квазіортогональних, похідних квазіортогональних та сполучених систем сигналів з заданими кореляційними, ансамблевими і структурними властивостями;

— в одержанні сукупності аналітичних виразів, на основі яких оцінюються перешкодозахищеність та імітостійкість систем керування;

— у розробці методики комплексної оцінки захищеності і імітостійкості систем керування;

— у розробці пристроїв формування синтезованих систем сигналів.

**Реалізація результатів роботи.** Робота тісно пов'язана з науково-дослідними роботами які проводяться у Національному космічному агентстві України по створенню захищених систем керування. Отримані результати досліджень використано в Науково-дослідному проектному інституті "Союз", м. Харків (акт про реалізацію вх. № 2061 від 20.12.96) та Науково-дослідному інституті радіотехнічних вимірювань, м. Харків (акт про реалізацію вх. № 17/02 від 3.12.96).

**Апробація.** Основні результати досліджень доповідались та були схвалені на міжнародних науково-технічних конференціях "Теорія та техніка антен". Харків, 1995 р. "Теорія та техніка передачі, прийому та обробки інформації". Туалсе, 1995 р., "Обробка інформації та забезпечення надійності систем управління" Харків, 1996 р., на науково-технічних семінарах.

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень опубліковано три наукових статті, чотири доповіді на НТК, один методичний посібник, виконано три звіти про НДР.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, заключення, списку використаної літератури і 2 додатків. За обсягом

робота складає 179 сторінок, з них 23 сторінки малюнків та таблиць, бібліографія на 8 сторінках, та складає 95 найменувань.

## II Зміст роботи

У вступі складається оцінка стану дослідженої задачі, дані загальні характеристики та стислий склад дисертації. Приводяться основні результати, які характеризують новизну дослідження і практичну значимість, наукові положення, які виносяться на захист.

У першому розділі аналізуються та досліджуються умови функціонування систем керування, обґрунтовуються та вибираються критерії та показники оцінки якості функціонування систем керування, аналізуються імовірно-часові характеристики існуючих систем керування.

У роботі показано, що системи керування  $P_{\text{в}}$  залежать від імовірності дій організованих перешкод  $P_{\text{дп}}$ , та імовірності успішного рішення своїх задач системою при впливі організованих та природних  $P_{\text{по}}$ , або природних перешкод  $P_0$ :

$$P_{\text{в}} = P_{\text{дп}} \cdot P_{\text{по}} + (1 - P_{\text{дп}}) \cdot P_0, \quad (1)$$

Імітостійкість системи керування – це здібність системи протистояти введенню в неї хибної інформації. Якісно імітостійкість оцінюється можливістю імітації сигналу, та виражається співвідношенням:

$$I = \frac{n}{\mu}, \quad (2)$$

де  $n$  – число дозволених до передачі сигналів;

$\mu$  – загальне число сигналів.

Для оцінки структурних властивостей використовується співвідношення:

$$P_{\text{нев}} = \frac{1}{Z_2^P \cdot Z_3^P \cdot Z_3^P \cdot Z_2^P}, \quad (3)$$

де  $Z_2^P$  та  $Z_3^P$  – число дозволених в заданий інтервал часу частот та форм сигналів;

$Z_2$  та  $Z_3$  - загальне число частот та форм сигналів;

Структурна стійкість кожного з використаних сигналів виражається співвідношенням:

$$S = \frac{l}{L}, \quad (4)$$

де  $l$  - число елементів сигналу, які необхідно знати для виявлення закону формування  $L-l$  елементів які залишилися.

Проведені в роботі дослідження показали, що забезпечення захищеності та імітостійкості систем керування на фізичному рівні дається за рахунок використання сигналів з покращеними кореляційними, ансамблевими та структурними властивостями.

У другому розділі розробляється метод синтезу квазіортогональних сигналів. Формулюються необхідні умови синтезу сигналів з  $p$ -рівневою функцією кореляції. Показано, що для синтезу сигналів з  $p$ -рівневою функцією кореляції необхідно вирішувати систему рівнянь виду:

$$\left\{ \begin{array}{l} R(0) = w_1 w_1 + w_2 w_2 + \dots + w_L w_L \\ R_{\min}(1) \leq w_1 w_2 + w_2 w_3 + \dots + w_L w_1 \leq R_{\max}(1) \\ R_{\min}(2) = w_1 w_3 + w_2 w_4 + \dots + w_L w_2 \leq R_{\max}(2) \\ \vdots \\ R_{\min}(L-1) \leq w_1 w_L + w_2 w_1 + \dots + w_L w_{L-1} \leq R_{\max}(L-1) \end{array} \right. \quad (5)$$

де  $w_i$  - елемент дискретного сигналу;

$$w_i \in \{\pm 1\}.$$

$R_i$  -  $i$ -й рівень бокових пелюстків у функції кореляції.

При заданих значеннях  $R$  та  $L$  область допустимих значень існування сигналу з заданими властивостями зводиться до існування різносних безліч, які повинні задовольняти умовам виразу:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 = L \cdot 4 (b - \lambda_1) \\ R_2 = L \cdot 4 (b - \lambda_2) \\ \vdots \\ R_n = L \cdot 4 (b - \lambda_n) \\ \lambda_1 n_1 + \lambda_2 n_2 + \dots + \lambda_n n_n = b (b - 1) \\ n_1 + n_2 + \dots + n_n = L - 1, \end{array} \right. \quad (6)$$

де  $\lambda$ ,  $n$ ,  $L$ ,  $b$  – параметри різноспних безліч.

На основі апарату різноспних безліч у роботі синтезуються системи квазіортогональних сигналів. Досліджуються кореляційні, ансамблеві та структурні властивості синтезованих систем сигналів ( мал. 1,2) . В таблиці 1, дані ансамблеві характеристики синтезованих систем квазіортогональних сигналів:

Таблиця 1. Ансамблеві характеристики квазіортогональних сигналів

L	12	48	125	512	1024	2000
$\mu$	4	$4.1 \cdot 10^2$	$8.6 \cdot 10^2$	$5.6 \cdot 10^3$	$1.4 \cdot 10^4$	$5.6 \cdot 10^4$

Аналіз таблиці 1. показує, що використання квазіортогональних сигналів у системах керування дозволяє істотно підвищити їх імітостійкість.

Дослідження структурних властивостей квазіортогональних систем сигналів показали, що вони володіють найкращою стійкістю по критерію (4).

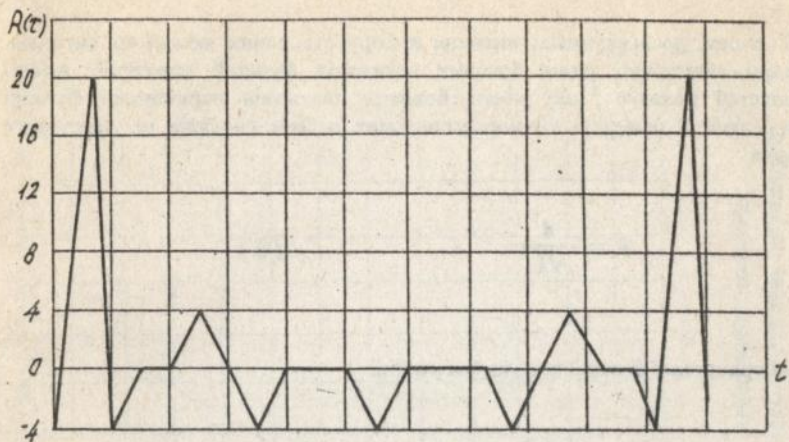
У третьому розділі досліджуються методи підвищення захищеності і імітостійкості системи керування на основі застосування похідних та сполучених квазіортогональних систем сигналів.

Показано, що властивості похідних систем сигналів залежать від властивостей сигналів, які складають похідні квазіортогональні сигнали.

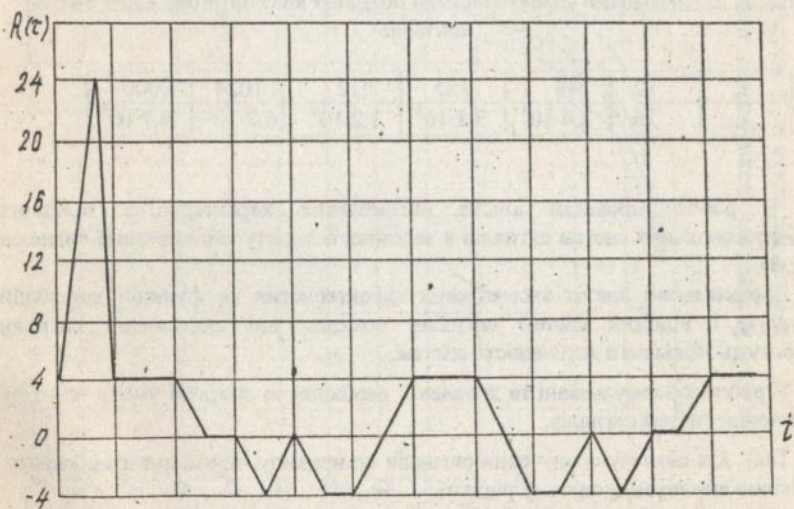
Рівень бокових пелюстків ПФАК та ПФВК похідних сигналів  $R_d$  може бути визначений:

$$R_d(l) = \frac{R_h(l) \cdot R_w(l)}{L}, \quad (7)$$

де  $R_h(l)$  та  $R_w(l)$  рівень ПФАК сигналів, які складають похідний сигнал.



Мал. 1 ПФАК квазіортогонального сигналу з числом елементів  $L = 20$



Мал. 2 ПФАК квазіортогонального сигналу з числом елементів  $L = 24$

У роботі досліджуються питання вибору створених ансамблів сигналів. Отримані залежності рівня бокових пелюстків функцій кореляції. Аналіз залежностей показує, що рівень бокових пелюстків періодичної функції автокореляції R-похідних квазіортогональних систем сигналів не перевищує значення:

$$R = \frac{4}{\sqrt{L}} \quad (8)$$

а періодичної функції взаємної кореляції:

$$R = \frac{4,2}{\sqrt{L}} \quad (9)$$

В таблиці 2. дані ансамблеві характеристики похідних квазіортогональних систем сигналів.

Таблиця 2. Ансамблеві характеристики похідних квазіортогональних систем сигналів

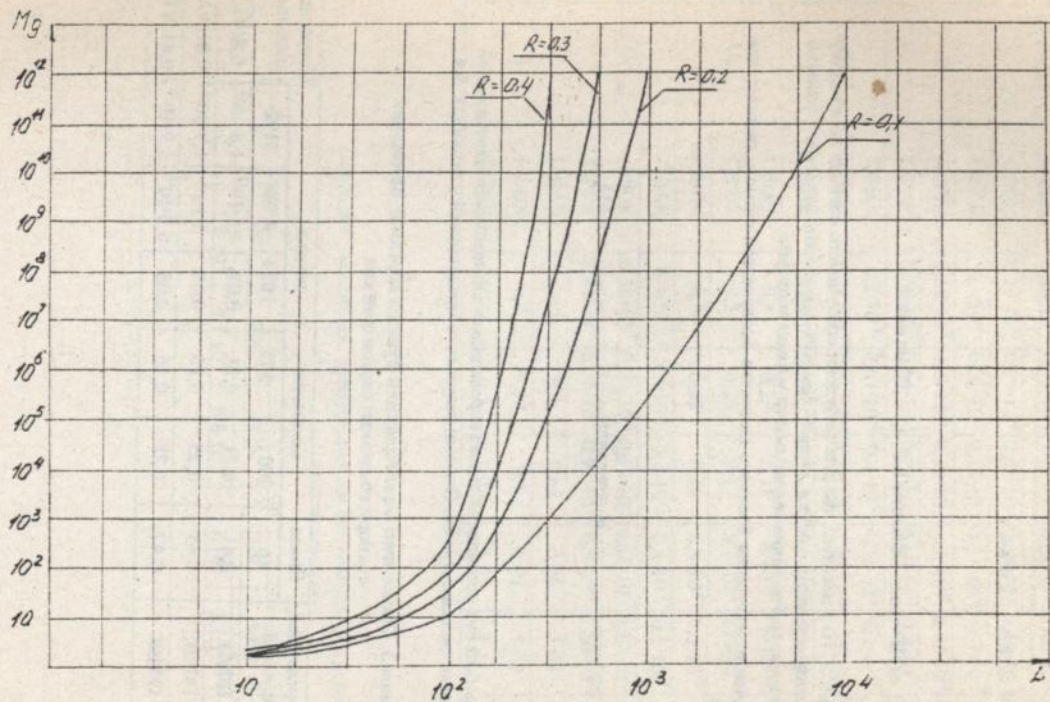
L	12	48	125	512	1024	2000
$\mu$	26	$2,4 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$	$6,2 \cdot 10^5$	$8,7 \cdot 10^5$

В роботі проведено аналіз ансамблевих характеристик похідних квазіортогональних систем сигналів в залежності від ступені кореляції сигналів (мал. 3).

Порівняльний аналіз ансамблевих характеристик та функцій кореляції похідних, і відомих систем сигналів показав, що синтезовані сигнали дозволяють збільшити захищеність систем.

У роботі сформульовані та доведені, необхідні та достатні умови синтезу сполучених систем сигналів.

Так, для синтезу сполучених сигналів по правилу примкнутого сегменту, необхідно вирішувати систему рівнянь:



Мал. 3 Залежність розмірності ансамблю  $Mg$ /похідних квазіортогональних систем сигналів від числа елементів у сигналі  $L$ /і ступеня кореляції сигналами  $R$ .



Продовження таблиці 3.

$\sqrt{D_m}$	ПФАК	$0,12 \cdot 10^{-2}$	$0,1 \cdot 10^{-2}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$0,51 \cdot 10^{-3}$	$0,41 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^{-2}$
	ПФВК	$0,18 \cdot 10^{-2}$	$0,13 \cdot 10^{-2}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$0,56 \cdot 10^{-3}$	$0,49 \cdot 10^{-3}$	$0,37 \cdot 10^{-3}$	$0,22 \cdot 10^{-2}$
	СФВК	$0,19 \cdot 10^{-2}$	$0,15 \cdot 10^{-2}$	$0,61 \cdot 10^{-3}$	$0,58 \cdot 10^{-3}$	$0,44 \cdot 10^{-3}$	$0,41 \cdot 10^{-3}$	$0,28 \cdot 10^{-2}$
D	ПФАК	$0,5 \cdot 10^{-1}$	$0,21 \cdot 10^{-1}$	$0,15 \cdot 10^{-1}$	$0,51 \cdot 10^{-2}$	$0,67 \cdot 10^{-3}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	$0,63 \cdot 10^{-3}$
	ПФВК	$0,52 \cdot 10^{-1}$	$0,3 \cdot 10^{-1}$	$0,19 \cdot 10^{-1}$	$0,6 \cdot 10^{-2}$	$0,72 \cdot 10^{-3}$	$0,56 \cdot 10^{-4}$	$0,63 \cdot 10^{-3}$
	СФВК	$0,68 \cdot 10^{-1}$	$0,34 \cdot 10^{-1}$	$0,22 \cdot 10^{-1}$	$0,69 \cdot 10^{-2}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-4}$	$0,63 \cdot 10^{-3}$
$\sqrt{D_D}$	ПФАК	$0,2 \cdot 10^{-1}$	$0,61 \cdot 10^{-1}$	$0,4 \cdot 10^{-2}$	$0,31 \cdot 10^{-2}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$
	ПФВК	$0,25 \cdot 10^{-1}$	$0,71 \cdot 10^{-1}$	$0,43 \cdot 10^{-2}$	$0,39 \cdot 10^{-2}$	$0,19 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-4}$	$0,22 \cdot 10^{-3}$
	СФВК	$0,29 \cdot 10^{-1}$	$0,75 \cdot 10^{-1}$	$0,47 \cdot 10^{-2}$	$0,5 \cdot 10^{-2}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-4}$	$0,28 \cdot 10^{-3}$
$U_{max}$	ПФАК	0,4	0,23	0,11	$8 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$4,1/\sqrt{L}$
	ПФВК	0,5	0,28	0,17	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$4,2/\sqrt{L}$
	СФВК	0,5	0,32	0,18	$8,8 \cdot 10^{-2}$	$7,1 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$4,3/\sqrt{L}$
$\sqrt{D_{U_{max}}}$	ПФАК	$0,3 \cdot 10^{-1}$	$0,9 \cdot 10^{-2}$	$0,1 \cdot 10^{-2}$	$0,4 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$0,25 \cdot 10^{-1}$
	ПФВК	$0,36 \cdot 10^{-1}$	$0,92 \cdot 10^{-2}$	$0,19 \cdot 10^{-2}$	$0,46 \cdot 10^{-3}$	$0,19 \cdot 10^{-3}$	$0,86 \cdot 10^{-4}$	$0,31 \cdot 10^{-1}$
	СФВК	$0,41 \cdot 10^{-1}$	$0,98 \cdot 10^{-2}$	$0,21 \cdot 10^{-2}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$0,26 \cdot 10^{-3}$	$0,9 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-1}$
$\gamma$	ПФАК	0,35	0,4	0,65	0,96	1,03	1,08	1,07
	ПФВК	0,4	0,48	0,7	0,99	1,09	1,1	1,13
	СФВК	0,42	0,5	0,78	1,05	1,12	1,15	1,15

Таблиця 4. Ансамблеві характеристики сполучених квазіортогональних систем сигналів

L	40	200	375	1024	4000	8192
$\mu_{cc}$	$1.8 \cdot 10^3$	$4.1 \cdot 10^3$	$8.6 \cdot 10^3$	$7.1 \cdot 10^5$	$3.1 \cdot 10^6$	$1.9 \cdot 10^9$

У четвертому розділі на основі результатів досліджень проводиться аналіз захищеності і імітостійкості систем керування при використанні синтезованих систем сигналів.

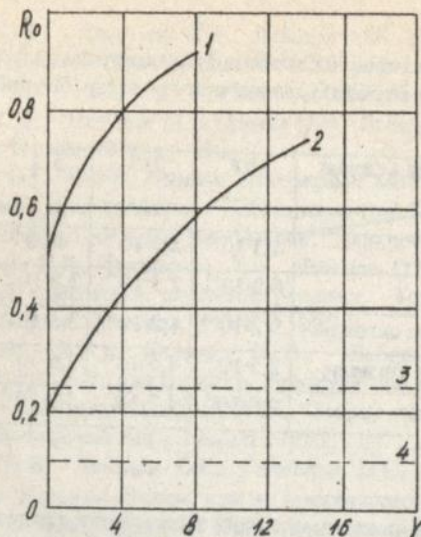
З'ясовано, що необхідна якість передачі інформації залежить від статистичних характеристик функцій кореляції сигналів, зокрема від коефіцієнту ексцесу  $\gamma$  розподілення рівней бокових пелостків функцій кореляції (мал. 4,5).

В розділі проведений порівняльний аналіз статистичних характеристик різних систем сигналів. Основні результати досліджень представлені в таблиці 5.

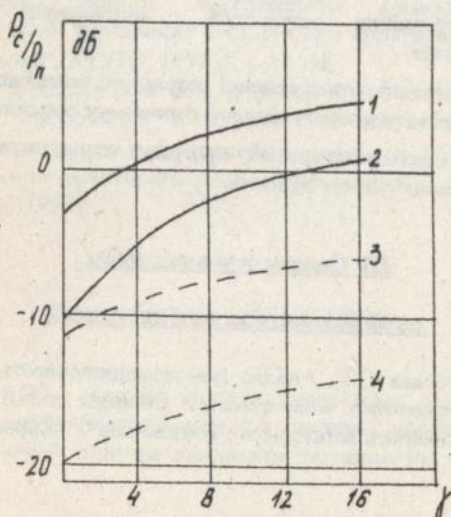
Таблиця 5. Статистичні характеристики кореляційних функцій різних систем сигналів

Система сигналів	$\sigma$	$\gamma$	$R_{dmax}$
$\mu$ - послідовальности	$1/2\sqrt{L}$	2,1	$6\sqrt{L}$
Послідовності Голда	$0,93\sqrt{L}$	1,9	$1,5\sqrt{L}$
Ортогональні послідовності	$1/\sqrt{2L}$	4,9	1
Похідні сигналу	$0,51\sqrt{L}$	1,06	$4,2\sqrt{L}$
Повні кодові кільця	$0,16\sqrt{L}$	2,1	0,75
Нелінійні похідні кодові послідовності	$0,09\sqrt{L}$	1,98	$2,22\sqrt{L}$
Складові послідовності	$0,52\sqrt{L}$	1,1	$4,1\sqrt{L}$
Квазіортогональні сигнали	$0,49\sqrt{L}$	0,82	$3,7\sqrt{L}$

В таблиці 6. приведені результати досліджень порівняльного аналізу імовірності імітації сигналу в системі керування при використанні ЛРПМ, ЛРПТ, квазіортогональних, похідних квазіортогональних та складових систем сигналів.



Мал. 4 Залежність порогового рівня  $R_0$  від коефіцієнта ексцесу  $\gamma$  розподілу рівня бокових пелюстків функції кореляції при  $P_{\text{ПТ}} = 10^{-3}$ ;  $P_n = \text{const}$   
 $1,3-L = 256$ ;  $2,4-L = 1023$



Мал. 5 Залежність відношення потужності сигналу до потужності перешкоди  $P_c/P_n$  від коефіцієнта ексцесу  $\gamma$  розподілу рівня бокових пелюстків функції кореляції при  $P_{\text{пом}} = 10^{-3}$ ;  $1,3-L = 256$ ;  $2,4-L = 1024$

Таблиця 6. Порівняльний аналіз імовірності імітації складного сигналу в системах функціонування при реалізації динамічного режиму 'бігучий код'

Система сигналів \ Число елементів в сигналі	127	255	511	1023
ЛРПМ	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
ЛРПТ	$6,2 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$	$9,6 \cdot 10^{-7}$
Квазіортогональні системи сигналів	$9,2 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-8}$
Похідні квазіортогональні сигнали	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$4,6 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$
Составні системи сигналів	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$

Аналіз таблиць 5, 6 показав, що при застосуванні синтезованих систем сигналів досягається вигреш у захищеності на 2–3дБ, та на 2+3 порядки в імітостійкості порівняно з лінійними рекурентними послідовностями.

У роботі доказано, що найбільш ефективним засобом побудови системи керування є засіб, заснований на псевдовипадковій зміні форм складних сигналів.

Достовірність отриманих результатів підтвержена результатами імітаційного модулювання.

У заключенні узагальнюються основні результати досліджень, робляться висновки щодо наукової і практичної цінності отриманих результатів.

У додатках приводяться алгоритми, програми та результати досліджень властивостей синтезованих систем сигналів.

### III Список основних робіт,

#### опублікованих по темі дисертації:

1. Стасев Ю.В., Лебедев О.Г. Анализ помехозащищенности радиоканалов управления космическими аппаратами. // Сборник статей "Надежность, живучесть и безопасность летательных комплексов". Харьков, ХВУ, 1996 г. с. 134–137.

2. Стасев Ю.В., Пастухов Н.В., Лебедев О.Г. Условия существования  $n$ -уровневых разностных множеств. // Сборник статей "Системы передачи информации". НАНУ, ХВУ, 1996 г., с.121–124.
3. Стасев Ю.В., Пастухов М.В., Потій О.В., Лебедев О.Г. Цифрова обробка сигналів. Харків, 1996 р., 55 с.
4. Лебедев О.Г. Метод синтеза дискретных сигналов для систем связи и управления и их свойства. // Сборник статей "Надёжность, живучесть и безопасность летательных комплексов". Харьков, ХВУ, 1996г. с. 131–134.
5. Поповский В.В., Титаренко Л.А., Лебедев О.Г. Анализ эффективности кольцевой адаптивной антенной решётки. Тез. докл. НТК "Теория и техника антенн". Харьков, ХТУРЭ, 1995 г.
6. Поповский В.В., Билоус Ю.В., Лебедев О.Г. Разработки помехоустойчивого адаптивного демодулятора декаметрового линии связи. Тез. докл. на международной НТК. "Теория техника передачи, приема и обработки информации". Туапсе, 1995 г.
7. Билоус Ю.В., Лебедев О.Г., Радкевич Н.С. Анализ чувствительности фильтров Колмана–Бьюси при их практическом использовании. // Тезисы доклада на международной НТК "Теория и техника передачи, приема и обработки информации". Туапсе, 1995 г.
8. Лебедев О.Г., Пастухов Н.В. Наземный автоматизированный комплекс управления космическими аппаратами Украины. Отчёт о ОКР шифр "Центр", 1995 г., кн. 4 с. 71–86.
9. Лебедев О.Г., Стасев Ю.В., Пастухов Н.В. Разработка аппаратно-програмных средств имитозащиты командной информации в радиоканалах управления космическим аппаратом. Отчёт о ОКР шифр, "Управление", ХТУРЭ, 1996 г., с. 42–68.
10. Стасев Ю.В., Лебедев О.Г., Воронов Д.Н. Условия реализации алгоритма защиты информации в космических системах связи и управления. Материалы научно-технической конференции "Обработка информации и обеспечение надёжности систем управления", НАНУ, ПАНИ, ХВУ, Харьков, 1996 г.

## АННОТАЦИЯ

Лебедев О.Г. Методы синтеза дискретных сигналов с улучшенными качествами для автоматизированной системы управления. Диссертация на сонскание учёной степени кандидата технических наук по специальности

05.13.03. Харьковский государственный технический университет радиозлектроники, Харьков, 1997г.

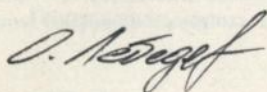
Диссертационная работа посвящена разработке методов синтеза дискретных сигналов для систем управления, которые имеют улучшенные корреляционные, ансамблевые и структурные качества. Осуществлено внедрение предложенных методов и алгоритмов при разработке программной реализации различных систем управления.

#### ANNOTATION

Lebedev O.G. Methods of design discrete signals with improved properties for avtomatic system controlling. The dissertation to receive of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.13.03 - Systems and processes of controlling, Kharkov State Technical Universities of Radioelectronics, Kharkov, 1997.

The dissertation is devoted to elahoration of methods of design discrete signal for control systems, which possess improved korrelation and structural propeties. Introduction of offered formalized means of the description, models, algorithms and principles of their realization in various system of scientific researches is carrid out.

Ключові слова: дискретні сигнали, захищеність, імітостійкість, функція кореляції, ансамбль, структурні властивості, динамічний режим.



---

	Підписано до друку 24.04.97 р.
Об'єм I др. а.	Обл.-друк.а. - 0,75
	Формат паперу 60x84 I/I6
Тираж 100 пр.	Зам. 22/II9

---

Друкарня ХВУ, м. Свободи, 6

425035

43 20 484  
**AB 37.484**

1111