



ISSN 1681-7710

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ
ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

Системи обробки інформації

Наукове
періодичне
видання

Випуск 4 (120)



ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ
В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ



ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ
В СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ



МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ



ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ



ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ



ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ



АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАВЧАННЯ

Харків
2014

УДК 620.1:681.3; 004 : 007; 355.4 : 378.1; 51.3 : 533.9 Системи обробки інформації : збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – Вип. 4 (120). – 236 с.

Збірник наукових праць «Системи обробки інформації» заснований у 1996 році. У збірнику публікуються результати досліджень з розробки нових інформаційних технологій як для рішення традиційних задач збору, обробки та відображення даних, так і для побудови систем обробки інформації у різних проблемних галузях. Збірник призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів, ад'юнктів, аспірантів, а також курсантів та студентів старших курсів відповідних спеціальностей.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

- Голова:** СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків).
- Члени:** БІЛЬЧУК Віктор Михайлович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
ГОЛКІН Дмитро Васильович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
ГОРОБЕЦЬ Микола Миколайович (д-р фіз-мат. наук, професор, ХНУ, Харків);
ЄВДОКІМОВ Віктор Федорович (член-кор. НАНУ, д-р техн. наук, професор, ІПМЕ НАНУ, Київ);
ІВАНОВ Віктор Кузьмич (д-р фіз-мат. наук, с.н.с., ІРЕ НАНУ, Харків);
КАРЛОВ Володимир Дмитрович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
КАЧАНОВ Петро Олексійович (д-р техн. наук, професор, НТУ «ХПІ», Харків);
КОЗЕЛКОВ Сергій Вікторович (д-р техн. наук, професор, ДУТ, Київ);
КОНОВАЛЕНКО Олександр Олександрович (академік НАНУ, д-р фіз-мат. наук, професор, РІ НАНУ, Харків);
КОНОНОВ Борис Тимофійович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук, професор, ПНТУ, Полтава);
КУПЧЕНКО Леонід Федорович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
ЛОСЄВ Юрій Іванович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
ПОРОШИН Сергій Михайлович (д-р техн. наук, професор, НТУ «ХПІ», Харків);
ПОТІЙ Олександр Володимирович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
РУБАН Ігор Вікторович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
СМЕЛЯКОВ Сергій В'ячеславович (д-р фіз-мат. наук, професор, ХУПС, Харків);
СТРЕЛКОВ Олександр Іванович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків);
ХАРЧЕНКО В'ячеслав Сергійович (д-р техн. наук, професор, НАКУ «ХАІ», Харків).
- Відповідальний секретар:** КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук, професор, ХУПС, Харків).

Адреса редакційної колегії: 61023, м. Харків, вул. Сумська, 77/79,
Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Телефон редакційної колегії: +38 (057) 704-96-53 (консультації, прийом статей).

E-mail редакційної колегії: info@hups.mil.gov.ua.

Інформаційний сайт збірника: www.hups.mil.gov.ua.

Реферативна інформація зберігається у загальнодержавній реферативній базі даних „Україніка наукова” та публікується у відповідних тематичних серіях УРЖ „Джерело”.

Видання індексується бібліометричною платформою **Google Scholar** (бібліометричні показники – 227/411/6; 40 місце за індексом цитування серед 1800 українських періодичних наукових видань (http://archive.nbuv.gov.ua/portal/rating_journals.html)).

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

Затверджений до друку Вченою Радою Харківського університету Повітряних Сил (протокол від 20 травня 2014 року № 7).

Занесений до “Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук”, (технічні науки: перелік № 1 від 9.2.2000, № 114; бюлетень ВАК України, № 11, 2009, № 124).

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9498 від 13.01.2005 р.

© Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

УДК 620.179.16

О.В. Монченко

Національний авіаційний університет, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВОГО ВИЯВЛЯЧА СИГНАЛІВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

У статті проведено дослідження фазового виявляча сигналів для задач ультразвукового контролю композиційних матеріалів на фоні адитивної гауссівської завади. Дослідження проводилось для різних співвідношень періоду несучої частоти, тривалості імпульсу сигналу та апертури ковзного вікна числового усереднення. Моделювання виконано в системі Matlab.

Ключові слова: фазовий виявляч, фазова характеристика сигналу, перетворення Гільберта.

Вступ

Композиційні матеріали (КМ) набули значного поширення завдяки своїм унікальним фізико-механічним властивостям. З їх появою виникла необхідність удосконалити методи контролю якості КМ.

Ультразвуковий НК є універсальним методом, що може бути використаний для аналізу механічних чи структурних властивостей КМ, а також вимірювання товщини об'єктів, проведення дефектоскопії та формування акустичних зображень виробів з металів, неметалів та КМ. Ультразвукові методи широко використовуються в НК, так як вони безпечні для людини, економічно ефективні, потребують мінімальної підготовки поверхні і забезпечують визначення механічних властивостей матеріалів, виявлення дефектів виробів різного призначення [1].

З акустичних методів контролю найбільш поширеним є ультразвуковий (УЗ) [2], який дозволяє виявляти внутрішні дефекти, неоднорідності структури, оцінювати механічні властивості матеріалів, аналізувати їх напружений стан. Однак практично всі поширені ультразвукові дефектоскопи і прилади для визначення швидкості ультразвуку погано адаптовані для таких КМ, як бетон, залізобетон, дерево, гірські породи, будівельні матеріали. Значне загасання сигналу в таких матеріалах та наявність завад різного характеру приводить до зменшення відношення сигнал/шум (С/Ш), що суттєво знижує вірогідність контролю. Для якісного контролю КМ необхідно істотно збільшувати довжину хвилі і, відповідно проводити контроль на частотах 20-200 кГц, що вимагає застосування спеціалізованих низькочастотних приладів і перетворювачів. Отже, метою статті є:

- вибір перспективного методу обробки інформаційного сигналу в системах імпульсної ультразвукової товщинометрії;
- розробка числової моделі і алгоритму реалізації обґрунтованого методу обробки;
- оцінка параметрів моделі для отримання достовірних результатів моделювання;

- оцінка потенційних характеристик точності прийнятого методу обробки.

Для виділення імпульсного сигналу з його суміші з адитивним шумом високого рівня використовуються методи узгодженої фільтрації та методи на основі кореляційної обробки.

Методи узгодженої фільтрації потребують застосування складних фільтруючих систем, узгоджених з сигналом. В разі зміни зондуючого сигналу з метою підвищення роздільної здатності такі системи повинні бути модифіковані.

Кореляційні методи обробки на основі використання опорного сигналу дозволяють виявляти відбиті сигнали при високих рівнях шуму і забезпечують функціонування незалежно від тривалості зондуючого імпульсу.

Перспективним методом є метод обробки прийнятого сигналу пристроєм виявлення на основі перетворення Гільберта [3].

Постановка задачі. Аналізований сигнал УЗ НК представляється сумою інформаційної складової у вигляді радіоімпульсу з гауссівською обвідною і адитивного гауссівського шуму в виду:

$$u_c(t) = U(t) \sin(2\pi f(t - \tau_c)) + \xi(t), t \in [0, T_A], \quad (1)$$

де $U(t)$ – обвідна радіоімпульсу з максимальним значенням U_m ; f – частота несучого сигналу; t – час; T_A – тривалість радіоімпульсу на рівні $0,1U_m$ ($T_A > f^{-1}$); τ_c – затримка сигналу на поширення в ОК; $\xi(t)$ – реалізація гауссівського шуму з дисперсією σ^2 і нульовим математичним сподіванням.

Сигнал (1) представлений вибіркою значень $\{u[j], j = \overline{1, N}\}$ в дискретні моменти часу jT_d (T_d – період дискретизації), $N = [T_A/T_d]^+$ – об'єм вибірки; $[]^+$ – позначення цілої частини числа. Необхідно запропонувати фазовий виявляч радіосигналів і оцінити ймовірність їх виявлення при відношенні С/Ш близькому до одиниці [4, 5].

Розв'язок поставленої задачі

лення радіоімпульсу на фоні адитивної за-
стою оцінки його часового положення ви-
на основі визначення та аналізу фазової
стики сигналу.

етна фазова характеристика сигналу
значається за допомогою дискретного пе-
Гільберта аналізованого сигналу

$$\hat{u}[j] = H(u[j]),$$

ратор дискретного перетворення Гільберта.
рובה (визначена однозначно в інтервалі
) частина дискретної ФХС обчислюється від-
во виразу:

$$\hat{u}[j] = \Phi(u\hat{u}[j], u[j]) = \arctg(\hat{u}[j]/u[j]) + \quad (2)$$

$$-1 \tau 2) \cdot \{2 - \text{sign}(\hat{u}[j](1 + \text{sign}(u[j])))\},$$

)- позначення знакової функції, Φ - опе-
ратора обчислення дробової частини дискретної ФХС.
В інтервалі $[0, 2\pi)$ різниця дискретних ФХС (2)
гармонічного сигналу з частотою несучої ви-
си як

$$\hat{u}[j] = (\varphi[j] - (2\pi f T_d)) \pmod{2\pi}, \quad j = \overline{1, N}. \quad (3)$$

статистичної фазометрії [3] відомо, що оцін-
сування значень $\Delta\varphi \in$ кругова вибіркова ди-
 $V = 1 - r$, або однозначно пов'язана з нею ви-
довжина сумарного вектора r . Ознакою при-
радіосигналу є перевищення статистикою
[1] деякого порога Π , що використовується для
радіосигналів на фоні перешкод. R - обра-
величина поточного значення статистики r .
ня поточного значення статистики r викону-
віконної обробки вибірки $\{\Delta\varphi[j], j = \overline{1, J}\}$
прямокутної форми з апертурою M_w . Вікно
є відбір частини значень $\Delta\varphi[j]$ в ковзному
інтервалі часу кратному f^{-1} .

$$\Delta\varphi[k, M_w] = \{\Delta\varphi[k], k \in j -$$

$$\frac{-1}{2}, j + \frac{M_w - 1}{2}, j \in \frac{M_w - 1}{2}, N - \frac{M_w - 1}{2}\}. \quad (4)$$

Предбачається, що в (4) значення M_w непар-
 $\Pi = \Pi_2$. Поточне значення вибіркової довжини
ного вектора визначається як

$$r[j, M_w] = \sqrt{C^2[j, M_w] + S^2[j, M_w]}, \quad (5)$$

$$C[j, M_w] = \frac{1}{M_w} \sum_{k=j-0,5(M_w-1)}^{j+0,5(M_w-1)} \cos \Delta\varphi[k, M_w]; \quad (6)$$

$$S[j, M_w] = \frac{1}{M_w} \sum_{k=j-0,5(M_w-1)}^{j+0,5(M_w-1)} \sin \Delta\varphi[k, M_w]. \quad (7)$$

Ознакою присутності в аналізованій вибірці
сигналу є перевищення статистикою певного
порогу $\Pi \in (0, 1)$. Вихідний сигнал пристрою вияв-

лення представляється як

$$P[j, M_w] = \begin{cases} 1, & r[j, M_w] > \Pi, \\ 0, & r[j, M_w] \leq \Pi. \end{cases} \quad (8)$$

Значення порогу Π вибирається з урахуванням
заданих рівнів помилок виявлення першого α і
другого β роду і поточних параметрів статистики r .
В роботі показано, що як для гаусівського шуму, так і
для його адитивної суміші з гармонічним сигналом
статистика r підпорядковується бета-розподілу з
щільністю ймовірності

$$p(x) = \frac{1}{B(a, b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1}, \quad x \in [0, 1], \quad a \geq 1, \quad b \geq 1, \quad (9)$$

де $B(a, b)$ - бета-функція, a, b - параметри розподі-
лу, пов'язані з математичним сподіванням M_r і ди-
сперсією D_r статистики r виразами:

$$a = M_r^2(1 - M_r)/D_r - M_r, \quad b = a \cdot (1 - M_r)/M_r. \quad (10)$$

В прийнятому до реалізації методі виявлення ін-
формаційний параметр $\Delta\varphi$ входить до складу суттєво
нелінійних функцій $\sin(\Delta\varphi)$, $\cos(\Delta\varphi)$. Це означає, що
задача визначення параметру виявлення R являється
суттєво нелінійною і може бути вирішена тільки чисе-
льними методами. Розроблена модель заснована на
методі статистичних випробувань Монте-Карло.

При цьому для обчислення параметру виявлення
і статистичних характеристик пристрою виявлення,
вхідний сигнал представляється адитивною сумішшю
імпульсного зондуючого сигналу і згенерованої нор-
мально розподіленої псевдовипадкової послідовності
в якості шуму. Прийнята суміш аналізується чисель-
ним методом на основі розробленої моделі (рис. 1).

Для дослідження характеристик пристрою вия-
влення використовувалось програмне середовище
MATLAB. Для моделювання характеристик фазово-
го пристрою виявлення використано дві методики:
методика на основі теоретичної β функції для густи-
ни розподілу вірогідності параметру виявлення сиг-
налу R [5]; методика на основі використання функ-
ції розподілення, отриманої в результаті прямого
статистичного аналізу параметру виявлення.

Перевагою моделі на основі експериментально-
го закону розподілу густини R можна вважати неза-
лежність результатів роботи пристрою виявлення
від виду вхідного шуму. При проведенні розрахун-
ків доцільно виконати нормування числових вели-
чин, а в якості незалежних параметрів використати
параметри з прозорим і суттєвим впливом на вихідні
характеристики пристрою виявлення.

В моделі тактова частота прийнята $Ft=1$ (у від-
носних одиницях). При цьому, розрахункова сітка
перетворюється на натуральний числовий ряд, що
приводить до значних спрощень і підвищення точ-
ності розрахунків. Всі інші параметри виражаються
через значення тактової частоти цілими числами.

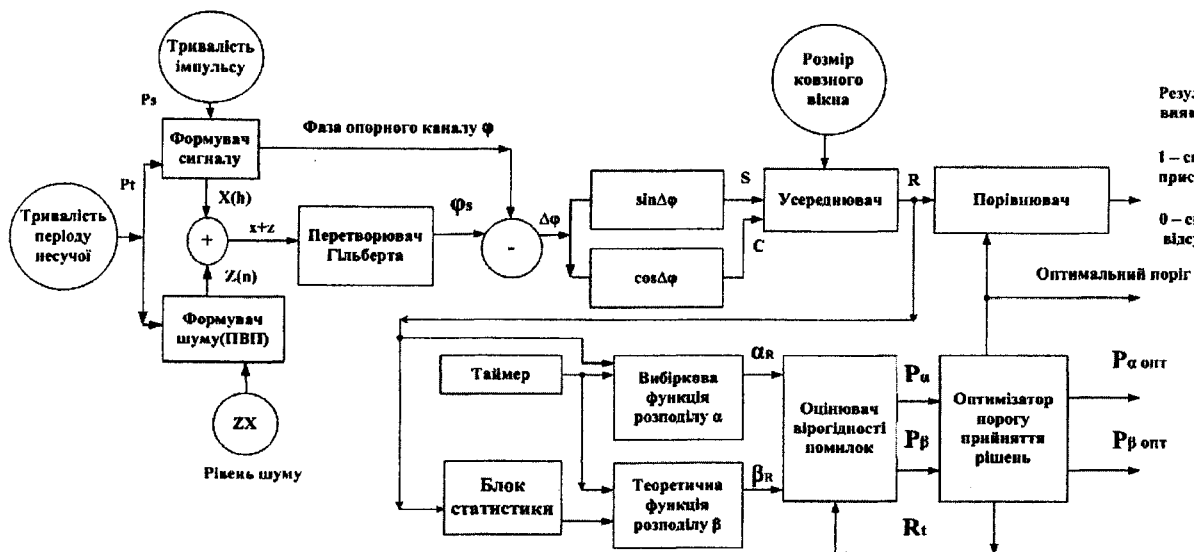


Рис. 1. Структурно-логічна схема фазового пристрою виявлення сигналів для УЗ НК

Параметр 1 – період несучої частоти (P_t) – значення несучої частоти вимірювального сигналу задається відносним періодом несучої – кількістю тактових імпульсів на одному періоді несучої частоти. Параметр 2 – тривалість імпульсу сигналу (P_s) – значення тривалості імпульсу сигналу виражене в кількості періодів несучої частоти. Параметр 3 – розмір ковзного вікна числового усереднення (P_w) – значення розміру ковзного вікна числового усереднення – відношення вікна до тривалості імпульсу сигналу. Параметр 4 – параметр моделі вхідного сигналу (z_x) – СКЗ нормально розподіленого шуму по відношенню до діючого значення імпульсного сигналу.

1. Оцінка впливу періоду несучої частоти і вибір прийняттого значення.

Відносний період несучої частоти визначається кількістю тактових імпульсів на періоді гармонічного сигналу. Значення цього параметру в значній мірі впливає на точність моделювання неперервних сигналів числовими методами. Згідно з теоремою Котельникова, величина параметру P_t повинна бути $P_t > 2$, але прийнятну точність розрахунків можна очікувати при значеннях $P_t \geq 50$.

При фіксованих значеннях інших параметрів: $P_s=20$; $P_w=0.5$; $z_x=1.41$, параметр P_t змінювався в межах 10...200 (від 10 до 200). В якості вихідних характеристик використовувались: значення прийнятного порогу виявлення та мінімальної вірогідності помилки пристрою виявлення; математичне сподівання та середнє квадратичне відхилення параметру виявлення для суміші С/Ш; математичне сподівання та середнє квадратичне відхилення параметру виявлення для суміші за відсутності сигналу. Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що вказані параметри стабілізуються за величиною при $P_t > 80$.

Збільшення величини P_t покращує точність розрахунків, але супроводжується зростанням обчислювальних затрат.

При математичній обробці сигналів фазового пристрою виявлення можна рекомендувати значення P_t в діапазоні 90...140 (від 90 до 140).

2. Оцінка впливу розміру ковзного вікна і вибір оптимального значення.

Вікно числового усереднення визначає точність обчислення параметру виявлення R на основі отримання числових даних. Для підвищення точності розрахунку R слід збільшувати розмір вікна усереднення. При використанні імпульсних сигналів значення P_w обмежено тривалістю імпульсу ($P_w < 1$). Оскільки, окрім розрахунку параметру виявлення в межах тривалості сигналу, необхідно здійснити розрахунок статистичних характеристик самого параметру R .

Для оцінки впливу P_w на характеристики пристрою виявлення проведено числове моделювання при фіксованих значеннях інших параметрів: $P_t=100$; $P_s=20$; $z_x=1.41$. Параметр P_w змінювався в межах 0,1...0,8 (від 0.1 до 0.8). В якості вихідних характеристик використовувались: значення оптимального порогу рішення та мінімальної вірогідності помилки пристрою виявлення; математичне сподівання та середнє квадратичне відхилення параметру виявлення для суміші С/Ш; математичне сподівання та середнє квадратичне відхилення параметру виявлення для суміші за відсутності сигналу.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що прийнятною величиною ширини ковзного вікна числового усереднення являється $P_w > 0.3$. За менших значеннях зростає помилка при прийнятті рішення. При збільшенні значення зростають обчислювальні затрати за рахунок складних математичних операцій при розрахунку параметру R .

3. Оцінка впливу тривалості імпульсу сигналу і вибір оптимального значення.

Відносна тривалість імпульсу вимірювального сигналу значною мірою впливає на точність виявлення і можливість роботи при значному рівні зов-

ого шуму. Відомо, що тривалість імпульсу в періоду несучої задає відносну ширину спектра сигналу. При значних значеннях P_s спектр зосереджений у вузькому околі відносно несучої. З'являється потенційна можливість виявлення такого сигналу вузькосмуговим фільтром при значному рівні шуму.

Але збільшення тривалості імпульсу сигналу чиним впливає на об'єм математичних операцій при обробці, оскільки при цьому: автоматично зростає кількість числових відліків, що підлягають обробці; збільшується абсолютна величина числового усереднення; об'єм обчислень при зміні параметра R за значної кількості вузлів зростає. Для оцінки впливу P_s на характеристики пристрою виявлення проведено числове моделювання при фіксованих значеннях інших параметрів: $P_t=100$, $P_w=0.3$; $z_x=1.41$. Параметр P_s змінювався в діапазоні 10...60 (від 10 до 60). В якості вихідних характеристик використовувались: значення оптимального порогу рішення та мінімальної вірогідності пристрою виявлення; математичне сподівання та дисперсія квадратичне відхилення параметру виявлення суміші С/Ш; математичне сподівання та дисперсія квадратичне відхилення параметру виявлення суміші за відсутності сигналу.

Результати моделювання фазового пристрою виявлення сигналів для ультразвукового контролю.

На основі розробленої моделі і оптимальних параметрів проведено числове дослідження фазового пристрою виявлення в широкому діапазоні значень сигнал/шум (z_x).

На рис. 2 приведено закони розподілу параметру R для суміші за відсутності сигналу і суміші С/Ш при значенні $z_x=2$, отримані: на основі експериментального закону розподілу, визначеного на основі реальної вибірки (криві 1, 4); на основі теоретичного розподілу з відповідними значеннями пара-

метрів (криві 2, 3). Слід зазначити задовільну відповідність вказаних характеристик.

При збільшенні рівня вхідного шуму щільність ймовірності для відношення С/Ш зміщується вліво і зближується з характеристикою суміші за відсутності сигналу. При цьому ускладнюється задача виявлення вхідного сигналу в прийнятій суміші. Також, з рис. 2 видно, що математичне сподівання для суміші за відсутності сигналу знаходиться в діапазоні $R_{sp}=0.05$. Також показано, що при $z_x=5$ значення математичного сподівання суміші становитиме $R(C/Ш)=0.05$, що зробить неможливим виявлення сигналу при вказаному відношенні.

На рис. 3 приведені залежності помилок першого (пропуск дефекту) та другого (помилкова тривога) роду від порогу прийняття рішення при $z_x=2$ для різних методів аналізу. Видно, що діапазон встановлення порогу досить широкий. $\Delta R = 0.1$, що вказує на існування запасу по заводозахисності. Також побудовані залежності значень оптимального порогу прийняття рішень і мінімальної вірогідності загальної помилки від відношення $z_x=1...1.5$, при параметрах виявляча: $P_t=100$, $P_s=20$, $P_w=0.3$.

З аналізу отриманих значень видно, що з ростом рівня шуму оптимальний поріг знижується від значення $R_p=0,35$ при $z_x=1,4$ до $R_p=0,1$ при $z_x=4,5$.

Вірогідність помилки меншої за 1% можливе при $z_x < 2,5$. При зниженні до $z_x=2$ вірогідність помилки зменшується до значення 10^{-8} .

В абсолютних цифрах, для несучої частоти 1...3 МГц роздільна здатність по дальності для ряду значень P_s - P_t приведена в табл. 1.

Таблиця 1
Роздільна здатність по дальності

Частота несучої, МГц	$P_s \cdot P_t = 10$	$P_s \cdot P_t = 20$	$P_s \cdot P_t = 30$
1	1,65 мм	3,30 мм	4,95 мм
2	0,825 мм	1,65 мм	2,57 мм
3	0,55 мм	1,1 мм	1,65 мм

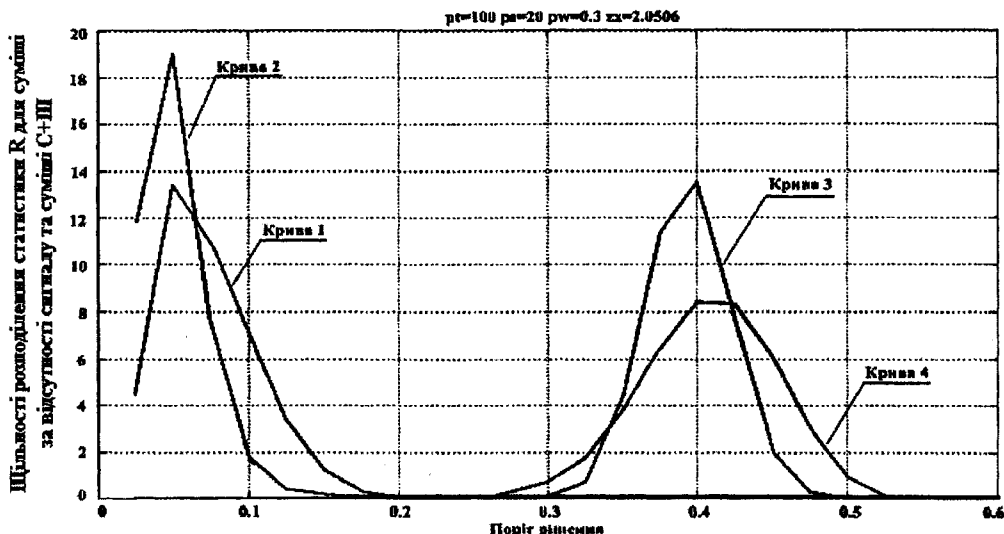


Рис. 2. Закони розподілення параметру R для суміші за відсутності сигналу і суміші С/Ш

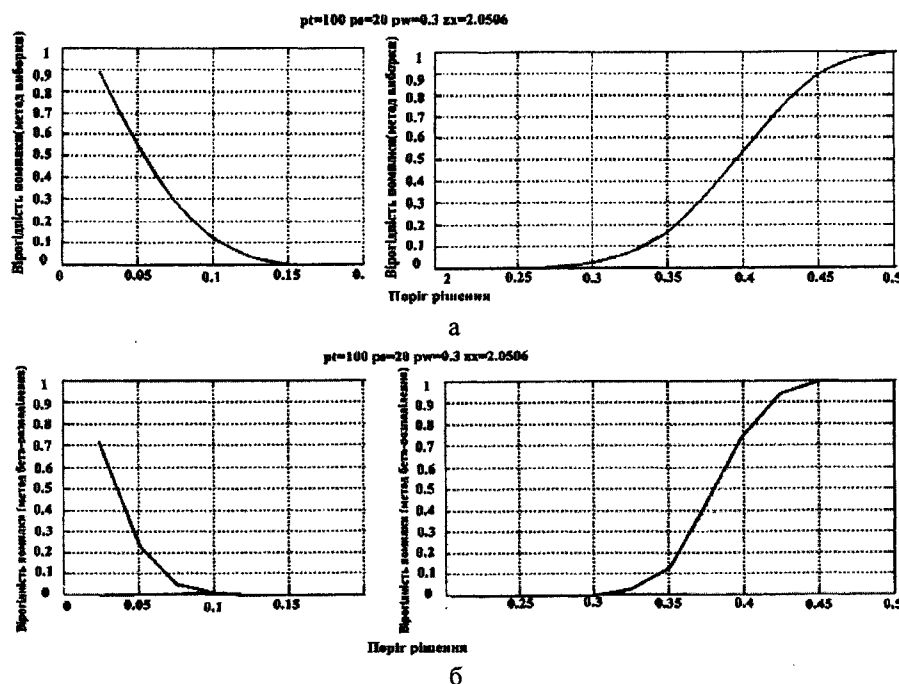


Рис. 3. Залежності помилок першого та другого роду від порогу прийняття рішення: а – метод вибірки, б – метод β -розподілу

При збільшенні тривалості зондуючого сигналу завадозахищеність пристрою виявлення покращується, але при цьому погіршується роздільна здатність по дальності.

Висновки

На основі моделювання фазового пристрою виявлення сигналів в середовищі Matlab встановлено, що оптимальні значення головних параметрів, які забезпечують достовірне функціонування пристрою виявлення, лежать в межах (відносні значення параметрів):

$$Pt \cdot Ft = 90 \dots 130; Pw \cdot Ft = 0.3 \dots 0.5;$$

$$Ps \cdot Ft = 10 \dots 30.$$

Метод виявлення сигналу на основі перетворення Гільберта з усередненням різниці фаз прийнятої суміші С/Ш з опорним сигналом забезпечує достовірне виявлення сигналу при $zx < 2$ (бдБ).

Розроблена числова модель і програмне забезпечення можуть бути використані для розробки діючої апаратури з використанням програмного і апаратного забезпечення LABVIEW.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО ОБНАРУЖИТЕЛЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Е.В. Монченко

В статье проведено исследование фазового обнаружителя сигналов для задач ультразвукового контроля композиционных материалов на фоне аддитивной гауссовской помехи. Исследование проводилось для разных соотношений периода несущей частоты, длительности импульса сигнала и размера скользящего окна числового усреднения. Моделирование выполнено в системе Matlab.

Ключевые слова: фазовый обнаружитель, фазовая характеристика сигнала, преобразование Гильберта.

INVESTIGATION OF PHASE DETECTOR FOR ULTRASONIC NONDESTRUCTIVE TESTING

O.V. Monchenko

This article studied the phase detected signals for problems ultrasonic testing of composite materials on the background of additive Gaussian noise. The study was different relations period carrier-frequency, pulse signal and the size of the sliding window of numerical averaging. Simulations performed on the system Matlab.

Keywords: detector phase, the phase characteristics of the signal, Hilbert transform.

Список літератури

1. Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довід. посіб / Під ред. В.В.Панасюка. – Т.9: Міцність і довговічність авіаційних матеріалів і елементів конструкцій / О.П. Осташ та ін. – Львів: Сполом, 2007. – 1068 с.
2. Цапенко В.К. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: Підручник / В.К. Цапенко, Ю.В. Куц. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 448 с.
3. Куц Ю.В. Статистична фазометрія [монографія] / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак. – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет, 2009. – 383 с.
4. Патент України на корисну модель № 35057. Спосіб ультразвукового вимірювання товщини виробів / Ю.В. Куц, В.С. Єременко, О.В. Монченко, І.М. Ланіга. – Оубл. 26.08.2008, Бюл. №16, 2008.
5. Фазовий обнаружитель сигналов для ультразвукового неразрушающего контроля / Е.Д. Ближнюк, В.С. Єременко, Ю.В. Куц, И.Н. Быстрая, Е.В. Монченко // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2011. – № 2. – С. 21–24.

Надійшла до редколегії 21.03.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Куц, Національний авіаційний університет, Київ.

З М І С Т

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

<i>Герасимов С.В.</i> Розробка та дослідження адаптивного методу синтезу параметрів контуру коригування системи управління	3
<i>Кандырин Н.П.</i> Моделирование шумовых характеристик цифровых синтезаторов сигналов	7
<i>Кашаев І.О., Пугачов Р.В., Шуба І.В., Кашаев Є.І.</i> Оцінка можливості використання супутникової навігаційної системи Weidou для потреб України	11
<i>Кораблев Н.М., Легедина А.В., Лебедев О.Г.</i> Скелетонизация символов с использованием модели клональной селекции	14
<i>Корниенко Л.Г.</i> Параметры узкополосных пространственно-временных сигналов сфокусированных многочастотных фазированных антенных решеток со сверхбыстрым сканированием в зоне Френеля	18
<i>Кочмарчик Р.С., Купченко Л.Ф., Рыбьяк А.С.</i> Восстановление элементов изображений, утраченных в результате низкой пространственной разрешающей способности многоспектральных оптико-электронных систем	25
<i>Ланецкий Б.Н., Коваль І.В., Шоколовский А.А., Попов В.П., Борисенко К.В.</i> Рекомендации по обоснованию объёмов испытаний зенитных управляемых ракет при решении задач продления их назначенных показателей	31
<i>Лебедь В.Г., Калкманов С.А., Иленко Е.Ю.</i> Приближенный метод расчета аэродинамических характеристик профиля при углах атаки от 0 до 360°	36
<i>Мигуценко Р.П.</i> Экспериментальные исследования при оптимизации систем вибродиагностики по критерию минимума среднего риска	40
<i>Мокійчук В.М., Лисуненко Н.О.</i> Дослідження вольтамперної характеристики керамічної паливної комірки	45
<i>Монченко О.В.</i> Дослідження фазового виявляча сигналів для ультразвукового неруйнівного контролю	48
<i>Обод І.І., Стрельницький О.О., Андрусевич В.А.</i> Методи підвищення якості інформаційного забезпечення системами спостереження повітряного простору	53
<i>Рубанов В.Г., Коробкова Е.Н.</i> Приложение метода функционально-блочной декомпозиции к синтезу формирователей одиночных серий импульсов с перестраиваемыми параметрами	56
<i>Ткаченко В.Н., Коротков В.В., Пантеев Р.Л.</i> Экстремальная постановка и анализ задачи определения координат источников радиоизлучения разностно-дальномерным методом	64
<i>Шитова О.В.</i> Формирование набора классификационных признаков для решения задачи обнаружения объектов на изображениях	69
<i>Грбчак В.І., Іваник Є.Г., Цибуля С.А.</i> Узагальнення задачі про швидкодію щодо оптимального керування рухом літального апарату	74
<i>Залевский Г.С., Бречка М.М., Василец В.А., Сухаревский О.И.</i> Комбинированный метод расчета характеристик рассеяния объектов сложной формы и его применение для моделирования спектров винтовой модуляции вертолетов	80

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

<i>Білова Т.Г., Ярута В.О.</i> Перспективи використання хмарних технологій в системах електронного документообігу ..	86
<i>Гороховатський В.О., Дубницький В.Ю., Кобилян А.М., Лукін В.О., Москаленко О.В.</i> Методика визначення собівартості програмного забезпечення	90
<i>Сидченко С.А., Сапрыкина Т.В., Школяренко В.А.</i> Метод составления текста с заданной суггестивной направленностью контекста	96
<i>Чернов В.Г., Павленко М.А., Тимочко А.И.</i> Метод оценки результатов операторской деятельности при проведении тренажной подготовки	101

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ

<i>Більчук В.М., Гриб Д.А., Дзевєрін І.Г., Воробійов О.В., Нос І.А.</i> Методика визначення рівнів значущості факторів, формуючих нечітке нестохастичне невизначене середовище цілеспрямованого функціонування складної системи	106
<i>Красиленко В.Г., Нікітович Д.В.</i> Експериментальні дослідження просторово-інваріантних еквівалентністних моделей асоціативної та гетероасоціативної пам'яті 2D образів	113
<i>Краснобаев В.А., Янко А.С., Кошман С.А.</i> Метод табличной реализации операции умножения в классе вычетов ...	121
<i>Ситников Д.Э., Ситникова П.Э., Титова Е.В., Коваленко А.И., Попов Д.И.</i> Логико-алгебраический метод определения интегрального показателя оценки знаний	128

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

<i>Замула О.А., Семченко Д.О., Землянко Ю.В.</i> Аналіз і обґрунтування критеріїв і показників ефективності криптографічних генераторів псевдовипадкових чисел	131
<i>Лысенко И.В.</i> Симметричная система шифрования А.П. Стахова и принцип диверсности	137
<i>Марченко В.А.</i> Разработка программно-аппаратных средств защиты на базе нераскрываемых шифров	140
<i>Мельник Р.П., Мельник О.Г., Гончар С.В., Бабенко В.Г.</i> Метод захисту конфіденційної інформації як складова управління інформаційною безпекою ДСНС України	145

ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ

<i>Барсов В.И., Сотник Е.О., Краснобаев В.А.</i> Исследование методов контроля и диагностики ошибок спецпроцессора обработки информации, функционирующего на основе кодов модулярной системы счисления	149
<i>Гребинник Р.В., Липанов О.В.</i> Моделирование SOA систем с целью оптимизации их архитектуры	156
<i>Коваленко А.В., Смирнов А.А., Коваленко А.С.</i> Задачи распознавания ситуаций в ERP системах	161
<i>Кучук Г.А., Раковська Н.Х., Загайнов С.О., Савченко О.С.</i> Метод розподілу потоків даних в мультисервісній мережі з безпроводовою компонентою	164

<i>Мнушка О.В.</i> Аналіз варіантів реалізації спеціальних математических функцій в бібліотеках мови програмування C/C++	169
<i>Негурица Д.С., Шатовская Т.Б.</i> Класифікація користувачів в адаптивних інтерфейсах програмного забезпечення WEB-орієнтованих систем	174
<i>Обідін Д.М.</i> Дослідження та обґрунтування методу тестової верифікації елементів розподілених баз знань	181
<i>Польщиков К.А., Кубракова Е.Н.</i> Метод буферизації запитів на передачу потоків реального часу по каналу телекомунікаційної мережі	184
<i>Семенов С.Г., Можжаев А.А., Гаєриленко С.Ю.</i> Апроксимація технології функціонування комп'ютерної системи в умовах зовнішніх впливів моделлю бруселятора з порушеннями в формі динамічного хаосу ...	188
ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	
<i>Бацамут В.М.</i> Підхід до вироблення висновків щодо стану оперативної обстановки у сфері охорони громадського порядку	192
<i>Васильєв О.Б.</i> Побудова математичної моделі системи профілактики пожеж промислового об'єкту	199
<i>Голуб С.В., Бурляй І.В.</i> Застосування кластеризації при формуванні моделей інформаційних систем багаторівневого моніторингу пожежної безпеки	203
<i>Полжаєв А.М.</i> Визначення інтервалу величин оцінок техногенної небезпеки територіальних елементів	209
<i>Рогозін А.С., Левченко Р.Т.</i> Аналіз процесу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій силами цивільного захисту регіонів з високим рівнем техногенного навантаження	212
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАВЧАННЯ	
<i>Бондаренко М.А., Жилін В.А., Панасенко Д.П.</i> Розробка підсистеми контролю знань за темою «Програмування на мові Delphi. Запис арифметичних виразів»	215
<i>Макогон Е.А., Новик С.А.</i> Системний підхід к формуванню навчального веб-пространства при вивченні іноземних мов	222
<i>Терещенко І.В., Кулагін К.К., Терещенко А.І., Кулагін М.К.</i> Критерій оцінки ефективності курсів дистанційного навчання	227
НАШІ АВТОРИ	231
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	234

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 4 (120)

Відповідальний за випуск *Г.А. Кучук*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.

Комп'ютерна верстка: *В.В. Кірвас*

Оформлення обкладинки: *І.В. Ільїна*

Техн. редактор *В.В. Кірвас*

Коректор *Н.К. Гур'єва*

Підписано до друку 27.05.2014	Формат 60×84/8	Папір офсетний
Гарнітура «Times New Roman»	Друк – різнограф	Ум.-друк. арк. – 29,5
Ціна договірної	Наклад 200 прим.	Обл.-вид. арк. – 27,9
		Зам. 527-14

Видавництво Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 2535 від 22.06.2006 р.

Адреса видавництва: 61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79

Віддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 2480000000106167 від 08.01.2009.

61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057) 778-60-34
e-mail: bookfabric@rambler.ru