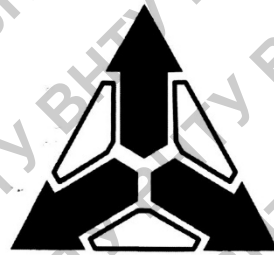


XIV
2015

Міністерство освіти і науки України
Українська технологічна академія
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "ВОТТП"
Хмельницький національний університет
Редакція наукового журналу "Вісник ХНУ"
Вінницький національний технічний університет
Мордовський державний університет ім. Огарьова (Саранськ, Росія)
Видавництво "Техносфера"
Науково-технічний журнал "Фотоніка"
Томська група відділення Інституту інженерів
з електротехніки і радіоелектроніки ІЕЕЕ

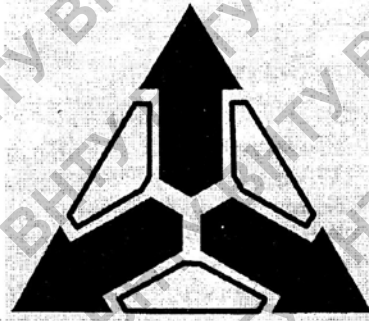


**ВИМІРЮВАЛЬНА
ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ
(ВОТТП-14-2015)**

Матеріали XIV міжнародної
науково-технічної конференції

5–10 червня 2015 р.,
м. Одеса

Міністерство освіти і науки України
Українська технологічна академія
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "ВОТТП"
Хмельницький національний університет
Редакція наукового журналу "Вісник ХНУ"
Вінницький національний технічний університет
Мордовський державний університет ім. Огарьова (Саранськ, Росія)
Видавництво "Техносфера"
Науково-технічний журнал "Фотоніка"
Томська група відділення Інституту інженерів
з електротехніки і радіоелектроніки ІЕЕЕ



**ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ
(ВОТТП-14-2015)**

Матеріали

XIV міжнародної науково-технічної конференції

5-10 червня 2015 р., м. Одеса (Затока)

Одеса 2015

УДК 681.2+004

ББК 32.97

В47

*Рекомендовано до друку рішенням вченої ради
Хмельницького національного університету,
протокол № 10 від 27 травня 2015 р.*

У збірнику надруковані доповіді та матеріали, які були представлені та заслухані на XIV міжнародній науково-практичній конференції “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”, яка відбулася у м. Одеса, 5–10 червня 2015 р.

Доповіді та окремі статті подані в авторській редакції зі збереженням стилю викладу та якості підготовки вихідних матеріалів.

Редакційна колегія:

Водотовка В.І. (Україна, Київ); **Дудикевич В.Б.** (Україна, Львів); **Желкобаев Ж.Е.** (Росія, Москва);
Злепко С.М. (Україна, Вінниця); **Істоміна Н.Л.** (Росія, Москва); **Камбург В.Г.** (Росія, Пенза);
Каплун В.Г. (Україна, Хмельницький); **Каптур В.А.** (Україна, Одеса); **Кичак В.М.** (Україна, Вінниця);
Кравченко С.А. (Росія, Санкт-Петербург); **Кожемяк О.А.** (Росія, Томськ); **Кожем’яко В.П.** (Україна, Вінниця);
Кондратов В.Т. (Україна, Київ); **Косенков В.Д.** (Україна, Хмельницький); **Кузьмін І.В.** (Україна, Вінниця);
Лепіх Я.І. (Україна, Одеса); **Нікулін В.В.** (Росія, Саранськ); **Мельник А.О.** (Україна, Львів);
Павленко Ю.Ф. (Україна, Харків); **Павлов С.В.** (Україна, Вінниця); **Петренко О.М.** (Англія, Лондон);
Проценко М.Б. (Україна, Одеса); **Пунченко О.П.** (Україна, Одеса); **Ройзман В.П.** (Україна, Хмельницький);
Романюк О.Н. (Україна, Вінниця); **Ротштейн О.П.** (Ізраїль, Єрусалим); **Тарасенко В.П.** (Україна, Київ);
Сурду М.М. (Україна, Київ); **Сопрунюк П.М.** (Україна, Львів); **Стахов О.П.** (Канада);
Стенцель Й.І. (Україна, Северодонецьк); **Стукач О.В.** (Росія, Томськ);
Філіпюк М.А. (Україна, Вінниця); **Шарпан О.Б.** (Україна, Київ)

В47

Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах :
матеріали XIV міжнар. наук.-техн. конференції (5–10 червня 2015 р., м. Одеса) ;
Одес. нац. акад. зв’язку ім. О.С. Попова. – Одеса–Хмельницький : ХНУ, 2015. –
267 с. (укр., рус., англ.).
ISBN 978-966-330-228-7

Розглянуті проблеми та аспекти використання вимірювальної та обчислювальної
техніки в різних галузях економіки та технологічних процесах.

Рохраховано на наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в об-
ласті вивчення цих задач.

УДК 681.2+004
ББК 32.97

ISBN 978-966-330-228-7

© Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2015

© Вісник Хмельницького національного університету, 2015

© Хмельницький національний університет, Україна, 2015

© Одеська національна академія зв’язку ім. О.С. Попова, Україна, 2015

Зміст

V.T. KONDRATOV THEORY OF REDUNDANT MEASUREMENTS – STRATEGIC THEORY OF XXI CENTURY.....	17
В.Т. КОНДРАТОВ ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ : УРАВНЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ II-ГО И III-ГО РОДОВ	20
М.П. ДИВАК, А.В. ПУКАС КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ІНТЕРВАЛЬНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....	23
В.А. КАПТУР, І.А. ПОДНЕБЕСНИЙ ФОРМУВАННЯ ПРОФІЛІВ ЕФЕКТИВНОЇ ОЦІНКИ URI В КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМАХ ФІЛЬТРАЦІЇ КОНТЕНТУ.....	26
В.О. БАЛАШОВ, Л.М. ЛЯХОВЕЦЬКИЙ, С.А. ЗАБЛОЦЬКИЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЇ PLS НА ВІТЧИЗНЯНИХ МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.....	29
О.В. ГОФАЙЗЕН, В.В. ПИЛЯВСКИЙ ТРЕБОВАНИЯ К СПЕКТРАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ КАМЕР СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	30
С.А. КРАВЧЕНКО, В.П. ПИАСТРО, А.Н. ПРОНИН О ПРЕЦИЗИОННОМ ИЗМЕРЕНИИ ПРИРАЩЕНИЙ УФС ПРИ ПОВЕРКЕ КАЛИБРАТОРОВ ФАЗЫ НА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ.....	33
В.А. ВЫШИНСКИЙ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ	35
В.П. РОЙЗМАН, О.К. ЯНОВИЦЬКИЙ, В.А. МОРОЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИПРОБУВАННЯ НА ДИНАМІЧНУ МІЦНІСТЬ ВИРОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ.....	37
М.Т. КОЗАЧЕНКО, Ю.В. ЖМУРКО ОЦЕННИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	39
С.В. БАБАК, И.В. БОГАЧЕВ КОНТРОЛЬ ЛОПАТОК ТУРБИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОАПЕРТУРНЫХ СЕНСОРОВ	42
В.М. КАРТАШОВ, Р.С. ШПОНЯК, Е.Г. ТОЛСТЫХ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ АВТОРЕГРЕССИИ.....	45
І.В. ТРОЦИШИН, М.І. ТРОЦИШИН, Н.І. СВТУШЕНКО, Л.П. ЛЕОНОВА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШКІЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ФІЗИКИ (ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ).....	47
С.Л. ГОРЯЩЕНКО, Є.О. ГОЛІНКА МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПОТОКУ РІДИНИ ПРИ РОЗПИЛЕННІ ПІ НА ПОВЕРХНЮ	50
Й.Й. БІЛИНСЬКИЙ, М.О. СТАСЮК ОБРОБКА СИГНАЛУ ДОПЛЕРІВСЬКОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА	51
В.В. БРАЇЛОВСЬКИЙ, М.М. ІВАНЧУК, І.В. ПИСЛАР, М.Г. РОЖДЕСТВЕНСЬКА ЧУТЛИВІСТЬ ЗОРУ ЛЮДИНИ ДО НИЗЬКОЧАСТОТНИХ ІМПУЛЬСІВ ВИДИМОГО СВІТЛА	53
А.О. СЕМЕНОВ, О.С. КОЦЮБІНСЬКИЙ, Ю.В. ШЕВЧУК, Ю.Ю. ТАРАСЮК МІКРОЕЛЕКТРОННІ ГАЗОВІ СЕНСОРИ.....	54
О.Є. ЗЕМЛЯНСЬКИЙ, К.Л. ГОРЯЩЕНКО ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ПОГЛИНАННЯ В ОПТОВОЛОКНІ	57
Н.А. ИКОННИКОВА ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ХАОТИЗАЦИИ В ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	59
В.В. ГОРИН, Р.И. СЕМЧУК МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В АППАРАТАХ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ВНУТРИ ТРУБ	61
А.Ю. ВОЛОВИК, Ю.М. ВОЛОВИК, М.А. ШУТИЛЮ, О.П. ЧЕРВАК ПІДВИЩЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ АЗИМУТАЛЬНОГО КАНАЛУ АВІАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОСАДКИ.....	63
ІВ.М. ШАПАР, Є.Ф. ВЕНГЕР, І.І. ДРОЖЧА, А.В. ЗСАВЧУК НОВИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТОЧКИ РОСИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.....	65

**ПІДВИЩЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ АЗИМУТАЛЬНОГО
КАНАЛУ АВІАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОСАДКИ**

Анотація. Наводяться результати розрахунків коефіцієнтів стиснення азимутального сигналу в системі посадки сантиметрового діапазону та відповідні втрати щодо відношення сигнал/шум за рахунок використання фільтра укорочення.

Ключові слова: Коефіцієнт стиснення сигналу, фільтр узгоджений з сигналом, інверсний фільтр, невизначені множники Лагранжа, фільтр укорочення, кутотірний канал авіаційної системи посадки.

A. JU. VOLOVIK, VOLOVIK JU.M., M. A. SHUTILO, O. P. CHERVAK
Vinnitsa national technical university

RAISE OF RESOLVING POWER OF THE AZIMUTHAL CHANNEL AVIATION LANDING SYSTEM

The abstract. Results of calculation of achievable factors of shortening of an azimuthal signal of a landing system of a centimetric range and matching losses in the relation a signal/noise are resulted.

Keywords: Factor of compression of the signal, the co-ordinated filter, the shortening filter, the inverse filter, uncertain multipliers of Lagranzha, the goniometric channel of an aviation landing system

Однією з болючих проблем систем посадки літаків, що працюють у сантиметровому діапазоні є захист від сигналів, відбитих від місцевих об'єктів та при аеродромних споруд [1]. У зв'язку з цим постає актуальною задача покращення роздільної здатності азимутального каналу посадкової системи. Класичне розв'язання цієї задачі шляхом збільшення тривалості корисного сигналу практично неможливе через жорсткі обмеження на ширину діаграми направленості передавальної антени [2]. Таким чином задача переводиться у площину обробки сигналів заданої форми, тобто пошуку оптимального фільтра.

Сигнал на виході довільного лінійного фільтра може бути записаним у вигляді

$$S_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} W(t, \tau) S_1(\tau) d\tau, \quad (1)$$

де $W(t, \tau)$ – вагова (імпульсна) характеристика фільтра, $S_1(\tau)$ – вхідний сигнал.

Ідеальне розрізнення сигналів можливе у тому разі, коли $S_2(t) = \delta(t)$, і у цьому випадку частотний еквівалент формули (1) матиме вигляд $W(\omega)S_1(\omega) = 1$, де $W(\omega)$ – частотна характеристика фільтра, $S_1(\omega)$ – низькочастотний спектр вхідного сигналу.

Отже, частотна характеристика ідеального роздільного фільтра повинна дорівнювати $W(\omega) = S_1^{-1}(\omega)$.

Обвідну азимутального сигналу посадкової системи прийнято описувати моделлю [1]

$$S_1(t) = [\sin(k\omega_c t) / (k\omega_c t)]^2 = [\sin(\alpha t) / (\alpha t)]^2, \quad (2)$$

де ω_c – частота сканування передавальної антени по азимуту, k – безрозмірний коефіцієнт. Тривалість головного пелюстка сигналу (2) становить $T = 2\pi / \alpha$. Оцінимо ефективну тривалість вхідного сигналу, використовуючи енергетичний критерій [4]

$$T_e = \phi \left[\int_{-\infty}^{\infty} g(t) |U(t)|^2 dt \right], \quad (3)$$

де $\phi(X) = X / \max |U(t)|^2$, і при $g(t) = 1$, $T_e = E_c / |U(t_0)|^2$, E_c – енергія вхідного сигналу, t_0 – момент досягнення модулем обвідної вхідного сигналу максимального значення. За таких умов ефективна тривалість сигналу (2) становитиме $T_e = 2\pi / 3\alpha$.

Якщо знайти перетворення Фур'є для сигналу (2) $S_1(\omega) = \begin{cases} (\pi - \frac{\alpha}{2}) / \alpha^2 & \text{при } |\omega| \leq 2\alpha \\ 0, & \text{при інших значеннях } \omega \end{cases}$, то

неважко буде визначити частотну характеристику інверсного фільтра $W_{in}(\omega) = [\pi(\alpha - \omega/2) / \alpha^2]^{-1}$, спектр вихідного сигналу $S_2(\omega) = \begin{cases} \pi / \alpha & \text{для частот } |\omega| \leq 2\alpha; \\ 0 & \text{для інших частот,} \end{cases}$ та вихідний сигнал $S_2(t) = [\sin(2\alpha t) / (2\alpha t)]$,

і оцінити гранично допустиме стиснення вхідного сигналу $\theta = T_{1,ex} / T_{1,inx} = \frac{2\pi / \alpha}{\pi / \alpha} = 2$.

Аналогічно за критерієм (3) маємо $\theta = T_{e,ex} / T_{e,aux} = 4/3$. Різниця пояснюється тим, що зростає рівень бокових пелюсток з $-26,4$ дБ до $-13,2$ дБ. Якщо застосовується узгоджений фільтр, то коефіцієнт стиснення дорівнює $\theta = T_{e,уф} / T_{e,aux} = 1,8$. Проте ці граничні значення коефіцієнтів стиснення недосяжні, оскільки ідеальний інверсний фільтр практично не можливо реалізувати.

У роботі [3] запропонований варіант компромісу між регламентованою роздільною здатністю та припустимим зростанням рівня шумів за рахунок вибору оптимальної тривалості вихідного сигналу, математична модель якого має вигляд функції Гауса.

$$\rho_{aux}(t) \sim k \exp[-t / 2\sigma]^2, \quad (4)$$

При цьому за міру оптимальності фільтра запропоновано використовувати величину

$$M(\sigma, \tau, \rho) = [E^{-1}(\sigma, \tau) + \rho^{-1}]^{-1},$$

де $E(\sigma, \tau) = R_{11}(0) / R_{11}(\tau)$, $R_{11}(\tau)$ – автокореляційна функція вихідного сигналу. Для сигналу (4)

$$E(\sigma, \tau) = \exp[\tau / 2\sigma]^2 - \text{міра роздільної здатності, } \rho_{aux} - \text{вихідне відношення сигнал / шум. Проте}$$

обмеження, накладені на вибір форми вихідного сигналу суттєво обмежують клас, фільтрів, що допускають оптимізацію. Більш коректна пропозиція зроблена у роботі [4], де рекомендується застосовувати оптимізовані фільтри укорочення, які забезпечують максимальне значення коефіцієнта стиснення за рахунок обмеження не на форму сигналу, а на відношення сигнал / шум на виході фільтра

$$\rho_{aux} = \frac{\left[\int_{-\infty}^{\infty} S(t_0 - \tau) W(\tau) d\tau \right]^2}{N_0 \int_{-\infty}^{\infty} |W(\tau)|^2 d\tau} = const.$$

Шляхом вибору частотної характеристики фільтра $W(\omega)$ можна мінімізувати величину ефективної тривалості вихідного сигналу $T_{e,aux} = f[W(\omega)]$, при цьому частотна характеристика укороченого фільтра, який підлягає оптимізації описується виразом []

$$W(\omega) = K \frac{S_1^*(\omega) e^{-j\omega t_0}}{[1 + \lambda^{-1} |S_1(\omega)|^2]}, \quad (5)$$

де λ – невизначений множник Лагранжа.

Для сигналу (2) були розраховані характеристики стиснення θ , які можливо досягнути завдяки оптимізації укороченого фільтра при певних значеннях множників Лагранжа та різних значеннях рівня шумів на вході. Результати обчислень наведені на рис. 1. При цьому передбачалось, що

$$\theta = T_{e,уф} / T_{e,уфр}, \quad \rho_{aux} = \rho_{уф} / \rho_{уфр}.$$

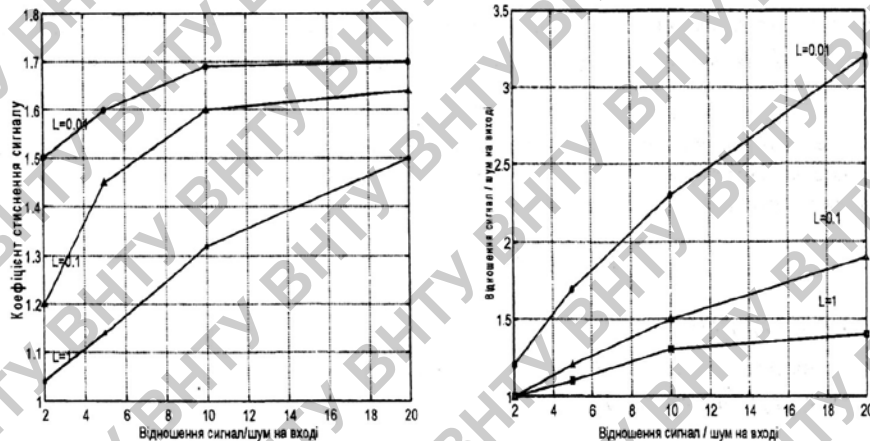


Рисунок 1– Характеристики ефективності оптимального фільтра укорочення

Література

1. Сантиметровые системы посадки самолетов / [В. М. Бенин, Е. И. Шолупов, В. А. Кожевников, И. А. Хаймович]. – М. : Машиностроение, 1985. – 224 с.
2. O'keeffe H. B. The development of interscan – a new microwave approach and landing guarantee system for International Civil Aviation / H. B. O'keeffe, W. G. Feige // Proc. of IREE. – 1975. – Vol. 36. – P. 145–148.
3. Senmoto S. Signal resolution via digital inverse filtering / Senmoto S., Cyilders D.G. // IEEE Trans., 1998, vol.28.–175–178.
4. Ипатов В. П. Методы обработки сигналов РТС / Ипатов В.П. // –Л.: ЛЭТИ, 1993.– 203 с.

Scientific Edition

**MEASURING AND CALCULATING EQUIPMENT
IN TECHNOLOGICAL PROCESS**

XIV International Scientifically-Technical Conference

June 5–10, 2015, Odessa, Ukraine

Научное издание

**ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

Материалы XIV международной научно-технической конференции

5–10 июня 2015 г., г. Одесса, Украина

Наукове видання

**ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ**

Матеріали XIV міжнародної науково-технічної конференції

5–10 червня 2015 р., м. Одеса, Україна

(українською, російською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск: д.т.н., проф. *І. В. Троцишин*

Редактор випуску: *В. С. Яремчук*

Технічний редактор: к.т.н., доц. *К. Л. Горяченко*

Художнє оформлення обкладинки: *О. С. Ванчурова*

Підписано до друку 29.05.2015.

Формат 30×42/2. Папір офс. Гарн. Times New Roman.

Друк різнографією. Ум. друк. арк. – 31,27. Обл.-вид. арк. – 28,54.

Тираж 145. Зам. № 76/15

Віддруковано в редакційно-видавничому центрі ХНУ.

29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1.

Свідчення про внесення в Державний реєстр,

серія ДК № 4489 від 18.02.2013 р.