



ISSN 1681-7710

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ
ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

Системи обробки інформації

Наукове
періодичне
видання

Випуск 6 (143)

МЕТРОЛОГІЯ,
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

METROLOGY,
INFORMATION MEASURING
TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ
В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

MINFORMATION PROCESSING
IN COMPLEX ENGINEERING SYSTEMS

Харків
2016

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 проф., ХУПС, Харків).
- Члени:** БАЙРАМОВ Азад Агахар Огли (д-р фіз.-мат. наук проф., Військова академія, Баку, Азербайджан);
БАРАННИК Володимир Вікторович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
БІЛЬЧУК Віктор Михайлович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ВАРША Зігмунд Лех (PhD, Polish Metrological Society, Варшава, Польща);
ГОРОБЕЦЬ Микола Миколайович (д-р техн. наук проф., ХНУ, Харків);
ГОРОДНОВ В'ячеслав Петрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ДРОБАХА Григорій Андрійович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЄВДОКИМОВ Віктор Федорович (д-р техн. наук проф., член-кор. НАНУ, ІПМЕ НАНУ, Київ);
ЄРМОШИН Михайло Олександрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЗАХАРОВ Ігор Петрович (д-р техн. наук проф., ХНУРЕ, Харків);
ІВАНОВ Віктор Кузьмич (д-р фіз.-мат. наук с.н.с., ІРЕ НАНУ, Харків);
КОНОВАЛЕНКО Олександр Олександрович (д-р фіз.-мат. наук проф., академік НАНУ, РІ НАНУ, Харків);
КОНОНОВ Володимир Борисович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук проф., ХНУ, Харків);
КУПЧЕНКО Леонід Федорович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ЛОСЄВ Юрій Іванович (д-р техн. наук проф., ХНУ, Харків);
ПАВЛЕНКО Максим Анатолійович (д-р техн. наук доц., ХУПС, Харків);
ПОРОШИН Сергій Михайлович (д-р техн. наук проф., НТУ «ХПІ», Харків);
РАДЄВ Христо Кирилов (д-р техн. наук проф., Технічний університет, Софія, Болгарія);
РУБАН Ігор Вікторович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
СЕРЕНКОВ Павло Степанович (д-р техн. наук проф., БДУ, Мінськ, Білорусь);
СМЕЛЯКОВ Кирило Сергійович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
СМЕЛЯКОВ Сергій В'ячеславович (д-р фіз.-мат. наук проф., ХУПС, Харків);
СМІРНОВ Євген Борисович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ТИМОЧКО Олександр Іванович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ХАКІМОВ Ортаголи Шаріпович (д-р техн. наук проф., ДУ ЦНЕ, Ташкент, Узбекистан);
ХАРЧЕНКО В'ячеслав Сергійович (д-р техн. наук проф., НАКУ «ХАІ», Харків);
ШМАКОВ Олександр Миколайович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЯРОШ Сергій Петрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків).

Відповідальний секретар: КОРОЛЮК Наталія Олександрівна (канд. техн. наук, 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.

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

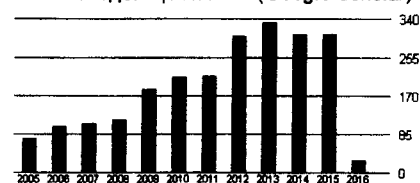
Затверджений до друку Вченою Радою Харківського університету Повітряних Сил
(протокол від 17 травня 2016 року № 9).

Занесений до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук",
(технічні та військові науки; затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 № 1528;
попередні постанови президії ВАК України: від 14.10.2009 р. № 1-05/4; від 9.02.2000 р. № 2-02/2)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.

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 міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних: Scientific Indexed Service (США), Index Copernicus (Польща), Universal Impact Factor, Google Scholar (наукометричні показники – $quot. = 2391 / h = 13 / i10 = 30$).

Розподіл «quotation» (Google Scholar)



х праць. – Х.:
ана Кожедуба,

пкуються ре-
юру, обробки
ірник призна-
удентів стар-

Байджан);

у, Харків);

1528;

sholar)

— 340

— 265

— 170

— 85

— 0

жедуба

З М І С Т

МЕТРОЛОГІЯ, ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

Альравашдех Бакер, Сергиенко М.П. Проблемы стандартизации в области динамических измерений	7
Альравашдех Рақи Разработка модели внешнего магнитного поля для измерений его параметров, конфигурации и координат источника	13
Андрусисшина И.Н., Голуб И.А., Лампека Е.Г. Опыт использования стандартных образцов сыворотки крови человека для межлабораторного контроля качества результатов элементного анализа	17
Боцюра О.А., Захаров И.П. Сравнительный анализ различных способов вычисления коэффициентов охвата при реализации байесовского подхода к оцениванию неопределенности измерений	20
Виткин Л.М., Ролько О.Р. Оценка рисков на мясоперерабатывающем предприятии	25
Владимирова Т.М. Неопределенность измерения уровня и расхода с помощью измерительной системы ЕНР-ТЕКНИККА (engl.)	28
Глухова Н.В. Метод расчета неопределенности измерений геометрических параметров газоразрядных изображений	32
Грибанов Д.Д., Вячеславова О.Ф., Зайцев С.А. Методика измерений массы сжиженных углеводородных топлив	36
Грынёв Б.В., Гурджян Н.Р., Зеленская О.В., Любынский В.Р., Мицай Л.И., Молчанова Н.И., Тарасов В.А. Оценивание неопределенности результатов измерений ослабления света в цилиндрических сцинтилляторах	41
Еремеев И.С., Дичко А.О. Проблема неопределенности при мониторинге окружающей среды	45
Зинченко В.П., Зинченко С.В., Добролюбова М.В. Автоматизированные системы измерения давления в аэродинамическом эксперименте	48
Кадяцкая О.И., Сабурова С.А. Методы метрологического обеспечения параметров качества NGN-сетей	52
Кириченко И.А., Кашура А.Л., Кашура М.А. О повышении точности построения тарировочных характеристик заглубленных цилиндрических резервуаров	55
Клочко Н.Б., Долішній Б.В., Піндус Н.М., Чеховський С.А. Оптимізація алгоритму опрацювання виміральної інформації турбінних лічильників газу при їх калібруванні	58

C O N T E N T

METROLOGY, INFORMATION MEASURING TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

Arawashdeh Baker, Sergiienko M.P. The particular standardization issues in a field of dynamic measurements	7
Arawashdeh Raqi Development model external magnetic field to measure its parameters, configuration, and coordinates of the source	13
Andrusyshyna I.N., Golub I.A., Lampeka E.G. Experince of use references materials of blood serum of man in interlaboratory investigation quality control elemental analysis	17
Botsiura O.A., Zakharov I.P. Comparative analysis of various methods for calculating of coverage factor at implementation of bayesian approach by the measurement uncertainty evaluation	20
Vitkin L.M., Rolko O.R. Risks assessment on meat producer by enterprise	25
Vladimirova T.M. Uncertainty of the measurement of level and flow using EHP-TEKNIKKA measurement system	28
Glukhova N.V. Evaluation of measurement uncertainty of geometric parameters of the gas-discharge emission images	32
Gribanov D.D., Vyacheslavova O.F., Zaitsev S.A. The method of measuring mass of liquefied hydrocarbon fuels	36
Grynyov B.V., Gurdzhian N.R., Zelenskaya O.V., Lyubynskiy V.R., Mitcay L.I., Molchanova N.I., Tarasov V.A. Light attenuation measurements uncertainty estimation in cylindrical scintillators	41
Yeremeyev I.S., Dychko A.O. Uncertainty problems in environmental monitoring procedures	45
Zinchenko V.P., Zinchenko S.V., Dobroliubova M.V. The automated control system of pressure measurement in wind tunnel experiment	48
Kadackaya O.I., Saburova S.A. Methods of NGN-networks quality parameters metrological support	52
Kirichenko I.O., Kashura O.L., Kashura M.O. Improving the accuracy of construction of the calibration characteristics of the buried cylindrical tanks	55
Klochko N.B., Dolishniy B.V., Pindus N.N., Chehovskiy S.A. The optimization of algorithm of measurement information processing of turbine gas meters at their calibration	58

itors	62	Петрушун І.С., Присяжнюк Т.І., Бас А.А. Уменьшение суммарной неопределенности измерений при воспроизведении единиц объема и объемного расхода газа эталонными установками	120	Petrushun I.S., Prisyajnyuk T.I., Bas O.A. Reducing the total measurement uncertainty prover gas volume and volume flow rate reproduction	120
.....	65	Поліщук А.А., Мозолева Т.Н. Опыт участия центральной химико-бактериологической лаборатории в межлабораторных сравнительных испытаниях	124	Polischuk A.A., Mozolevska T.M. Experience of participation of central chemical and bacteriological laboratory in interlaboratory comparative tests	124
strument	69	Прокуда Э.Ю. Сравнение расчетных и экспертных методов при оценке состояния базовых элементов карьерных автосамосвалов	127	Prokuda E.Yu. Comparison of the calculated and an expert method for determining the weighting factor of basic elements of dump trucks	127
.....	72	Романів В.М., Мельничук С.І. Алгоритмічне забезпечення засобу контролю вуглеводневих компонент природного газу	131	Romaniv V.M., Melnychuk S.I. Algorithmic support of control means higher hydrocarbon component of natural gas	131
.....	75	Руженцев И.В., Луцкий С.В., Феткий В.П. Дискретно-вероятностные информационные модели расчета суммарной погрешности механообработки	135	Ruzhentsev I.V., Lutsky S.V., Fetkiv V.B. Discrete probabilistic information model of machining processing total error calculation	135
ertainty	78	Середюк О.Е., Малисевич В.В., Середиук Д.О., Малисевич Н.Н. Метрологическая модель измерения энергетической ценности природного газа с использованием расходомеров переменного перепада давления	139	Serediuk O.E., Malisevych V.V., Serediuk D.O., Malisevych N.M. The metrological model of measuring of natural gas energy value with the using of the variable pressure-drop flow meters	139
s	82	Синица В.І., Подрубайло М.В. Навчально-дослідницька система моделювання авторегресійних алгоритмів на базі технології LabVIEW	143	Sinitsa V.I., Podrubailo M.V. Teaching and research system for the simulation of autoregression algorithms on the basis of LABVIEW technology	143
.....	86	Склярів В.В., Довженко Я.С. Дослідження впливу часу дії попереднього навантаження при вимірюванні твердості (engl.)	147	Skliarov V.V., Dovzhenko Ya.S. Investigation of the influence of duration of preliminary and total forces for measurement of hardness	147
Its	89	Слабинога М.О., Депутович А.І., Шевчук М.І. Комп'ютерна система збору та фіксації інформації про негативний антропогенний вплив на території українських Карпат	151	Slabinoha M.O., Deputovych A.I., Shevchuk M.I. Computer system for acquisition and fixation of negative human impact in Ukrainian Carpathians	151
L	93	Сніжко Д.В., Сушко О.А. Мікро- та наноелектроди для електрохімічних вимірювальних систем	156	Snizhko D.V., Sushko O.A. Micro- and nanoelectrodes for electrochemical measurement systems	156
.....	97	Тихенко В.Н., Старцев В.И., Анисимов А.А., Пчелинский С.В. Методика оценки состояния узлов станка для обработки колесных пар	161	Tikhenko V.N., Startsev V.I., Anisimov A.A., Pchelinskij S.V. Methodology assessing the state units of the machine for processing of wheel pairs	161
.....	100	Туз Ю.М., Козыр О.В., Порхун А.В. Спосіб визначення динамічних характеристик термопар за допомогою радіоімпульсу струму	164	Tuz Yu.M., Kozyr O.V., Porkhun A.V. A technique for dynamic identification of thermocouples by means of radio pulse current	164
.....	104	Харламова Ю.Н., Корсун В.И. Использование метода тяжелого шарика в задаче адаптивного оценивания параметров квазистационарного объекта	167	Kharlamova Yu.M., Korsun V.I. Using heavy ball method for problem of adaptive parameters estimation of quasistationary object	167
.....	108	Черепашук Г.А., Потыльчак А.П., Быкова Т.В. Оценка неопределенности измерения плотности жидкости прибором с поплавком изменяемой массы	170	Cherepaschuk G.A., Potilchak A.P., Bykova T.V. Measurement uncertainty evaluation of liquid density with the help of device with float variable mass	170
.....	112	Шевкун С.М., Сурду М.М., Величко О.М., Добролюбова М.В. Аналіз і оптимізація схем передавання і способів відтворення одиниць параметрів імпедансу	174	Shevkun S.M., Surdu M.M., Velychko O.M., Dobroliubova M.V. Analysis and optimization of transmission schemes and reproducing methods of impedance parameters units	174
.....	116	Шнира А.В., Чапалюк Б.В., Алімов А.І., Добролюбова М.В. Система моніторингу 3D-принтеру з технологією друку FDM	180	Shnyra A.V., Chapaliuk B.V., Alimov A.I., Dobroliubova M.V. Monitoring system for 3d-printer with FDM printing technology	180

<i>Штефан І.Ю., Штефан Н.В.</i> Організаційно-правові проблеми метрологічного забезпечення вимірювальних систем	185	<i>Shtefan I.Yu., Shtefan N.V.</i> Legal organizational problems of the measuring system metrological assurance	185
<i>Шумков Ю.С.</i> Автоматичне узгодження опору навантаженням з хвильовим опором кабелю у вимірювальних системах	188	<i>Shumkov Yu.S.</i> Automatic coordination of resistance load with wave impedance of the cable in measurement systems	188
<i>Яремчук Н.А., Годя О.Ю.</i> Оценивание неопределенности ординального измерения	194	<i>Yaremchuk N.A., O.Yu. Goda</i> Evaluation of ordinal measurement uncertainty	194
ОБРОБКА ІНФОРМАЦІ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ		INFORMATION PROCESSING IN COMPLEX ENGINEERING SYSTEMS	
<i>Заковоротний А.Ю.</i> Стабильно-пластичные нейронные сети на основе перцептрона в задачах прогнозирования буксования	197	<i>Zakovorotnyi A.Yu.</i> Stable plastic neural network based perceptron in forecasting problems slippage	197
<i>Зори С.А.</i> GPU-реализация параллельной вычислительной системы 3D-стерео визуализации с использованием метода трассировки лучей	201	<i>Zori S.A.</i> Visualization 3D-stereo parallel computer system GPU-realization with the use of rays tracing method	201
<i>Корытченко К.В., Стаховский О.В., Серпухов А.В., Бизонич Д.В., Санчит Аджмани</i> Механизмы влияния свечей накаливания на рабочий процесс в дизельных двигателях	205	<i>Korytchenko K.V., Stakhovskiy O.V., Serpukhov A.V., Bizonych D.V., Sanchit Ajmani</i> mechanisms of influence of candles of incandescence on working process in diesel engines	205
<i>Носан С.Л., Фединский О.И., Сургай В.М.</i> Методика керівництва роботою обслуговування радіолокаційних станцій та рухомих радіовисотомірів при управлінні екіпажами винищувальної авіації в умовах радіоелектронної протидії	211	<i>Nosan S.L., Fedinskiy O.I., Surgay V.M.</i> The method of management calculations of radar stations and moving radoviste in managing crews of fighter aircraft in conditions of electronic countermeasures	211
<i>Лысенко И.А., Смирнов А.А.</i> Разработка упорядоченных каскадных таблиц решений с использованием матриц следования	216	<i>Lysenko I.A., Smirnov A.A.</i> Establishing an orderly cascading solution using matrices follow	216
Наші автори	221	Authors	221
Алфавітний покажчик	225	Alphabetical index	225

620.179.16

Монченко, Е.С. Мельник

національний авіаційний університет, Київ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСКРЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ

В статье рассмотрен способ уменьшения методической погрешности при определении дискретных характеристик сигналов ультразвукового контроля с помощью использования оконной обработки.

Ключевые слова: методическая погрешность, фазовая характеристика сигнала, оконная обработка

Введение

В связи с возникновением новых конструктивных материалов возникает необходимость прецизионного измерения их толщины. Существуют различные группы факторов, влияющих на результаты измерений процесса ультразвукового измерения изделий [1]. В частности, к таким факторам относятся параметры исследуемых сигналов (продолжительность и форма импульсов, частота несущей, и другие) и режимов сбора информации (продолжительность окна, время дискретизации, время анализа, период квантования и другие). Уменьшения влияния этих факторов на точность измерения необходимо согласовать данные параметры между собой.

Постановка задачи

В общем виде во время анализа сигналов, особенно сложными амплитудно-частотными характеристиками (АЧХ) и фазочастотными характеристиками (ФЧХ), методическая погрешность может быть уменьшена за счет использования оконной обработки сигналов. Однако, такое использование оконной обработки не охватывает всех возможных способов уменьшения методической погрешности. Гармонических и полигармонических сигналов, которые используются в задачах исследования широкого класса физических явлений и процессов, существует возможность существенного уменьшения методической погрешности за счет согласования параметров сигналов (T) и дискретизации (T_D).

Решение поставленной задачи

Рассмотрим способ уменьшения методической погрешности на примере модельного гармонического сигнала с частотой $f = 1$ Гц

$$u(t) = \sin(2\pi ft), \quad t \in [0, 3] \text{ с}, \quad (1)$$

наблюдения которого больше периода сигнала ($T_C \gg T$).

На конечном интервале времени исследуется гармонический сигнал вида (1). Интервал времени

наблюдения рассчитывается так, чтобы на каждый период сигнала T приходилось одинаковое количество отсчетов. Исследование проводится для трех разных значений общего количества отсчетов N на времени наблюдения T_C

$$N = T \cdot T_D^{-1}. \quad (2)$$

Фазовая характеристика $\Phi_0(t)$ для данного сигнала $u(t)$ известна: $\Phi_0(t) = 2\pi ft$, $t \in [0, 3]$ с. Измеренная фазовая характеристика сигнала (ФХС) [2] вводится на основе преобразования Гильберта (ПГ) [3]:

$$\hat{x}(t) = \mathbf{H}[x(t)] = \text{v.p.} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{\pi(\tau - t)} d\tau$$

и гильберт-образе сигнала $\hat{u}(t) = \mathbf{H}[u(t)]$ для разных N .

Следующим шагом является расчет методической погрешности определения ФХС для разных значений N по формуле:

$$\Delta\phi(t) = \Phi(t) - \Phi_0(t), \quad t \in [t_{\Pi}, t_K]$$

и ее анализа согласно из формулы:

$$K(t) = \Delta\phi_{\Pi}(t), \quad t \in [t_{\Pi}, t_K],$$

где $\Delta\phi_{\Pi}(t)$ – методическая погрешность определения ФХС произведения исходного сигнала с прямоугольным окном.

Для проверки полученных соотношений было проведено моделирование в системе Matlab.

Параметры моделирования следующие: амплитуда сигнала $U = 1$ В, $f = 1$ Гц, $\phi = 0$, $T_C = 3$ с, $T_D = 10^{-2}$ с, при $N_1 = 300/3$, $N_2 = 299/3$, $N_3 = 301/3$.

Примеры графиков функций $\Delta\phi(t)$ изображены на рис. 1.

По результатам анализа полученных данных установлено, что в случае целочисленного значения N методическая погрешность практически исчезает, например, для $N = 100$ эта погрешность не превышала бы 10^{-15} .

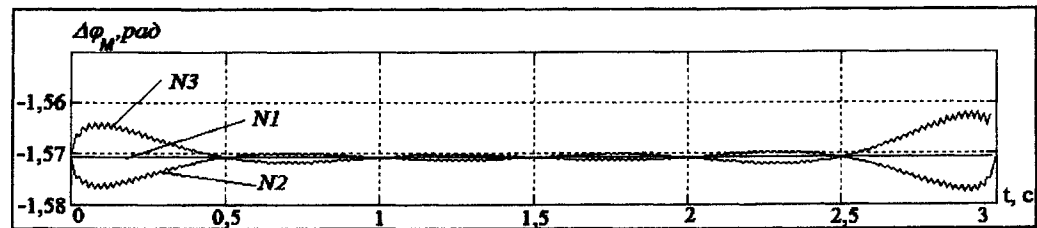


Рис. 1. График функции $\Delta\phi_M(t)$

То есть, если N принадлежит натуральному ряду чисел, точность определения ФХС ограничивается только точностью полученных значений отчетов сигналов, которая определяется разрядностью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и его аппаратными погрешностями, а при увеличении или уменьшении N хотя бы на 1 точность определения ФХС значительно уменьшается. То есть при наложении на сигнал прямоугольных окон согласованной со значением T продолжительности методическая погрешность уменьшается.

Аналогичные результаты наблюдаются при увеличении частоты сигнала до десятков МГц и при увеличении времени наблюдения сигнала.

Такой же эффект наблюдается и при наложении скользящего окна на исследуемый сигнал. При согласовании длительности окна, параметров его движения и времени дискретизации существует возможность минимизировать методическую погрешность определения ФХС.

Однако во время проведения реальных физических экспериментов поддержание целочисленного отношения между T/T_D является проблематичным в результате дрейфа частот сигналов и неконтролируемых случайных изменений режимов сбора информации.

Ниже приведены результаты сравнительного анализа данных измерений ФХС для гармонического сигнала со скользящей оконной обработкой и без оконной обработки.

Для гармонического сигнала вида

$$u(t) = \begin{cases} U(t) \cos(2\pi ft + \phi), & t \in [t_{\Pi}, t_K], \\ 0, & t \notin [t_{\Pi}, t_K], \end{cases}$$

заданы следующие параметры: $N = 2000$, $T_D = 0,01$ с, $U = 1$ В, $f = 4$ Гц, $\phi = 0$, график сигнала показан на рис. 2.

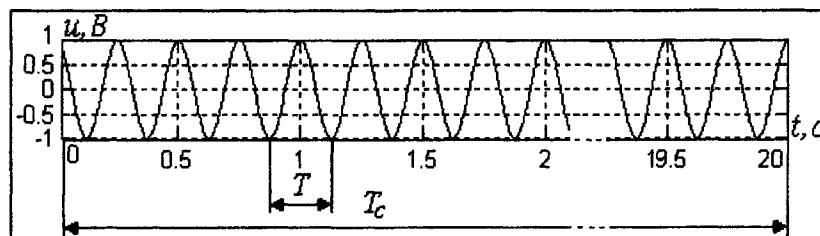


Рис. 2. График исследуемого сигнала

Используем окно Чебышева с параметрами:

$$M = 200,$$

$$\beta = 90,$$

продолжительность окна

$$T_W = MT_D \gg T.$$

Для уменьшения методической погрешности для каждого положительного окна, как более достоверный результат выбираем значение с центральной части окна длительностью $st = 10$.

Величина st определяется по формуле:

$$u[j] = U \cos(2\pi f T_D j + \phi),$$

$$j = \overline{1, n}, \quad n T_D = T_C.$$

На рис. 3, а изображен график дробной части фазы исследуемого сигнала $\Phi[j] \pmod{2\pi}$ и развязанной фазы $\Phi[j]$ (рис. 3, б).

График $\Phi[j]$ получен из $\Phi[j] \pmod{2\pi}$ с помощью ступенчатой числовой функции $L[j]2\pi$, которая определяется по результатам анализа скачков этой функции.

Зависимость методической погрешности определения ФХС от st приведена на рис. 4.

Величиной st можно в определенных границах корректировать значение $\Delta\phi_M[j]$ и задавать ее допустимый уровень.

Следует заметить, что согласование параметров сигналов и режимов сбора данных можно совершать двумя путями: по количеству отсчетов и по числу периодов.

В первом случае согласовывается количество отсчетов в выборке исследуемого сигнала с длительностью окна в отсчетах, во втором случае согласовывается количество периодов в исследуемом сигнале и длительность окна в периодах.

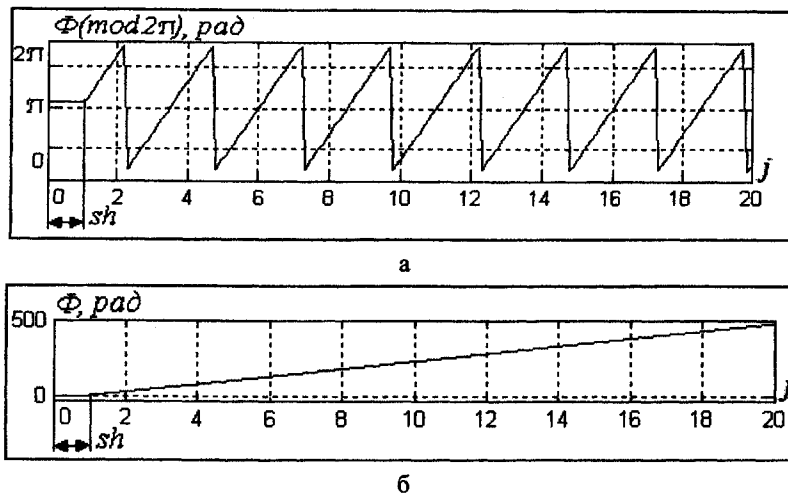


Рис. 3. Графики фазовой характеристики сигнала исследуемого сигнала: а – дробная часть ФХС; б – развернутая ФХС

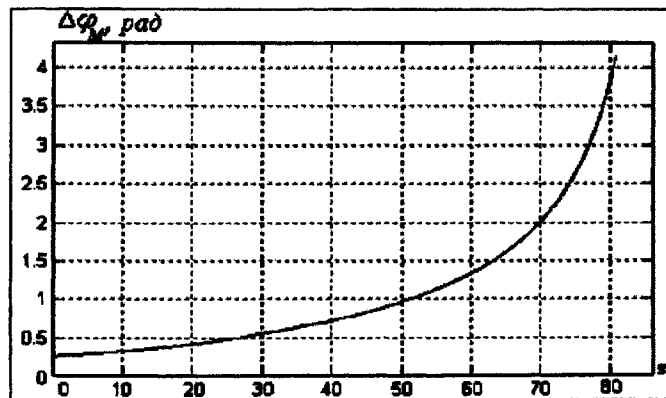


Рис.4. Зависимость $\Delta\varphi_M [j]$ от величины st для $T_W = 200$

Выводы

В работе рассмотрен способ уменьшения методической погрешности за счет согласования периодов сигналов и дискретизации на примере гармонического сигнала. Для проверки полученных соотношений было проведено моделирование в системе Matlab. В работе представлены результаты сравнительного анализа данных измерений ФХС для гармонического сигнала со скользящей оконной обработкой (окном Чебышева) и без оконной обработки. Полученные результаты могут быть использованы при разработке прецизионной аппаратуры для ультразвуковой толщинометрии.

Список литературы

1. *Не разрушающий контроль и диагностика: справочник* / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев и др.; под ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.
2. Куц Ю.В. *Статистична фазометрія* / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак. – Тернопіль: В-во Терноп. технологіч. ун-ту, 2009. – 383 с.
3. Бендат Дж. *Прикладной анализ случайных данных: пер. с англ.* / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

Поступила в редколлегию 21.04.2016

Рецензент: д-р техн. наук проф. Ю.В. Куц, Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев.

ВИЗНАЧЕННЯ ДИСКРЕТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ

О.В. Монченко, О.С. Мельник

У статті розглянутий спосіб зменшення методичної погрешності при визначенні дискретних характеристик сигналів ультразвукового контролю за допомогою використання віконної обробки.

Ключові слова: методична погрешність, фазова характеристика сигналу, віконна обробка.

DETERMINATION OF THE DISCRETE CHARACTERISTICS OF ULTRASONIC TESTING SIGNALS

O.V. Monchenko, O.S. Melnyk

The article describes the method of reducing the systematic error in the determination of the discrete characteristics of ultrasonic testing signals by using window treatment.

Keywords: systematic error, the phase characteristics of the signal, the window treatment.